



# PROJECTE FINAL DE CARRERA

Llicenciatura de Ciències Ambientals

ESTUDI PER LA SELECCIÓ DE CAG PEL  
PROCÉS DE POTABILITAZACIÓ DE L'ETAP TER

Patricia Galera Bella

Cerdanyola del Vallès, setembre de 2011

**UAB**  
Universitat Autònoma  
de Barcelona

 **ATLL**

**TÍTOL:** Estudi per la selecció de Carbó activat granular pel procés de potabilització de l'ETAP Ter.

**AUTOR/A:** Galera Bella, Patricia

**TUTORIAT:** Dra. Montserrat Sarrà i Adroguer, Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.  
Dra. Paqui Blánquez Cano, Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

**DIRECTOR:** Dr. Fernando Valero Cervera



**Universitat Autònoma  
de Barcelona**

MONTSERRAT SARRÀ i ADROGUER, professora titular i PAQUI BLÀNQUEZ CANO, professora lectora del Departament d'Enginyeria Química de la Universitat Autònoma de Barcelona, Certifiquen:

Que l'alumne Patricia Galera Bella ha dut a terme, sota la nostra direcció, el treball amb títol **“Estudi per la selecció de Carbó activat granular pel procés de potabilització de l'ETAP Ter”** que presenta en aquesta memòria, la qual constitueix el seu treball en l'assignatura **“Projecte final de carrera”** (codi 24675).

I perquè consti als efectes que correspongui, es presenta el treball esmentat davant el comitè avaluador corresponent de la Universitat autònoma de Barcelona, signant el present certificat.

Cerdanyola del Vallès, setembre de 2011

Dra. Montserrat Sarrà

Dra. Paqui Blánquez

## *Dedicatòries i Agraïments*

- "Als meus pares i germà,  
...per ensenyar-me l'amor a l'estudi."*
- "Als meus professors de l'institut Llobregat  
...pel seu exemple de professionalitat que mai he  
oblidat."*
- "A Tracy Chapman, Liam i Peque Gallagher...  
...que amb la seva música m'han relaxat en els  
moments de tensió."  
...per fer d'aquest mon més perfecte."*
- "A Rosa Galera Sánchez...  
...per les seves aportacions a la ciència."*
- "A Arquímedes, Darwin, Newton, Einstein...  
...per la seva fraternitat."*
- "A les meves germanes de facultat, Julia,  
Laura, Elena, Alba  
...per ensenyar-me nous horitzons."*
- "A José David de Gea,  
...per la seva guia i dedicació."*
- "Al meu tutor,  
...i tots aquells que han fet possible la  
confecció i elaboració d'aquest treball."*
- "A les meves professores, companys de treball,  
amics..."*

Agua, ¿dónde vas? Riendo voy por el río a las  
orillas del mar.  
Mar, ¿a dónde vas? Río arriba voy buscando  
fuente donde descansar.

Federico García Lorca



	Pagina
<b>CAPÍTOL 1: INTRODUCCIÓ</b>	<b>11</b>
1.1 L'abastament d'aigua a la regió metropolitana de Barcelona	12
1.1.1 Aigües Ter Llobregat i el seu compromís ambiental	14
1.1.1.1 Introducció	14
1.1.1.2 Àmbit d'actuació i xarxa de distribució	15
1.1.1.3 Compromís ambiental	18
1.2 L'estació de tractament d'aigua potable del Ter (ETAP-Ter)	20
1.2.1 Descripció del procés i mesures de control	22
1.2.1.1 Sistema d'embassaments del Ter	22
1.2.1.2 Embassament de Sau	22
1.2.1.3 Embassament de Susqueda	24
1.2.1.4 Embassament del Pasteral	25
1.2.1.5 Tractament a l'ETAP Ter	26
1.2.1.5.1 Obra d'arribada	27
1.2.1.5.2 Cambra de mescla i decantació	28
1.2.1.5.3 Filtració per carbó actiu	29
1.2.1.5.4 Desinfecció i emmagatzematge	30
1.2.1.5.5 Dosificació de reactius	30
1.3 Legislació d'aigües	32
1.3.1 La llei com a eina	34
1.3.2 Legislació d'aigües prepotables	35
1.3.3 Legislació d'aigües potables	37
1.3.3.1 Paràmetres a analitzar i límits màxims	39

1.4	Introducció a la part experimental	44
1.4.1	Carbó activat	46
1.4.1.1	Antecedents històrics del carbó actiu	46
1.4.1.2	El carbó activat	47
1.4.1.3	Mecanismes d'operació com adsorbent	48
1.4.1.4	Matèries primes	51
1.4.1.5	Mètodes de fabricació	52
1.4.1.6	Formes físiques del carbó	56
1.4.1.7	La reactivació i tipus de reactivació	57
1.4.1.8	Problemàtica comercial del carbó	59
1.4.2	La filtració	61
1.4.2.1	Adsorció	61
1.4.2.2	Funcions d'un llit de carbó actiu	62
1.4.2.3	Descripció i característiques del llit filtrant	63
1.4.2.3.1	Modes de funcionament	65
1.4.2.3.1.1	Funcionament en règim de treball	
1.4.2.3.1.2	Funcionament en règim de rentat	
1.4.3	La planta pilot	65
1.4.3.1	Descripció de la planta pilot	65
1.4.3.2	Descripció dels carbons en estudi	70

## 2

### **CAPÍTOL 2: OBJECTIUS** 74

2.1	Objectius	75
2.1.1	Objectiu principal	
2.1.2	Objectius específics	

## 3

### **CAPÍTOL 3: MATERIAL I MÈTODES** 78

3.1	Introducció	80
-----	-------------	----

# 4

3.2 La planta pilot	82
3.2.1 Establiment del règim de treball	82
3.2.2 Paràmetres fisicoquímics estudiats	85
3.2.2.1 Analítiques diàries	85
3.2.2.1.1 Terbolesa	85
3.2.2.1.2 pH	86
3.2.2.1.3 Conductivitat elèctrica	87
3.2.2.1.4 Color per espectrometria	87
3.2.2.1.5 Ultraviolat per espectrometria	89
3.2.2.1.6 Carboni orgànic total	90
3.2.2.1.7 Cabals i volums tractats	91
3.2.2.2 Analítiques completes	92
3.2.2.2.1 Inorgànics	92
3.2.2.2.2 Orgànics	94
3.2.2.3 Analítiques del carbó	98
3.2.2.3.1 Isoterma de nitrogen a 77K	98
3.2.2.3.2 Blau de metilè	99
3.2.2.3.3 Índex de iode	100

## **CAPÍTOL 4: RESULTATS I DISCUSSIÓ** 102

4.1 Introducció	104
4.2 Analítica diària	106
4.2.1 Terbolesa, pH, C.E i color	106
4.2.2 Ultraviolat per espectrometria	108
4.2.3 Carboni orgànic total C.O.T.	112
1 Càlculs addicionals	117
4.3 Analítica completa	118
4.3.1 Inorgànics	118
4.3.2 Orgànics	120
4.4 Analítica del carbó	122
4.4.1 Isoterma de nitrogen a 77K	122



	4.4.2 Blau de metilè	123
	4.4.3 Índex de iode	124
	4.5 Eina operacional per la planta industrial	125
	4.6 Discussió general	130
<b>5</b>	<b>CAPÍTOL 5: CONCLUSIONS</b>	100
	5.1 Conclusions finals	134
<b>6</b>	<b>REFERÈNCIES</b>	136
<b>7</b>	<b>GLOSSARI I ACRÒNIMS</b>	146
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	154
<b>9</b>	<b>ANNEX</b>	158



# INTRODUCCIÓ

# L'ABASTAMENT D'AIGUA A LA RMB

# L'abastament d'aigua a la regió metropolitana de Barcelona

## 1.1.1 Aigües Ter Llobregat i compromís ambiental

### 1.1.1.1 Introducció

**A**igües Ter Llobregat (ATLL) és una empresa pública de la Generalitat de Catalunya, adscrita actualment al Departament territori i sostenibilitat que va ser creada l'any 1990 i que és responsable de la planificació, la construcció, la millora, la gestió i l'explotació de les instal·lacions que constitueixen la xarxa bàsica d'abastament, el denominat sistema Ter Llobregat, per al tractament, emmagatzematge i transport de l'aigua.

ATLL dóna subministrament d'aigua potable a més de 103 municipis de les comarques del Barcelonès, el Baix Llobregat, el Maresme, el Vallès Oriental i l'Occidental, l'Anoia, l'Alt Penedès, el Garraf i la Selva, el que representa una població de més de 4 milions i mig d'habitants.

La xarxa regional que gestiona té en l'actualitat 700 km de canonades de diversos diàmetres, 145 dipòsits, 59 estacions de bombament i 227 punts de lliurament on finalitza el seu abastament en alta.

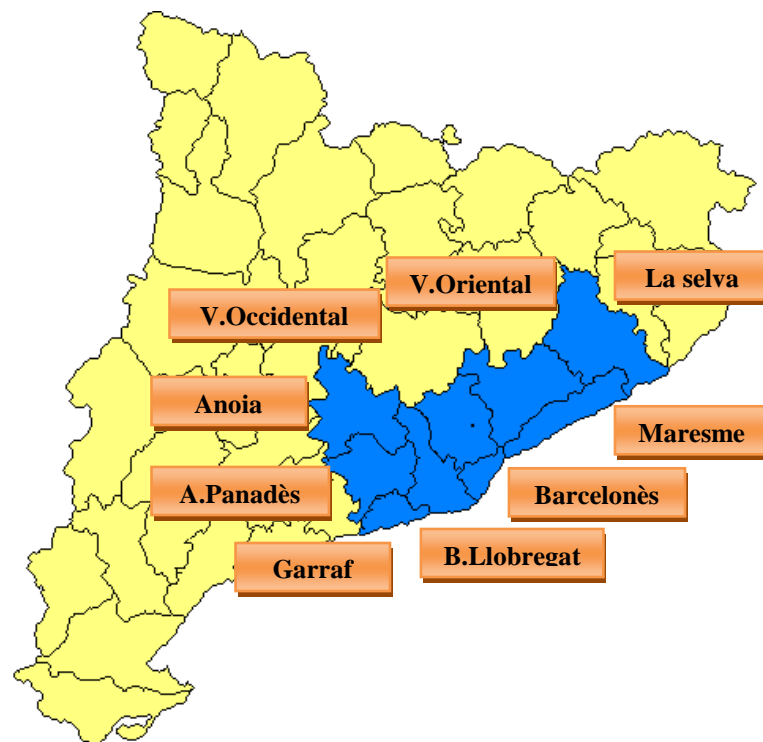
Per a potabilitzar l'aigua ATLL disposa de dues estacions de tractament d'aigua potable (ETAP), una que tracta l'aigua del riu Llobregat i que està situada en el municipi d'Abrera i l'altra que tracta l'aigua del Ter i que es troba situada en els termes municipals de Cardedeu, la Roca del Vallès i Llinars del Vallès. A més d'una planta dessalinitzadora a la desembocadura del riu Llobregat, que permet augmentar la disponibilitat de cabals a tota la xarxa.

El servei que presta ATLL està regulat pel Decret Legislatiu 3/2003, de 4 de novembre, en el que es va aprovar el Text refós de la legislació en matèria d'aigües de Catalunya. Els seus Estatuts van ser aprovats pel Decret 210/1993 de 27 de juliol.

Els objectius d'ATLL són la planificació, la construcció, la millora, la gestió i l'explotació de les instal·lacions que constitueixen la xarxa bàsica d'abastament -el denominat Sistema Ter Llobregat- per al tractament, emmagatzematge i transport de l'aigua en alta.

### 1.1.1.2 Àmbit d'actuació i xarxa de distribució

L'àmbit d'actuació d'ATLL correspon a les comarques de l'Alt Penedès, l'Anoia, el Baix Llobregat, el Barcelonès, el Garraf, el Maresme, el Vallès Oriental i el Vallès Occidental, el que representa uns 1.800 km<sup>2</sup>. La població abastida en aquestes comarques suposa en total uns 4,5 milions d'habitants, així com també tota la indústria i els serveis que estan establerts en aquest territori. En el següent mapa s'especificuen les comarques clients de l'empresa.



Imatge 1: Mapa de Catalunya i àmbit de distribució d'ATLL. Elaboració pròpia

La xarxa de distribució d'ATLL rep l'aigua dels rius Llobregat i Ter i de la planta dessalinitzadora de la conca del Llobregat.

La captació d'aigua provinent del riu Llobregat es realitza a la Planta de tractament (ETAP) ubicada al terme municipal d'Abrera. L'aigua provinent del riu Ter es capta a l'embassament del Pasteral, aigües avall dels embassaments de Sau i Susqueda. Des d'aquesta captació arriba a l'ETAP del Ter, situada als termes municipals de Llinars del Vallès, Cardedeu i la Roca del Vallès.

Una vegada potabilitzada l'aigua s'emmagatzema als dipòsits generals d'ambdues plantes per tal de ser distribuïda, a través de la xarxa, fins als punts de lliurament dels municipis que formen part de l'abastament d'ATLL.

La dessalinitzadora de la conca del Llobregat aporta fins a 60 Hm<sup>3</sup>/any i l'aigua un cop potabilitzada es distribueix fins el dipòsit de Font Santa a Sant Joan Despí.

En general, l'abastament en alta realitzat per ATLL s'organitza de la següent manera:

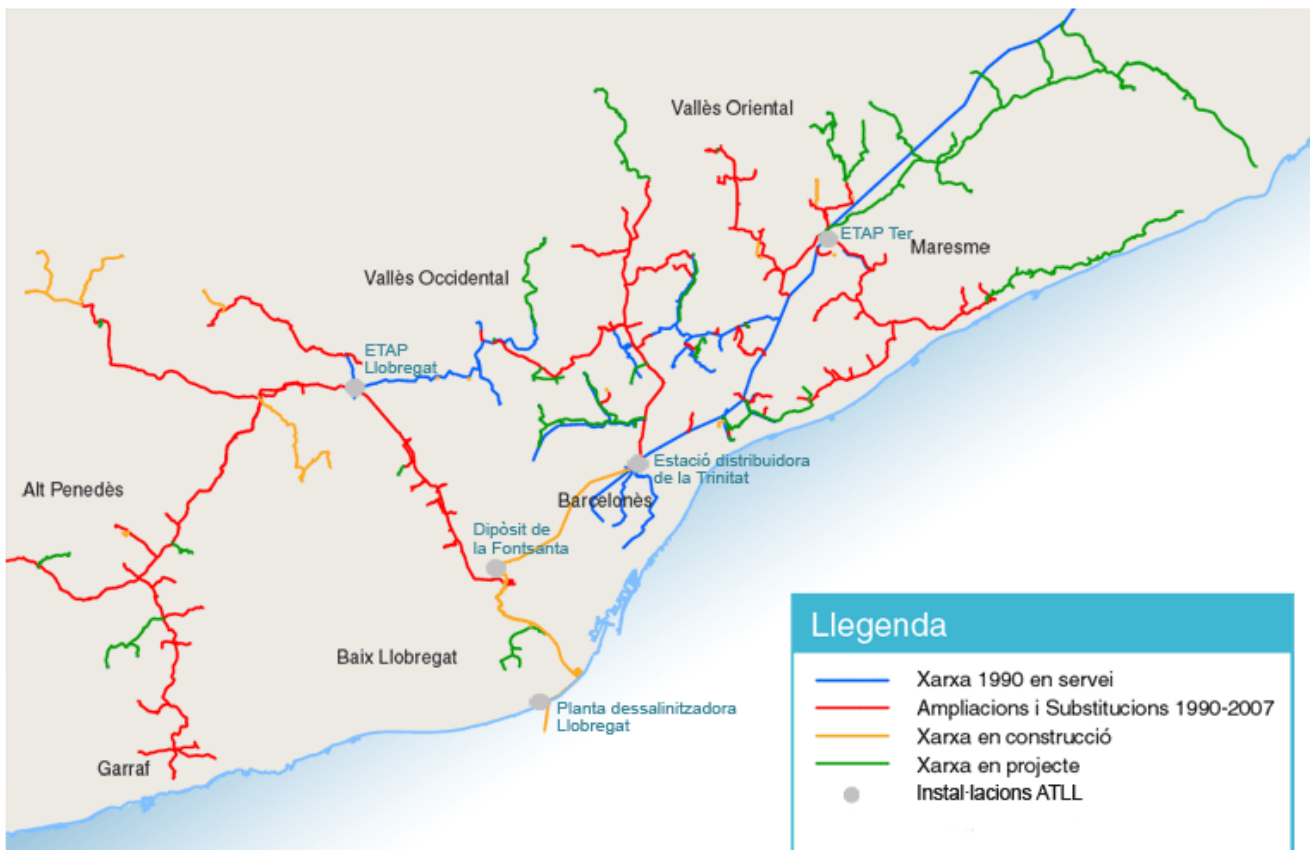
- Les artèries generals de distribució, són les canonades principals que structuren l'àmbit d'abastament d'ATLL. S'utilitzen per a transportar l'aigua des de les plantes de tractament fins als centres generals de distribució, on s'emmagatzema en els dipòsits de regulació supramunicipals. D'altra banda, aquestes mateixes artèries generals són també l'origen de moltes de les canonades comarcals, així com també d'algunes de les derivacions municipals del sistema ATLL.
- Les canonades comarcals s'originen tant en els dipòsits de regulació com en les artèries generals, i connecten diferents municipis pertanyents a una zona geogràfica molt concreta, definida per una o dues comarques adjacents.
- Finalment, les canonades de derivació municipals, que es poden originar tant en artèries generals com comarcals, condueixen l'aigua fins als dipòsits de capçalera municipal dels nostres clients, punt on ATLL finalitza la seva tasca i a partir de la qual, s'inicia, a través de les xarxes pròpies de cada municipi, l'abastament en baixa domiciliari.

La bipolaritat marcada per les infraestructures de captació en dues zones, Ter i Llobregat es transmet, així mateix, en l'estructura de tota la xarxa de distribució, existint també en l'actualitat, dues zones bàsiques de distribució, la formada per les artèries de la zona Ter i la de les artèries de la zona Llobregat. Tanmateix, així com

abans aquesta divisió es corresponia directament amb l'àmbit de procedència exclusiva del aigua, (aigua del Ter o aigua del Llobregat) avui dia, i a futur d'una manera més significativa, aquesta divisió té només un objectiu territorial, ja que actualment es disposa d'una artèria general de interconnexió d'ambdues zones.

La xarxa de distribució, té en la actualitat 700 Km de canonades de diversos diàmetres, 145 dipòsits gestionats totalment o en part per la pròpia ATLL, 59 estacions de bombament i 227 punts de lliurament on finalitza l'abastament en alta gestionat per ATLL. En conjunt el sistema abasteix aigua potabilitzada directament a 88 municipis, aigua pretractada a 5 municipis, i indirectament a 15 municipis més, que són els que formen part de la xarxa metropolitana de Barcelona.

En el següent mapa està representada la xarxa regional amb les obres construïdes fins el 1990, les ampliacions i substitucions entre el 1990 i el 2009, i la xarxa en construcció i la que està en projecte, així com l'emplaçament de les diferents instal·lacions d'ATLL.



Imatge 2: Mapa de la xarxa de distribució d'ATLL actual i futura. Font: ATLL



### 1.1.1.3 Compromís ambiental

La millora mediambiental i la sostenibilitat són principis bàsics de la cultura empresarial d'ATLL, que comparteix amb d'altres organitzacions, tant públiques com privades, en tant que organismes i cohabitants d'un medi ambient intern i extern afectat. El compromís en política de prevenció i medi ambient, es basa, entre d'altres en els punts següents:

- Compliment dels requisits legals vigents en matèria de seguretat, salut laboral i medi ambient.
- Identificació d'aquells aspectes susceptibles d'una reducció dels riscos laborals i/o del seu impacte ambiental
- Millora contínua en el servei ofert en quant a la gestió, els processos i els resultats.
- Formar i informar als treballadors en els requisits legals, la política d'empresa, procediments interns i bones pràctiques.
- Identificar i avaluar els riscos potencials existents.
- Vetllar per una adequada gestió i utilització dels recursos per a la recerca d'alternatives de millora en els seus processos.

