

Resum

En aquest Projecte Final de Carrera, s'estudiaran els elements i el funcionament de l'ETAP Mas Blau.

La primera part del projecte consisteix en la presentació del municipi i de l'empresa pública d'aigües del Prat. Es donaran estadístiques de l'any 2015 i es farà un petit estudi dels cabals diaris pels mesos de novembre 2015 i juny 2016.

S'introduirà el riu Llobregat i l'aqüífer profund des d'on s'extreu l'aigua, a continuació es descriurà el procés de potabilització de l'aigua extreta i es donarà un cost aproximat de l'extracció. També es donarà informació sobre el funcionament del sistema de control a l'hora de controlar les plantes i el sistema de distribució.

Després de les descripcions es faran els càlculs de les pèrdues de carrega en el dues parts més antigues de l' ETAP, corresponents als pous i al dipòsit on es guarda aquesta aigua extreta. Sabent les pèrdues s'escollirà un diàmetre òptim per les canonades.

També es dimensionaran les bombes per tal de baixar el consum i ajustar-les millor al seu punt de funcionament.

Per últim descriuran els pressupostos associats a el canvi de diàmetres de les canonades, de les bombes i de l'estudi.

Sumari

RESUM	1
SUMARI	3
1. GLOSSARI	5
2. PREFACI	7
2.1. Origen del projecte	7
2.2. Motivació	7
3. INTRODUCCIÓ	9
3.1. Objectius del projecte	9
3.2. Abast del projecte	9
4. CARACTERISTIQUES GENERALS	11
4.1. El Prat de Llobregat i Aigües del Prat	11
4.2. Consum d'aigua diari	12
4.2.1. Cabals del mes de Novembre	12
4.2.2. Cabals del mes de Juny	15
4.3. Estudi generalista del riu Llobregat i dels seus aquífers al delta	16
4.3.1. Riu Llobregat	16
4.3.2. Aquífers de la Vall Baixa i del Delta del Llobregat	17
4.3.3. Estat Quantitatiu o Piezometria	18
4.3.4. Estat Qualitatiu o Contaminació	19
4.3.5. Criteris per l'aigua del consum humà	19
4.4. Procés i funcionament	21
4.4.1. Ruta del procés	21
4.4.2. Ruta completa del procés	22
4.4.3. Descripció dels equips	24
4.4.4. Consum Elèctric i cost del m ³ d'aigua potable	37
4.5. Funcionament del sistema de control, xarxa de distribució i bombament	40
4.5.1. Xarxa de bombament i distribució	40
4.5.2. Funcionament de l'ETAP	41
5. POSSIBLES MILLORES	43
5.1. Pèrdues de càrrega i dimensionament	43
5.1.1. POUS	43
5.1.2. DIPÒSIT DE BAIXA	46

5.1.3. OSMOSIS.....	47
5.1.4. DIPÒSIT DISTRIBUCIÓ	47
5.2. Possibles canvis a les bombes.....	48
5.2.1. Canvi a les bombes de pou	48
5.2.2. Canvis a les bombes del dipòsit	51
6. IMPACTE AMBIENTAL I PRESSUPOST ECONÒMIC	52
6.1. Impacte ambiental	52
6.2. Pressupost econòmic	52
6.2.1. Diagrama de GANTT	53
6.2.2. Pressupost pel Projecte.....	53
6.2.3. Pressupost dels canvis a aplicar.....	54
CONCLUSIONS	57
AGRAÏMENTS	58
BIBLIOGRAFIA.....	59
Referències bibliogràfiques.....	59
Bibliografia complementària.....	59

1. Glossari

ETAP: Estació de Tractament d'Aigua Potable.

COV: Compostos Orgànics Volàtils.

ATLL: Aigües del Ter Llobregat.

PEAD: Polietilè d'alta densitat

PVC: Policlorur de vinil

PP: Polipropilè

CITECT-SCADA: Programa de control de PLC.

PLC: Controlador Lògic Programable.

Bypass: Paraula anglesa que significa derivació.

DN: Diàmetre Nominal.

m.c.a.: metres columna d'aigua.

CUADLL: Comunitat d'usuaris d'aigües de la Vall Baixa i del Delta del Riu.

2. Prefaci

2.1. Origen del projecte

L'origen del Projecte Final de Carrera sorgeix a l'hora de buscar un sistema hidràulic que pogués ser estudiat i en el millor cas millorat. Així sorgeix l'idea de preguntar a Aigües del Prat si es pot fer un estudi d'una de les seves plantes, Aigües del Prat va accedir a que s'estudiés de la planta que més es fa servir, i en cas de trobar alguna millora també podria ser aplicada a l'altre planta.

2.2. Motivació

El principal atractiu d'aquest projecte és el fet de tenir una Estació de Tractament d'Aigua Potable (ETAP) a prop de Barcelona a la qual es té accés, amb la possibilitat d'estudiar i millorar una instal·lació real.

3. Introducció

Aquest projecte es centra en l'estudi de la planta de tractament d'aigua potable Mas Blau del Prat del Llobregat.

L' ETAP Mas Blau és una de les dues estacions instal·lades al municipi del prat destinades a l'aigua pel consum humà.

El funcionament de les ETAP es basa en el consum diari requerit pel municipi donat que es tracta d'un municipi amb 63000 habitants.

3.1. Objectius del projecte

L'objectiu d'aquest projecte és estudiar una de les dues plantes de tractament d'aigües instal·lades al Prat del Llobregat, de tal manera que es pugui veure el funcionament de la planta i veure si es poden aplicar millores en la maquinaria.

3.2. Abast del projecte

Aquest projecte té com abast l'estudi dels sistemes i components hidràulics d'una planta ETAP, i amb la informació disponible confirmar l'elecció dels elements de la planta i proposar una millora en cas de ser possible.

Inclou els següents punts d'estudi.

- Municipi del Prat del Llobregat i Aigües del Prat.
- Estudi generalista del riu Llobregat i del seus aqüífers al delta.
- Descripció del procés del tractament de l'aigua i de la xarxa de bombament.
- Possibles millores aplicables al procés.
- Estudi mediambiental i econòmic.

4. Característiques generals

4.1. El Prat de Llobregat i Aigües del Prat

El terme municipal del Prat de Llobregat s'estén íntegrament per la plana deltaica, entre el marge dret del riu Llobregat i l'estany del Remolar al llarg d'un front marítim de 8 km de longitud. El Prat té una extensió de 31,4 km², que vindria a ser la tercera part del total del Delta. Aigües del Prat abasteix a la població del municipi amb l'aigua captada del aquífer profund fent servir les dues plantes ETAP i amb l'ajuda de una connexió amb Aigües del Ter Llobregat (ATLL) per tal de poder abastir en els moments de màxim consum d'aigua.

L'empresa Aigües del prat va ser fundada a l'any 1988 a través de l'ajuntament del Prat del Llobregat. En un principi degut a la inexistència de normativa referent a la qualitat de les aigües pel consum humà, Aigües del Prat extreia l'aigua, eliminava els Compostos Orgànics Volàtils (COV), estabilitzava el pH de l'aigua i la bombejava a la xarxa. A l'actualitat, el tractament també inclou un sistema d'osmosis inversa per tal de complir la normativa existent i millorar la qualitat del aigua.

Aigües del Prat té autoritzada l'extracció de fins a 5 hm³/any de l'aquífer profund, que conjuntament amb la connexió amb la xarxa d'aigües del Ter Llobregat de 2,7 hm³/any fan un total de capacitat d'abastiment de 7,7 hm³/any.

Aquestes son algunes de les estadístiques de l'any 2015 d'Aigües del Prat.

Volum d'aigua subministrat a xarxa: 4.266.684 m³

Procedents de pous : 3.326.929 m³

Procedent de ATLL : 939.755 m³

Volum d'aigua consumida: 3.527.953 m³

Consums domèstics : 2.241.845 m³

Consums no domèstics : 1.286.108 m³

Població abastida (actual 2015) : 63.039 habitants

Abonats al servei : 29.151 abonats

Domèstics : 26.052 abonats

No domèstics : 3.099 abonats

D'aquestes estadístiques és un fet important que els m^3 subministrats no son igual als facturats. La diferència entre aquestes dues dades s'anomenen aigües no registrades, les quals son el resultat de la inexactitud dels comptadors i de les fugues presents a les canonades de la distribució. El cabal d'aigües no registrades correspon a 738.731 m^3 /any, equivalent a 1,4 m^3 / minut. Aquestes fugues les hem imaginar distribuïdes en el total de la longitud de la xarxa en el Prat (191,64 km).

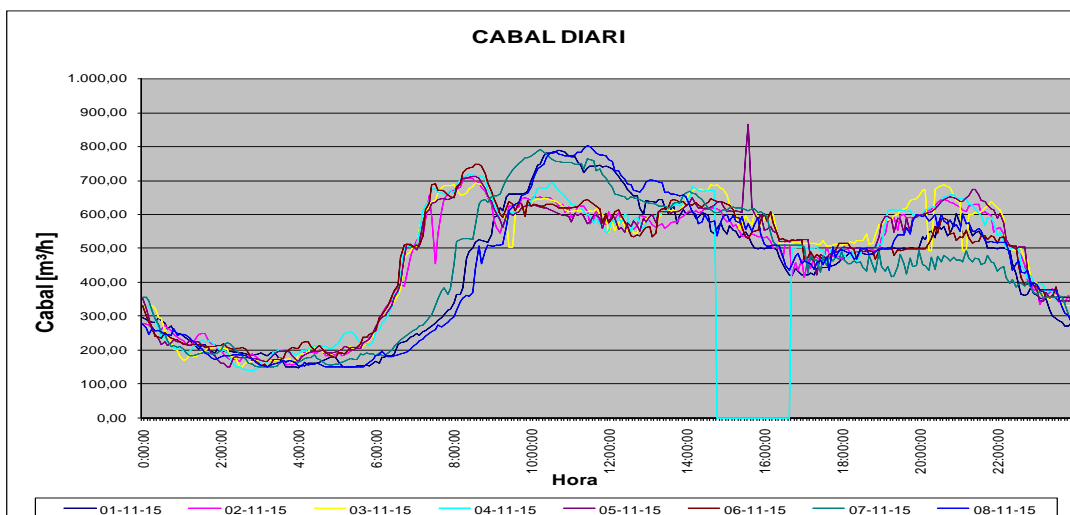
4.2. Consum d'aigua diari

Per estudiar el consum s'examinaran les gràfiques de dos mesos distants amb consums diferents, en el nostre cas s'agafaran els mesos de Novembre del 2015 i juny del 2016 per tal de tenir dades actuals que estudiar.

S'estudiaran els primers 8 dies de cada mes en un gràfic superposat, i amb aquestes dades ens miraran les diferències entre dos mesos de l'any diferents. Per cada mes es diferenciarà el consum entre dies laborables i dies festius.

L'estudi començarà amb el consum del mes de novembre i es compararà amb la gràfica d'injecció d'aigua de l'ETAP Mas Blau i a continuació es mirarà la gràfica del mes de juny.

4.2.1. Cabals del mes de Novembre



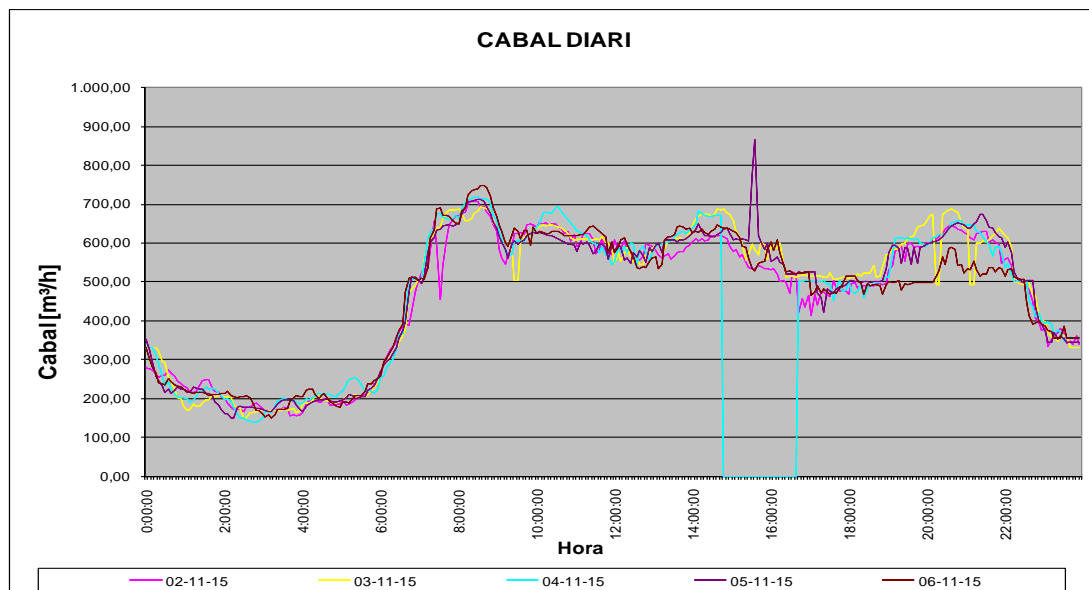
Gràfic 4.2.1.1. Corbes de consum diàries pels dies 1-8 del mes de novembre

Les anomalies observades son:

- El dia 6 hi va haver un pic de consum al voltant de les 15 hores, però al tractar-se d'un període de temps de curta durada, podem descartar que fos una fuga d'aigua.

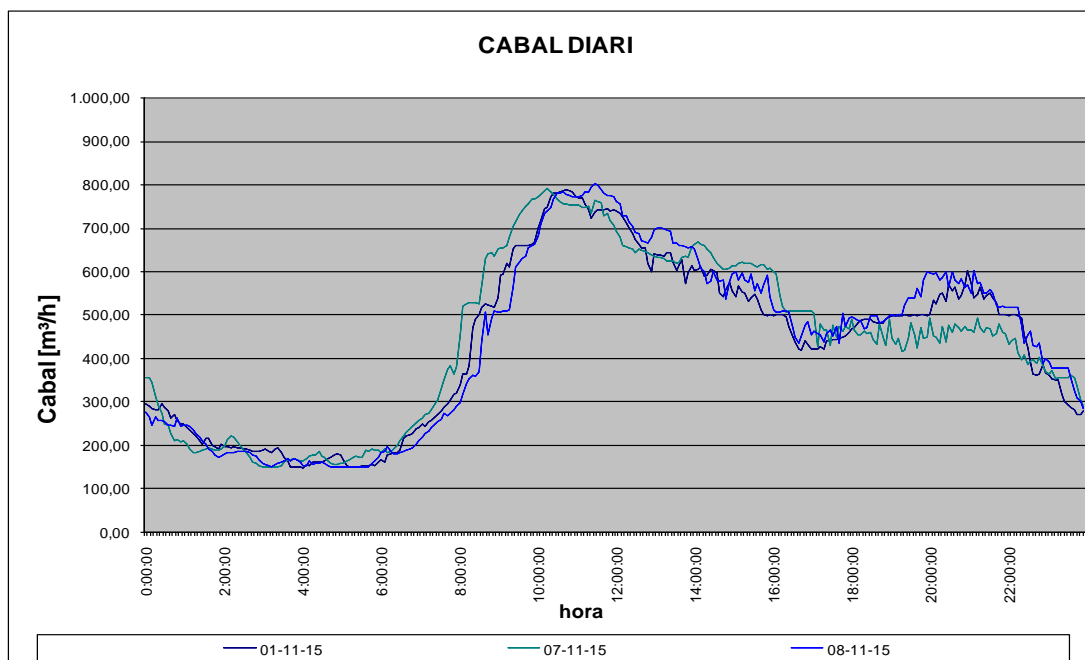
-El dia 4 entre les 15 hores i les 17 hores tenim una absència de dades degut a la pèrdua de la senyal, probablement degut a una error o a una mala configuració en el sistema de control. Fora d'aquest rang de temps la senyal és molt similar a les altres i no es detecta cap error.

Gràfic 4.2.1.2.: les corbes d'aquests dies totes comencen amb una gran convexitat que s'inicia cap a les 10 de la nit fins les 6 del matí. En aquesta hora el consum creix ràpidament, doncs es correspon amb l'hora a la que els treballadors s'aixequen i es dutxen. Després del pic de consum a les 8 del matí, el que tenim es que cabal es redueix i s'estabilitza fins les 4 de la tarda, a partir d'allà fa una petita convexitat, seguida d'una concavitat que finalitza a les 22 hores.



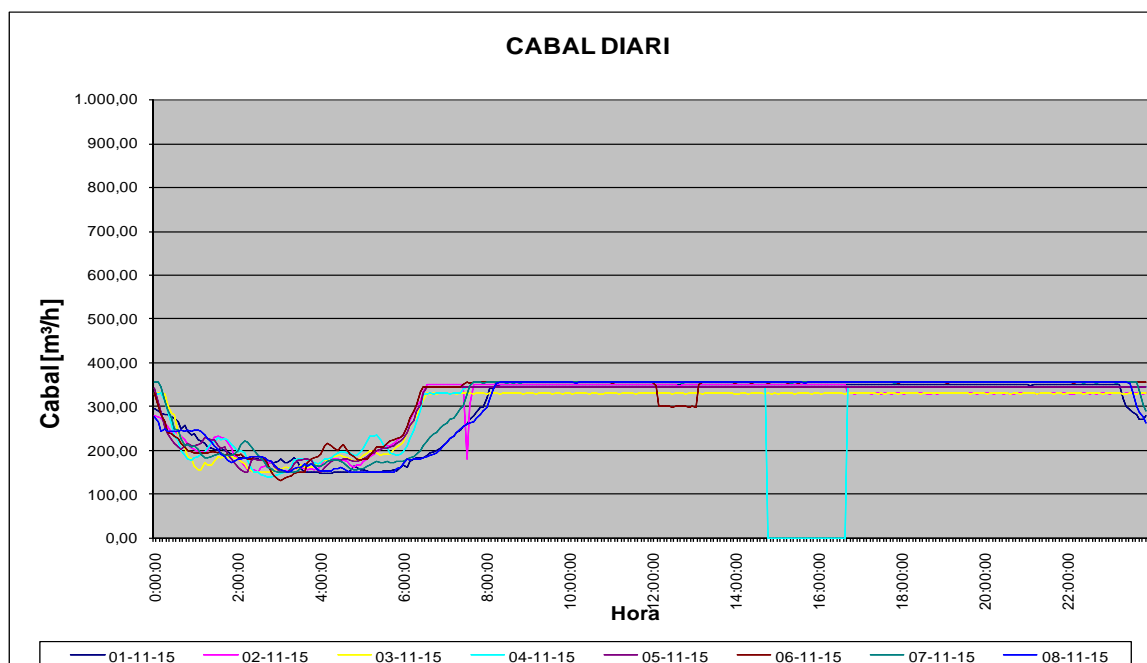
Gràfic 4.2.1.2. Corbes de consum en dies laborables del mes de novembre

Al gràfic 4.2.1.3. tenim que les corbes d'aquests tres dies tenen una forma molt similar a les dels dies laborables, amb la diferència que el pic matinal de consum s'endarrereix dues hores i és lleugerament superior.



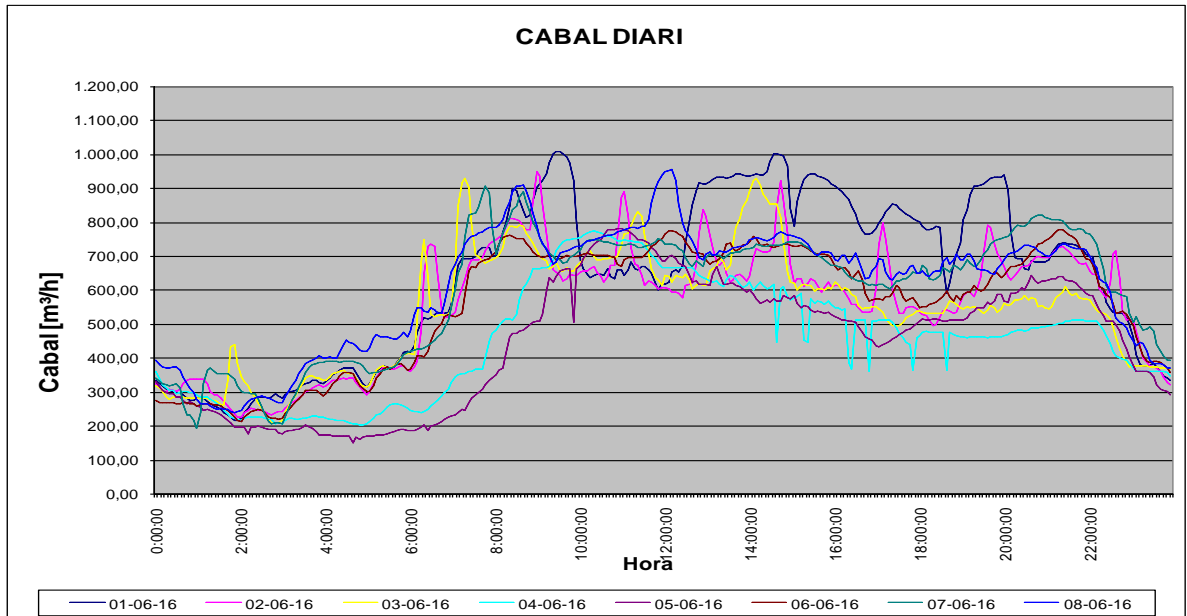
Gràfic 4.2.1.3. Corbes de consum diàries pels dies festius del mes de novembre

Mirant els gràfics 4.2.1.1 i 4.2.1.4. ens confirma l'idea que l'ETAP Mas Blau és la base de la producció d'aigua.



Gràfic 4.2.1.4. Corbes d'injecció pels dies 1-8 del mes de novembre a l'ETAP Mas Blau

4.2.2. Cabals del mes de Juny



Gràfic 4.2.2.1. Corbes de consum diàries pels dies 1-8 del mes de juny

S'ha escollit aquest mes perquè el juliol presenta un consum encara més elevat degut al rec nocturn.

Aquest gràfic presenta una forma vagament similar a les altres amb la diferència de que presenta un consum més elevat i amb molts consums puntuals elevats. Podem comparar el consum mínim i el consum màxim amb les gràfiques de novembre i obtindríem que el consum mínim passa de uns 170 m³/h a uns 230 m³/h i que pel consum màxim passa de 800 m³/h (descartant el pic anòmal de consum) a 1000 m³/h.

Tot i el consum més elevat que presenta aquest mes, es segueix diferenciant el consum de cap de setmana (dies 4 i 5).

La capacitat que té l'ETAP Mas Blau de potabilitzar l'aigua és d'entre 315 i 340 m³/h (depenent de la salinitat dels pous actius), mentre que la capacitat de bombar a la xarxa es de 350 m³/h, veient això podem argumentar que la presència d'un dipòsit es beneficiosa si el consum nocturn permet reomplir el dipòsit.

Així doncs resulta relativament fàcil reomplir el dipòsit diàriament per la gràfica del novembre, i en canvi per la gràfica del juny resulta casi impossible degut a les poques hores que hi ha per sota de 350 m³/h. Així doncs s'ha de planificar que els pous amb una menor salinitat (pous 14 i 16) estiguin actius pels mesos amb més consum.

4.3. Estudi generalista del riu Llobregat i dels seus aquífers al delta.

4.3.1. Riu Llobregat

El riu Llobregat neix a Castellar de N'Hug (Berguedà) i acaba desembocant al mar Mediterrani en el terme municipal del Prat del Llobregat (Baix Llobregat). En el seu recorregut passa per les comarques del Berguedà, el Bages y el Baix Llobregat. Els seus afluents principals son el Cardener y l'Anoia.

Area Hidrogeològica: Podem separar l'àrea Hidrogeològica del riu Llobregat en quatre zones diferents. La cubeta d'Abrera, la Cubeta de Sant Andreu de la Barca, la Vall Baixa i per últim el Delta del Llobregat.

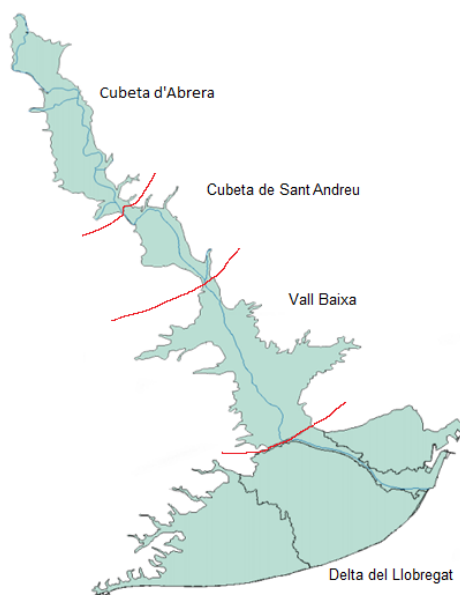


Figura 4.3.1.1. Dibuix modificat de les diferents zones de l'àrea Hidrogeològica del riu Llobregat.

Font :[1] Fitxes de caracterització inicial, pressions i Impactes de les Masses d'Aigua Subterrànies , Gencat 2004.

La Cubeta d'Abrera està ubicada a la part més septentrional de la comarca del Baix Llobregat. La cubeta s'estén perpendicularment a la Depressió del Vallès-Penedès, seguint a la llera del riu Llobregat des de la serralada Prelitoral a la serralada Litoral.

La Cubeta de Sant Andreu de la Barca segueix a la cubeta d'Abrera i està situada entre la serralada Litoral i la Depressió del Vallès-Penedès.

L'Aqüífer al·luvial de la Vall baixa del Llobregat s'estén des de la riera de Rubí a l'alçada on s'ajunta amb el riu Llobregat, fins a Cornellà de Llobregat. És la zona de recàrrega més important d'una gran part del Delta .

El Delta del Llobregat és la zona més extensa de les quatre i es desenvolupa des de la serralada prelitoral catalana fins al mar, abastant els municipis del Baix Llobregat i d'una part del barcelonès.

4.3.2. Aqüífers de la Vall Baixa i del Delta del Llobregat

Des de la cubeta d'Abrera fins la Vall Baixa únicament tenim un tipus d'aqüífer, anomenat aqüífer al·luvial lliure, se li diu d'aquesta manera perquè la superfície de l'aigua d'aquest aqüífer està a pressió atmosfèrica.

A partir de Cornellà apareix l'aqüífer captiu, que es troba tancat entre dues capes de materials impermeables, aquest tipus d'aqüífer es caracteritza pel fet de que no té fenòmens de recarrega natural apart del propi cabal de l'aqüífer.