Aigües Ter Llobregat ha obtingut la certificació del Sistema de Gestió Ambiental (SGMA) **[1]** d'acord als requeriments establerts a la norma ISO 14001:2004 per a les activitats de captació, potabilització, anàlisi i distribució d'aigua, gestió de projectes i obres pròpies. Aquesta certificació reforça el ferm compromís de la organització per a portar a terme una gestió més sostenible.

Per altre banda, ATLL vol promoure i vetllar per la millora contínua del comportament ambiental i difondre la informació oportuna al públic i a d'altres parts interessades. És per això que s'ha adherit al sistema comunitari de gestió i auditoria ambiental (EMAS) **[2]** en compliment del que estableix el Reglament núm. 761/2001 del Parlament Europeu i del Consell, de 19 de març de 2001, el qual permet la adhesió de les empreses amb caràcter voluntari.

# L'ETAP DEL TER

# L'estació de tractament d'aigua potable del Ter

## 1.2.1 Descripció del procés i mesures de control

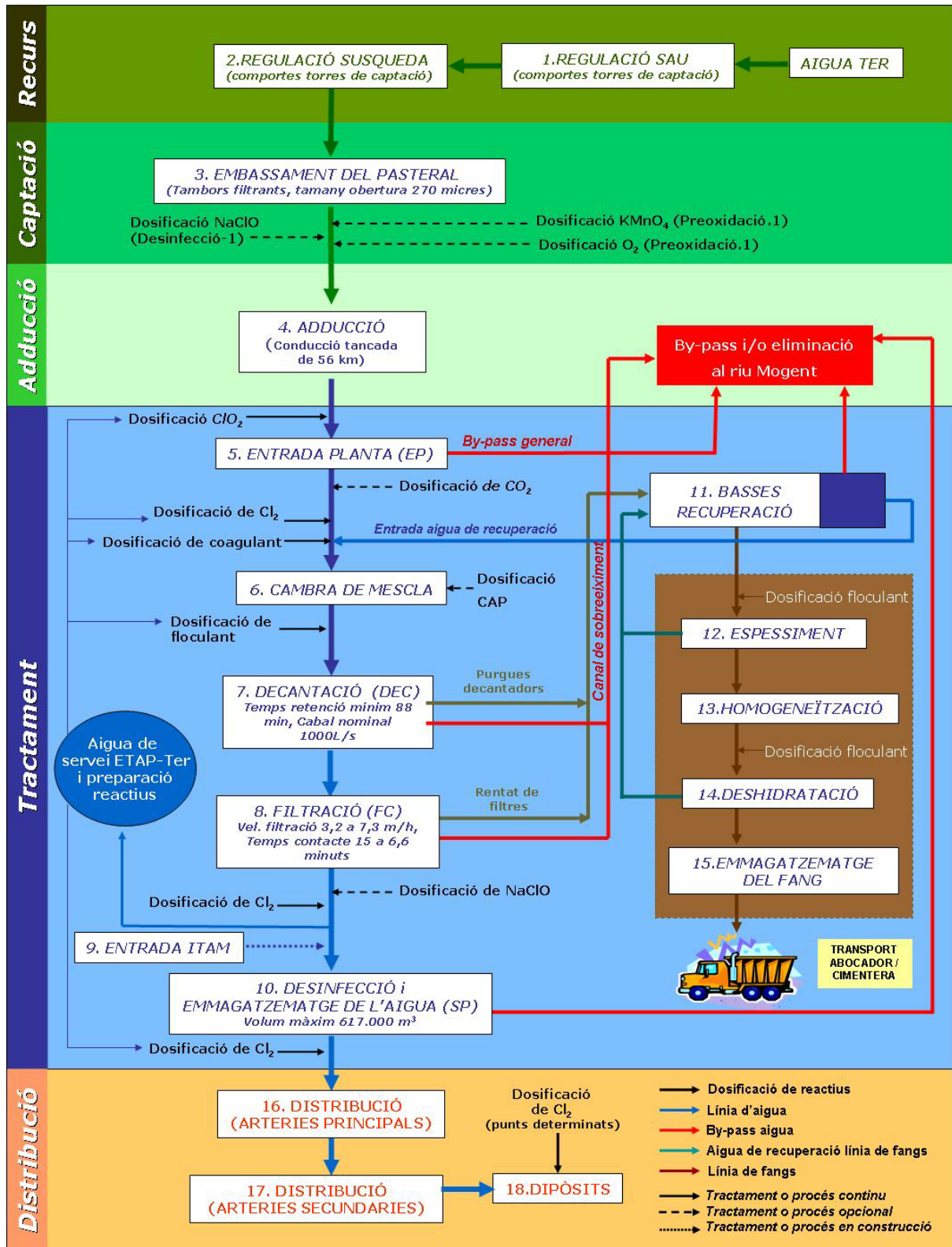
### 1.2.1.1 Sistema d'embassaments del ter

La captació a través dels embassaments de Sau i Susqueda, es realitza a mitjançant torres de captació de l'aigua, de manera que es pot seleccionar la profunditat de l'aigua captada segons la qualitat òptima per al seu tractament i consum. A més el sistema de captació disposa de sistemes que permeten interrompre el procés de captació en el supòsit d'abocaments incontrolats o altres circumstàncies que facin que la qualitat de l'aigua crua assoleixi unes característiques que no permetin garantir-ne la seva potabilització.

En ambdós embassaments l'aigua és turbinada en puntes i la presa del Pasteral, actua com a contra-embassament, permetent regular un cabal uniforme per a l'abastament a la ETAP del Ter, mantenir el cabal ecològic al riu Ter i subministrar-ne per a uns altres usos com l'abastament a Girona, a la zona central de la Costa Brava i el regadiu. (veure imatge 3)

### 1.2.1.2 Embassament de Sau

L'embassament de Sau, construït l'any 1962, es troba encaixat en una vall, cosa que li confereix una morfologia llarga d'uns 18.5 km de longitud, i estreta amb una fondària màxima de 84 m. Es localitza al tram mig del riu Ter i és la primera reserva d'aigua en una cascada de tres embassaments destinats a l'abastament d'aigua potable a Barcelona i la seva àrea metropolitana. També rep les aigües de les rieres de les Gorgues i de la derivació de la riera Major, procedent del Montseny, i té altres usos com la generació d'energia hidroelèctrica, reg de regadius i activitats lúdiques com la pràctica d'esports nàutics, tot i que aquest ús es vol restringir. L'embassament de Sau presenta una capacitat d'emmagatzematge d'aigua de 165,26 hm<sup>3</sup>, amb una superfície de conca de 1522 Km<sup>2</sup> i una superfície d'embassament de 572,8 hectàrees.



Imatge 3: Esquema del procés de potabilització des de la captació fins la distribució. Font: PSA de ATLL 2010

L'embassament està situat en una regió de clima mediterrani, amb una hidrologia molt variable entre anys. Els estudis realitzats descriuen l'embassament de Sau com a monomictic, amb un patró anual d'estratificació tèrmica a l'estiu, des d'abril fins a setembre, i de barreja a el hivern. Presenta un grau de pressió mig i un nivell d'impacte i d'incompliment amb la normativa baix, segons els estudis realitzats per l'ACA.



Imatge 4: Fotografia de l'embassament de Sau. Font: ATLL

**[3]** Tot i la bona qualitat a la sortida de l'embassament, aquest es veu afectat per la qualitat de l'aigua procedent del riu Ter, molt contaminat per els abocaments de les EDARs i dejeccions ramaderes.

La captació a l'embassament de Sau es realitza a través d'una torre de captació, la qual presenta tres comportes a diferents nivells per captar l'aigua de millor qualitat o la més adient per la gestió dels embassaments (413, 399 i 384 m). ATLL disposa d'un programa de presa de mostres i control analític de les aigües a l'entrada (Roda de Ter i entrada de la Riera Major), al punt mig (C1) i a la sortida de l'embassament.

### 1.2.1.3 Embassament de Susqueda

L'embassament de Susqueda (1968), es va construir aprofitant el congost que formava el riu entre les serres de Montdois i Sant Benet amb la intenció de produir energia elèctrica i garantir l'abastament d'aigua a Girona i Barcelona. L'embassament de Susqueda presenta una tipologia de curvatura de doble volta amb una alçada màxima de 135 m i una longitud de coronació de 360 m. La superfície de la conca es de 1775 km<sup>2</sup> i una superfície d'embassament de 466 ha, amb una capacitat de 233 hm<sup>3</sup>. A més de l'entrada d'aigües de l'embassament de Sau, també rep les aigües de la riera de Rupit i de la riera Major, en casos excepcionals, en el que el cabal del riu sigui molt elevat i surti pel sobreiximent cap al embassament de Susqueda. Presenta un grau de pressió baix i un nivell d'impacte i d'incompliment amb la normativa nul, segons els estudis realitzats per l'ACA. Aquest embassament està considerat com una

massa d'aigua protegida per tractar-se d'una font d'aigua potable i no es permès cap altre ús, a part del energètic, com la practica d'esports aquàtics ni cap altre pràctica que pugui afectar a la seva qualitat.

La captació a l'embassament de Susqueda es realitza a través d'una torre de captació, la qual presenta quatre comportes a diferents nivells



Imatge 5: Fotografia de l'embassament de Susqueda. Font: ATLL

per captar l'aigua de millor qualitat o la més adient per la gestió dels embassaments (335, 319, 303, 287 msnm). ATLL disposa d'un programa de pressa de mostres i control analític de les aigües en el punt mig (C1) i sortida de l'embassament, així també mostrejos del trajecte longitudinal de forma periòdica.

#### 1.2.1.4 Embassament del Pasteral

L'embassament del Pasteral, actua com a contra embassament de regulació del de Susqueda amb una capacitat de 1 hm<sup>3</sup>. L'embassament presenta una superfície de conca de 23 km<sup>2</sup> i una superfície d'embassament de 34,6 hectàrees. La captació es fa a l'embassament del Pasteral, fins a un cabal màxim de 8 m<sup>3</sup>/s. La instal·lació té reixes per al desbast gros de material sòlid (branques, troncs, etc.), regulació de cabal mitjançant dues vàlvules Larner regulades pel Venturi [4] que hi ha aigua avall, fossat amortidor d'energia, quatre tambors de malla molt fina autonetejants per a retenir el material en suspensió fins a 0,25 mm (fins i tot ous de peixos) i, finalment el cabalímetre tipus Venturi abans d'iniciar el recorregut en làmina lliure fins a l'ETAP del Ter. Addicionalment, també disposa de tractaments opcionals, que poden ser activats en situacions de sequera o quan el cap de tractament els consideri oportuns. Aquests tractaments son:

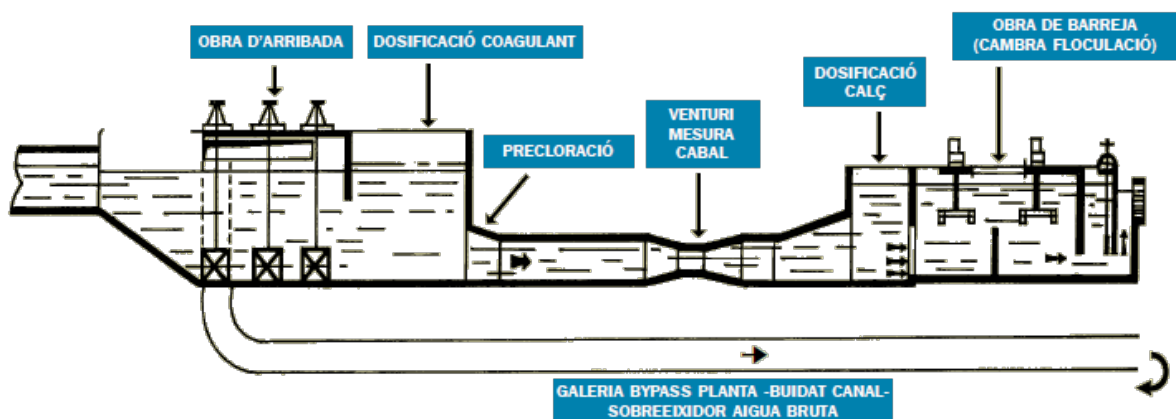
- Addició d'oxigen, per a nivells d'oxigen dissolt baix (per sota de 1,5 ppm) en l'aigua.

- Addició de permanganat de potassi com agent oxidant de matèria orgànica (no forma subproductes no desitjats com els trihalometans (THM's), però té menys poden desinfectant que el clor).
- Addició d'hipoclorit sòdic com a agents oxidants de matèria orgànica. La utilització d'hipoclorit també es va considerar com a mesura de control del musclo zebra pel seu efecte mol·lusquicida.

Tots aquests tractaments estan controlats a través d'automatismes i sondes on-line (paràmetre fisicoquímics), amb senyals d'alarma al centre de control de l'ETAP del Ter. ATLL disposa d'un pla de monitoratge de la qualitat de l'aigua de captació al Pasteral, aquest seguiment mensual, té en compte els paràmetres fisicoquímics, microcontaminants inorgànics i orgànics, i la presència de microcistines (analítiques fetes a criteri del responsable de tractament de l'ETAP i control de recurs en funció de la presència d'algues cianofícies).

### 1.2.1.5 Tractament a l'ETAP Ter

L'estació de tractament d'aigües potables del Ter, ubicada en el termes municipals de Cardedeu, la Roca del Vallès i Llinars del Vallès, va entrar en funcionament l'any 1966 i en la actualitat té una capacitat de tractament màxim de 8 m<sup>3</sup>/s. Ocupa una superfície de 347.582 m<sup>2</sup> i pot emmagatzemar fins a 617.000 m<sup>3</sup> d'aigua tractada als seus dipòsits. La línia de tractament de la ETAP del Ter esta formada per les següents etapes: (veure imatge 6)



Imatge 6: Esquema funcional de l'ETAP Ter. Font: ATLL

- Entrada de planta (obra d'arribada i by-pass)
- Cambra de mescla i repartiment
- Decantació (decantadors tipus pulsator, 8 decantadors de 1.340 m<sup>3</sup>)
- Filtració per CAG (48 filtres de 92 m<sup>2</sup>)
- Desinfecció i emmagatzematge (617.000 m<sup>3</sup>) d'aigua
- Obra de sortida (distribució)
- Recuperació d'aigua de la línia de fangs
- Deshidratació de fangs amb centrifugues (3 unitats de 40 m<sup>3</sup>/h).

#### 1.2.1.5.1 Obra d'arribada

L'entrada de planta, també coneguda com a obra d'arribada, disposa d'un sobreeixidor que, en el cas d'arribar a la planta més cabal del que és possible tractar, desvia l'aigua cap al riu Mogent, mitjançant una canonada de 1,85 m. de diàmetre. Així mateix existeix una comporta mural que permetria el buidat total de la conducció o el desviament de l'aigua



Imatge7: Fotografia de l'obra d'arribada de l'ETAP Ter. Font: ATLL

(by-pass), prèviament clorada cap a Barcelona, és a dir, sense passar per la planta, en cas de parada de les instal·lacions. En aquest punt es realitza una pre-oxidació amb diòxid de clor, tot seguit s'addiciona clor gas i el coagulant. En aquest punt, també arriba l'aigua de les basses de recuperació de la planta de fangs. El volum d'aigua recuperada oscil·la entre el 1-2 % del volum total d'aigua captada i es incorporat al tractament de manera discontinua (a velocitat de 300 l/s). Finalment, es disposa d'una obra de mesura de cabal (Venturi) on es pren una doble mesura de cabal (per mesura de la diferència de pressió i mitjançant un cabalímetre d'ultrasons instal·lat a la mateixa obra), per a efectuar la dosificació de reactius proporcional al cabal instantani.



### 1.2.1.5.2 Cambra de mescla i decantació

La barreja es realitza en dues cambres en paral·lel, mitjançant quatre turbines d'agitació de 14 CV cadascuna, a una velocitat de 14 rpm. L'aigua barrejada amb els reactius (coagulant, desinfectants clor, diòxid de clor i CAP (carbo activat en pols), si escau) passa a l'obra de repartiment, on es distribueix homogeniament el cabal a tractar



Imatge 8: Fotografia dels decantadors de l'ETAP Ter. Font: ATLL

mitjançant quatre sobreeixidors cap als vuit decantadors de que disposa la

planta. A l'entrada del decantador es dosifica el coadjuvant de floculació. Es disposa de vuit decantadors de tipus Pulsator, del tipus llit de fangs amb corrent ascendent. Les dimensions són 36,75 x 36,50 m., amb una alçada d'aigua de 5 metres, que suposa en total una superfície de decantació de 10.731 m<sup>2</sup>, i un volum de 53.655 m<sup>3</sup>.

L'entrada de l'aigua es realitza a través de la campana central i es distribueix uniformement pel fons del decantador mitjançant una xarxa de tubs perforats. L'aigua entra en el llit de fangs de manera intermitent o polsada. Per aconseguir aquesta pulsació regulada es produeix el buit en la campana central durant uns segons, el nivell de l'aigua en aquesta campana s'eleva progressivament i quan aconseguix un cert valor, una vàlvula temporitzada posa en comunicació la campana amb l'atmosfera i l'aigua entra a gran velocitat en la zona de decantació i s'inicia un altre cicle. Els fangs es concentren al interior del decantador i es purguen automàticament de manera periòdica.

Els decantadors funcionen habitualment en règim estàtic i només quan la terbolesa de l'aigua augmenta, com a resultat dels corrents tèrmiques ascendents en els embassaments o de les riuades, la seva operació és en règim polsant o intermitent.

Cada unitat pot tractar un cabal màxim de 1,3 m<sup>3</sup>/s, sent el valor òptim de 1 m<sup>3</sup>/s (a cabal d'entrada de 8 m<sup>3</sup>/s i amb els 8 decantadors en funcionament) amb la qual cosa el temps de retenció en cada decantador pot oscil·lar entre 234 a 88 minuts i la

velocitat ascensional pot variar entre els 3,26 a 1,31 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h en funció del nombre de decantadors actius.

En aquest punt es troba el segon by-pass de l'aigua. En el cas d'incompliment greu /o amb afectació a la qualitat sanitària de l'aigua (o aturada de les instal·lacions), i procedint al tancament de l'entrada als filtres de carbó, l'aigua decantada seria by-passada al canal de desguàs i transvasada al riu Mogent.

### 1.2.1.5.3 Filtració per carbó actiu

Un cop decantada, l'aigua es recollida en quatre canals interconnectats que la condueixen cap als filtres. L'entrada a cada un d'ells es realitza mitjançant quatre comportes motoritzades. L'aigua passa a través d'un llit de carbó, recolzat en un fals fons de plaques prefabricades de formigó armat, que porten incorporades els col·lectors i que retenen el llit de carbó, permetent el pas de l'aigua. S'ha d'afegir que els filtres van ser inicialment concebuts per a la filtració per sorra i així van funcionar durant molts anys, fins que en 1993 es va substituir la sorra per carbó actiu, millorant la qualitat de l'aigua tractada i actuant com una barrera per possibles contaminants no habituals (pesticides, hidrocarburs, microcistines, geosmina...)



Imatge 9: Fotografia dels filtres de carbó de l'ETAP Ter. Font: ATLL

La planta disposa de 48 filtres, amb una longitud total de 14,95 m i una amplada total de 7,60 m. La superfície útil filtrant és de 83,55 m<sup>2</sup> per filtre, l'alçada actual del llit filtrant de carbó és de 0,80 m, la capacitat total de filtració de 9,27 m<sup>3</sup>/s i la velocitat màxima de filtració és de 7,5 m/h. Atès que el cabal màxim de tractament és de 8 m<sup>3</sup>/s, es poden tenir fins a sis filtres no operatius per raons de reparació o manteniment.

El rentat de filtres es realitza en dos fases fent passar una corrent d'aigua i aire en sentit contrari al de filtració, per retirar les partícules que queden retingudes en el carbó i aclarint amb el doble de cabal d'aigua.