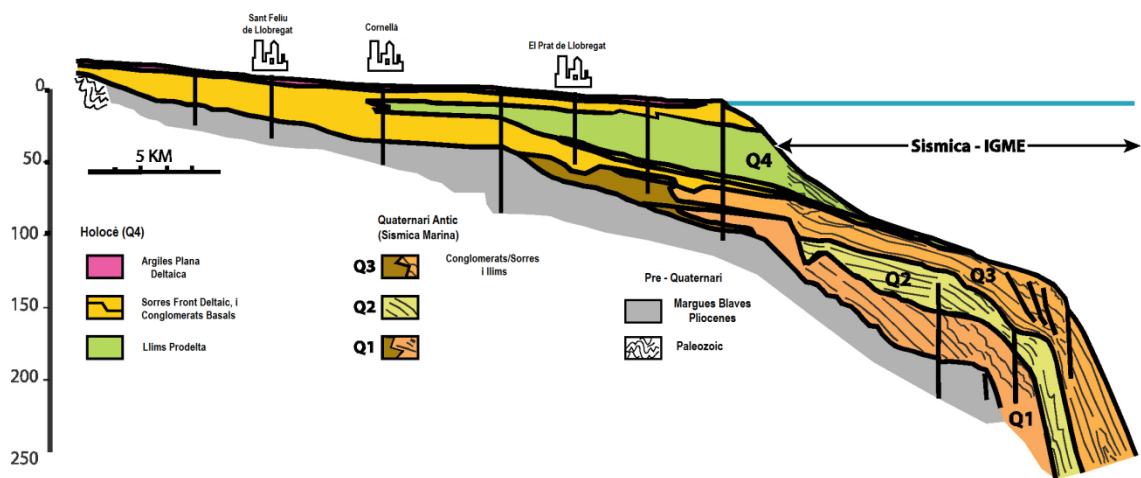


Figura 4.3.2.1. Dibuix modificat i traduït de la composició del terra del Delta del Llobregat
 Font - [2] Estudio hidrogeológico y propuesta de proceso constructivo para la excavación de un tunel entre pantallas en el Delta del Llobregat. Isabel Tubau Fernández 2004.

Composició:

-Aqüífer superficial o lliure: Està format per materials quaternaris d'origen fluvial i litoral fins a una profunditat de 20 metres on apareixen els llims que separen l'aqüífer superficial del profund.

-Aqüífer profund o captiu: Apareix a sota de la capa de llims prodelta i està format bàsicament per graves i sorres, augmentant la proporció de sorres al apropar-se al mar.

4.3.3. Estat Quantitatiu o Piezometria

L'estat d'explotació de l'aqüífer es pot controlar mitjançant el nivell de l'aigua en l'aqüífer, aquest seguiment es pot fer a través dels pous de control. Cal tenir present que el Prat del Llobregat està a 8 metres per sobre del nivell del mar (msnm).

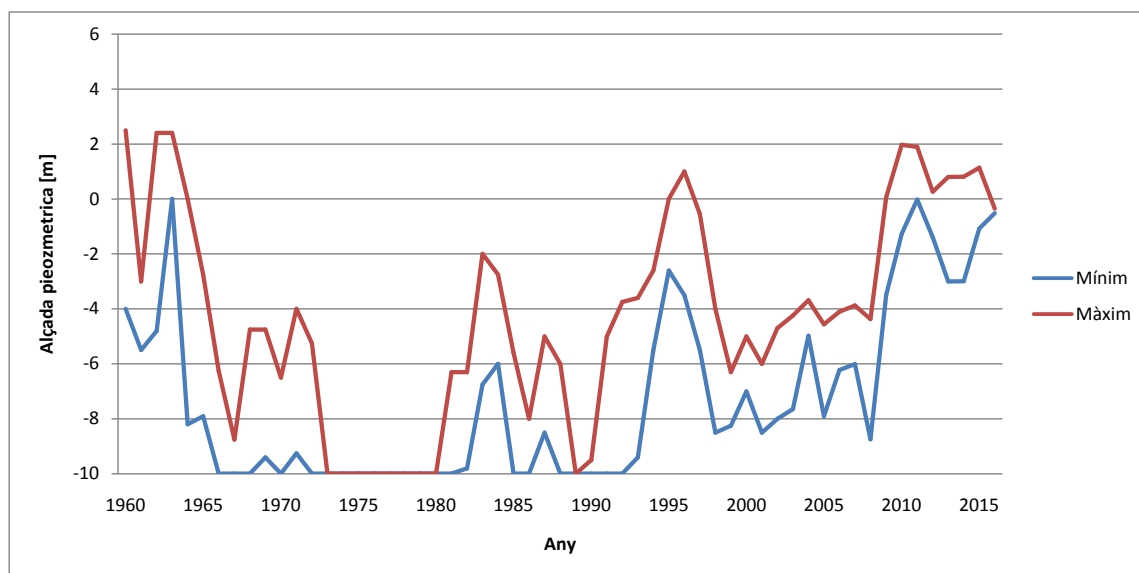
Seguim diferenciant els dos aqüífers al Prat del Llobregat:

-Aqüífer Superficial: La superfície piezomètrica presenta una elevació moderada a la zona central del delta que desapareix gradualment cap a la zona franca i més abruptament cap a Gavà-Viladecans. Aquesta distribució es dona perquè a la zona central tenim la recàrrega dels excedents dels regs i de les infiltracions de la pluja, i a diferència dels marges de la zona franca i de Gavà-Viladecans, casi no hi ha extraccions.

Els nivells piezomètrics actuals estan per sobre del nivell del mar, però per sota del nivell del terra, de mitjana 1 msnm.

-Aqüífer profund: En el següent gràfic es veu l'evolució dels nivells piezomètrics, tot i que les dades només arriben fins a 10 m sota el nivell del mar, ens podem fer una idea de les fortes extraccions durant la dècada dels 60 i la primera meitat dels 70, on van arribar fins a 20 metres sota el nivell del mar.

A partir de la segona meitat dels anys 70, degut a la creació de la Comunitat d'usuaris d'aigües de la Vall Baixa i del Delta del Riu Llobregat (CUADLL) les extraccions es redueixen i els nivells es van recuperant.



Gràfic 4.3.3.1. Representació dels nivells piezomètrics de l'aqüífer segons les dades de CUADLL

4.3.4. Estat Qualitatiu o Contaminació

Degut a que la gran part de la superfície de la massa d'aigua 39 (Delta del Llobregat) està formada per sols urbans i industrials, ha provocat la contaminació dels aqüífers amb COV i metalls.

COV o Compostos Orgànics Volàtils son uns compostos tòxics, que son fàcilment volatilitzables quan estan en contacte amb l'aire de l'atmosfera. També es caracteritzen per ser altament inflamables.

Aquests COV son alliberats a la crema de combustibles, però també estan presents en pintures, dissolvents i altres productes domèstics.

Podem enumerar els diferents tipus de contaminacions que es poden donar segons si estan localitzades en punts o si estan repartides per un àrea.

Contaminacions d'àrea elevades:

- Agricultura intensiva (adobs i tractaments fitosanitaris)
- Clavegueram i col·lectors urbans i industrials (filtracions i fugues)
- Activitat industrial (abocaments lixiviats i fugues)

Pressions localitzades elevades:

- Abocaments industrials
- Sols contaminats per l'activitat industrial
- Les EDAR
- Extraccions d'àrids(piezometria i qualitat)
- Extracció d'aigües costaneres (intrusió salina)

4.3.5. Criteris per l'aigua del consum humà

Segons el Reial Decret 140/2003 actualitzat al 2013 s'estableixen els criteris de l'aigua per consum humà.

Els criteris més importants estan descrits a continuació, els anàlisis de l'aigua estan disponibles a l'annex.

1. La dotació d'aigua ha de ser suficient per les necessitats higienico-sanitàries de la població y del desenvolupament de la activitat de la zona, amb l'objectiu de 100 litres per persona i dia.

Per comprovar que Aigües del Prat compleix, podem mirar les estadístiques de l'any 2015 on va subministrar 2.241.845 m³ per consum domèstic, que comparant amb el consum de 100L per persona i dia dels 63039 habitants ens dona 2.300.923 m³.

2. La conducció i elements de la conducció hauran de ser d'un material que no transmeti substàncies o propietats que contaminin o empitjorin la qualitat de l'aigua.

Les conduccions més antigues estan fetes de fosa d'acer i les més noves son de Polietilè d'alta densitat.

Pel que fan als materials dels pous i de l'ETAP, estan fets de bronze marí, acer inoxidable, Polietilè d'alta densitat (PEAD), Policlorur de vinil (PVC) i Polipropilè (PP). El bronze marí és una aliatge de coure que li dona resistència a la corrosió en front a l'aigua salada. L'acer inoxidable, PEAD, PVC i PP tampoc es veuen afectats per la corrosió de l'aigua marina.

3. Qualsevol substància que s'afegeixi a l'aigua de consum humà complirà la norma UNE-EN per cada producte, a més de complir el Reial Decret 1054/2002.

Les substàncies que s'afegeixen durant el procés de potabilització son les següents: Coagulant, Antiincrustant, Diòxid de Carboni , Hidròxid de Sodi (sosa càustica) i Hipoclorit Sòdic.

Totes aquestes substàncies estan regulades i homologades pel tractament de potabilització d'aigua, en les dosis correctes aquestes substàncies no son perilloses per l'esser humà.

4. S'establirà un laboratori de control de la qualitat de l'aigua per consum humà. Els paràmetres a controlar seran:

- a) -Paràmetres Microbiològics: Escherichia coli, Enterococo i Clostridium perfringens.

Tots els pous que abasteixen les ETAP del Prat tenen absència de càrrega microbiològica, els nivells son tan baixos que no son quantificables.

- b) -Paràmetres Químics : pH, color, conductivitat, clorurs, metalls i altres elements.

Els paràmetres pH, color i amoni son inferiors als paramètrics.

Pel que fa a la Conductivitat, els clorurs i la terbolesa tenim que tots els pous superen el valor permès degut a d'intrusió marina.

- c) -Paràmetres Orgànics Halogenats Volàtils : tots aquells compostos tòxics provinents dels abocaments industrials

Els pous 14, 15 i 16 tenen una concentració de COV superior a la paramètrica, mentre que els pous 8 i 17 no.

4.4. Procés i funcionament

4.4.1. Ruta del procés

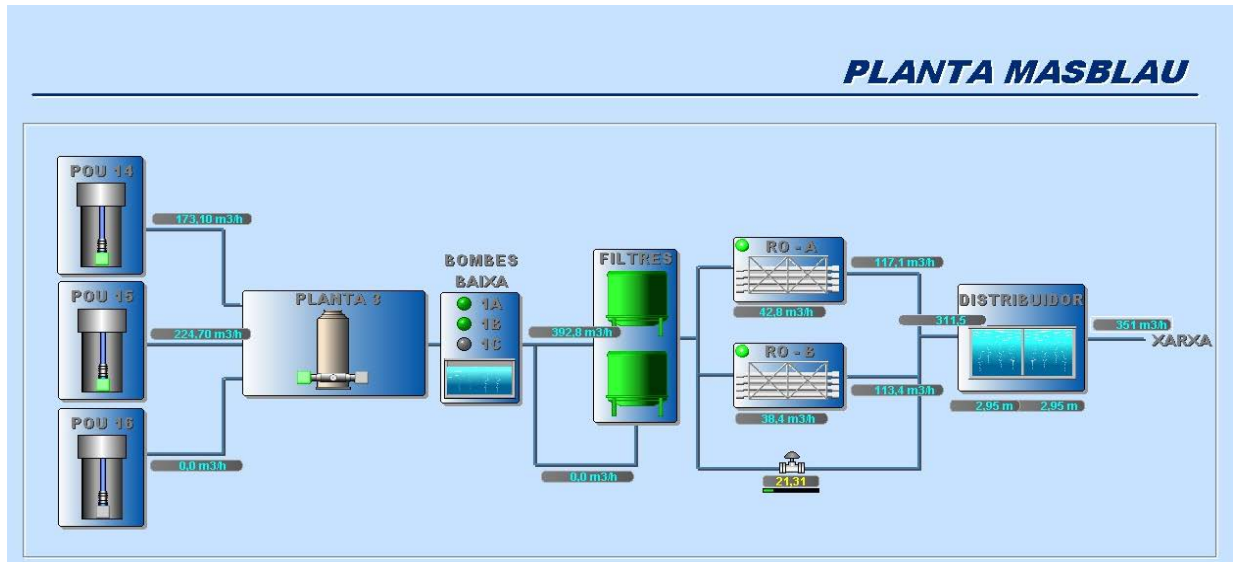


Figura 4.4.1.1. Captura de pantalla de la planta Mas Blau

Font: programa de control CITECT-SCADA

El procés de potabilització correspon al recorregut que fa l'aigua en la figura 4.4.1.1., començant des de l'esquerra tenim els pous 14, 15 i 16 que porten l'aigua fins la torre d' stripping, que a la seva vegada l'emmagatzema al dipòsit de Bombes Baixa. Des d'aquest dipòsit l'aigua es fa passar als filtres tricapa i a continuació segueix cap a les dues línies d'osmosi i a la vàlvula Bypass, a la sortida s'ajunta tota l'aigua i s'envia cap al dipòsit de distribució a xarxa.

Els elements que no surten dibuixats però són igual d'importants pel correcte funcionament de la planta són els dipòsits de CO_2 , coagulant, antiincrustant, sosa i hipoclorit sòdic. La situació de cadascun d'ells és la següent: el dipòsit de CO_2 està al costat del dipòsit Bombes Baixa, els dipòsits de coagulant i antiincrustant estan a prop dels filtres, el dipòsit de sosa està a la sortida de les osmosi i per últim el dipòsit d'hipoclorit sòdic està a l'entrada del dipòsit de distribució.

4.4.2. Ruta completa del procés

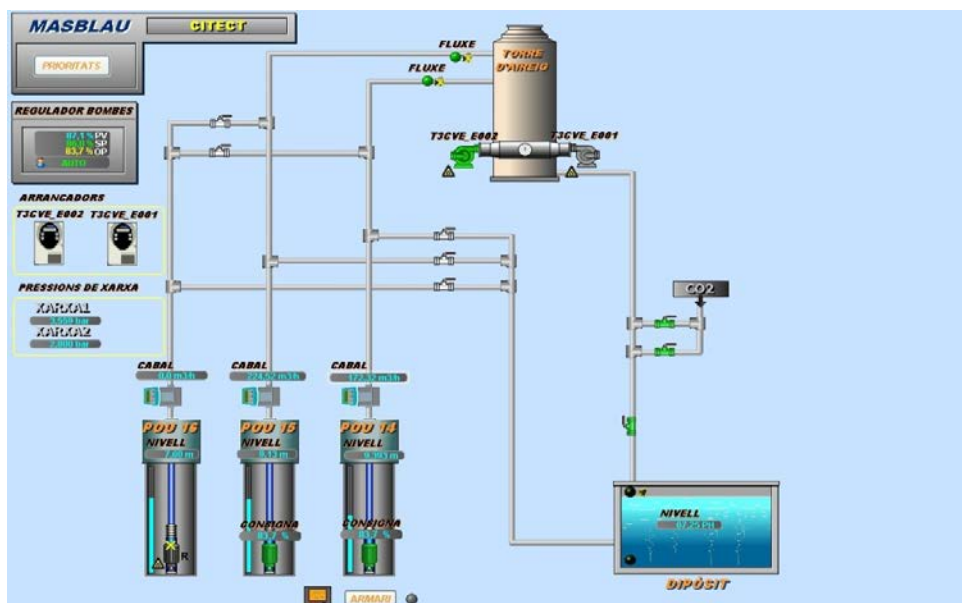


Figura 4.4.1.2. Captura de pantalla del sistema de control dels pous i torre

Font: programa de control CITECT-SCADA

De les tres bombes de pou disponibles només dues d'elles bomben l'aigua de l'aqüífer cap a les 2 entrades a la part superior de la torre d'Stripping, la qual s'encarrega d'evaporar els COV presents a l'aigua. L'aigua arriba al dipòsit on s'afegeix CO_2 en continu segons el pH .

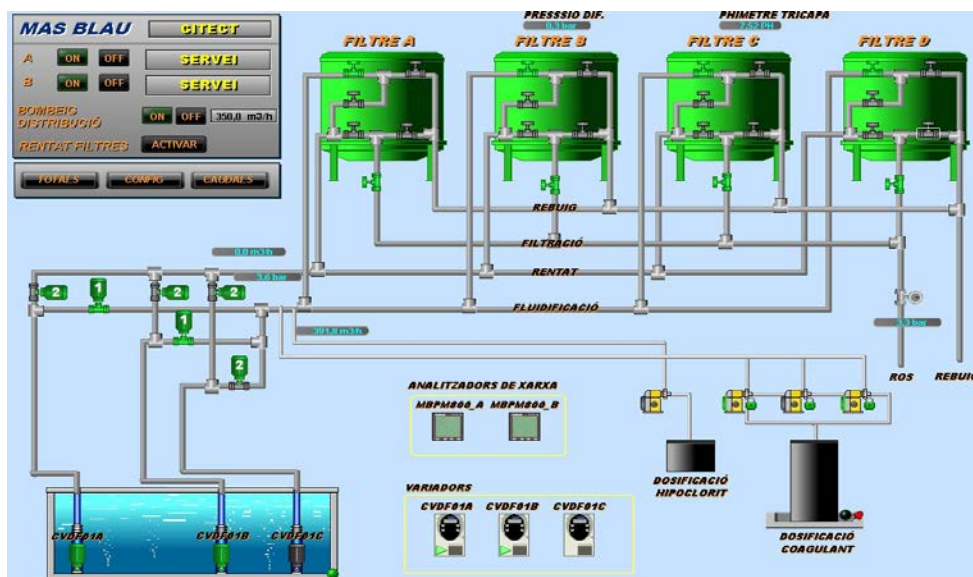


Figura 4.4.1.3. Captura de pantalla del sistema de control del dipòsit i filtres

Font: programa de control CITECT-SCADA

Des del dipòsit de baixa es bombeja aigua als filtres tricapa. Els filtres disposen d'un sistema de vàlvules de dues posicions, que donen pas a les dues operacions anomenades filtració i rentat.

A la sortida dels filtres tenim una petita bifurcació (anomenada Bypass) amb la que s'envia aigua a la sortida de l'osmosis, mentre la resta d'aigua passa pels dos circuits d'osmosis.

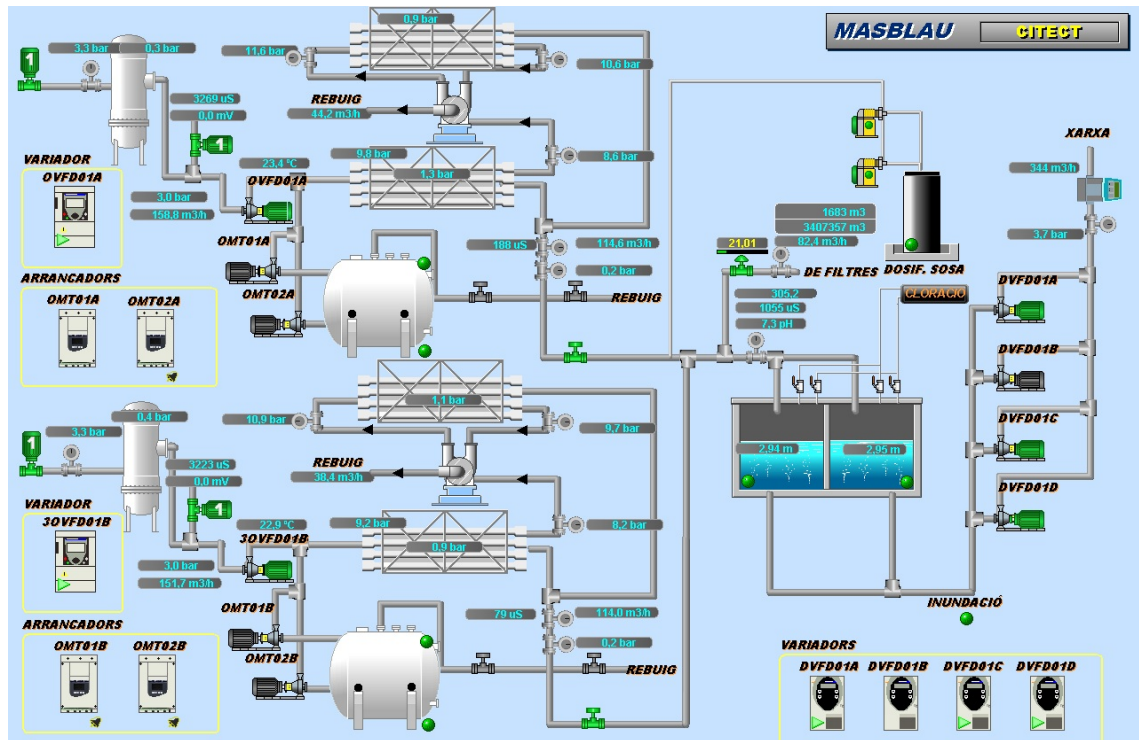


Figura 4.4.1.4. Captura de pantalla del sistema de l'osmosis i del dipòsit de bombament

Font: programa de control CITECT-SCADA

La part de l'aigua que es dirigeix a l'osmosis primer de tot es microfiltrada i a continuació se li afegeix antiincrustant. Després l'aigua es impulsada cap a les membranes d'osmosis inversa mitjançant una bomba d'alta pressió.

L'aigua provinent de la primera línia d'osmosis s'ajunta amb la provinent de la segona línia d'osmosis i es mescla amb l'aigua del Bypass per després ajustar el pH afegint sosa càustica. L'aigua segueix fins al dipòsit de distribució, on se li afegeix Hipoclorit sòdic en continu per tal de desinfectar l'aigua i evitar el desenvolupament de microbacteris.

El dipòsit està dividit en dues parts, però en funcionament normal funciona com un únic dipòsit. Des d'aquest dipòsit l'aigua passa cap a les bombes que injecten a la xarxa de distribució.

4.4.3. Descripció dels equips

CASETA DEL POU



Figura 4.4.2.1. Foto de l'equipament de la caseta d'un dels pous pertanyents a Mas Blau

La perforació dels pous es porta a terme mitjançant el sistema Hinsa per percussió, que consisteix en introduir al terreny una xapa d'acer amb l'ajut d'un martell pneumàtic per després extreure el material de l'interior de la xapa mitjançant un cargol sense fi.

La profunditat de la perforació varia segons la profunditat de l'aqüífer profund, que sol ser d'entre 50 i 60 metres, la totalitat de la perforació està encamisada amb xapa d'acer diàmetre nominal 600 (DN 600) i els 20 metres superiors amb DN 700. A la màxima profunditat l'encamisat disposa d'una estructura filtrant per evitar els cossos sòlids més grans.

Quan la perforació arriba a la l'alçada de l'aqüífer profund el nivell de l'aigua puja aproximadament fins el nivell del mar, cal tenir en conta que el municipi està a 8 msnm.

Submergida dins de l'aigua a una profunditat d'uns 30 metres està instal·lada la bomba de pou, la pròpia bomba té una filtre amb auto rentat que evita que els cossos més grans entrin dins dels rodets.

Les tres bombes de pou roten cada mes per tal de que la bomba restant descansi. En el cas de que el consum elèctric d'una bomba augmenti progressivament, ja sigui per la colmatació de l'estructura filtrant inferior o per l'oxidació de l'encamisat del pou indica que el rendiment del pou està empitjorant. Si aquest és el cas, s'ha de fer una inspecció visual de l'interior del pou que normalment acaba en la neteja del filtre del pou o amb la reparació de l'encamisat. En cas de que es repeteixi, la millor solució es tancar el pou i fer un nou pou proper a l'anterior per tal d'aprofitar les connexions.

L'element de seguretat que hi han instal·lat a la canonada exterior és una vàlvula de seguretat per evitar que una pressió excessiva faci malbé els elements del sistema. Com elements manuals tenim vàlvules de comporta per tancar la canonada i per obrir el circuit de purga.

El sistema de pre-cloració, actualment està inactiu degut a l'absència de càrrega microbiològica, però el sistema està preparat en cas de que fos necessari.

Com elements de control tenim el variador de velocitat que controla el règim de la bomba, el cabalímetre, un aparell de mesura del nivell piezomètric i per últim un punt de presa de mostres de la qualitat de l'aigua. Les dades del variador, del cabalímetre i del nivell de l'aigua son enviades al PLC d'Aigües del Prat.

TORRE D' STRIPPING

La funció primària de la torre és eliminar els COV que hi han presents dins de l'aigua , aquests compostos son fàcilment eliminables amb l'exposició de l'aigua contaminada amb l'aire. La segona funció no oficial de la torre es fer que dipositin part de les sals presents a l'aigua, aquest fenomen es dona pel canvi de pH de l'aigua durant el procés d'aireació. A la part superior de la torre disposa d'un filtre de carboni per eliminar aquests compostos i que no s'alliberin a l'atmosfera.

La torre està dissenyada per a que l'aigua entri en contacte amb l'aire amb el màxim de superfície possible, es per això que té un difusor situat a l'entrada d'aigua a la torre, i des d'aquí cau passant a través d'unes reixes d'anells per les quals està passant aire en direcció ascendent provinent dels ventiladors.

Cada 3-4 anys es necessari la neteja de la torre, doncs s'han acumulat prou sals dins de la torre per a que l'aigua surti per l'entrada de l'aire. Arribat aquest punt s'ha de preparar una parada de tres setmanes de tota la planta.



Figura 4.4.2.2. Foto de la torre d'Stripping i d'un dels ventiladors de la torre.

DIPÒSIT DE BAIXA I TANC DE CO₂

L'aigua que ve de la Torre d'Stripping va cap un petit dipòsit situat a uns pocs metres de la pròpia torre. Al costat del dipòsit de baixa tenim el dipòsit de CO₂ que injecta el gas segons el pH que hi hagi al dipòsit, el valor consigna al que vol arribar es el mateix valor de pH que tindria l'aigua extreta (al voltant de 7.5) per tal de evitar que precipitin encara més sals.

Aquest dipòsit parcialment soterrat i fet de formigó, té unes dimensions interiors de 5m x 3,7m x 5,25m (Ample, llarg i profund) i una capacitat de 100 m³.

Les funcions d'aquest dipòsit son:

1. Arqueta d'impulsió: la seva funció és tenir un lloc on acumular l'aigua i poder impulsar-la sense entri aire a la bomba.
2. Sensor de nivell: el sensor està connectat al sistema de control i permet saber el nivell del dipòsit.
3. Sensor de pH: el sensor permet al sistema de control saber si ha d'injectar més diòxid de carboni per mantenir el pH desitjat.



Figura 4.4.2.3. Foto del dipòsit de baixa i del dipòsit de CO₂

Al igual que per les bombes de pou, de les tres bombes instal·lades al dipòsit només dues funcionen alhora i roten cada mes. Qualsevol d'aquestes bombes, mitjançant una sala de vàlvules situada a la paret adjacent al dipòsit, poden enviar aigua cap a l'entrada dels filtres o cap a neteja. Les canonades disposen d'un cabalímetre i un manòmetre per controlar el cabal i la pressió de l'aigua bruta cap filtres i cap a neteja de filtres.

Aquestes bombes, també disposen dels mateixos elements de seguretat i control que les bombes de pou.

SISTEMA DE VÀLVULES I FILTRES TRICAPA

L' ETAP Mas Blau està preparada per injectar coagulant en el cas que sigui necessari, però degut a que tant aquests filtres com la microfiltració de l'osmosis mai arriben a embrutar-se completament (segons els paràmetres dictats pels fabricant dels filtres) actualment no s'injecta.

Des de la canonada provinent del dipòsit de baixa, l'aigua es distribuïda als quatre filtres, cadascun té un conjunt de vàlvules com el de la figura 4.4.2.4. que permeten dirigir l'aigua cap a l'entrada dels filtres o cap a neteja.



Figura 4.4.2.4. Foto de les electrovàlvules dels filtres

En total n'hi ha quatre filtres tri-capa en paral·lel, dos per línia d'osmosis. El cabal de disseny es de $100 \text{ m}^3/\text{h}$ per filtre, fins a un total de $400 \text{ m}^3/\text{h}$.

La composició dels filtres és: antracita, granat i sorra, l'exterior dels filtres és d'acer al carboni amb una capa de resina epoxi.