#### **1.2.1.5.4 Desinfecció i emmagatzematge**

A la sortida de la filtració i abans de l'entrada als dipòsits reguladors, es produeix una desinfecció afegint clor gas dissolt en l'aigua i/o hipoclorit sòdic, garantint uns valors de clor lliure suficients. Tota l'aigua filtrada i clorada es conduïda a través d'un canal que distribueix l'aigua als dipòsits. En la actualitat s'estan realitzant les obres d'interconnexió entre la ITAM de la Tordera i la ETAP del Ter, aquesta connexió aportarà un volum addicional d'aigua clorada.

Per a l'emmagatzematge de l'aigua tractada, hi ha a la planta dos dipòsits de 133.000 m<sup>3</sup> de capacitat unitària (dipòsits n° 1 i 2) i dos més de 176.000 m<sup>3</sup> cada un (dipòsits 3 i 4 rehabilitats al 2008). Són de planta rectangular de 150 x 120 m els primers i de 150 x 160 m els segons. La capacitat total d'emmagatzematge de l'aigua tractada és, doncs, de 617.000 m<sup>3</sup> i l'alçada mitjana de la làmina d'aigua, amb els dipòsits plens, és de 7,35 m. Aquest volum equival a un subministrament de 21,4 hores al cabal constant màxim de 8 m<sup>3</sup>/s. Els dipòsits tenen drenatge sota la solera, connectat amb el desguàs general de planta. A més de la funció d'emmagatzematge, els dipòsits actuen augmentant el temps de contacte entre el desinfectant i els microorganismes que puguin estar presents, assegurant l'efectivitat del procés de desinfecció i garantint uns nivells de bacteris conformes amb la legislació actual.

#### **1.2.1.5.5 Dosificació de reactius**

A fi de poder afegir a l'aigua els reactius necessaris per al tractament, a l'ETAP hi ha diferents instal·lacions per a l'emmagatzematge, la preparació, el transport i la dosificació. Actualment hi ha la possibilitat de dosificar els reactius següents:

- ✓ Diòxid de clor, generat a les instal·lacions d'ATLL a partir de clorit sòdic i clor gas (dosificació actual, 15 kg/h)
- ✓ Policlorur d'alumini (coagulant PAX-10, dosificació 342 kg/h)
- ✓ Carbó actiu en pols (quan es necessari, 100 kg/h)

- ✓ Diòxid de carboni (en funció del pH)
- ✓ Hipoclorit sòdic (10 kg/h, consigna residual de 1,7 ppm)
- ✓ Midó modificat (floculant, 112 kg/h)
- ✓ Solució de clor en la preoxidació (37 kg/h) i a la postcloració, després de filtres de carbó (postcloració 1,24 kg/h) i a la sortida de dipòsits (postcloració 2,5 kg/h).
- ✓ Hi ha també una instal·lació de neutralització que neutralitza el clor en cas d'accident amb sosa, que permet d'absorbir les fuites de clor que puguin produir-se en el canvi de contenidors o per un accident. La manipulació del clor es fa en contenidors d'una tona.

# LEGISLACIÓ D'AIGÜES

# LEGISLACIÓ D'AIGÜES

## 1.3.1 La llei com a eina

La legislació aplicable a la gestió de la qualitat de l'aigua potable permet diferenciar aquelles reglamentacions que regulen l'aigua tal com es captada del medi natural o "aigua crua", i que representa la matèria primera del procés de potabilització (aigües prepotables), d'aquelles altres que regulen l'aigua potable a la xarxa i als punts d'ús per al consumidor, que representa el producte del procés de potabilització i distribució. En aquest sentit, i contrastant les disposicions legals que condicionen ambdós àmbits, matèria primera i producte final, cal indicar que en alguns aspectes es dona una situació d'incoherència, atès que determinades exigències del producte són difícils d'aconseguir amb les corresponents a la matèria primera.

Atès que el model estatal de comunitats autonòmiques vigent a Espanya permet l'adaptació de les lleis introduïdes, pel mateix, a l'àmbit autonòmic, no es d'estranyar que parlem de Reals Decrets, és a dir, legislació a nivell Estatal, i desenvolupament normatiu, legislació a nivell autonòmic. Així també, des de l'entrada de l'estat Espanyol, l'any 1986, a la Unió Europea, parlem de Directives i transposicions entesa aquesta última com una adaptació de lleis europees a normes pròpies d'un país. Les transposicions han de garantir els mínims decretats en la Directiva corresponent, essent més o menys exigents.

La Unió Europea dicta Directives d'obligat compliment que afecten a tots els seus membres, un cop entrada en vigor de la llei es gaudeix d'un termini temporal per complir-se al cent per cent. Aquest període fa possible l'adaptació dels estats a les noves exigències. No obstant, les Directives Europees poden ser adaptades a les lleis de cada estat membre, no podent ser més permissives però si més exigents, normalment degut a raons de caràcter local, com pot ser en el cas de les aigües factors lligats al clima o al terreny. Tot seguit es mostra la legislació juntament amb la seva evolució, analitzant amb especial atenció lleis que fan referència al tema en qüestió, aigües prepotables i potables.

### 1.3.2 Legislació d'aigües prepotables

Entenem per aigües prepotables, aquelles que poden ser susceptibles a tractaments específics per fer-les òptimes pel consum de boca.

La legislació vigent a Espanya referent a aigües prepotables està recollida a *La Ley de acompañamiento presupuestario* de desembre de 2003, transposició de la Directiva Marc de l'Aigua de la Unió Europea, o més coneguda com Directiva Marco (*Directiva 2000/60/CE*). Aquesta estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües.

Principis de la Directiva Marc de l'aigua:

- L'aigua és un patrimoni que cal protegir
- L'abastament d'aigua és un servei d'interès general
- La bona qualitat de l'aigua contribuirà a garantir l'abastament d'aigua potable
- Els Estats Membres vetllaran per un compliment de la Directiva 98/83/CE d'aigua de consum, transposada al RD 140/2003
- "qui contamina paga"
- Prevenció

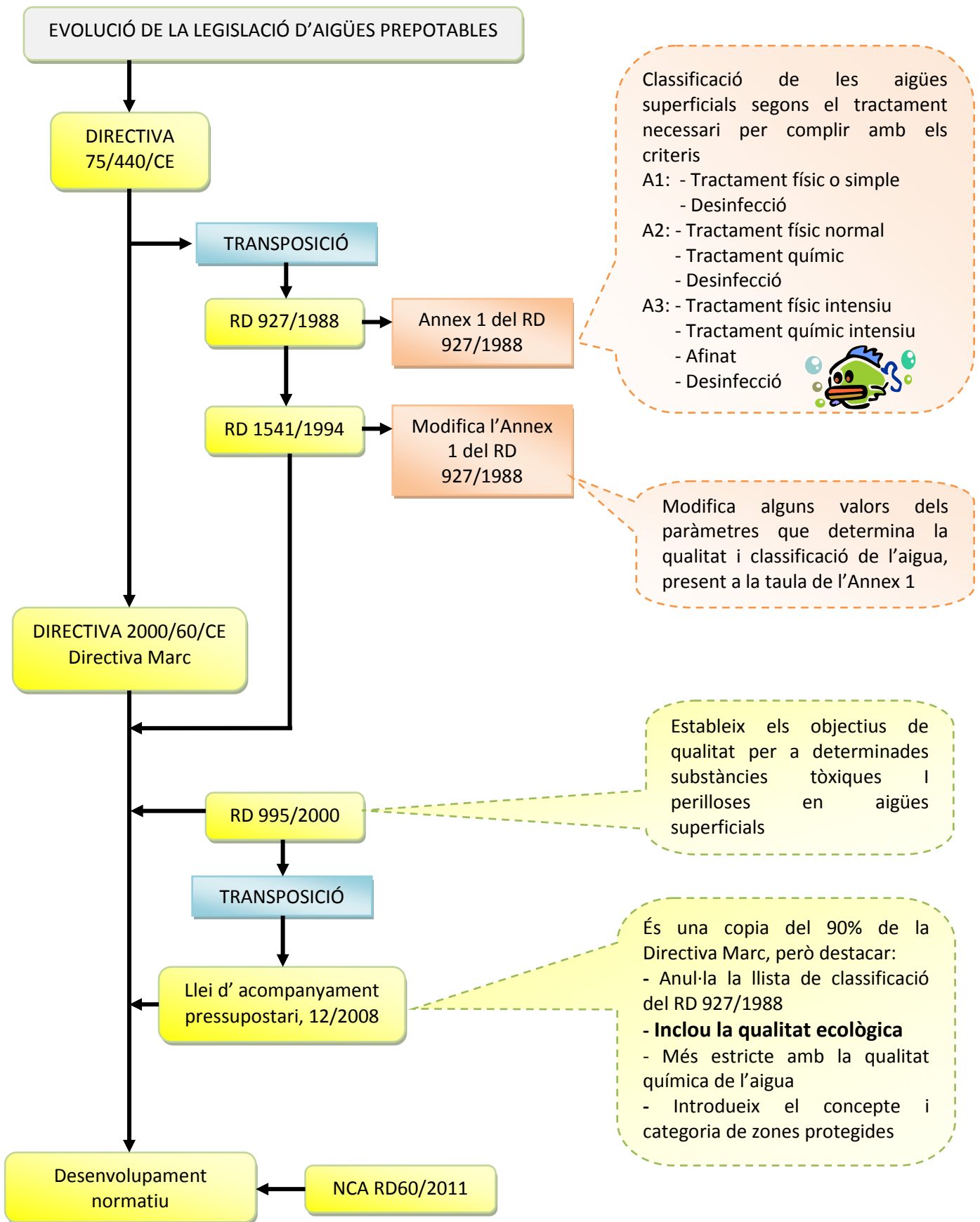
Amb objectius tant clars com:

- Prevenir tot deteriorament addicional, protegir i millorar l'estat dels ecosistemes aquàtics.
- Promoure un ús sostenible de l'aigua
- Augmentar la protecció i millorar l'estat de les masses d'aigua mitjançant el control de la contaminació

Destacar:

- Introdueix el concepte i categoria de zones protegides

A l'esquema següent es resumeix l'evolució i les característiques principals de cadascuna de les lleis. (veure imatge 10)



Imatge 10: Esquema de l'evolució de la legislació en aigües prepotables. Elaboració pròpia



### 1.3.3 Legislació d'aigües potables

Des de l'entrada en vigor del RD140/2003 el terme "aigua potable" ha estat substituït per aigua apta pel consum, tot i que encara es diferencia entre aigües prepotables i potables. El concepte d'aigua potable s'entén com aquella apta pel consum sempre i quan no contingui cap tipus de microorganisme, paràsit o substància, en una quantitat o concentració que pugui suposar un perill per a la salut humana i compleixi amb els valors paramètrics especificats en la legislació vigent.

La legislació vigent d'aigües potables, a Catalunya, està recollida en el *Pla de Vigilància Autòmic*, adaptació del RD 140/2003 que és a la vegada la transposició de la Directiva 98/83/CE. Aquestes lleis adapten al progrés científic i tècnic la Directiva 80/778/CE, que va ser elaborada a finals dels anys 70, quan els mitjans tècnics eren molt diferents dels actuals.

L'actual llei té com principals objectius:

- Adaptar el progrés científic i tècnic la Directiva 80/778/CE
- Implantació d'anàlisis que garanteixin resultats fiables i comparables
- Regular l'ús de substàncies o materials en contacte amb l'aigua
- Restringir l'ús d'aigües contaminades i establir mesures correctives

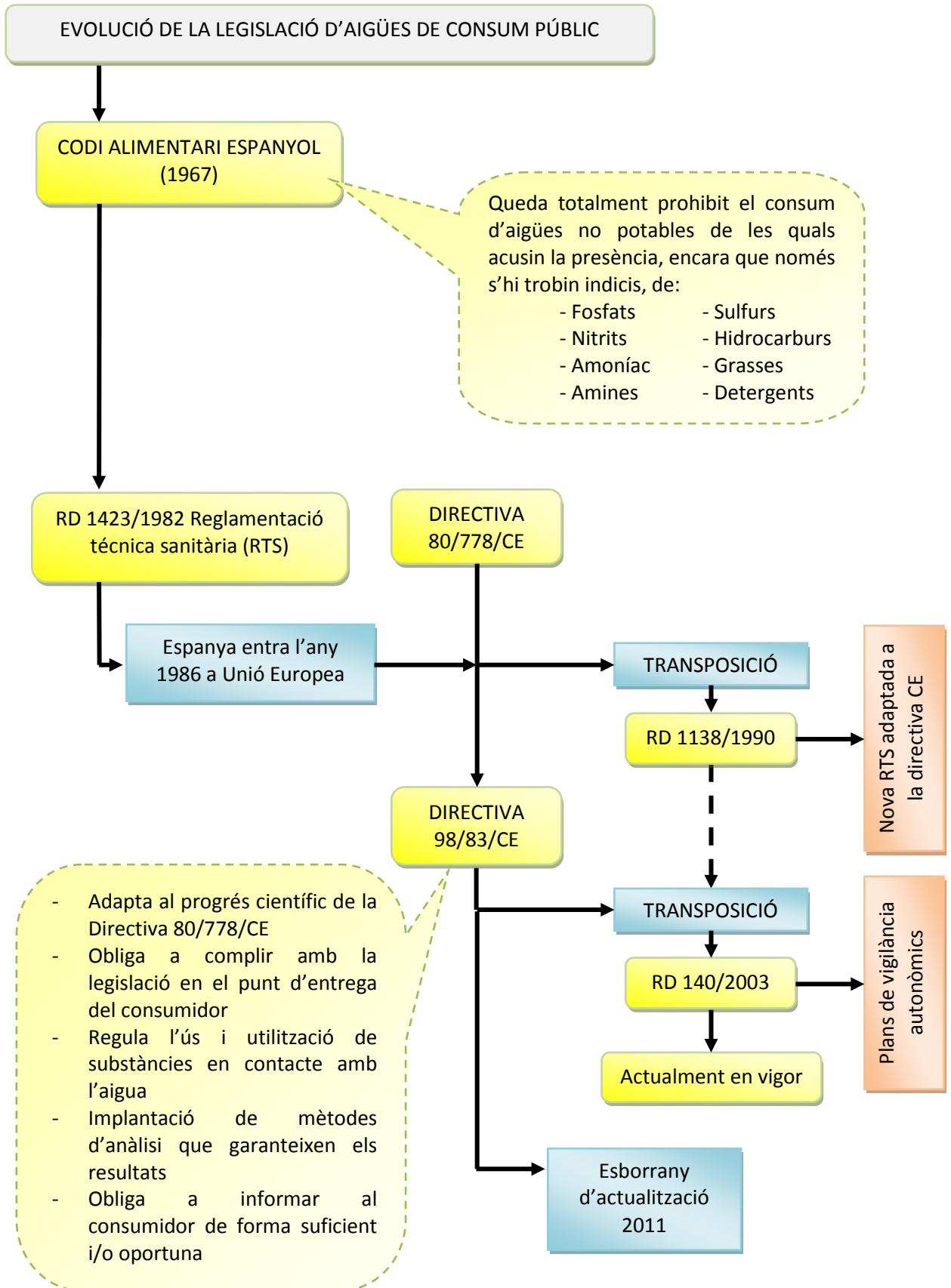
Disposa modificacions:

- Elimina 26 paràmetres a analitzar i introdueix 11 de nous
- Redueix els nivells permessos de determinats paràmetres que es consideren de major toxicitat
- Introdueix paràmetres més específics que substitueixen a altres més generals, o quina toxicitat no ha estat finalment demostrada.

Té noves implicacions per les empreses potabilitzadores:

- Els laboratoris responsables del control de la qualitat de l'aigua de consum hauran d'esforçar-se cada cop més en la implantació de sistemes de garantia de qualitat de les anàlisis i el control de les mateixes, per garantir una millor protecció del consumidor
- Els requeriments analítics de precisió, exactitud, límit de detecció, reproducció i tècniques analítiques comportarà problemes en la utilització i implantació dels nous mètodes estandarditzats

Tal i com a l'apartat anterior s'ha fet, es presenta l'esquema resum de les diferents legislació d'aigües potables. (veure imatge 11)



Imatge 11: Esquema de l'evolució de la legislació en aigües potables. Elaboració pròpia

### 1.3.3.1 Paràmetres a analitzar i llindars màxims

El Real Decret 140/2003 estableix 53 paràmetres necessaris per analitzar per tal de declarar una aigua potable o de consum humà. Així també, descriu els mètodes d'assaigs basats en els mètodes UNE [5], ISO [6] o CEN [7], Suplement núm. 7, 17 març 2003 com a guia, en espera de la possible adopció de nous mètodes nacionals per als paràmetres esmentats. Estableix que els laboratoris poden emprar mètodes alternatius, sempre que estiguin validats o acreditats o se n'hagi demostrat l'equivalència i es compleixi el que disposa l'article 16.3. del propi decret. A continuació es mostra els factors d'anàlisi amb els màxim acceptables per la qualitat de l'aigua:

**Taula 1: paràmetres d'estudi**

Paràmetres microbiològics	Nivell màxim admissible
Escherichia coli	0 UFC en 100 ml
Enterococ	0 UFC en 100 ml
Clostridium perfringens (incloses les espores)	0 UFC en 100 ml
Paràmetres químics	
Antimoni	5,0 µg/l
Arsènic	10 µg/l
Benzè	1,0 µg/l
Benzo(a)pirè	0,010 µg/l
Bor	1,0 mg/l
Bromat	10 µg/l
Cadmi	5,0 µg/l
Cianur	50 µg/l
Coure	2,0 mg/l
Crom	50 µg/l
1,2-Dicloroetà	3,0 µg/l
Fluorur	1,5 mg/l
Hidrocarburs policíclics aromàtics (HPA)	0,10 µg/l
Suma de: Benzo(b)fluorantè	
Benzo(ghi)perilè	
Benzo(k)fluorantè	
Indè(1,2,3-cd)pirè	
Mercuri	1,0 µg/l
Microcistina	1 µg/l
Níquel	20 µg/l
Nitrat	50 mg/l
Nitrits	0,5 mg/l
Xarxa de distribució	
A la sortida de l'ETAP/dipòsit	0,1 mg/l

Total de plaguicides		0,50 µg/l
Plaguicida individual		0,10 µg/l
Excepte: Aldrín		0,03 µg/l
Dildrín		0,03 µg/l
Heptaclor		0,03 µg/l
Heptaclor epòxid		0,03 µg/l
Plom		25 µg/l
Seleni		10 µg/l
Trihalometans (THMs):		100 µg/l
Tricloroetè + Tetracloroetè		10 µg/l
<b>Paràmetres químics que es controlen segons les especificacions del producte</b>		
Acrilamida		0,10 µg/l
Epiclorhidrina		0,10 µg/l
Clorur de vinil		0,50 µg/l
<b>Paràmetres indicadors</b>		
Bacteris coliformes		0 UFC En 100 ml
Colònies a 22 °C	Sortida ETAP	100 UFC En 1 ml
	En xarxa de distribució	Sense canvis anòmals
Alumini		200 µg/l
Amoni		0,50 mg/l
Carboni orgànic total		Sense canvis anòmals mg/l
Clor combinat residual		2,0 mg/l
Clor lliure residual		1,0 mg/l
Clorur		250 mg/l
Color		15 mg/l Pt/Co
Conductivitat		2.500 µS/cm-1 a 20oC 5
Ferro		200 µg/l
Manganès		50 µg/l
Olor		3 a 25°C Índex de dilució
Oxidabilitat		5,0 mg O <sub>2</sub> /l
pH: 5 i 6	Valor paramètric mínim	9,5 Unitats de pH
	Valor paramètric màxim	6,5 Unitats de pH
Sabor		3 a 25°C Índex de dilució
Sodi		200 mg/l
Sulfat		250 mg/l
Terbolesa:	A la sortida d'ETAP i/o dipòsit	1 UNF
	A la xarxa de distribució	5 UNF
<b>Radioactivitat</b>		
Dosi indicativa total		0,10 mSv/any
Triti		100 Bq/l
Activitat a total		0,1 Bq/l
Activitat b total		1 Bq/l

D'altre banda, els Pla de vigilància autonòmic a Catalunya incorpora, a més d'aquest 53 paràmetres, 8 paràmetres addicionals per tal de designar un aigua apta pel consum humà, mostrats a la següent taula:

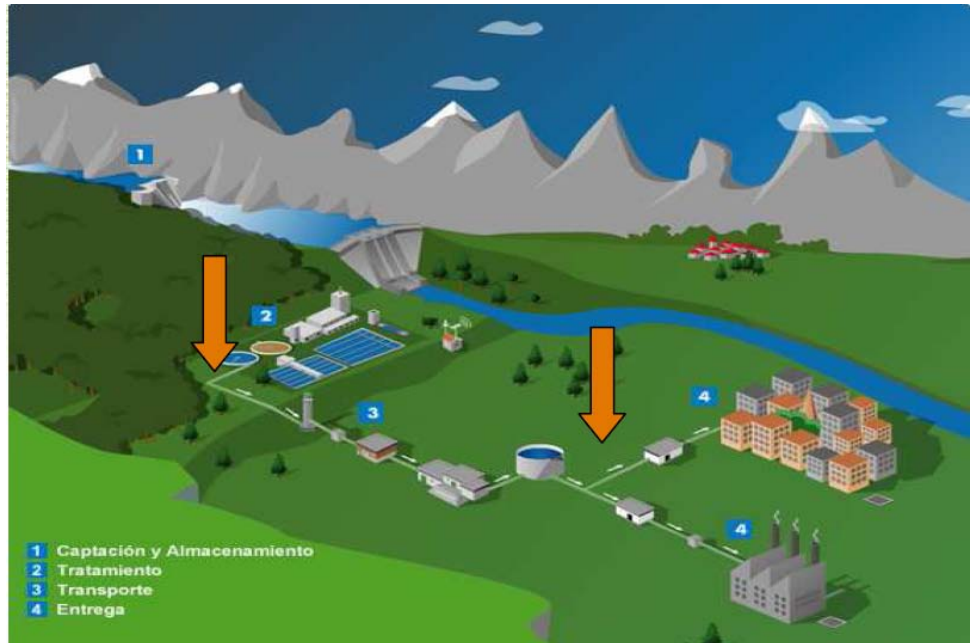
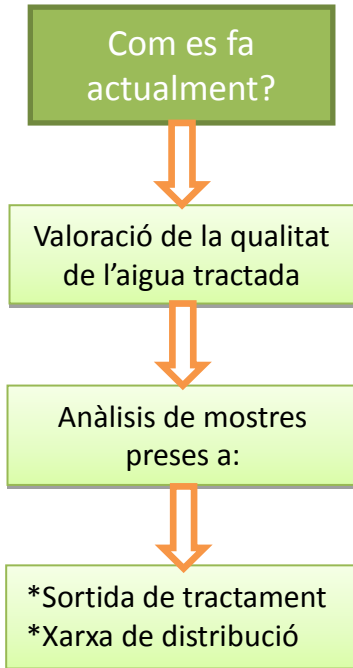
**Taula 2: paràmetres addicionals**

Paràmetres microbiològics	Nivell màxim admissible
Clorits	700 µg/l
Bacteris Coliforms	10 UFC en 100 ml
Recompte de colònies a 22°C	100 UFC en 1 ml en sortida
Amoni	0,50 mg/l
Carboni orgànic total (TOC)	7 mg/l
Manganès	400 µg/l
Oxidabilitat	5 mg/l
Terbolesa	1 UNF en sortida 5 UNF en xarxa de distribució

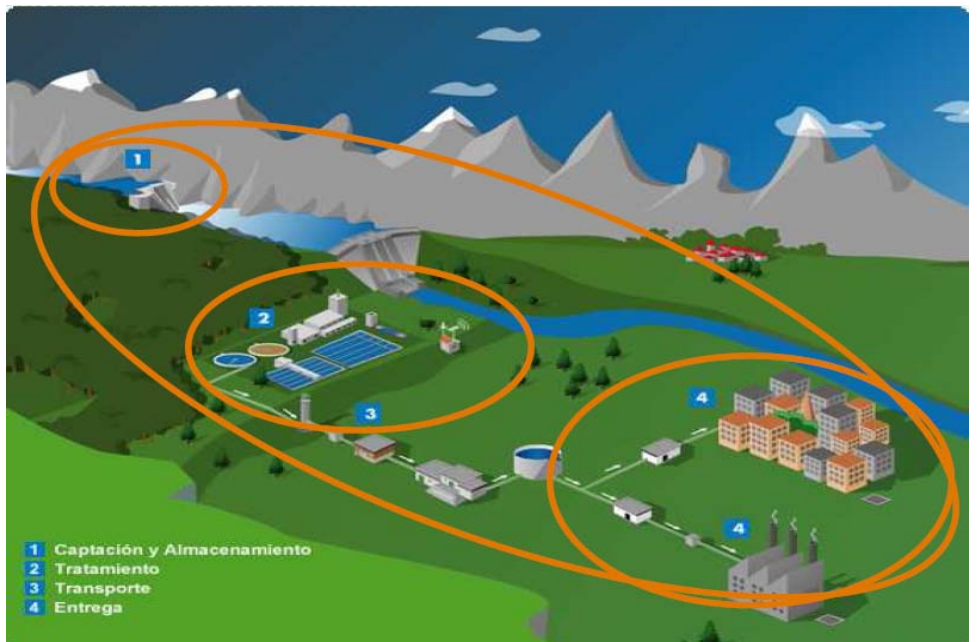
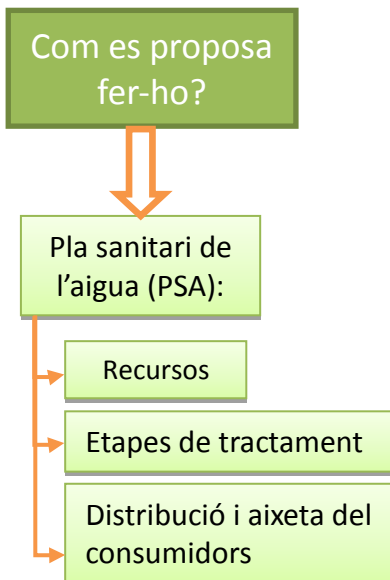
No obstant això els Plans de vigilància a Catalunya presenten noves estratègies d'implantació futura immediata de gestió encarades a la vigilància i control sanitaris de les aigües de consum humà, mitjançant plans sanitaris de l'aigua (PSA). Aquest plans proposats per IWA **[8]** (International water association) i la OMS **[9]** (Organització mundial de la salut) es defineixen com la forma més eficaç de garantir de forma continuada la garantia sanitària d'un sistema d'abastament d'aigua potable, mitjançant una avaluació i gestió global del ric que abasten tots els passos de la cadena d'abastament des de la captació fins el consumidor. Els PSA comprenen tres components fonamentals:

- 1) Avaluació del sistema per determinar si la cadena de subministrament d'aigua potable en el seu conjunt pot proporcionar aigua de tal qualitat que compleixi amb els objectius sanitaris.
- 2) Determinació de les mesures que, de forma col·lectiva, controlaran els riscos identificats en el sistema d'abastament d'aigua i garantir el compliment dels objectius sanitaris
- 3) Plans de gestió que descriguin les mesures que s'han d'adoptar durant el funcionament normal o quan es produeixi incidents.

Per entendre amb major claredat els objectius dels plans sanitaris de l'aigua, a continuació, es mostra un esquema didàctic: (veure imatge 12 i 13)



Principal inconvenient és retrospectiu



Evolució i gestió global del risc

# INTRODUCCIÓ A LA PART EXPERIMENTAL

# INTRODUCCIÓ A LA PART EXPERIMENTAL

## 1.4.1 Carbó activat

### 1.4.1.1 Antecedents històrics del carbó actiu

**E**stablir una data concreta de quan es van començar a utilitzar els materials de carbó és difícil ja que la seva història està poc documentada, de manera que és pràcticament impossible determinar amb exactitud quan l'home va començar a utilitzar aquest material. És cert que abans de l'ús del que en l'actualitat donem als carbons actius, antigament ja es van utilitzar com a adsorbents el carbó vegetal, o simplement fustes parcialment cremades.

Els primers usos d'aquests primitius carbons actius, generalment preparats a partir de fusta carbonitzada, semblen haver tingut aplicacions mèdiques. Per exemple a Tebas, una ciutat de Grècia, es va trobar un papir, que data de l'any 1550 aC., en que es descriu l'ús de carbó vegetal com adsorbent per a determinades pràctiques mèdiques. L'any 400 aC., Hipòcrates **[10]** va recomanar filtrar l'aigua amb carbó vegetal per a eliminar les possibles olors i sabors, així com prevenir certes malalties. En relació al tractament de l'aigua amb carbó actiu, es coneix que 450 anys aC. els vaixells fenicis s'emmagatzemaven l'aigua de beure en barrils, on la fusta estava parcialment carbonitzada per la cara interna. Aquesta pràctica es va continuar utilitzant fins al segle XVIII per tal d'ampliar el subministrament d'aigua en viatges transoceànics. No obstant això, la primera aplicació documentada de l'ús de carbó actiu per purificar un gas no va tenir lloc fins a l'any 1793, quan el Dr. D.M. Kehl utilitza el carbó vegetal per a mitigar olors emanades per la gangrena, inclòs el propi doctor recomana filtrar l'aigua amb carbó vegetal.

La primera aplicació industrial del carbó actiu té lloc en 1794, a Anglaterra, utilitzant-ne com agent decolorant en la indústria del sucre. Aquesta aplicació va romandre en secret durant 18 anys fins que al 1812 va aparèixer la primera patent. L'any 1854 es



va produir la primera aplicació a gran escala del carbó actiu, quan l'alcalde de Londres va ordenar instal·lar filtres de carbó vegetal en els sistemes de ventilació del clavegueram. Divuit anys després, van aparèixer les primeres màscares de protecció amb filtres elaborats amb carbó actiu, principalment encaminades a l'ús industrial del sector de la química per evitar la inhalació de vapors de mercuri.

No obstant això, el terme adsorció no va ser utilitzat fins el 1881 per Kayser, per descriure com els carbonitzats atrapaven els gasos. Aproximadament per aquestes dates, en R. Von Ostrejko, considerat l'inventor del carbó actiu, va desenvolupar diversos mètodes per a produir carbó actiu tal i com el coneixem, més enllà de les senzilles carbonitzacions de materials orgànics o del carbó vegetal. Així, el 1901 va patentar dos mètodes diferents; el primer consistia en la carbonització de materials lignocel·lulòsics amb clorurs de metalls; sent resultat de la base de l'activació química actual. El segon, proposava una gasificació suau dels materials prèviament carbonitzats amb vapor d'aigua o diòxid de carboni, és a dir, una activació física-tèrmica.

La Primera Guerra Mundial, i l'ús d'agents químics durant aquesta contesa, va portar com a conseqüència la necessitat de desenvolupar filtres de carbó actiu per a màscares de gas. Sens dubte aquest esdeveniment va ser el punt de partida per l'avanç de la indústria del carbó actiu. A partir d'aquest fet es desenvolupen multituds de carbons actius per aplicacions més diverses, com per exemple la depuració de gasos i aigües, aplicacions mèdiques, suport de catalitzadors, entre d'altres.

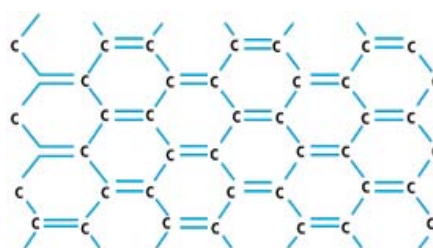
#### **1.4.1.2 El carbó activat**

El carbó activat, o carbó actiu, és un material de carbó porós. Un material carbonitzat que s'ha sotmès, a reacció amb gasos oxidants, com  $\text{CO}_2$  o aire, o amb vapor d'aigua; o bé a un tractament amb addició de productes químics com  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , durant o després d'un procés de carbonització, amb l'objecte d'augmentar la seva porositat. Els carbons activats posseeixen una capacitat d'adsorció elevada i s'utilitzen per a la purificació de líquids i gasos. Mitjançant el control adequat dels processos de carbonització i activació es pot obtenir una gran varietat de carbons activats que posseeixin diferents distribucions de grandària de porus. La majoria d'ells contenen a l'estructura quantitats d'altres àtoms no volàtils anomenats cendres, el tipus i la

quantitat està en funció de la matèria que origina el carbó. Tot i això, els diferents tipus de carbó presenten dues característiques comunes:

- Presenten grups orgànics superficials que es formen per oxidació durant la vida del carbó; carbonització, període de refredament i emmagatzematge.
- Posseeixen la propietat d'adsorbir; fenomen físic-químic en que un sòlid, l'adsorbent, incorpora a les seves parets cert tipus de molècula que s'hi troben en un líquid o gas.

La quantitat i la naturalesa de les cendres i els grups orgànics superficials influeixen en el tipus de substància que el carbó podrà adsorbir. Per tant la diferència entre un tipus de carbó i un altre s'esdevé en la seva estructura. En el cas del carbó activat, existeixen dues classes: els d'activació tèrmica i els que s'activen per deshidratació química. En el primer cas, els àtoms de carboni estan dipositats en forma de plaques grafitiques. (veure imatge 14)



Imatge 14: Estructura d'una placa grafitica de carbó actiu. Font: [www.carbonactivo.com](http://www.carbonactivo.com)

Les plaques estan separades i tenen diferents orientacions, per la qual cosa existeixen espais entre elles, als quals es denominen porus, que brinden al carbó actiu la seva principal característica: una gran àrea superficial i una alta capacitat adsorbent. Pel que fa als carbons activats per deshidratació química també són porosos, però l'estructura no és la mateixa, sinó que s'assembla més a una molècula orgànica amb una part aromàtica i una d'alifàtica, o a un polímer molt ramificat amb molècules d'oxigen, principalment.

### 1.4.1.3 Mecanisme d'operació com adsorbent

Per entendre l'aptitud del carbó cal comprendre el mecanisme d'absorció, concretament el d'adsorció física o fisorció, ja que és el més comú entre els carbons. La fisorció no es produeix intercanvi d'electrons entre l'adsorbent i l'adsorbat, això és degut a que a la superfície de l'estructura grafitica s'hi produeix un desequilibri de forces, causat per les anomenades forces de London **[11]**, on es generen atraccions intermolecular que causen la condensació de l'adsorbat gasos o la precipitació de l'adsorbat de la solució.

### Factors que influeixen en l'adsorció de compostos presents en l'aigua

- El tipus de compost a ser eliminat. Els compostos amb elevat pes molecular i baixa solubilitat s'absorbeixen més fàcilment.
- Temperatura de l'aigua. Temperatures altes afavoreixen la quimiosorció i les baixes l'adsorció física.
- La concentració del compost a ser eliminat. Com més alta sigui la concentració, més carbó es necessitarà.
- Presència d'altres compostos orgànics que competiran amb altres compostos pels nuclis d'adsorció disponibles.
- El pH de l'aigua. Per exemple, els compostos àcids s'eliminen més fàcilment a pHs baixos.
- El tipus de química superficial del carbó. La presència o absència de grups superficials, així com el major o menor grau de deslocalització dels electrons afecta a les interaccions del carbó amb altres elements o compostos.

### Tipus de porus d'una partícula de carbó

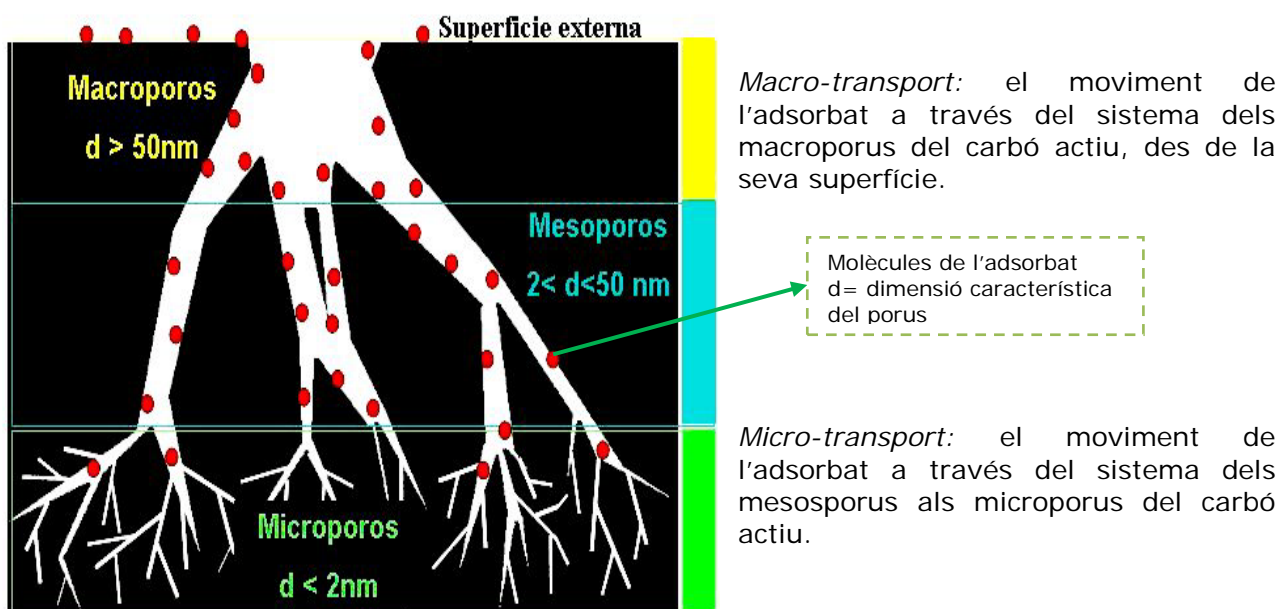
El carbó actiu té una gran varietat de grandàries de porus els quals poden classificar-se d'acord a la seva funció en:

- Porus d'adsorció consisteixen en espais entre plaques grafitiques amb una separació d'entre una i cinc vegades el diàmetre de la molècula que es retindrà. En aquests, ambdues plaques de carbó estan prou a prop com per exercir atracció sobre el adsorbat i retenir-ho amb major força.
- Porus de transport són de mida majors que els de adsorció, i tenen un rang molt ampli de grandàries, que van fins al de les esquerdes que estan en el límit detectable per la vista, i que correspon a 0,1 mm . En aquesta classe de porus, només una placa exerceix atracció sobre l'adsorbat i llavors ho fa amb una força menor, o fins i tot insuficient per retenir-ho. Actuen com a camins de difusió pels quals circula la molècula cap als porus d'adsorció en que s'hi genera una atracció major. Per tant, encara que tenen poca influència en la capacitat del carbó actiu, afecten la cinètica o velocitat amb la que es duu a terme l'adsorció.

Una altra tipus de classificació que es pot utilitzar és la de la IUPAC [12] (*International Union of Pure and Applied Chemists*), que es basa en el diàmetre dels mateixos, d'acord al següent criteri:

- **Microporus:** són de mida menor a 2 nm, i tenen una grandària adequada per retenir molècules petites, que aproximadament corresponen a compostos més volàtils que l'aigua, tals com a olors, sabors i molts solvents.
- **Mesoporus:** d'entre 2 i 50 nm sent els apropiats per a molècules intermèdies entre les anteriors.
- **Macroporus:** majors a 50 nm. Atrapen molècules grans, tals com les substàncies acolorides o les substàncies húmiques -àcids húmics i fúlvics- que es generen en descompondre's la matèria orgànica.

Per tant, la capacitat d'un CA per retenir una substància determinada, no només està donada per la seva àrea superficial, sinó per la proporció de porus i la seva grandària.



Imatge 15: Representació esquemàtica del sistema porós d'un carbó, classificació dels porus segons la seva grandària i fenòmens de transport que es produeixen a l'adsorció  
Font: www.oviedocorreo.es

### 1.4.1.4 Matèries primeres

Encara que el Carbó Activat pot fabricar-se a partir d'un sense nombre de materials carbonosos, només s'utilitzen uns quants a nivell comercial, a causa de la seva disponibilitat, sota cost ja que els productes obtinguts a partir d'ells tenen les propietats que cobreixen tota la gamma d'aplicacions que el Carbó Activat pot tenir.