El límit de pèrdua de carrega sobre el qual s'haurien de netejar els filtres tri-capa està fixat a 1 bar, tot i això mai s'ha arribat a assolir el màxim. Per fer la neteja dels filtres es necessari parar les dues línees d'osmosis, i posar les vàlvules de la figura 4.4.2.4. en la posició de rentat i activar una de les bombes del dipòsit de baixa per a que porti l'aigua a rentat de filtres.



Figura 4.4.2.5. Foto dels quatre filtres tri-capa

BYPASS

Quan ja es té l'aigua filtrada pel procés d'osmosis, però abans de ser bombada a alta pressió, tenim una vàlvula que porta una part del cabal cap al final del procés d'osmosis, això es fa per tal de tenir un nivell de sals adequat sense cap despesa addicional. Aquesta vàlvula està regulada per un sensor que mesura la conductivitat de l'aigua mesclada resultant i que té com a valor de consigna 1050 uS (microsiemens).

Al voltant d'un 20-25 % del cabal d'aigua dels filtres passa pel Bypass. Com a dades sabem que l'aigua filtrada té una conductivitat de 3000 uS i que l'aigua osmotitzada té al voltant de 80 uS.

DIPOSITS DE REACTIUS



Figura 4.4.2.6. Foto dels dipòsits de reactius

En aquesta foto tenim tres dipòsits de PE on s'emmagatzemen els reactius que es poden fer servir a Mas Blau, d'esquerra a dreta tenim l'antiincrustant, el reductor i el coagulant. Dels tres dipòsits només està en funcionament l'antiincrustant, el qual té tres bombes de membrana (una per cada línia amb una bomba en reserva). El dipòsit de reductor no es fa servir per les mateixes raons que el coagulant, és a dir no hi ha diferència aparent en el funcionament de la planta.

Aquests dipòsits són dipòsits de treball, és a dir, a l'exterior de l'edifici es troben els dipòsits on s'emmagatzema tot el reactiu disponible, i quan els dipòsits de treball arriben a un nivell mínim, es reomplen.

Les marques de l'antiincrustant i del coagulant són Veolya Hydrex 4101 i Hydrex 3451 respectivament.

LÍNEAS D'OSMOSIS INVERSA



Figura 4.4.2.7. Foto de les línies A i B d'osmosis de l'ETAP Mas Blau

L'osmosis és un fenomen físic que explica el moviment de un solvent (aigua) des d'una solució amb una concentració menor de solut a una solució amb una concentració major a través d'una membrana semipermeable. El funcionament de l'osmosis inversa es basa en donar pressió al fluid amb la concentració més alta de solut per aconseguir que el solvent passi a l'altre costat de la membrana amb una concentració molt baixa de solut.

Les osmosis estan dissenyades per obtenir un cabal constant de $125\text{m}^3/\text{h}$ per línia. Aquest cabal serveix únicament per la salinitat actual dels pous que l'abasteixen, si la salinitat fos més elevada com el cas de l'ETAP Sagnier es necessitarien unes bombes més potents per donar més pressió.

Abans d'entrar al procés, s'afegeix a l'aigua antiincrustant per evitar que compostos com CaCO_3 , CaSO_4 , SrSO_4 , BaSO_4 , CaF , etc. precipitin a les membranes i a la microfiltració. A continuació l'aigua passa pel microfiltre de cartutxos que pot retenir partícules de fins a 5 nm (nanòmetres).

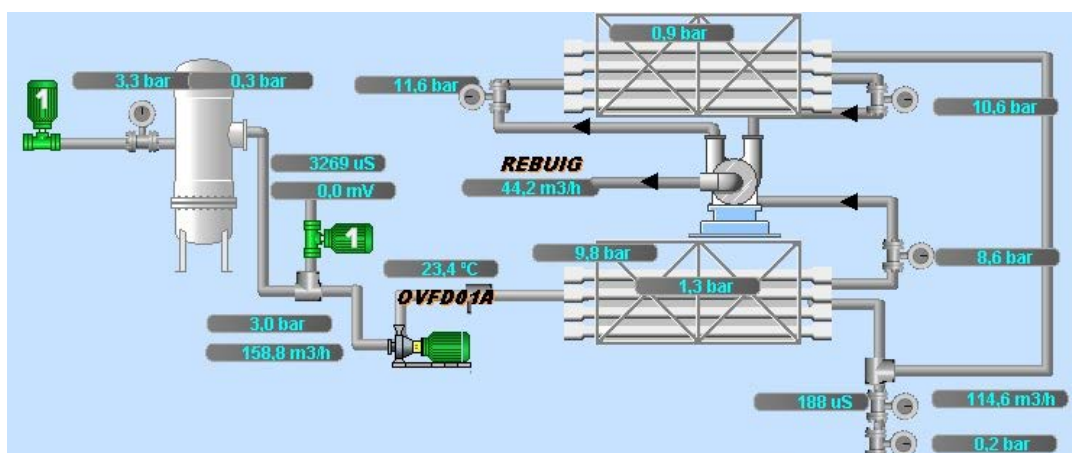


Figura 4.4.2.8 Detall de la figura 4.4.2.3. per una línia d'osmosis

L'osmosis està composta per dues línies idèntiques, que es distribueixen el cabal a tractar. Cada línia d'osmosis té dues etapes de filtració. En la figura 4.4.2.8. podem veure com l'aigua que surt de la bomba d'alta pressió entra a la primera etapa i la part de l'aigua no osmotitzada d'aquesta primera etapa entra a la segona etapa.



Figura 4.4.2.9. Esquerra: Bomba d'alta pressió i microfiltració Dreta: Turbocharger.

La bomba de l'osmosis dona pressió a l'aigua per passar la primera etapa, però per poder passar la segona etapa encara necessita una mica més de pressió, aquesta pressió es aportada mitjançant un turbocharger.

El turbocharger funciona com a turbina per l'aigua de rebuig de la segona etapa i com a bomba per l'aigua que entra a la segona etapa. Es calcula que gràcies a fer servir un turbocharger el consum elèctric d'aquesta part del procés es redueix un 30%.

En termes de regulació segons la salinitat d'entrada de l'aigua, el propi sistema s'equilibra ell mateix, si la pressió augmenta en la primera etapa per culpa de l'alta salinitat, el turbocharger augmenta la pressió de la segona etapa per no sobrecarregar la primera.

Les línees disposen d'un sistema conjunt de flushing i neteja química que permet que en el moment que es para una línea, desplaçar tota l'aigua salada fora de les membranes per tal de que no es facin malbé les membranes.



Figura 4.4.2.10. Dipòsit de flushing

Cada línea té un dipòsit de flushing propi, on va a parar els primers litres d'aigua osmotitzada.

Les bombes d'osmosis estan regulades per un variador.

POST TRACTAMENT

L'aigua procedent de les dues línees d'osmosis s'ajunten amb l'aigua del bypass. Aquesta aigua és lleugerament àcida, degut a que el procés de l'osmosis ha retingut les sals dissoltes, però no ha eliminat el CO_2 dissolt a l'aigua procedent del dipòsit de baixa. Això fa que s'hagi afegir sosa per regular el pH.



Figura 4.4.2.11. Dipòsit de sosa càustica

La sosa càustica o hidròxid sòdic s'emmagatzema en un dipòsit de 1000 litres a la part exterior, que amb unes petites bombes de membrana bombegen sosa al dipòsit de treball. La sosa que s'injecta a l'aigua produeix una reacció exotèrmica a la vegada que canvia el pH ràpidament, es per això que al punt d'injecció es tenen problemes d'incrustació.

DIPÒSIT D'AIGUA PRODUCTE



Figura 4.4.2.12. Entrada al dipòsit de distribució amb els detectors de cabal

A continuació de l'ajust de pH, l'aigua arriba al dipòsit de distribució a xarxa on s'afegeix hipoclorit sòdic a l'entrada.

El dipòsit de distribució està dividit en dues parts iguals de 1000 m³ de capacitat cadascuna. Les dues parts del dipòsit estan connectades entre elles, però per facilitar el manteniment es poden utilitzar independentment. Dins del dipòsit hi han instal·lats detectors de nivell i uns analitzadors del nivell de clor.

La canonada principal que va al dipòsit es divideix en dues parts a l'arribar. Les canonades d'entrada al dipòsit estan dotades amb detectors de cabal d'hipoclorit i vàlvules d'obertura i tancament. Els detectors de cabal d'hipoclorit es fan servir per detectar algun possible mal funcionament amb aquestes bombes.

A la caseta adjunta al dipòsit de distribució es on està instal·lat el dipòsit d'hipoclorit. Les tres bombes de membrana estan preparades per bombar a qualsevol de les dues parts del dipòsit de distribució, sempre tenint una bomba en reserva.



Figura 4.4.2.13. Dipòsit d'hipoclorit sòdic



Figura 4.4.2.14. Esquerra: Col·lector del dipòsit Dreta: Bombes d'impulsió a xarxa

De cada part del dipòsit surt una canonada que va a parar al col·lector que alimenta a les quatre bombes de xarxa, les bombes estan situades a quatre metres per sota del dipòsit.

Del total de quatre bombes, tres bombes poden funcionar a la vegada i una sempre està de reserva. Les bombes estan preparades per bombar a la pressió actual de la xarxa (3,4 bar) i també estan preparades per bombar a una pressió superior en previsió a l'augment de la demanda.

Les bombes també estan regulades per un variador de freqüència.

4.4.4. Consum Elèctric i cost del m³ d'aigua potable

El cost energètic més gran a l'hora de potabilitzar l'aigua es clarament el de l'osmosis, però sabent tots els costos energètics, podem comparar els kWh que consumeix cada part del procés.

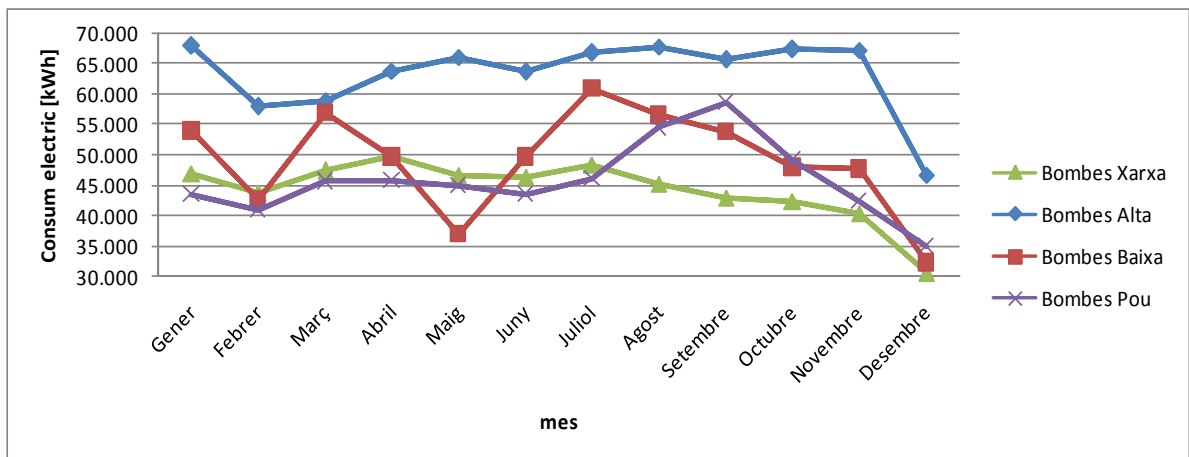


Figura 4.4.4.1. Consums de kWh per l'ETAP Mas Blau

Els consums de l'ETAP estan distribuïts segons el consum dels Pous, el consum de les bombes de baixa, les bombes d'alta pressió i les bombes d'injecció a xarxa. Com cabria esperar el consum de les bombes d'alta pressió és el més elevat, però el segon consum més elevat són les bombes de baixa, que en un principi hauríem pensat que consumirien menys que les bombes d'injecció a xarxa.

Tot i que en total les bombes de baixa i les de xarxa donen una pressió i un cabal similars, les Bombes de Baixa només n'hi ha dos funcionant a la vegada, mentre que les d'injecció tenen fins a 3 i per tant el cabal es menor per cadascuna de les bombes, millorant el consum.

Preu per kWh

Mas Blau

PERIODE	TOTAL CONSUMS (kWh)	Preu (€)	INJECCIO (m ³)	Preu		Preu acumulat		
				Preu €/kWh	€/m ³	€/kWh	€/m ³	kWh/m ³
Gener	225.724	24.964	226.613	0,111	0,110	0,111	0,110	0,996
Febrer	198.433	22.578	212.977	0,114	0,106	0,112	0,108	0,932
Març	220.999	22.181	237.057	0,100	0,094	0,108	0,103	0,932
Abril	213.839	20.647	230.041	0,097	0,090	0,105	0,100	0,930
Maig	218.224	21.183	227.575	0,097	0,093	0,104	0,098	0,959
Juny	212.939	22.893	225.047	0,108	0,102	0,104	0,099	0,946
Juliol	224.795	25.147	243.095	0,112	0,103	0,105	0,100	0,925
Agost	231.412	21.886	230.326	0,095	0,095	0,104	0,099	1,005
Setembre	225.748	21.249	218.533	0,094	0,097	0,103	0,099	1,033
Octubre	219.385	20.301	221.276	0,093	0,092	0,102	0,098	0,991
Novembre	206.216	19.893	208.618	0,096	0,095	0,101	0,098	0,988
Desembre	154.215	16.989	177.299	0,110	0,096	0,102	0,098	0,960

Figura 4.4.4.2. Taula resum i càlcul dels ratis per Mas Blau

Ordenat per mes, s'han recopilat els consums associats a l'ETAP Mas Blau, el volum d'aigua injectat i el preu del consum elèctric obtenint la taula adjunta.