En la següent taula es mostren les principals matèries primeres i tecnologies d'activació utilitzats en la producció, així com la duresa i la grandària de porus dels productes obtinguts.

**Taula 3: matèries primeres i característiques del carbó**

MATÈRIA PRIMA	ACTIVACIÓN	DURESA o RESIST. A L'ABRASIÓ	MIDA DEL PORO
Fusta de pi	Deshidratació química*	30-50	Macroporós
Carbó mineral lignític	Tèrmica**	40-60	Mesoporós
Carbó mineral bituminós	Tèrmica**	70-80	Mesoporós
Closca de coco	Tèrmica**	90-99	Microporós

\* Típicament amb àcid fosfòric i en ocasions amb clorur de zinc.

\*\* Amb atmosfera saturada de vapor de agua, o amb gasos de combustió.

La duresa o resistència és una propietat molt important en carbons que s'utilitzen en forma granular ja que la falta d'aquesta provoca erosió i trencament durant el maneig. Un dels mètodes que es fan servir habitualment és el de la norma ASTM D-3802. El carbó de fusta de pi té una duresa molt baixa que el fa inapropiat en forma granular, per ho contrari la closca de coco és el més resistent.

El carbó vegetal té una aplicació en tractament d'aigües més encarat en aigües residuals amb colors intensos i/o quantitats elevades de greixos. En canvi el carbó mineral lignificat s'utilitza per aigües residuals amb contingut variat de substàncies, com poden ser les aigües grises municipals. Pel que fa al carbó bituminós, té dues aplicacions; aigües residuals amb contaminants de pes molecular mitjà, o per la potabilització d'aigües superficials. Per últim, la closca de coco s'utilitza per potabilitzar aigües de pous ja que té capacitat d'eliminar els olors i els sabors. (veure taula 4)

Taula 4: Aplicacions del carbó activat en tractament d'aigües segons el seu origen

MATÈRIA PRIMA	Principal aplicació en tractament d'aigües
Fusta de pi	Aigua residual amb colors intensos i/o amb quantitats substancials de greixos. Potabilització d'aigua superficial amb alt contingut de fusta orgànica natural.
Carbó mineral lignític	Aigua residual amb contaminants molt diversos, com és el cas de procedència municipal.
Carbó mineral bituminós	Aigua residual on predominin contaminants de pes molecular intermig. Potabilització d'aigua superficial o amb un lleuger color produït per algues.
Closca de coco	Potabilització d'aigua de pou. Eliminació d'olor, gust i compostos volàtils en aigües superficials. Aigua residual contaminada amb solvents volàtils.

#### 1.4.1.5 Mètodes de fabricació

Per determinar el procés de fabricació necessari per cada tipus de carbo cal conèixer les característiques de la seva estructura. Una d'elles és el grau d'ordenament entre els àtoms, un carbó estarà més ordenat quant més elevat ha estat el temps i la temperatura d'exposició, i l'altre, la disposició de les plaques en les coordenades bidimensionals que determinen la densitat, la composició carbònica i compostos orgànics.

Actualment existeixen dos processos:

- **Activació tèrmica** anomenada també activació física, tot i que l'activació es produeix per la reacció, química de l'agent activador (un oxidant com l'aire, vapor d'aigua, CO<sub>2</sub>, etc.) amb el carboni del material que està sent activat. Aquesta consta de diferents etapes i així també, a vegades són necessaris certs pretractaments com la mòlta i el tamisat per a obtenir una grandària adequada del precursor. Si el precursor és un carbó coquitizable serà necessari llavors una etapa d'oxidació per a eliminar les propietats coquitizables. En altres ocasions el material de partida és molt fi a formar una fina pols, després compactat amb algun aglomerant en forma de briquetes i tornat a ser molt fi a obtenir la grandària desitjada. D'aquesta manera s'aconsegueix una millor difusió de l'agent activador i millor porositat del carbó activat resultant. Una altre etapa prèvia a l'activació és la carbonització, en que el precursor és

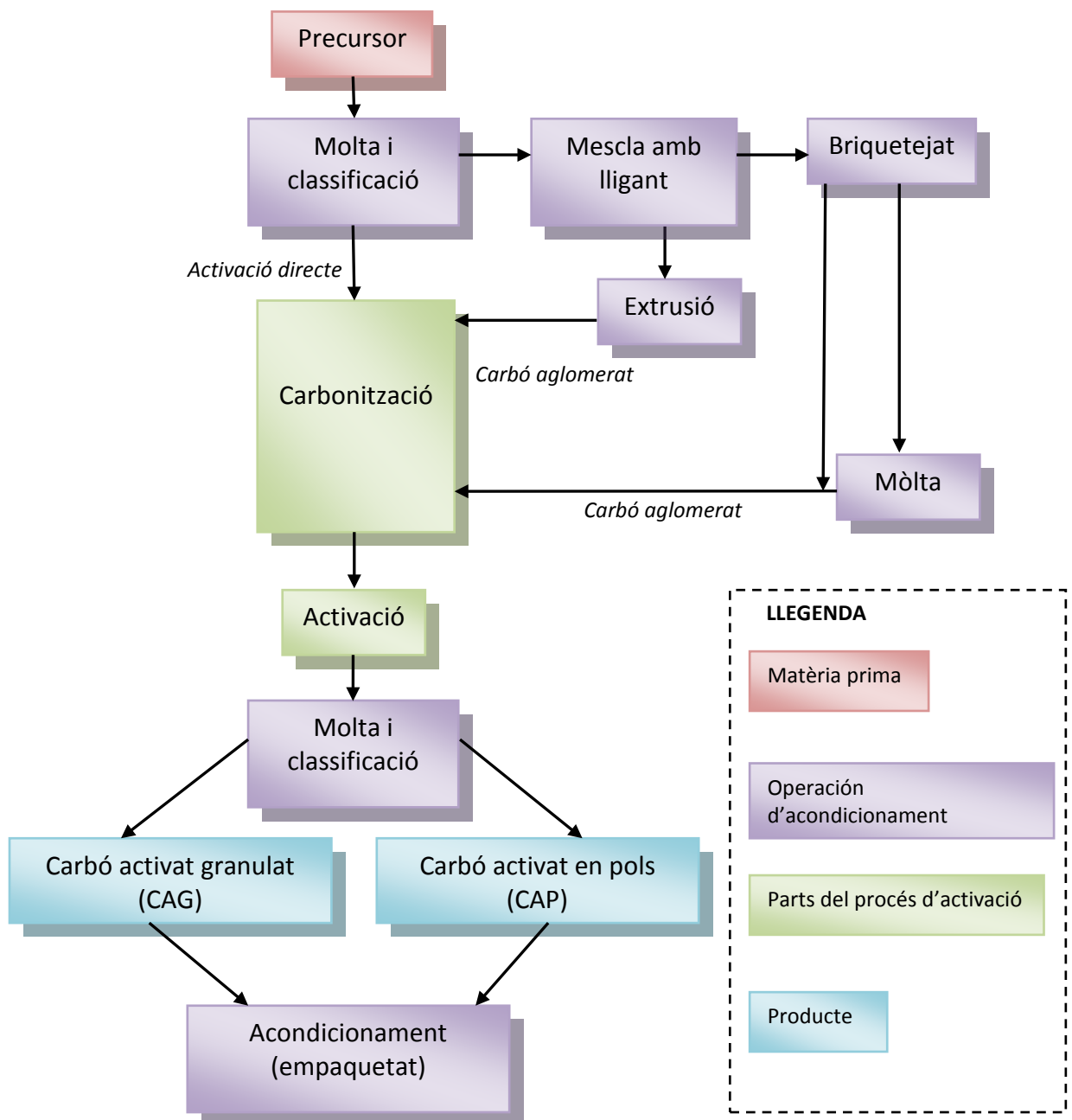
sotmès a elevades temperatures (de l'ordre dels 800°C) en absència d'aire, per a eliminar les substàncies volàtils i obtenint un residu carbonós que serà sotmès a activació. Durant la desvolatilització, la sortida dels gasos i vapors del precursor produeixen una porositat incipient al carbonitzat, produint-n'hi encara més durant l'etapa d'activació. L'activació pot ser un procés totalment independent de la carbonització o dur-se després d'aquesta. Consisteix a fer reaccionar a l'agent activador amb els àtoms de carboni del carbonitzat que està sent activat; de manera que es produeixi un "cremat selectiu" que va perforat progressivament el carbonitzat, generant porus i augmentant la porositat fins a transformar-lo en un carbó activat. Els agents activadors utilitzats són: l'oxigen, l'aire, el vapor d'aigua (el més comú) i el CO<sub>2</sub>. Aquests agents donen lloc a les següents reaccions químiques que eliminen àtoms de carboni produint així la porositat. (veure imatge 16)

- **Activació química:** en aquest cas el precursor es fa reaccionar amb un agent químic activador. L'activació sol tenir lloc en una única etapa a temperatures que poden variar entre 450 i 900°C . Tot i això, en aquest tipus d'activació, és necessària una etapa posterior de rentat del carbó activat per eliminar les restes de l'agent activador, les quatre etapes d'aquest procés estan esquematitzades en a la imatge 17. Existeixen nombrosos compostos que poden ser utilitzats com agents activadors, però el més comuns industrialment són el clorur de zinc (ZnCl<sub>2</sub>), l'àcid fosfòric (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) i d'hidròxid de potassi (KOH).

L'activació química amb ZnCl<sub>2</sub> va ser el mètode per excel·lència fins l'any 1970, especialment per a l'activació de residus de fusta. El seu ús s'ha restringit molt actualment com a conseqüència dels problemes mediambientals que comporta el seu ús. Encara que alguns països com la Xina, productor del 90% de carbó activat, segueixen utilitzant aquest mètode per a produir carbó activat.

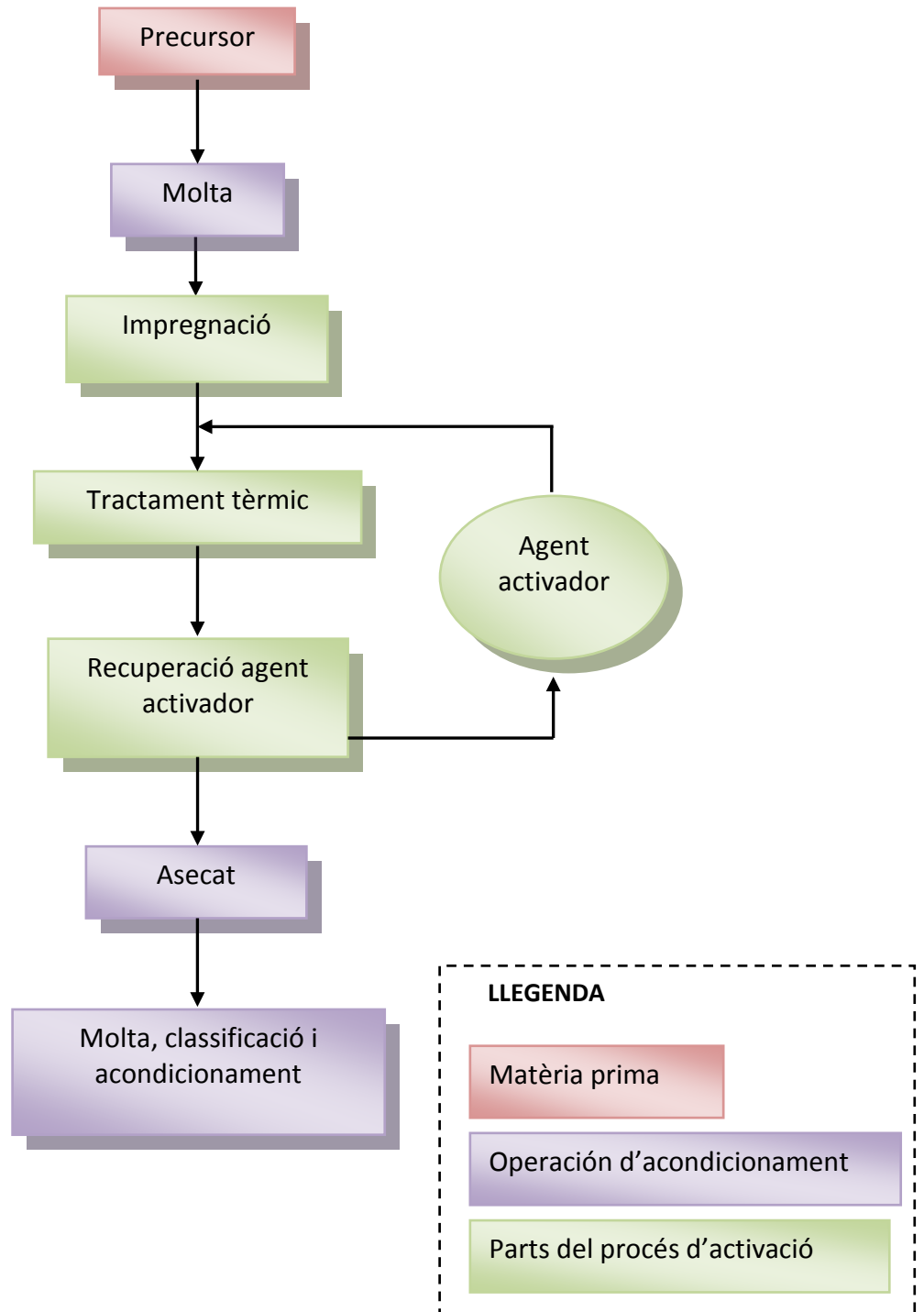
L'activació química amb H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> pràcticament ha desplaçat al ZnCl<sub>2</sub> i els precursors usats en aquest tipus d'activació són en la seva majoria, com en el cas del ZnCl<sub>2</sub>, residus forestals ja pot ser fusta com la closca de coco, l'os de l'oliva, entre d'altres. L'activació química amb KOH es desenvolupa durant els

anys 70, per a produir els denominats carbons superactivats, amb superfícies específiques de l'ordre dels 3000 m<sup>2</sup>/g. A diferència dels altres dos agents activadors, els millors precursors per l'activació amb KOH són aquells amb un baix contingut en volàtils i alt contingut en carboni, com els carbons minerals d'alt rang, carbonitzats, coque de petroli, etc.



Imatge 16: Esquema del procés d'activació tèrmica o física del carbó activat. Elaboració pròpia





Imatge 17: Esquema del procés d'activació química del carbó activat. Elaboració pròpia

### 1.4.1.6 Formes físiques del carbó

El carbó activat és un adsorbent molt versàtil perquè la grandària i la distribució dels seus porus a l'estructura carbonosa poden ser controlats per satisfer les necessitats de la tecnologia actual. A priori, les necessitats específiques de la indústria es poden retribuir mitjançant la possibilitat de preparar aquests materials amb les diferents formes físiques existents;



**Carbó activat granular (CAG):** Partícula de forma irregular les grandàries de la qual oscil·len entre els 0,2 i 5 mm. Aquest tipus de carbó és utilitzat tant en aplicacions en fase líquida com en fase gas.



**Carbó activat en pols (CAP):** Carbó polvoritzat amb una grandària de partícula majoritàriament inferior a 0,18 mm. Principalment utilitzat en aplicacions en fase líquida i per al tractament de gasos de combustió, i per contaminants puntuals en aigües superficials.



**Carbó activat extrusionat:** Extrusionat de forma cilíndrica amb diàmetres entre 0,8 i 5 mm. Aquest tipus és utilitzat principalment per a aplicacions en fase gas a causa que provoca una menor pèrdua de càrrega, i posseeix una major resistència mecànica i un menor contingut en pols. Tot i això té aplicacions en aigües.



**Carbó activat en tela:** El carbó activat també està disponible en formes especials com les teles o la fibra. Com a aplicacions són majoritàriament a nivell industrial específics.



**Briquetes:** El carbó activat pot presentar-se en forma aglomerada en formes diverses.

Per altra banda, mitjançant l'adequada selecció del precursor, el mètode d'activació i control de les variables del procés de fabricació, les propietats adsorbents del producte poden ser adaptades per delimitar les necessitats tan diverses com la purificació d'aigües potables o el control de les emissions de gasolina en automòbils.

#### 1.4.1.7 Reactivació i tipus de reactivació

Una vegada que el carbó activat ha estat saturat, o més comunament conegut com esgotat, amb els components que ha adsorbit en una aplicació industrial, pot ser regenerat mitjançant una sèrie de processos, per tal de recuperar el seu estat original, amb una pèrdua de les seves qualitats inicials. Els avantatges de la regeneració són, principalment, la reducció del cost per a l'usuari i que es redueix considerablement el problema de l'eliminació o emmagatzematge del material esgotat. La regeneració pot realitzar-se in situ, en la pròpia instal·lació o més freqüentment, en els sistemes de regeneració dels propis fabricants.

Els tres mètodes més desenvolupats són:

- Regeneració amb vapor: aquest mètode està limitat a la regeneració de carbó que només ha adsorbit alguns productes molt volàtils; així i tot, l'aplicació de vapor pot ser interessant per descobrir la superfície dels grans i estabilitzar el carbó. Consisteix en fer circular vapor d'aigua a través del llit de carbó, sense permetre que aquest es condensi. D'aquesta manera s'alliberen molècules orgàniques amb una volatilitat menor a la de l'aigua.
- Regeneració tèrmica: normalment per piròlisis i/o combustió de substàncies orgàniques adsorbides. L'escalfament fins uns 800°C, amb atmosfera controlada, evita la ignició del carbó. És el mètode més comú amb el que s'aconsegueix una bona regeneració del carbó actiu, si bé presenta un doble problema:
  - a) *Requereix importants inversions*: segons els casos, s'utilitza un forn de plats escalonats, de llits fluiditzats o un forn clàssic rotatori. El forn ha d'estar equipat de dispositius de control d'atmosfera i de temperatura, d'un sistema de deshidratació a l'entrada i d'un tremp del carbó a la sortida del forn.

b) *Condueix a pèrdues importants de carbó (7 al 10 % per regeneració), és a dir, un cop realitzat de 10 a 14 regeneracions, s'haurà canviat estadísticament tota la massa de carbó.*

En el forn de reactivació succeeixen els següents fenòmens de manera seqüencial:

- En una primera etapa augmenta la temperatura del carbó fins arribar als 100°C. Els adsorbats més volàtils es desprenen i l'aigua s'evapora.
  - El carbó continua escalfant-se fins arribar a una temperatura de 300 i 450°C. En aquest lapse es desorbeixen altres molècules orgàniques menys volàtils que l'aigua.
  - Els components orgànics que no s'han desorbit es comencen a descompondre. Aquesta descomposició s'anomena piròlisi i com a resultat s'obté carbó amorfa que es diposita sobre la superfície del carbó actiu.
  - La temperatura segueix augmentant fins 500°C i el carbó amorf comença a reaccionar amb el vapor d'aigua, l'oxigen, el monòxid i diòxid de carboni de la corrent de gasos.
- **Regeneració química:** procés basat en l'addició d'un dissolvent utilitzat a temperatures pròximes a 100 °C i pHs elevats. L'avantatge d'aquest procés, és que es redueix considerablement la pèrdua de material regenerat, de l'ordre de l'1% de la massa tractada.
  - **Regeneració biològica:** normalment té aplicació en tractament d'aigües, ja que les bacteries que es desenvolupen a la superfície del carbó s'alimenten de la matèria biodegradable adsorbida.

El mètode més simple de regeneració és la desorció de les substàncies adsorbides per tractament tèrmic o per desgasificació. El que ser sol fer és passar un corrent de vapor d'aigua sobreescalfat o de gas inert a alta temperatura a través del llit de carbó; aquest procediment és la base del procés de recuperació de dissolvents i del sistema PSA [13] (Pressure Swing Adsorption) utilitzat en la separació de barreges de gasos. En alguns casos la regeneració s'ha de portar a terme en condicions d'activació per descompassar i provocar la desorció les substàncies adsorbides i és a la pràctica una reactivació.