Començant pels ratis per mes, podem veure que varien però es mantenen sobre un valor proper a 0,1, tant per €/kWh com per €/m³. Passa idènticament amb els ratis acumulats, d'on trobem el valor que farà servir a l'hora de calcular quant costa el m³ d'aigua injectada. Es considera que el cost d'injectar aigua des de Mas Blau és de 0,098 €/m³.

A aquest preu per m³ hem d'afegir el cost dels reactius, que per Mas Blau són Antiincrustant, Sosa, Hipoclorit i Diòxid de carboni. Es pot fer un càlcul aproximat del rati de consum d'aquests reactius segons el volum de reactiu gastat i del total d'aigua tractada.

Els ratis que surten són:

- Antiincrustant: 0,0035kg/m³ i 0,0113 €/m³

-Sosa: 0,1117 kg/m³ i 0,0270 €/m³

-Hipoclorit al 15%: 0,00592054 kg/m³ i 0,0011 €/m³

-Diòxid de carboni: 0,0314 kg/m³ i 0,0078 €/m³

El total dels ratis de reactius surt per 0,047 €/m³ que sumat al cost elèctric surt per 0,145 €/m³. Aquest seria el cost per injectar des de Mas Blau, sense contar el desgast del equip ni dels recursos humans.

Sagnier

Es repetiran els càlculs fets per Mas Blau. Obtenim les següents dades:

-kWh/m³: 1,2736

-€/kWh: 0,1543

- €/m³: 0,1966

-€ reactiu/m³: 0,0480

Fent un total de 0,2446 €/m³.

Tenim que Mas Blau injecta un total de 2.658.457 m³ a l'any a un preu de 0,145€/m³, mentre que Sagnier injecta un total de 668.472 m³ a un preu de 0,2446 €/m³. Podem calcular el preu total d'injectar des de cada una de les ETAP i després dividir-ho pel volum total i obtenim un preu de 0,165 €/m³.

4.5. Funcionament del sistema de control, xarxa de distribució i bombament

4.5.1. Xarxa de bombament i distribució

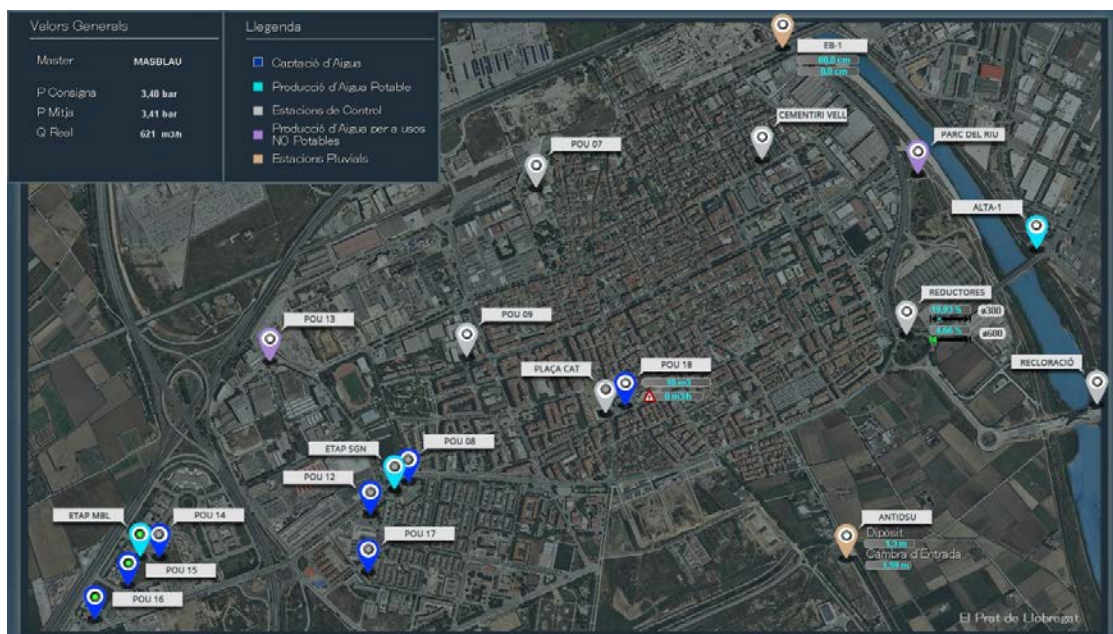


Figura 4.5.1.1. Mapa del Prat del Llobregat amb els elements instal·lats al municipi.

D'aquest mapa només els següents elements estan controlats directament per Aigües del Prat :

- Captacions d'aigua per tractar a les ETAP.
- Les ETAP i Connexió a ALTA.
- Estacions de Control i pou 13.
- Dipòsit elevat a Plaça Catalunya.

Així doncs, no entra dins del control: les Estacions Pluvials, ni la producció d'aigua per usos no Potables. Tot i que si que s'encarreguen del manteniment.

Elements de la xarxa que controla Aigües del Prat.

Els elements totals son els següents : 2 ETAP, 1 dipòsit elevat, 7 pous d'extracció d'aigua, pous de control i la connexió a la xarxa en ALTA de Barcelona.

ETAP: les dues ETAP del Prat de Llobregat disposen de tres pous cadascuna, per l'ETAP Mas Blau els pous son el 14, 15 i 16 mentre que per l'ETAP Sagnier son els pous 8, 12 i 17.

Dipòsit Elevat: és un petit dipòsit de 38 m d'alçada amb una capacitat de 350 m³. Aquest dipòsit ajuda a tenir una bona regulació de la pressió de la xarxa, doncs la pressió que donen les bombes pot variar molt ràpidament, però el nivell del dipòsit aporta una variació de pressió més constant.

Pous: la numeració dels pous ve donada segons l'ordre de posada en marxa, fent que el pou 8 sigui el més antic funcionant i el 18 el més actual.

La situació dels pous ve donada per la proximitat al ús al que van destinats, també influeix la zona, doncs no es poden instal·lar pous en qualsevol punt del municipi, ha de ser una parcel·la que pertanyi al ajuntament.

Podem distingir tres tipus d'ús dels pous:

- Pou per l' ETAP: aquests pous estan situats a prop de l'ETAP a la que estan connectats, estan preparats per bombar aigua del aquífer de manera continuada durant períodes de rotació extensos.

Aquests pous son els anteriorment enumerats com 08, 12, 14, 15, 16 i 17.

Puntualització sobre el Pou 12: aquest pou no està operatiu degut a que poc després d'acabar la seva construcció es va veure que no tenia prou cabal per fer-se servir de manera continuada.

- Pou de seguretat pel dipòsit elevat: El pou 18 té una única finalitat i es injecta aigua des de l'aquífer a l'interior del dipòsit elevat, està preparat d'aquesta manera per evitar que si el nivell d'aigua del dipòsit disminueixi lo suficient entri aire a la xarxa de distribució.

- Pous de control: son els pous restant , es fan servir principalment per controlar el nivell de l'aquífer.

Connexió a la xarxa ALTA-1: La xarxa de distribució del prat disposa d'una connexió a la xarxa en alta pressió de Barcelona, el seu propòsit es proporcionar aigua quan no es pot garantir amb la producció pròpia de les ETAP.

4.5.2. Funcionament de l'ETAP

El PLC de Mas Blau i Sagnier s'encarreguen fonamentalment de que cap dels seus dipòsits es quedi buit. Pel dipòsit de distribució el sistema mesura el nivell del dipòsit i en cas de ser 1,75 metres o menor, comprova quantes bombes estan bombant a xarxa, en cas de tenir les 3 bombes funcionant, desconnecta una fins que el nivell del dipòsit arribi a 2,25 metres, moment en el qual torna al seu funcionament normal. En el cas de que el nivell segueixi baixant i arribi a l'alçada mínima de 0,75 metres el sistema deixaria només una bomba injectant aigua al mínim.

Una metodologia similar es la que fa servir el PLC per la regulació del dipòsit de baixa, amb la diferencia que intenta tenir el dipòsit a una alçada constant igualant el cabal que surt amb

el que entra. Això està fet així perquè és un dipòsit petit i les variacions de nivell son més difícils de controlar.

Per un altre banda, el sistema també controla les ETAP i la connexió a la d' ALTA mitjançant uns trams indicatius de les bombes actives o en el cas de la connexió a ALTA els graus d'obertura de les vàlvules.

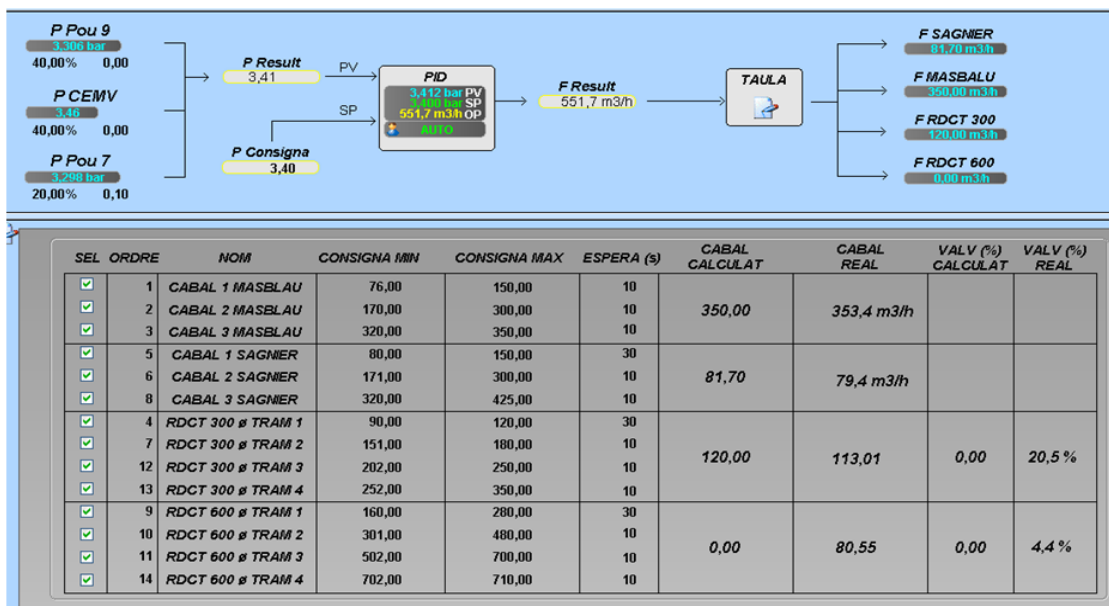


Figura 4.5.2.1. Captura de pantalla del sistema de control de l'abastament.

Font Programa de control CITECT-SCADA

A la figura 4.5.2.1. tenim una captura de pantalla amb la configuració actual d'engedada i aturada de cadascun d'aquests trams. L'ordre dels trams està configurat per donar la màxima qualitat al servei d'aigua, això vol dir que la qualitat de l'aigua de Sagnier es inferior a la qualitat de l'aigua que es compra a la xarxa de Barcelona, es per això que primer s'obre un dels trams d' ALTA i després passa a obrir dos trams més de Sagnier etcètera. Es fa així pel fet de que els pous associats a l'ETAP Sagnier tenen pràcticament el doble de concentració de clorurs que els pous associats a Mas Blau. Tot i que el bypass de Sagnier estigui configurat de la mateixa manera i tingui un cabal molt menor de bypass, la concentració de clorurs està al límit acceptat per la llei.

5. Possibles millores

Les bombes de pou i les de bombes de baixa son bombes que no s'han dimensionat per les necessitats actuals i son les mateixes que es feien servir abans de l' instal·lació de les línees d'osmosis. Es per això que les millores es centraran en aquestes bombes i les seves canonades. Tot i que algunes de les bombes han estat renovades, simplement s'han instal·lat bombes amb característiques similars a les anteriors.

5.1. Pèrdues de càrrega i dimensionament

5.1.1. POUS

Els càlculs es faran amb les dades disponibles de les captures de pantalla del sistema de control, aquestes captures disposen de les dades dels cabalímetres i dels manòmetres a un metre del terra de la caseta del pou i de l'alçada piezomètrica de l'aigua del pou.

Farem servir l'equació de Bernoulli per calcular els paràmetres dels diferents punts.

$$Hb + Za + Pa + \frac{Va^2}{2 * g} = Hp + Zb + Pb + \frac{Vb^2}{2 * g} \quad (\text{Eq. 5.1.1.})$$

Hb: alçada de la bomba

Z: cota d'alçada

P: pressió en m.c.a

V: velocitat del fluid.

Hp: pèrdues de carrega

Per tal de calcular les pèrdues singulars teòriques es farà servir la formula:

$$hs = K * \frac{v^2}{2 * g} \quad (\text{Eq. 5.1.2.})$$

Sent K un coeficient depenent del tipus de singularitat.

Per calcular les pèrdues lineals teòriques es farà servir la formula de Hazen-Williams:

$$hl = 10.674 * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} * L \quad (\text{Eq 5.1.3.})$$

Q: Cabal

C: coeficient segons el material de les canonades

D: diàmetre

L: longitud de la canonada

Dades dels pous

	Piezometria (m)	Cabal (m ³ /s)	Manometre (m)
POU 14	9,865	0,0480	6,6667
POU 15	9,65	0,0624	13,1091
POU 16	7,55	0,0565	14,2712

Figura 5.1.4. Taula de les condicions de funcionament

	DN	Mano-Stri (m)	# comportes	# colzes (aprox)
POU 14	250	30	3	10
POU 15	200	350	3	8
POU 16	200	500	3	11

Figura 5.1.5. Condicions fixes dels pous.

Les bombes de pou estan situades a uns 30 metres de profunditat, i aproximadament a 40 metres fins el cabalímetre i el manòmetre. Es considera la K de la comporta 0,2 , la K del colze 0,6 i la C de les canonades de fundició 115.

L'alçada de l'entrada a la torre d'Stripping està a 7,35 metres.

La metodologia dels càlculs serà la següent:

Farem els càlculs fent servir els punts A, B i C.

El punt A correspon a l'alçada piezomètrica del pou, el punt B correspon a la canonada on estan el cabalímetre i manòmetre, i per últim el punt C és el punt on la canonada entra a la torre d'Stripping.

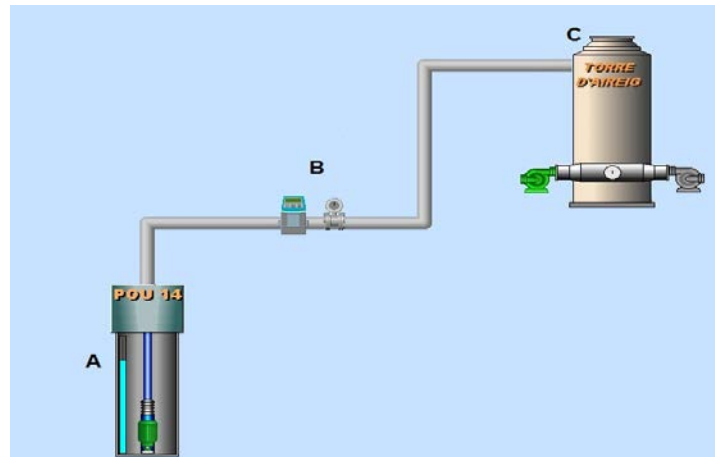


Figura 5.1.6. Imatge modificada amb la descripció dels punts A, B i C.

FONT: Programa de control CITECT-SCADA

Sabem l'alçada el punt A, sabem que està a pressió atmosfèrica però no sabem l'alçada que dona la bomba.

Pel punt B sabem el cabal, la pressió i la seva cota.

Pel punt C sabem el cabal, la cota i sabem que està a pressió atmosfèrica.

Procediment del càlcul: s'aplicarà l'equació de Bernoulli (Eq 5.1.1.) entre A i B per determinar l'alçada que dona la bomba on se li aplicaran les pèrdues de carrega teòriques (Eq 5.1.2. i 5.1.3.) pels 40 primers metres de canonada i de les dues vàlvules de comporta i un colze que hi ha des de l'aigua fins al manòmetre. A continuació s'aplicarà un altre cop Bernoulli entre A i C per determinar la totalitat de les pèrdues de càrrega.

D'aquesta manera podem obtenir les pèrdues reals del circuit (o molt properes) i les podem comparar amb les teòriques.

Tots els càlculs es faran en metres columna d'aigua (m.c.a) donat que la selecció de bombes es fa en aquestes unitats.

Obtenim les següents dades en metres.

	Pèrdues Tram A-B	Alçada de la bomba	Pressió a B	Pèrdues Reals	Pèrdues Teòriques
POU 14	0,1803	17,7489	6,6667	0,497	0,4944
POU 15	0,8152	24,7221	13,1091	7,5743	7,3056
POU 16	0,676	23,6182	14,2712	8,5971	8,3633

Figura 5.1.7. Resultats d'aplicar les equacions 5.1.1, 5.1.2 i 5.1.3 amb les condicions de funcionament.

De la taula 5.1.7. a la columna de l'alçada de la bomba veiem les alçades a les que treballen les bombes de pou. D'aquesta taula també podem comparar les pèrdues reals i teòriques, com es normal les pèrdues reals son majors que les teòriques.

Per dimensionar correctament el diàmetre de les canonades agafarem el cabal màxim i calcularem les pèrdues teòriques per cada pou. El cabal màxim es considera que es 230 m³/h.

	DN actuals	DN 250	DN 300
POU 14	0,8583 m	0,8583 m	0,3976 m
POU 15	7,6366 m	2,7309 m	1,1937 m
POU 16	10,5308 m	3,7631 m	1,6438 m

Figura 5.1.8. Pèrdues de càrrega teòriques segons el DN en el cas de tenir cabal màxim

De la taula 5.1.8. podem veure que els pous 15 i 16 tenen unes pèrdues molt grans pel diàmetre actual que tenen (DN 200), però que amb el canvi a DN 250 les pèrdues baixen considerablement, en canvi el DN 300 no millora gaire respecte al DN 250.

En aquest cas s'haurien de fer servir canonades de DN 250 a tots els pous, així la bomba hauria de donar fins a 7 metres menys d'alçada pel cas del pou 16.

5.1.2. DIPÒSIT DE BAIXA

En aquest tram no considerarem les pèrdues de càrrega singulars teòriques degut a que tenim uns manòmetres que ens ajudaran a donar amb exactitud les pèrdues totals. També s'ha de considerar que les pèrdues lineals son molt petites donat la poca distancia que recorre l'aigua.

Com exemple les bombes del dipòsit de baixa donen 3,6 bars, aquesta pressió es fa servir per vèncer les pèrdues de càrrega dels filtres Tricapa i la microfiltració prèvia a l'osmosis.

La diferencia de pressió pels filtres és variable i està acotada entre 0,1 bars i 1 bar. Tal com s'ha comentat, la diferencia depèn de lo bruts que estiguin els filtres, sent el cas de que mai han arribat a 1 bar. En un principi es considera que el màxim de pèrdues de càrrega son 0,8 bars.

Fent servir les dades de les figures 4.4.1.3. i 4.4.1.4., que corresponen a les captures de pantalla del sistema de control dels filtres i de l'osmosis, tenim que les pèrdues per cada filtre son de 0,3 bars. Si comencem en 3,6 bars acabem tenint 3 bars a l'entrada de les bombes d'osmosis.

Pel cas més desfavorable en el que tinguéssim 0,8 bars de pèrdua de càrrega pels filtre Tricapa i 0,8 bars més per la microfiltració, mantenint els 3,6 bars com a la pressió que donen les bombes, l'aigua arribaria amb una pressió de 2 bars a les bombes d'alta, que es justament la pressió mínima necessària d'aspiració.

En el cas que l'aigua arribi amb més pressió que la mínima, les bombes d'alta donaran una pressió diferencial menor, és a dir que l'energia que es gasta en les bombes del dipòsit es fa servir per les bombes d'alta.

5.1.3. OSMOSIS

Tal com s'ha parlat anteriorment l'osmosis funciona donant pressió a un fluid i fent-lo passar per una membrana, a la qual surt a una pressió molt baixa en comparació amb l'aigua de l'altre costat de la membrana.

Per tant es correcte dir que totes les pèrdues de càrrega associades al procés d'osmosis son necessàries i estan justificades. Com que l'aigua osmotitzada s'ajunta amb aigua provinent dels filtres, tenim que l'aigua mesclada augmenta una mica la seva pressió i en té suficient per arribar al dipòsit de distribució.

5.1.4. DIPÒSIT DISTRIBUCIÓ

No es considera que hagin pèrdues de carrega significatives en el poc desplaçament des del dipòsit fins les bombes de xarxa (aproximadament 10 metres).

5.2. Possibles canvis a les bombes

5.2.1. Canvi a les bombes de pou

Les bombes submergibles instal·lades son de 3 rodets amb una alçada de fins a 76 m.c.a. per un cabal de 230 m³/h, degut a que tenia un consum elevat (fins a 73 kW per aquest cabal) es va decidir extreure un dels rodets i per tant tractar la bomba com si tingues només 2 rodets. Les corbes estan detallades a l'annex.

La bomba està regulada per un variador de freqüència, que li permet operar en punts paral·lelament inferiors a la seva corba, però baixar molt la corba d'una bomba implica que el variador ha de treballar més i que la bomba consumeix més per treballar molt per sota de la seva corba.

Farem servir les mateixes equacions que hem fet servir anteriorment per calcular les pèrdues de càrrega a l'hora de determinar quina alçada necessitarien les bombes en el cas més desfavorable, el cabal es considerarà 230 m³/h i l'alçada piezomètrica del pou serà la més gran registrada en l'últim mig any. Un cop calculat l'alçada es multiplicarà per un coeficient de seguretat 1,25 per compensar una possible variació del nivell d'aigua.

Farem dos casos, un pel cas amb les canonades actuals i el segon cas per les canonades DN 250.

	DN actual	DN 250
POU 14	24,0296 m	24,0296 m
POU 15	32,0394 m	25,9073 m
POU 16	33,9322 m	25,4726 m

Figura 5.2.1.1. Taula d'alçades en metres de les bombes amb el coeficient de seguretat aplicat segons el diàmetre nominal.

L'alçada de les bombes per les canonades actuals és de 34 metres, si es canviessin les canonades l'alçada requerida passaria a ser 26 metres, també s'han mirat bombes per una alçada de 50, per comparar amb les actuals.

Tenim dos marques de bombes que ofereixen bombes submergibles i que donen accés a un programa en línia per seleccionar una bomba. Les marques son INDAR i KSB.

Marca		INDAR	INDAR	INDAR
Alçada (m)		26	34	50
Cabal (m ³ /h)		230	230	230
Potència (kW)		20	29	39
Model	Bomba	UGP-1030-01	UGP-1020-02	UGP-1030-02
	Motor	ML-18-3/040	ML-18-3/055	ML-18-3/068

Figura 5.2.1.2. Taula resum per les bombes marca INDAR.

Marca		KSB	KSB	KSB
Alçada (m)		26	34	50
Alçada Real (m)		26,66	39,41	50,79
Cabal (m ³ /h)		230	230	230
Potència (kW)		21,93	30,53	39,93
Model		UPA 300-65/1a	UPA 250C-250/21	UPA 250C-250/2a
		UMA 200D 37/21	UMA 150E 37/22	UMA 200D 45/21

Figura 5.2.1.3. Taula resum per les bombes marca KSB.

Per l'alçada de 50 metres les bombes actuals consumirien uns 47 kW segons les corbes del fabricant, per aquesta alçada qualsevol de les dues marques tindria un consum inferior a 40 kW i per tant seria millor que l'opció actual.

L'alçada de 34 metres corresponent als diàmetres actuals tenim que les dues marques tindrien un consum similar, en aquest cas la marca INDAR també té amb un consum lleugerament inferior a l'altre marca.

Per últim amb l'alçada de 26 metres corresponent a totes les canonades amb DN 250 també seria bones les dues opcions, doncs comparant amb el consum real de 23 kW registrat pel variador de freqüència, les dues marques es troben per sota d'aquesta cota.

Tot i que la decisió correcte per dimensionar les bombes resideix en saber si les canonades seran de DN 200 o DN 250, s'escollirà una de les dues bombes dissenyades per l'alçada de funcionament de 34 metres, doncs ja s'ha reduït l'alçada respecte a l'actual i amb la presència d'un variador el valor de l'alçada i el consum es poden adaptar posteriorment a una alçada menor. Un altre raó per escollir les bombes que donen l'alçada de 34 metres es que l'alçada de l'aquífer pot baixar per una sequera, i aquests 8 metres extres poden ser la diferencia entre que les bombes funcionin o no.

Entre les dues marques es prioritzarà la marca INDAR, doncs sembla que es la que té millor consum.

Les bombes seran les mateixes per tots els pous per tal de mantenir els mateixos recanvis i facilitar el procés de reparació i manteniment.

Bomba escollida

Marca INDAR Model : UGP-1020-02

Multi etapa : 2 rodets

Bomba submergible no invertida.

Materials : Acer inoxidable dúplex

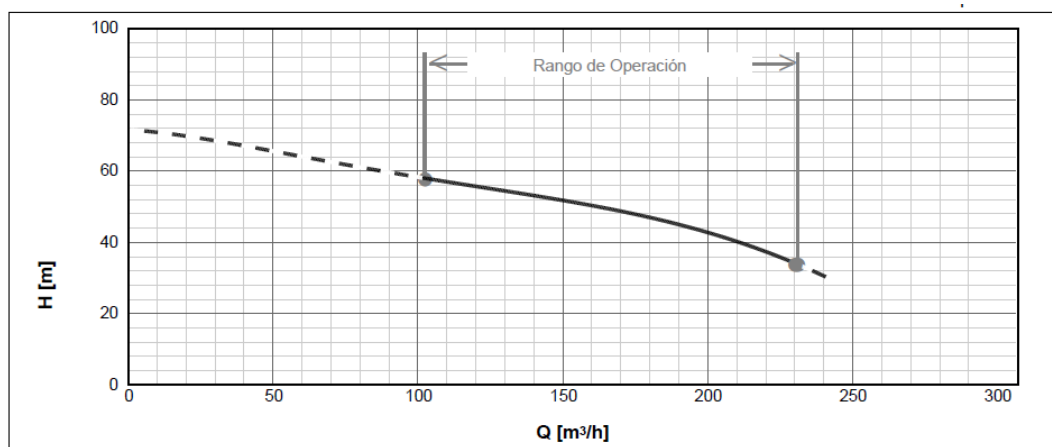


Figura 5.2.1.4. Corba alçada-cabal de la bomba seleccionada

Font : Pàgina de selecció de bombes INDAR

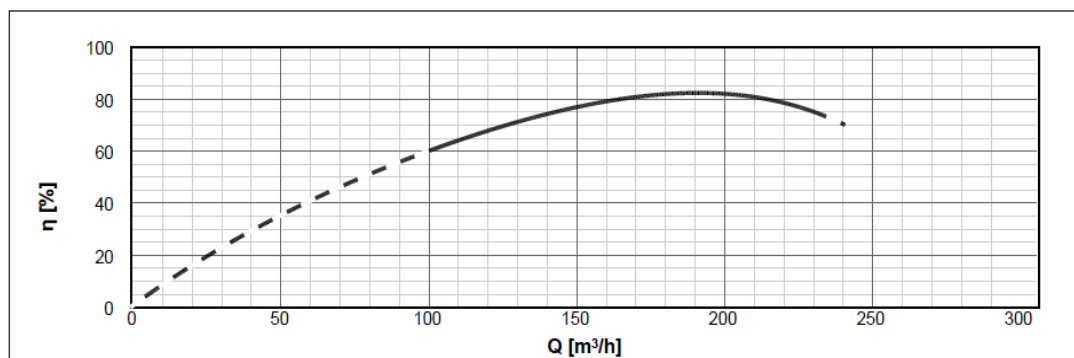


Figura 5.2.1.5. Corba rendiment-cabal de la bomba seleccionada

Font : Pàgina de selecció de bombes INDAR

Es pot apreciar que pel cabal que hem imposat aquesta bomba aniria forçada, però amb un cabal de 200 m³/h estaria funcionant casi al màxim de rendiment, les potències de les taules 5.2.1.2. i 5.2.1.3. corresponen a les potències pel punt de funcionament imposat, per tant amb un cabal menor la bomba tindrà un consum menor.