Encara que qualsevol tipus de forn és adequat per la regeneració, els tipus preferits per la majoria de les indústries són el de solera múltiple o el rotatori. Encara que és cert que avui dia és possible regenerar qualsevol tipus de carbó activat, la regeneració està en aquest moment gairebé restringida al carbó granular, pel seu major cost, perquè en el cas del carbó en pols les pèrdues de material poden ser massa elevades.



Imatge 19: Forn de regeneració de carbo granular.  
Font: chemvironcarbon.com

#### 1.4.1.8 Problemàtica comercial del carbó

L'evolució del mercat els darrers anys ha comportat el desplaçament del origen nord-americà i centreeuropeu cap al continent asiàtic. Les noves explotacions tenen un llinatge xinès i indi i són, fonamentalment, d'origen mineral, que competeixen amb carbons d'altres matèries primeres com la fusta o la pela de coco. No obstant això continua sent el carbó mineral el de major ús per determinades aplicacions com el tractament d'aigües superficials per a la seva posterior potabilització.

En aquest sentit els mercats asiàtics posseeixen reserves importants de carbó i uns costos de producció menor, associades normalment a una mà d'obra més barata, que han portat al desplaçament de les grans empreses internacionals ja consolidades a treballar amb els seus carbons. A més, aquests moviments de mercat, han fet aparèixer altres noves empreses relacionades amb els mateixos productes.

Actualment amb la globalització del mercat, és habitual que les empreses tradicionals tan europees com nord-americanes, desplacin parcial o totalment la seva activitat a països emergents, de vegades establint-se directament comprant petites companyies locals o en altres casos fent una "joint venture" [14] amb empreses locals. Això suposa que els estàndards de qualitat que segueixen aquestes empreses reconegudes al mercat, haurien d'arribar a establir-se també a les seves noves zones d'actuació. No obstant això, als països en desenvolupament encara no estan plenament

implantades determinades formes d'actuació relacionades amb l'assegurament de la qualitat a nivell total, com les que tenim implantades al món occidental. Així, encara que algunes marques es trobin sota el paraigua de les grans multinacionals occidentals, el client té problemes per aconseguir informació sobre determinats aspectes relacionats amb l'etapa de fabricació i activació. La implantació de les normes ISO és un pas avanci per transmetre confiança al client, però no és suficient de moment en determinats passos de la cadena del CAG, atès que en un producte d'aquestes característiques implicat en el procés de potabilització de l'aigua de consum, i que a més pot tenir "diverses vides" amb la seva reactivació, la traçabilitat de tot el sistema ha de ser el seu punt més fort.

A més, aquests canvis al mercat, han comportat l'aparició de noves cases comercials que presenten nous productes, especialment en la línia dels CAGs d'activació directa, amb la possibilitat comercial que siguin tractats com "no reactivables" per al gestor del proveïment, per tant substituïts per nou CAG, però reutilitzats per part del venedor per a altres processos industrials en els quals encara puguin ser emprats.

El problema comercial/tècnic es complica quan les empreses són consumidoras puntuals de grans quantitats. És el cas d'ATLL o d'altres proveïments de grandària similar. Quan es fa una gran compra de 4,500 m<sup>3</sup>, l'equivalent a 22 camions cisterna amb els que es transporten. En aquest cas es suma un problema logístic. Una quantitat així no pot transportar-se, descarregar-se i posar-se en ús en poc temps. Si es tracta d'instal·lacions ja en funcionament, aquest procés de compra i descàrrega ha de ser compatible amb el funcionament del tractament a l'ETAP. Si a més els camions vénen des de punts llunyans, la planificació logística ha de ser molt precisa.

La diferència en el temps entre el primer lliurament i l'últim, en el cas d'una gran instal·lació pot arribar a ser de mesos. Per tant el més normal és que estiguem parlant de lots de producció diferents. En aquest cas podem tenir dos problemes:

- Que al mercat no hi hagi disponible CAG del mateix origen (matèria primera i origen geogràfic).
- Que el subministrador pugui garantir el tipus de matèria primera d'origen, però que a l'ésser de lots diferents també pot venir per exemple de mines de la mateixa companyia però geogràficament separades.

Aquests punts poden ser encara més problemàtics en el cas dels processos d'activació i reactivació.

En el cas de l'activació, si no es tracta del mateix lot, pot haver-hi diferències en el procés que afectin al CAG. Hem d'acceptar que els diferents paràmetres recollits en la descripció comercial i tècnica del CAG, tenen uns rangs de valors. Tot i que un dels problemes en la caracterització del CAG és precisament la relació entre aquests paràmetres i el problema específic a minimitzar en cada proveïment, no és el mateix moure'ns a prop del valor baix del rang que de l'alt. Si a més durant el procés d'activació i posterior distribució es barregen diferents lots, es pot fer més difícil tenir grans volums homogenis. En aquesta part del procés, una empresa amb sistemes de qualitat garantits, des de l'origen fins a l'activació, pot vetllar per un procés correcte, garantint per exemple que en el forn d'activació no es processin carbons d'origen diferent o per a aplicacions diferents.

Per tots els factors explicats, tot i que la publicació de les noves normes UNE referents al CAG verge (UNE-EN 12915-1) i al reactivat (UNE-EN 12915-2) homogeneïtzen aspectes relacionats amb el control de qualitat del producte, és necessari seguir l'evolució del mercat i provar periòdicament nous productes o sistemes de gestió alternatius, davant les implicacions logístiques i econòmiques, així com un possible canvi de la qualitat en origen.

## 1.4.2 La filtració

### 1.4.2.1 Adsorció

L'adsorció és un procés de separació on determinats components presents en una barreja gasosa o líquida són selectivament transferits a la superfície d'un sòlid. La superfície verge provoca un camp de forces concentrant en els seus voltants molècules d'estat gasós o líquides omplint l'espai que circumda al sòlid de referència. Aquest fenomen pel qual es produeix l'augment de la concentració en la superfície del sòlid es diu adsorció i és una tendència general donada per la interacció adsorbat-adsorbent. Aquest procés és espontani ( $G < 0$ ) i com durant el seu transcurs

passen molècules de l'estat desordenat a un estat absorbit i està limitat espacialment als límits imposats per la superfície més ordenada, disminueix l'entropia del sistema gas o líquid amb el sòlid (adsorbat-absorbent). El balanç energètic del procés ve donat per la combinació de l'espontaneïtat del procés i el corresponent ordenament molecular. Per tant, l'adsorció és un procés exotèrmic, que es veu afavorida per la disminució de la temperatura.

A partir d'aquesta definició es distingeixen dos tipus d'adsorció segons les forces d'atracció entre l'adsorbat i l'adsorbent, essent del tipus iònica, de Van der Waals [15], o de naturalesa química.

L'adsorció que té lloc a causa de les forces de Van der Waals es diu generalment adsorció física. En aquests cas, la molècula adsorbida no està fixa en un lloc específic de la superfície, sinó més aviat pot traslladar-se a major profunditat de l'adsorbent. Aquesta adsorció, en general, predomina a temperatures baixes. L'adsorció de la majoria de les substàncies orgàniques presents a l'aigua amb carbó activat es considera de naturalesa física.

Si l'adsorbat sofreix una interacció química amb l'adsorbent, el fenomen es diu adsorció química, adsorció activa o quimisorció. Les energies d'adsorció són elevades, de l'ordre de les d'un enllaç químic, degut a que l'adsorbat forma uns enllaços forts localitzats en els centres actius de l'adsorbent. Aquesta adsorció es veu afavorida a temperatures elevades.

#### 1.4.2.2 Funcions del llit de carbó actiu

Un llit, entès com la porció de carbó estès horitzontalment sobre un altre porció formant una capa, té com a funcions principals l'adsorció, suport bacterià, acció catalítica i filtració.

- L'adsorció és la funció de major pes que realitza el carbó essent la missió principal.
- Suport bacterià degut a que la superfície del carbó ofereix condicions idònies per la colonització bacteriana, tot i que aquest fenomen pot contribuir a la depuració pot resultar perillós afavorint la fermentació anaeròbia que n'és responsable d'olors i/o obturació del filtre.



- L'acció catalítica contribueix a l'eliminació del clor lliure originat per l'ús de clor en la desinfecció primària en tractaments de potabilització.
- La filtració és una funció física que hauria de ser mínima per evitar l'obtenció del carbó, que es produeix, irremissiblement, en absència de sistemes eficaços de neteja, provocant en cada cicle una important pertorbació a les capes del llit. Per tant és recomanable una filtració prèvia de l'aigua a través de sorra.

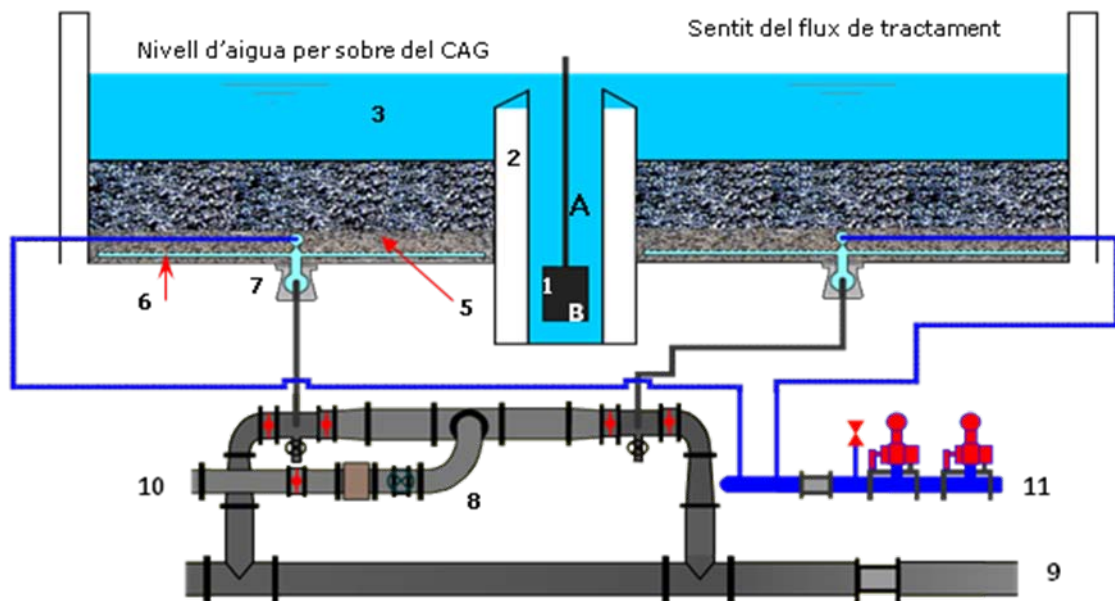
### 1.4.2.3 Descripció i característiques del llit filtrant de l'ETAP

El material que s'utilitza en el procés de potabilització a l'ETAP Ter en la fase de filtració és el carbó actiu. Aquest és l'únic material que es fa servir, no com en altres ETAP's que utilitzen grava i sorres com a primera etapa, degut a les característiques tan bones de l'aigua a potabilitzar. Per tant, el carbó realitza en total tres funcions en el procés: com a suport, adsorbent i com a filtre en sí. El tipus de carbó que s'està utilitzant des de l'any 1991, degut a el pla de millora d'infraestructures que es elaborat arrel de l'assignació les olimpíades del 92, és del processat a base de mineral aglomerat d'hulla bituminosa 10x20 d'origen americà, inicialment, proporcionat per Chemviron [16] i posteriorment per Norit [17], dues de les distribuïdores més importants del mercat de carbons a Espanya.

Els filtres de l'ETAP són filtres Aquazur de doble llit del tipus T, patentat per Degremont [18] (veure imatge 20). Es caracteritzen per ser dos semi-llits filtrants comunicats per sobre i per sota alimentants, per tant, per un sol regulador. L'aigua procedent de la decantació entra els filtres per la part superior i per gravetat travessa el llit de carbó recopilant-se finalment en un sistema de canonades que la redirigirà cap als dipòsit d'emmagatzematge. A la taula 5 es defineixen les característiques dels filtres.

CARACTERÍSTIQUES	
Número de filtres	48 unitats
Dimensions de cada filtre	14,95 x 7,6 m
Gruix capa de carbó actiu	0.80 m
Superfície filtrant unitària	4.449 m <sup>2</sup>
Velocitat de filtració	7,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /hora
Capacitat màxima de filtració	9,27 m <sup>3</sup>

Taula 5: característiques dels filtres de carbó de l'ETAP Ter



Imatge 20: Esquema funcional dels filtres de carbó de l'ETAP Ter. Elaboració pròpia

- 1) **Comporta reguladora** (mode treball o rentat).
- 2) **Canal:**
  - Funció de treball flux ascendent (A).
  - Funció evacuació d'aigua de rentat (B).
- 3) **Columna d'aigua** que per gravetat descendeix.
- 4) **Llit del carbó** actiu granular.
- 5) **Grava suport.**
- 6) **Placa enreixada** que protegeix els forats col·lectors.
- 7) **Col·lector:**
  - D'aigua tractada.
  - Hidrant d'aigua de rentat i aire.
- 8) **Sistema de vàlvules i canalitzacions:**
  - Posició d'aigua tractada.
  - Posició col·lector d'aigua de neteja.
- 9) **Sortida d'aigua tractada.**
- 10) **Sortida d'aigües de rentat.**
- 11) **Sistema de compressors** per l'aire de rentat.

### **1.4.2.4 Modes de funcionament**

#### **1.4.2.4.1 Funcionament en regim de treball**

Quan els filtres obren en regim de treball, la comporta tanca la sortida B de l'esquema deixant oberta la sortida A. D'aquesta manera l'aigua de sortida de filtres de sorra accedeix al canal de repartiment del filtre de CAG. Puja per gravetat, omple les cel·les de cada llit i percola entre els grans de carbó degut a la força que exerceix la columna d'aigua. Un cop travessa la totalitat del llit accedeix entre una placa foradada, que actua com una reixa, als forats col·lectors que la canalitzen fins els dipòsits d'emmagatzemament.

#### **1.4.2.4.2 Funcionament en regim de rentat**

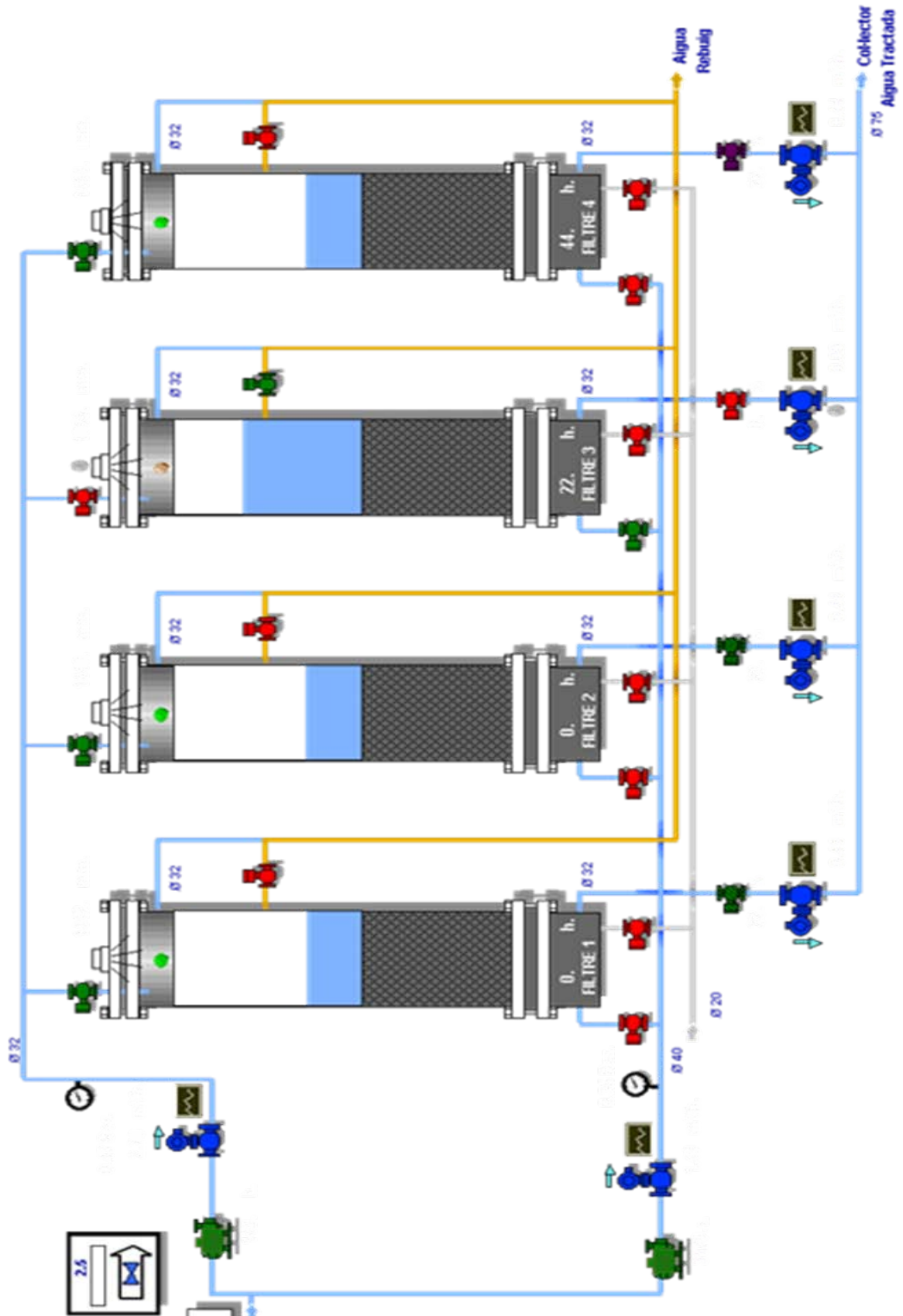
Com ja s'ha indicat anteriorment, la filtració és un procés inevitable que succeeix en els llits fixes. En el cas que ens ocupa, l'adsorció sobre CAG, no és una excepció, per aquesta raó durant el funcionament dels filtres la pèrdua de càrrega, degut a la saturació per obstrucció dels espais lliures entre grans per partícules suspeses, augmenta progressivament, provocant una disminució de cabal tractat. El rentat dels filtres no té com objectiu la regeneració del CAG, sinó restablir la pèrdua de càrrega del llit filtrant.

El rentat dels filtres és un procediment senzill i totalment automatitzat. La comporta tanca la sortida A i deixa oberta la comporta B. D'aquesta manera l'aigua del canal fluirà en direcció a les canalitzacions d'aigües de rentat.