5.2.2. Canvis a les bombes del dipòsit

Variacions del tipus de bomba

Es podria adoptar el mateix sistema que disposen al dipòsit d'alta, és a dir tenir les bombes instal·lades per sota del nivell del dipòsit per evitar problemes de cavitació i així també no restringir-nos a bombes submergibles.

Els punts a favor d'instal·lar altres tipus de bomba seria l'augment de rendiment, i els punts en contra seria tenir que instal·lar-les per sota del nivell del dipòsit i els possibles problemes de la precipitació de sals i la salinitat de l'aigua.

Com que les condicions de treball son s'escollirà el mateix tipus de bomba.

Canvis de bomba

El cabalímetre de la canonada registre cabals màxim d'entre 400 - 415 m³/h, a repartir entre les dues que funcionen alhora, per tant cada bomba funciona com a màxim a 210 m³/h. Segons les pèrdues de carrega màximes per cada filtre (0,8 bars pels filtres tricapa i 0,8 per la microfiltració) i la pressió mínima requerida per la bomba d'osmosis obtenim que la pressió que ha de donar la bomba son 3,6 bars, que en metres columna d'aigua son 36,72 . A aquest número li afegim dos metres d'alçada que corresponen a la distancia vertical entre l'aigua del dipòsit i l'alçada de la canonada on està el manòmetre. Per tant l'alçada total que han de donar aquestes bombes son 38,72 m.

Si apliquem un 25% d'alçada extra com a coeficient de seguretat en el cas que la precipitació de sals baixi el rendiment de les bombes, obtenint un total de 48,4 metres d'alçada. Si es compara amb els 54 metres que poden donar d'alçada màxima les bombes actuals podem veure que hi les bombes es poden millorar lleugerament. Per una diferencia tant petita es podria mirar de trobar una bomba que s'adaptés millor al punt de funcionament però la millora en el consum respecte el preu de la bomba de seria petita.

6. Impacte ambiental i Pressupost econòmic

6.1. Impacte ambiental

Sent una ETAP que es basa en dessalinitzar l'aigua que extreu del aqüífer té tres consideracions mediambientals a tenir en compte. La primera és l'explotació de l'aqüífer, la segona és l'eliminació dels COV i per últim el rebuig de l'osmosis (salmorra).

L'explotació de l'aqüífer està regida per la Comunitat d'usuaris d'aigües de la Vall Baixa i del Delta del Riu (CUADLL), que ha atorgat a Aigües del Prat una capacitat d'extracció de fins a 5 Hm³ a l'any de la qual només fa servir 3,3 Hm³. Les quotes que atorguen estan bassades en la capacitat que té el riu d'abastir l'aqüífer subterrani i de les necessitats del municipi. El problema segueix estant en èpoques de sequera on l'absència de pluges disminueixen el cabal i per tant la capacitat de recàrrega de l'aqüífer.

L'intrusió marina és un fenomen que es dona quan la pressió de l'aqüífer disminueix i deixa passar l'aigua salada terra endins. L'intrusió marina al Delta del Llobregat actualment afecta a un terç de la superfície total, i està sobretot localitzada a l'altre banda del riu on es va construir el port.

L'eliminació dels COV es dona al filtre de carboni actiu que està instal·lat a la part superior per on surt l'aire de la torre d'Stripping, així doncs aquesta eliminació no contrau cap risc mediambiental.

El rebuig de l'aigua de l'osmosis és molt salada, doncs té una concentració tres vegades superior a l'aigua d'entrada. Aquesta d'aigua de rebuig es barreja amb tota l'aigua provinent del clavegueram i va a parar a l'estació depuradora de regeneració del Prat del Llobregat, que tracta l'aigua i després la fa servir com a recarrega artificial de l'aqüífer.

6.2. Pressupost econòmic

El pressupost es calcularà segons els preus dels canvis proposats i dels recursos humans empleats en la redacció d'aquest projecte. A continuació es farà la taula resum del pressupost del projecte.

6.2.1. Diagrama de GANTT

Per fer el pressupost primer es farà el diagrama de GANTT per veure les hores gastades amb cada part del projecte. Cada casella en aquest diagrama equival aproximadament a 25 hores de treball.

Mes	Desembre	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Hores totals
Estudi de les diferents parts de l'ETAP	■										100
Estudi de l'aqüífer		■									75
Estudi del consum				■							50
Estudi del Cost per m ³					■						50
Estudi del funcionament de la xarxa						■					50
Càlculs per les millores							■				175
Redacció							■				225

Figura 6.2.1.1. Diagrama de GANTT per les hores dedicades al projecte.

El total de temps dedicat al projecte és de 725 hores .

6.2.2. Pressupost pel Projecte

Per aquesta part del pressupost es dividiran segons recursos materials i recursos humans.

Els càlculs previs es faran sense l' IVA, al resum final s'aplicarà pel total del projecte.

Recursos humans

S'ha tingut en compte el cost de l'enginyer que realitza el projecte i del director del projecte. Els valor dels costos i dels salaris son orientatius.

-Director del projecte: és l'encarregat de tutoritzar el treball realitzat per l'enginyer. El seu salari està considerat 60€/hora i les hores dedicades a aquest projecte s'han valorat en 50.

La part del pressupost del director de projecte correspon a $60€/hora \cdot 50h = 3000€$

-Enginyer: és qui realitza el projecte. El seu salari està considerat 30€/hora i les hores dedicades son les desglaçades en el diagrama de GANTT:

La part del pressupost del enginyer correspon a $30€/hora \cdot 725h = 21.750€$

Recursos materials

Els preus associats als recursos materials s'han distribuït en els següents apartats:

-Mobilitat: s'ha considerat que s'han fet 10 visites a la planta amb un preu associat al viatge en transport públic de 2€ per viatge.

$$\text{Cost de Mobilitat} = 2\text{€}/\text{viatge} \cdot 10 \text{ viatge} = 20\text{€}$$

-Ordinador: s'ha calculat el preu total de l' utilització d'un ordinador de sobretaula per la recerca d'informació i la redacció del projecte.

	Descripció	Preu [€/any]
Preu d'adquisició	800€ per l'ordinador nou i es considera que la seva vida útil és de 4 anys	200
Manteniment	10% del valor original	80
Consum electric		500
TOTAL		780

Taula 6.2.2.1. Preus anuals associats a la compra d'un sobretaula.

La duració del projecte es de 10 mesos en front de l'any sencer, per això el preu per la duració del projecte passa a ser de $780\text{€/any} \cdot 10 / 12\text{any} = 650\text{€}$

-Material divers: material d'oficina, impressions, Cd's, etc. S'han estimat en 60€ durant la duració del projecte.

6.2.3. Pressupost dels canvis a aplicar

Canvis a les canonades

Les consideracions prèvies pel càlcul dels pressuposts per aquesta part son les següents:

-Longitud dels trams a canviar son 350 metres i 500 metres (pou 15 i 16 respectivament)

-Les canonades passen principalment per la vorera, es considerarà un preu comú per excavar i tornar a muntar les rajoles.

-Es considera que el recorregut segueix sent el mateix, per tant es mantenen el numero de colzes. També es considera el pitjor cas on canviar cadascun dels trams de cada pou es independent de l'altre.

-Les hores estimades per dur a terme l'obra per cadascun d'ells son 190 hores en total pels peons i 50 hores per l'encarregat en el cas del pou 15 i 320 hores pels peons i 60 hores per l'encarregat en el cas del pou 16. Els salaris dels peons i del encarregat es consideren 12 i 14€/hora.

Pressupost canonades	Pou 15	Pou 16
Preu excavació i acabat del carrer	5.530 €	7.900 €
Preu de canonades i muntatge	11.060 €	15.800 €
Preu de les Valvules i colzes	3.242 €	3.479 €
Preu mà d'obra peons	2.252 €	3.792 €
Preu mà d'obra encarregat	711 €	853 €
TOTAL	22.795 €	31.824 €

Taula 6.2.3.1. Pressupost per l' instal·lació de les canonades dels pous 15 i 16.

El total per instal·lar les dues canonades surt per 54.619€

Canvis a les bombes

Les consideracions prèvies per aquesta part del pressupost son les següents:

-L' instal·lació de la bomba es fa amb un camió ploma que s'alquila per hores i es tarden 8 hores per desmuntar i muntar una bomba.

-El personal necessari durant l' instal·lació és de 2 persones durant dues hores, una hora de preparació i una segona per recollir, i de 4 persones durant 6 hores. Els salaris son de 14€/hora.

Pressupost Bombes	Preu per Pou
Lloguers de la maquinaria	474 €
mà d'obra	489 €
Preu bomba	10.665 €
Preu per bomba	11.628 €

Taula 6.2.3.2. Pressupost per l' instal·lació d'una bomba en un pou.

El preu total de canviar les 3 bombes surt per un total de
 $3\text{bombes} \cdot 11.628\text{€/bomba} = 34.884\text{€}$

Resum dels preus totals associats a la creació del projecte

Descripció	Preu
Obres	
Canvis a les canonades	54.619 €
Canvis a les bombes	34.884 €
PEM	89.503 €
13% Despeses Generals	11.635 €
8% Benefici Industrial	7.160 €
Total	108.299 €
21% de IVA	22.743 €
PEC	131.041 €
Honoraris	
Enginyer	21.750 €
Ordinador	650 €
Mobilitat i Material divers	80 €
Redacció del Projecte	22.480 €
Direcció de l'obra	3.000 €
Total	25.480 €
21% IVA	5.351 €
Total honoraris	30.831 €
TOTAL PRESSUPOST	161.872 €

Taula 6.2.2.4. Taula resum dels preus totals associats al projecte

Conclusions

Com hem pogut veure durant tot el projecte, Mas Blau és la més important de les dues ETAP doncs funciona a plena potencia casi tot el dia i qualsevol millora de rendiment que se li apliqui també podrà ser aplicada a Sagnier.

L'estudi hidràulic de la planta Mas Blau ha aportat unes dades importants respecte a la caracterització de les bombes dels pous i del dipòsit de baixa. Aquestes dades ens donen a conèixer que només les bombes de pou i la seva instal·lació poden ser millorades amb uns canvis fàcils d'aplicar.

El canvi de canonades és molt important doncs beneficia a dues de les tres bombes, aquestes bombes treballen entre 5 i 7 metres més per tenir un diàmetre de la canonada massa petit. Pel cabal actual que porten, la canonada de DN 250 és idònia, mentre que augmentar més aquest diàmetre no aporta cap benefici.

El canvi de les bombes també és molt important degut a que son bombes antigues i d'una potencia molt superior a la necessària, és per això que les més antigues només tenen dos dels tres rodets instal·lats. Tot i l'extracció d'un dels rodets la bomba sense el variador encara està molt per sobre de l'alçada òptima calculada. La bomba escollida tindrà una alçada major que la requerida per les pèrdues del circuit per tal d'adaptar-se a la possible situació en que una sequera faci baixar el nivell de l'aquífer dràsticament.

Agraïments

M'agradaria agrair a Aigües del Prat i al seu director gerent Aureliano Garcia per donar-me l'oportunitat de fer el meu projecte sobre una de les seves plantes i sobretot a Oliver Triano per ensenyar-me la planta i facilitar-me tota la informació necessària per la realització d'aquest projecte.

També agrair al meu ponent Enric Trillas per la seva ajuda i consells a l'hora de fer el projecte.

Per últim nombrar la Universitat Politècnica de Catalunya i l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona per formar-me.

A tots vosaltres, gràcies

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] TUBAU, Isabel Estudio hidrogeológico y propuesta de proceso constructivo para la excavación de un túnel entre pantallas en el Delta del Llobregat. Tesina, 2004.
- [2] Fitxes de caracterització inicial, pressions i Impactes de les Masses d'Aigua Subterrànies .Agencia Catalana de l'Aigua. Gencat , 2004
http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?_nfpb=true&_pageLabel=P25400181961268046736218&profileLocale=es

Bibliografia complementària

- [3] MATAIX, Claudio. Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Madrid: Ediciones del Castillo, 1986
- [4] STREETER, Victor. Mecánica de los fluidos 4ed. Mexico: MCGRAW-HILL, 1970
- [5] ALVAREZ, Alberto. Ósmosis inversa. Fundamentos, tecnología y aplicaciones, Aravaca, Antonio García Brage, 1999.
- [6] Cálculo de pérdidas de carga en tuberías. Miliarium .Fórmulas extretes d'aquesta pagina web:
<http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.asp>
- [7] Agència Catalana de l'Aigua. Protocol d'actuacions de descontaminació de les aigües subterrànies en emplaçaments d'estacions de serveis, 2007
https://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/aigues_subterrànies/protocol_actuacions_estacions_servei.pdf
- [8] Selecció d'una bomba KSB. Informació extreta del programa online en aquesta web
https://www.ksb.com/ksb-es/Selecciona_sus_bombas_y_valvulas/KSB-EasySelect_Configurador_de_Producto_es/
- [9] Selecció d'una bomba INDAR. Informació extreta del programa online en aquesta web
<http://www.indarpumpselectionprogram.com/ofertas/?idioma=0>

[10] Materials aptes per aigua potable. Informació extreta d'aquesta web.
http://www.madridsalud.es/temas/codigo_tecnico_edificios.php