### **1.4.3 La planta pilot**

#### **1.4.3.1 Descripció de la planta pilot**

L'ETAP del Ter té una planta pilot, és a dir, una replica a escala més petita de l'ETAP, destinada, majoritàriament, a realitzar assajos i investigacions amb l'objectiu de millorar la qualitat de l'aigua que s'hi produeix i optimitzar el procés de tractament. Una planta pilot, per tant, és un muntatge que intenta reproduir les condicions del que s'hi produeixen a planta real, o d'algun punt d'aquesta en especial. La diferència entre la planta pilot i la real s'esdevé en la projecció de l'escala, on la planta pilot és,



Imatge 21: Esquema funcional dels filtres de carbó de la planta pilot. Elaboració pròpia

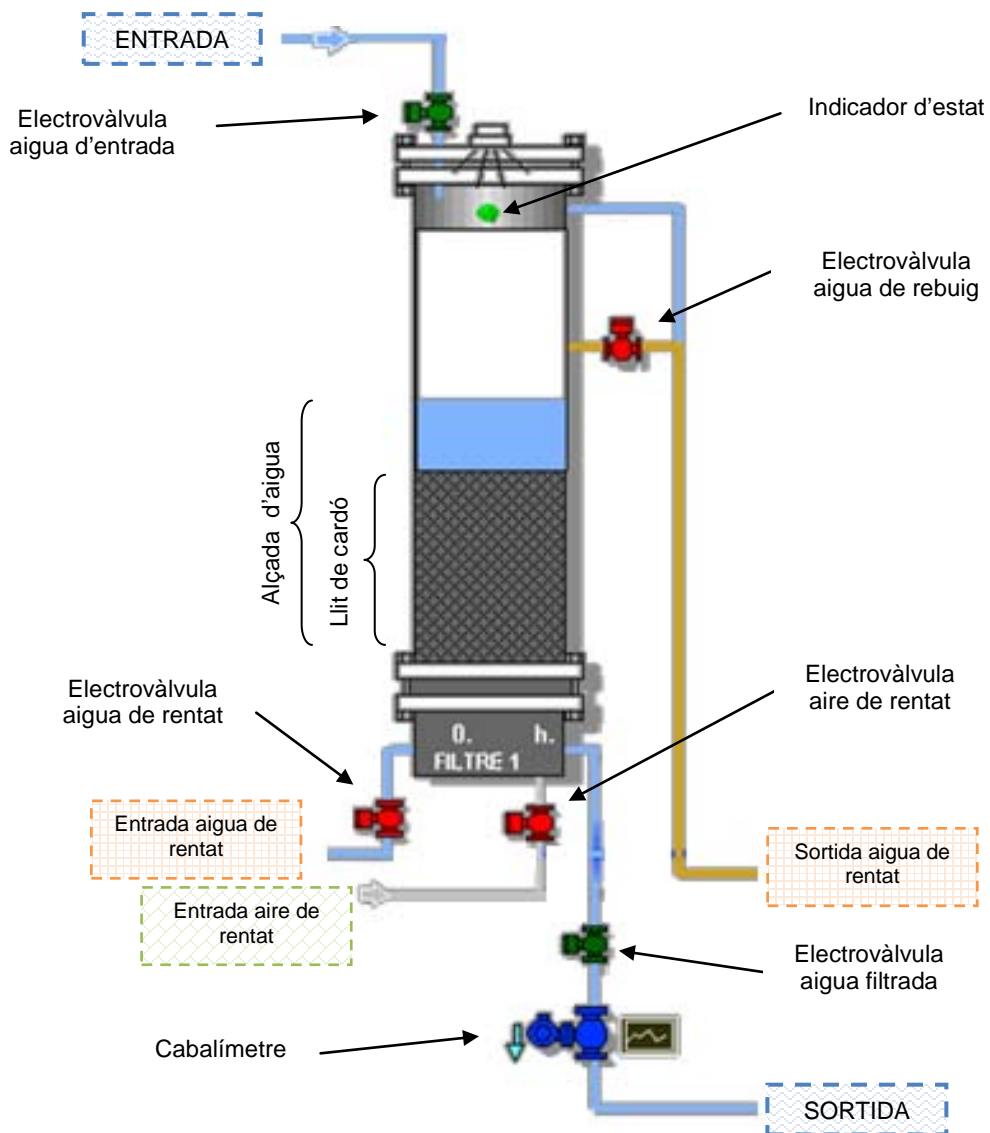
normalment, molt més petita i facilita operar i/o experimentar amb noves tècniques, reactius, productes i condicions.

Generar un estudi en un procés a escala real implica una inversió econòmica i costosa que normalment sol ser inútil, per aquesta raó la constitució de la planta pilot permet obtenir dades experimentals sobre les modificacions que pretenem introduir a escala real. La inversió és menor i es redueixen els possibles riscos per finalment discutir amb les dades obtingudes si les modificacions estudiades poden ser o no implementades al procés industrial.

La planta pilot on s'ha elaborat l'estudi en si és una reproducció a escala del tot el procés productiu que s'inicia a la post-decantació fins a l'emmagatzematge, és a dir, l'aigua que es subministra a la planta pilot prové de l'etapa post-decantació de la planta real, per tal de reduir possibles diferències composicionals entre una i l'altre.

La planta (veure imatge 21) està composta per quatre columnes de PVC transparent 300 mm de diàmetre i 2500 mm d'alçada. Cada una d'elles és una línia independent preparades per realitzar estudis amb diferents carbons allotjats en el seu interior. Aquestes es sustenten amb una estructura metàl·lica de forma rectangular que les abraça, així també amb un conjunt de sistemes de subjecció que garanteixen les condicions de treball.

Una bomba alimenta la planta, per la part superior, amb aigua procedent del col·lector de la decantació, i la distribueix en sèrie a pressió un xic més elevada per garantir el subministrament d'aigua a totes les columnes. Un cop l'aigua arriba a les columnes entra a través d'unes electrovàlvules que li permeten el pas si així ho requereix (veure imatge 22). En règim de filtració l'alimentació d'aigua a les columnes no és de forma continuada sinó en discontinu, on les electrovàlvules s'activen deixant entrar l'aigua fins a un nivell pre-establert, en aquest cas 1650 mm i un cop assolit aquest, les electrovàlvules (veure imatge 23) tanquen el subministrament. S'obriran una altra cop quan el nivell d'aigua dins la columna assoleixi el mini establert, 1400 mm. L'aigua filtrada surt per la part inferior de cada columna a través d'una vàlvula que regula el volum d'aigua que es vol tractar juntament amb un cabalímetre. Així també es disposa d'una presa de mostra en forma d'aixeta per tal de realitzar l'extracció de mostres per l'anàlisi. L'aigua finalment es dirigida per una canonada comú fins al col·lector de decantació per ser reaprofitada en la planta real, i evitar pèrdues.



Imatge 22: Esquema funcional d'un filtre de carbó de l'ETAP Ter. Elaboració pròpia

Durant el règim de filtració senyalitzat amb l'indicador d'estat en color verd, els filtres es van saturant de matèria que han anat adsorbit i el volum d'aigua que es filtra cada cop és menor. Això fa que el percentatge d'obertura de la vàlvula d'aigua filtrada incrementi per facilitar el pas del cabal que es requereix, en aquest cas de  $0,45 \text{ m}^3/\text{h}$ . Quan el percentatge adquireix un valor proper al 100%, automàticament el filtre canvia de règim passant de filtració a rentat.

Una de les avantatges del disseny experimental de la planta pilot és l'automatització de totes les funcions, a partir d'un programador lògic de control (PLC) connectat al sistema de control de dades corporatiu SCADA[27]. Permet dirigir i examinar totes les operacions vinculants a la planta, optimitzant així temps i esforç.

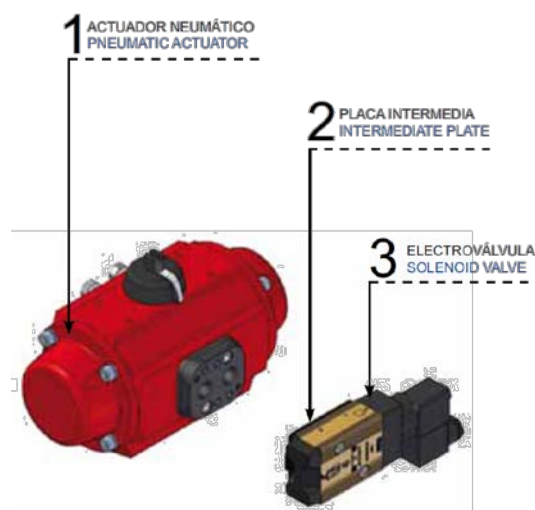
L'eventualitat del règim de rentat no té com objectiu la regeneració del carbó, sinó restablir la pèrdua de càrrega del llit filtrant.

El mecanisme de rentat és un procediment

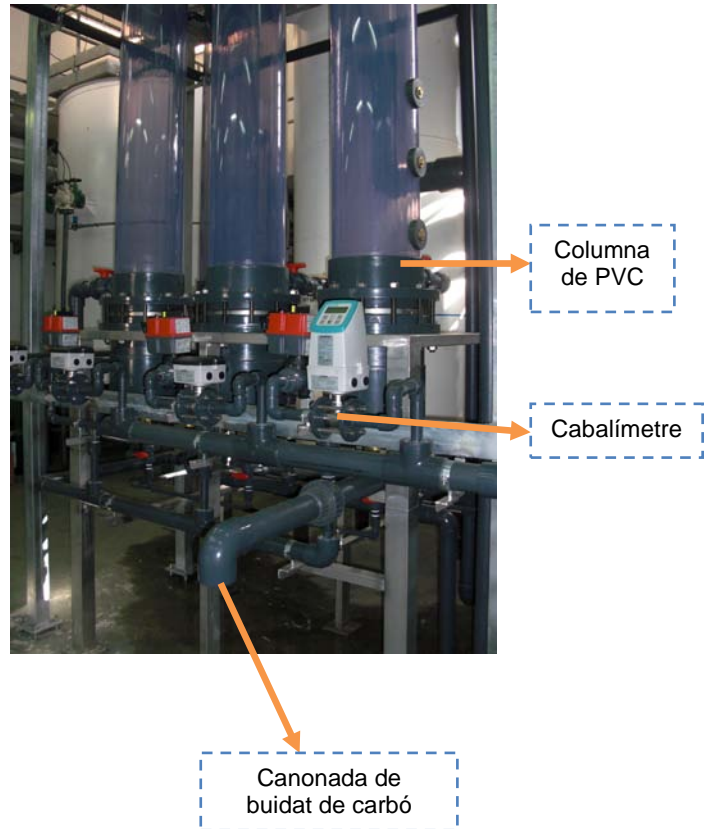
senzill i automatitzat que consisteix en fer passar aigua i aire a contracorrent durant un temps determinat. En quant el filtre entra en estat de rentat, la vàlvula d'aigua d'entrada es tanca i el filtre segueix filtrant fins a un nivell d'aprofitament, en aquest cas 1300 mm. Un cop assolit aquest nivell les vàlvules d'aigua de rentat i d'aire s'obren enlairant i removent el carbó. L'aigua de rebuig és evacuada per la part superior i reconduïda a la línia d'aigua de la planta real.

El procediment consta de tres passos:

1. *Esponjament del llit*: per aconseguir un rentat satisfactori cal descomprimir el llit abans de procedir amb el rentat. Per fer-ho es fa passar un corrent d'aigua de 0,5 m<sup>3</sup>/h. a contra corrent que expandeix el llit.
2. *Rentat amb aigua i aire a contra corrent*: un cop el llit és esponjat, pocs segons després s'introdueix aire, durant els 181 segons primers, i aigua a contra corrent amb un cabal de 2,1 m<sup>3</sup>/h. Arribat en aquest punt els CAG pateix moviments bruscos que produeixen nombrosos xocs entre grans que provoquen el desprendiment de les partícules adherides.
3. *Rentat amb aigua a contra corrent*: un cop el procés d'aire ha acabat l'aigua segueix el procediment durant 419 segons més. La circulació de aigua elimina les partícules desadsorbides i les arrossega fins el desguàs.



Imatge 23: Electrovàlvula de la planta pilot.  
Elaboració pròpia



Imatge 24 (esq) i 25 (dret): Planta pilot de l'ETAP Ter. Elaboració pròpia

### 1.4.3.2 Descripció dels carbons en estudi

La planta pilot consta de quatre filtres delimitant en aquest valor el nombre de carbons en estudi de forma paral·lela. En base a la relació entre els diferents proveïdors de carbons s'han seleccionat tres de matèries primes diferents i un de diferent proveïdor, però de la mateixa matèria. Per confidencialitat comercial s'anomenen els carbons A, B, C i D, respectivament pel número de filtre.

#### ✓ **FILTRE 1:**

Pel primer filtre s'ha disposat d'un carbó GAC 10x20 **A**. És un carbó activat granular bituminós d'alta puresa, que es produeix per l'activació de vapor de grans seleccionats de carbó bituminós. Com a resultat d'una activació d'un procés patentat, únic i de qualitat de controls més exigents, és molt apropiat per l'adsorció amb



l'objectiu d'eliminar impureses tant a la indústria química, alimentària, farmacèutica i, com per aplicacions en tractaments d'aigua.

- Propietats específiques:

**Taula 6: especificacions tècniques del carbó A**

ESPECIFICACIONS	
Índex de iode (mg/g)	950
Número de blau de metilè (min)	210
Número d'abrasió (min)	78
Contingut d'humitat (màx., % W / w)	3
Mida efectiva (mm)	0.5-5.0

#### ✓ **FILTRE 2:**

En el segon filtre es disposa de carbó tipus TL830 **B**. Forma part de la famosa gamma de Filtrasorb de carbons activats granulars, que estan instal·lats en més de 1000 plantes de tractament d'aigua a Europa, Estats Units i Àsia. Es produeix per l'activació de vapor de grans seleccionats de carbó bituminós que han estat prèviament polvoritzat i després aglomerats. El TL830 té una capacitat d'adsorció i un nombre de porus de transport alts. Això li dona al carbó una major selectivitat per a l'eliminació de microcontaminants tals com els pesticides i els compostos del sabor i olor en el presència d'altres concentracions de matèria orgànica natural. També elimina les substàncies húmiques, la precursors del subproducte de la desinfecció, que reaccionen amb clor per formar compostos com els trihalometans.

Aglomerats del carbó basats en carbons activats granulars té diverses propietats, que expliquen el seu superior rendiment en una àmplia gamma d'aplicacions:

- La distribució de grandària de partícula estreta permet una filtració a fons i recorreguts llargs entre el rentat del filtre.
- Els grànuls de carbó activat són uniformes, no només l'exterior. Aquest resultat en les propietats d'adsorció excel·lents amplia la seva gamma d'aplicacions.
- Alta resistència mecànica del carbó dona a la reactivació excel·lents resultats.

- Derivats del carbó aglomerat són adequats per a reactivacions múltiples en comparació d'una altra base materials com la torba i la fusta.
- L'estructura d'aglomerat assegura l'humitejament ràpid.
- Propietats específiques:

**Taula 7: especificacions tècniques del carbó B**

ESPECIFICACIONS	
Índex de iode (mg/g)	1000
Número de blau de metilè (min)	245
Número d'abrasió (min)	75
Contingut d'humitat (màx., % W / w)	2
Mida efectiva (mm)	0.9-1.1

✓ **FILTRE 3:**

En aquest filtre s'ha seleccionat un carbó d'origen vegetal, concretament de closca de coco tamisat 10x20 **C**. Aquest tipus de carbons activats són productes de molt alta capacitat per retenir contaminants de diversos fluids. Fabricats a partir de pela de coco es caracteritzen per tenir una gran proporció de microporus de diàmetre adequat per eliminar molècules petites. Són excel·lents en la retenció de contaminants orgànics, com els pesticides, fenols, detergents, i compostos cancerígens.

Per les seves característiques aquests tipus de carbó són altament eficaços en la eliminació del sabor i olor de l'aigua. Així també, tenen una major duresa que qualsevol altre carbó que actualment existeix en el mercat, i per tant té una major resistència a l'erosió.

- Propietats específiques:

**Taula 8: especificacions tècniques del carbó C**

ESPECIFICACIONS	
Índex de iode (mg/g)	1100
Número de blau de metilè (min)	250
Número d'abrasió (min)	70
Contingut d'humitat (màx., % W / w)	4
Mida efectiva (mm)	0.42-1.69

✓ **FILTRE 4:**

Finalment en el darrer filtre s'ha disposat d'un carbó activat d'activació directe **D**, sent un producte d'alta qualitat fabricat a partir de carbó bituminós, a través d'un procés d'activació amb vapor. Per la seva elevada duresa, el carbó pot ser utilitzat en columnes de llit fix o mòbil, amb un mínim de pèrdues durant els processos de contrarentat i regeneració.

La majoria de porus es situen en el rang baix de la mesoporositat, el que fa que sigui molt adequat pel tractament d'aigua residual amb promig de contaminants de pes molecular intermedi i potabilització d'aigua de pou o superficial.

- Propietats específiques:

**Taula 9: especificacions tècniques del carbó D**

ESPECIFICACIONS	
Índex de iode (mg/g)	1000
Número de blau de metilè (min)	200
Número d'abrasió (min)	70
Contingut d'humitat (màx., % W / w)	5
Mida efectiva (mm)	0.6-0.7

# OBJECTIUS

## OBJECTIUS

### 2.1 OBJECTIUS

#### 2.1.1 Objectiu principal

**E**l propòsit d'aquest projecte és la selecció d'un carbó activat granular apte pel procés de potabilització de l'estació de tractament d'aigües potables del riu Ter, a partir d'un disseny experimental de planta pilot de menor escala. S'opera, per tant, de forma paral·lela a la planta real per maximitzar les condicions hidrològiques en que el subjecte d'estudi s'hi trobarà. Tot i essent aquest l'objectiu general, el propòsit de l'estudi no deixa en va la finalitat de l'aprenentatge tant experimental com teòric de la seva realització per l'alumne participant.

#### 2.1.2 Objectius específics

- ✓ Aplicar els mètodes analítics necessaris per conèixer les característiques del CAG i de l'aigua abans i després de ser filtrada.
- ✓ Cercar alternatives comercials al CAG clàssic de base mineral, davant de l'aparició de CAGs d'origen vegetal o mineral procedents de mercats menys desenvolupats com els asiàtics, que ofereixen preus més competitius.
- ✓ Interpretar la possible diferenciació d'un mateix producte procedent de cases comercials dissimilars.
- ✓ Un cop determinat el CAG més adient pel procés de potabilització de l'ETAP, aconseguir una eina que permeti relacionar els resultats obtinguts a la planta pilot, amb el procés real de l'ETAP industrial. D'aquesta manera, es pot preveure la necessitat de reactivar el CAG de l'ETAP amb temps, i organitzar la seva reactivació o substitució, tasques que necessiten d'una planificació logística específica i que comporten un elevat cost econòmic.

# MATERIAL I MÈTODES

# Material i mètodes

## 3.1 Introducció

La filtració per CAG en les ETAPs és una etapa pràcticament indispensable actualment per millorar les característiques organolèptiques de l'aigua de consum produïda (Hargesheimer i Watson, 1996) i per proporcionar una barrera efectiva davant la presència de microcontaminants orgànics (Quinlivan i col, 2005), cada vegada més coneguts, que provenen de contaminació puntual o difusa i que ja no només s'engloben en els grups clàssics de pesticides, detergents, hidrocarburs o dissolvents, sinó que abasten altres nous apartats com els fàrmacs, disruptors endocrins o productes d'higiene personal, alguns d'ells ja citats directa o indirectament en les llistes positives de la Directiva Marc.

També, durant el procés de potabilització, es fa necessària aquesta etapa per minimitzar els precursors de subproductes de la desinfecció com els trihalometans (THMs) o per retenir als ja formats com els clorits (Gonce i Voudrias, 1994) o els propis THMs.

La selecció de la matèria primera és fonamental per a la qualitat del producte final i es relaciona amb la capacitat d'adsorció i filtració. Els més utilitzats per a aigües potables són els de hulla, però hi ha d'altres orígens que poden utilitzar-se en cas concrets com la pela de coco o la fusta. De la mateixa manera és important, el procés de preparació i/o fabricació del propi carbó.

Els estudis pilot aporten nombrosa informació, molt més valuosa que els realitzats a escala de laboratori (Ford i col., 2001). Es fan imprescindibles per extrapolar els resultats a l'explotació de les plantes, especialment en les dedicades a la potabilització, on el risc d'un desajustament pot tenir greus conseqüències.

Per estudiar el comportament dels quatre carbons en estudi s'ha considerat útil i representatiu, tant l'avaluació qualitativa com la quantitativa fent referència a l'aigua de sortida de cadascun dels filtre. Per aquest motiu l'assaig està vinculat a la realització de l'experiència en una plana pilot dissenyada pels propis caps de

departament de recerca i desenvolupament (R+D) de l'empresa col·laboradora d'aquest projecte, ATLL, en Dt. F. Valero [19].

Per poder qualificar la utilitat d'un carbó per un tipus determinat d'aigua cal estudiar diferents paràmetres, tant de l'aigua que es vol aplicar dit carbó com del propi carbó en si, ja que actualment no existeix un paràmetre concret que objectivitzï l'adequació d'un carbó per un tipus d'aigua, encara que existeixen analítiques que poden orientar aquesta adequació. Per altra banda, cal orientar les analítiques de l'aigua als paràmetres que la llei ens obliga a controlar, i d'aquests els que siguin més rellevants per les característiques pròpies de l'aigua. Tot i això s'ha de ser eficient i, per tant, cal establir una línia d'analítiques representatives i ho menys costoses possibles, per això es classifiquen, en total, tres trajectòries.

Per un costat, una analítica diària on s'estudien 6 paràmetres de fàcil realització a més del control hidràulic del cabal tractat, una analítica completa de més de 60 paràmetres en conjunt, i una basada en les característiques del carbó. Les analítiques es realitzen en els laboratoris de l'empresa cooperant que compten amb l'UNE-EN ISO 9001:2000, certificada per TÜV [20] (Internacional Grupo TÜV Rheinland, SL.) Certificació que garanteix un control de qualitat amb mètodes normalitzats i mesures de control per verificar el correcte funcionaments d'aquests.

La regularitat dels controls realitzats s'intensifiquen al començament de l'estudi, amb mostrejos diaris, per tenir el màxim de dades al principi i poder realitzar corbes d'esgotament més precises. Tan bon punt les dades indiquen certa estabilitat es redueix el nombre de mostrejos diaris a dos per setmana.



## 3.2 La planta pilot

### 3.2.1 Establiment del regim de treball

#### A) Línia de treball 1

Aquest itinerari està encarat a realitzar-se diàriament durant els tres primers mesos, temps estimat de projecció de la pendent d'esgotament del carbó, on s'analitzen paràmetres poc costosos econòmicament i funcionalment, així també es controla el cabal tractat diari i acumulat. Passat aquest període es realitza tres cops per setmana per tal d'avaluar la corba logarítmica resultant. A continuació es mostra el full de dades primàries on es recopilen els paràmetres estudiats perquè el laboratori tingui constància dels seus registres analítics.



FULL DE PETICIÓ D'ANÀLISI

F-0184 rev. 0

LABORATORI DE CONTROL DEL PROCÉS DE TRACTAMENT

DADES DEL PETICIONARI					
DEPARTAMENT		PETICIONARI		NOM/CODI	
PUNT MOSTREIG					
DATA MOSTREIG		MOSTREJADOR		OBSERVACIONS	
URGÈNCIA	MOLTA	NORMAL	POCA		
OMPLIR PER LABORATORI PROCÉS					
DATA RECEPCIÓ			ANALISTA PROC.		ESTAT
CODI LIMS PROCÉS					

PARÀMETRES	UNITATS	PNT	RESULTAT
------------	---------	-----	----------

#### PARÀMETRES FÍSICO-QUÍMICS

Terbolesa	NTU	A25	
Color	mg Pt-Co/l	A105	
Olor	Index dilució	A132	
Temperatura	°C	A4	
pH	uts.pH	A5	
Conductivitat	µS/cm	A6	
Oxigen dissolt	mg O <sub>2</sub> /l	A16	
Amoni	mg NH <sub>4</sub> /l	A29	
Nitrits	mg NO <sub>2</sub> /l	A59	
Nitrats	mg NO <sub>3</sub> /l	A112	
Clorurs	mg Cl/l	A7	
Sulfats	mg SO <sub>4</sub> /l	A8	
Clor lliure res.	mg/l	A23	
Clor combinat res.	mg/l	A23	
Clor total res.	mg/l	A23	
Diòxid de clor res.	mg ClO <sub>2</sub> /l	A89	
Alumini	µg Al/l	A55	
Manganès	µg Mn/l	A117	
Oxidabilitat KMnO <sub>4</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	A20	
Abs UV	abs/m	A58	
TOC	mg TOC/l	A107	
Microcistines	µg/l	A103	

Imatge 26: Full de dades primàries d'anàlisi diària. Font: ATLL

**B) Línia de treball 2**

Aquesta trajectòria està encarada a determinar paràmetres de l'aigua un xic més costosos ambdós sentits, i que poden mostrar traces d'elements perillosos a la llarga per a la salut humana. Per aquest motiu es realitza quatre vegades al llarg de l'estudi, per poder avaluar amb credibilitat quin dels quatre carbons estudiats és més eficient front aquest paràmetres. A continuació es mostra el full de dades primàries per aquest tipus d'analítica.



FULL DE PETICIÓ D'ANÀLISI

F-0184 rev. 0

LABORATORI DE CONTROL DEL PROCÉS DE TRACTAMENT

DADES DEL PETICIONARI					
DEPARTAMENT	PETICIONARI			NOM/CODI	
PUNT MOSTREIG					
DATA MOSTREIG	MOSTREJADOR		OBSERVACIONS		
URGÈNCIA	MOLTA	NORMAL	POCA		
OMPLIR PER LABORATORI PROCÉS					
DATA RECEPCIÓ		ANALISTA PROC.		ESTAT	
CODI LIMS PROCÉS					

**PARÀMETRES FÍSICO-QUÍMICS**

Codi	TP	PARÀMETRE
11	PQ	Cianur
15	PQ	Fluorur
20	PQ	Nitratos
21	PQ	Nitritos
34	PI	Amoni
35	PI	TOC
36	PI	Clor combinat
37	PI	Clor lliure
	PQ	Clor total
38	PI	Clorurs
39	PI	Color
40	PI	Conductivitat
43	PI	Olor
44	PI	Oxidabilitat
45	PI	pH
46	PI	Gust
48	PI	Sulfat
49	PI	Terbolesa
33	PI	Alumini Kit

**MICROCONTAMINANTS INORGÀNICS**

Codi	TP	PARÀMETRE
4	PQ	Antimoni
5	PQ	Arsènic
8	PQ	Bor
10	PQ	Cadmi
12	PQ	Coure
13	PQ	Crom
17	PQ	Mercuri
18	PQ	Microcistinas
19	PQ	Níquel
24	PQ	Plom
25	PQ	Seleni
33	PI	Alumini
41	PI	Ferro
42	PI	Manganés
47	PI	Sodi

**PARÀMETRES MICROBIOLÒGICS**

1	PM	CTRL	Escherichia coli
2	PM	COMP	Enterococs
3	PM	COMP	Clostridium perfringens
31	PI	CTRL	Bacteris Coliformes
32	PI	COMP	Aerobis 22°C

**ALTRES**


Imatge 27: Full de dades primàries d'analítica completa. Font: ATLL

### C) Línia de treball 3

Finalment, una via d'investigació encarada al propi material en estudi, el carbó, que s'analitza amb una periodicitat semblant a la línia de treball 2, 3 concretament. En aquest cas s'estudien paràmetres que poden donar a interpretacions de la funcionalitat del carbó front a les característiques reals de l'aigua a tractar, aquests són la Superfície BET, el volum de microporus i de mesoporus, el blau de metilè i l'índex de iode. Val a dir que aquests paràmetres s'han analitzat a la Universitat d'Alacant, pel grup de recerca del Dr. Francisco Rodriguez Reinoso [21], catedràtic de química inorgànica, com a col·laboradors del projecte. A continuació s'exemplifica el full de dades i resultats divulgat per la Universitat d'Alacant.



FULL DE PETICIÓ D'ANÀLISI

F-0184 rev. 0

LABORATORI DE CONTROL DEL PROCÉS DE TRACTAMENT

DADES DEL PETICIONARI						
DEPARTAMENT	PETICIONARI		NOM/CODI			
PUNT MOSTREIG						
DATA MOSTREIG		MOSTREJADOR	OBSERVACIONS			
URGÈNCIA	MOLTA	NORMAL	POCA			
OMPLIR PER LABORATORI PROCÉS						
DATA RECEPCIÓ			ANALISTA PROC.		ESTAT	
CODI LIMS PROCÉS						

Taula 1: Isotermes de Nitrogen a 77 K

Mostra	Superfície BET (m <sup>2</sup> /g)	Reducció de superfície (m <sup>2</sup> /g)	V microporus (cm <sup>3</sup> /g)	V mesoporus (cm <sup>3</sup> /g)	V total (cm <sup>3</sup> /g)

Taula 2: Dades corresponents a l'anàlisi de blau de metilè

Mostra	mg de AM/0,1g de C	% Reducció

Taula 3: Dades corresponents a l'anàlisi de l'índex de Iode

Mostra	Promig	% Reducció

Imatge 28: Full de dades primàries analítica del carbó. Font: Universitat d'Alacant

## 3.2.2 Paràmetres fisicoquímics estudiats

### 3.2.2.1 Analítiques diàries

#### 3.2.2.1.1 Terbolesa

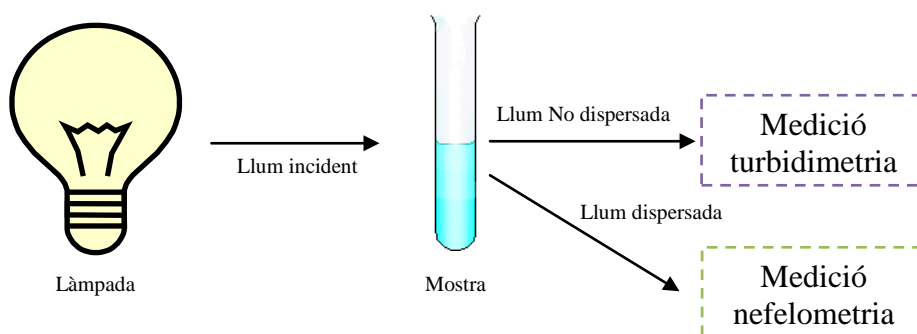
La terbolesa és una expressió de la propietat òptica causant de la dispersió de la llum i de l'absorció de l'energia lluminosa que travessa la mostra en feixos estrets. Aquest paràmetre ha estat controlat a l'hora de realitzar el rentat de les columnes i en episodis anecdòtics d'obertura de comportes de fons dels pantans don prové l'aigua.

El RD 140/2003 estableix que a la sortida de l'ETAP el valor de la terbolesa no pot superar 1 UNF i no serà superior a 5 UNF al llarg de la xarxa de distribució. Aquesta puntualització s'entén degut a que l'aigua pot arrossegar material propi de la canonada si està en mal estat o dipositat en ella degut a precipitacions anteriors.

Hi ha dos mètodes de mesura de la terbolesa: la turbidimetria i la nefelometria. En la turbidimetria es mesura la llum absorbida (o transmesa, segons l'aparell que hom utilitzi) al llarg d'una suspensió de partícules sòlides suspeses en un medi líquid, a fi de deduir-ne la concentració de la fase sòlida; la llei de Beer [22] no és aplicable. En la nefelometria hom mesura la intensitat de la llum emesa per efecte Tyndall [23] en una suspensió de partícules sòlides en un medi líquid, perpendicularment a la direcció de la llum incident; la intensitat de la llum dispersada és funció de la concentració de partícules. Els nefelòmetres són molt indicats per a terboleses baixes. (veure imatge 29)

La unitat de mesura per a nefelometria és la NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Com que la NTU és basada en la terbolesa de suspensions patró de formazina, també se la coneix com a UNF (Unitat Nefelomètrica de Formazina).

El sistema òptic dels aparells de laboratori comprèn una làmpada de filament de tungstè, lents i obertures per focalitzar la llum, un detector a 90°, un detector de llum dispersa cap endavant i un detector de llum transmesa. Aquests instruments permeten mesures de terbolesa menors de 40 NTU utilitzant només el detector de llum dispersa a 90°, o usant el joc complet de detectors (ràtio). L'avantatge d'utilitzar la funció Ràtio estiba en l'excel·lent linealitat, l'estabilitat de la calibració i la possibilitat de fer mesures de terbolesa en presència de color.



Imatge 29: Esquema funcional de la turbidimetria i nefelometria. Elaboració pròpia

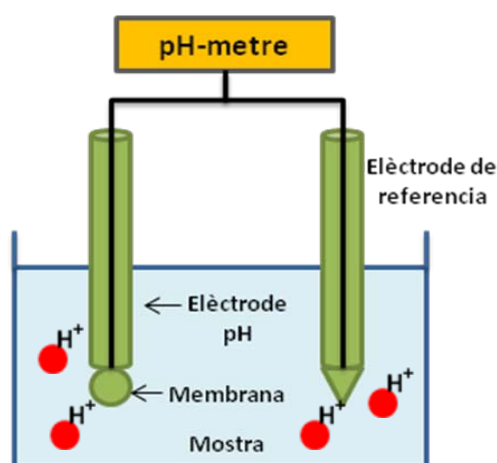
#### ✓ Interferències

Els arrossegaments i els sòlids ràpidament sedimentables, juntament amb la brutícia del vidre, la presència de bombolles d'aire i les vibracions que provoquin inestabilitat de la superfície lliure de la mostra, porten a resultats falsos. En aigües amb elevat color degut a substàncies dissoltes, també poden haver-hi lectures baixes.

#### 3.2.2.1.2 El pH

A una temperatura donada la intensitat del caràcter àcid o bàsic d'una solució s'expressa mitjançant el pH, definit com el logaritme decimal de l'invers de l'activitat dels ions hidrogen.

L'equip que mesura el pH és el pH-metre i l'escala completa de pH cobreix l'interval de 0 a 14 unitats de pH. Actualment, hi ha aparells amb sondes de temperatures associades. (veure imatge 30) El pendent de la resposta d'elèctrode varia amb la temperatura de forma coneguda i específica per cada dissolució també, el que permet realitzar una correcta calibració a qualsevol temperatura. Així mateix, cada mostra varia el seu pH amb la temperatura i per tant l'instrument no pot compensar aquesta variació, és per aquest motiu la necessitat de realitzar les determinacions del pH i la temperatura per expressar-les juntes o



Imatge 30: Esquema funcionals del pH. Elaboració pròpia

atemperar les mostres aproximadament a 20°C, per fer la lectura.

Per aquest paràmetre indicador la legislació regula que les aigües de consum han de tenir valors de pH compresos entre 6.5 i 9.5.

### 3.2.2.1.3 Conductivitat elèctrica

La conductivitat o conductància específica és una mesura de la capacitat de transportar el corrent elèctric que té una mostra. Aquesta propietat està relacionada amb la concentració total d'electròlits, és a dir la força iònica, la seva naturalesa, mobilitat, valència, i la concentració relativa, tot relacionant la temperatura.

El RD 140/2003 estableix que el valor, d'aquest paràmetre indicador, no pot ser superior a 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mesurat a 20°C.

La temperatura té un paper important en la conductivitat ja que un augment afavoreix la mobilitat iònica, per això cal estandaritzar el mètode a una temperatura de referència com és el cas dels 20°C, tal i com s'indica a la reglamentació que s'aplica a les aigües potables. Per aquesta raó, en el càlcul instrumental hi intervé un factor de correcció ( $F_t$ ) degut a la temperatura, normalment, contemplat pels instruments, ja que incorporen sondes termomètriques. (veure imatge 31)

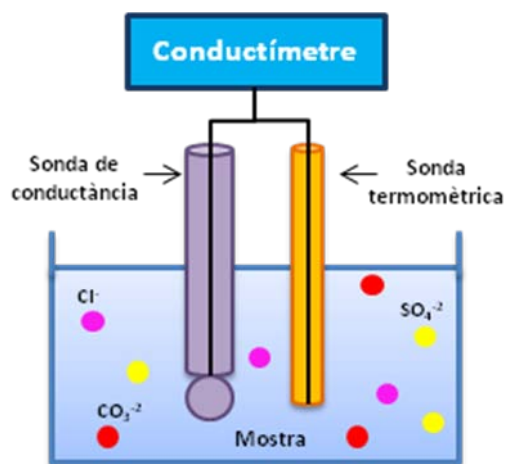
La unitat de mesura en l'anàlisi d'aigües és el microsiemens [24] per centímetre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) associada a la temperatura de 20°C.

- ✓ Interferències

No se n'assenyalen a la literatura consultada, en els rangs de valors habituals.

### 3.2.2.1.4 Color per espectrometria

El color de l'aigua pot ser el resultat de la presència de ions metàl·lics naturals com el ferro i el manganès, l'humus i materials torbosos, plàncton, vegetació i residus

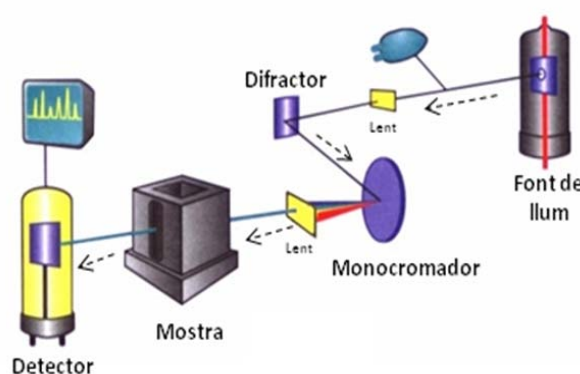


Imatge 31: Esquema funcional de la conductivitat elèctrica.  
Elaboració pròpia

industrials. El terme color sol utilitzar-se en sentit de color verdader, és a dir, el color que presenta l'aigua una vegada s'ha eliminat la torbesa. L'expressió color aparent inclou no només el color degut a les matèries en solució, sinó també engloba la matèria suspesa i els col·loides. El color en aquest estudi es determina per cada mostra prèviament filtrada amb filtre de microfibrilles de vidre.

El valor màxim que estableix el RD 140/2003 pel color en aigües de consum està fixat en 15 ppm, i els mètodes estandaritzats de determinació de color són molt complicats i llargs. A partir del mètode de comparació visual amb patrons de concentració coneguda o amb una escala de discos acolorits, en fem una adaptació consistent en fer la lectura de l'absorció en un espectrofotòmetre, eliminant així un factor subjectiu d'avaluació. (veure imatge 32)

El patró a emprar és el platí-cobalt, amb el que es mesura el color mitjançant una unitat equivalent al color que produeix 1 mg de Pt/L en la forma d'ió hexacloroplatinat(IV),  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$ .



Imatge 32: Esquema funcionals d'un espectròmetre. Elaboració pròpia

Un espectrofotòmetre enfoca la llum polícromàtica de la font en un monocromador. Aquest té una ranura d'entrada, un element que dispersa la llum en les seves longituds d'ona components una xarxa de difracció, i una ranura de sortida que permet seleccionar la longitud d'ona desitjada. Aquesta llum monocromàtica travessa la mostra, i arriba al detector. Els mesuraments fotomètrics es fan sobre la base de la relació entre la potència de llum que aconseguix al detector quan està interposada la mostra i quan no ho està o quan està interposat un blanc.

#### ✓ Interferències

El color és extremadament dependent del pH i invariablement s'intensifica en la mesura que s'eleva el pH de la mostra.

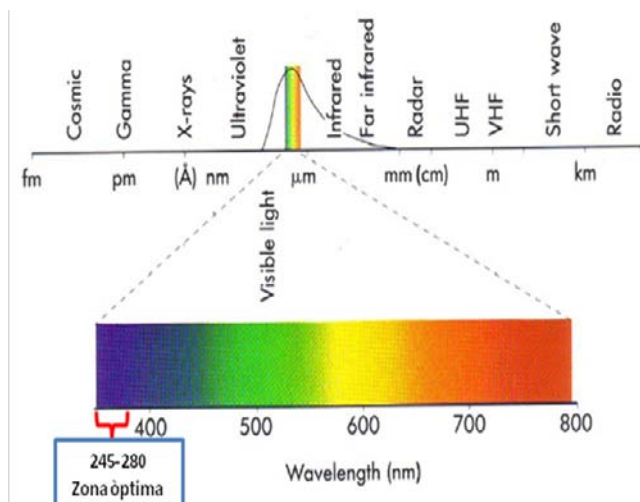
Els canvis biològics i físics que es desenvolupen durant la conservació de la mostra poden afectar al paràmetre color. En aigües amb color natural, aquests canvis invariablement condueixen a resultats més baixos.

### 3.2.2.1.5 Ultraviolat per espectrometria

Aquest paràmetre indica l'absorció que la matèria orgànica produeix en una mostra d'aigua. Entre els 200 i els 350 nm l'espectre d'absorció d'una mostra presenta la variació de l'absorbància deguda principalment a la presència de molècules orgàniques amb enllaços insaturats tipus carboni-carboni (C=C), carboni-oxigen (C=O), etc., els quals constitueixen la part essencial de les matèries oxidables. Les molècules orgàniques no saturades més freqüents en aigües presenten màxims d'absorció entre els 250 i els 280 nm; els àcids húmics els 260 nm; les substàncies límniques 280 nm, i els fenols a 270 nm. Per tant, la zona de l'espectre més apropiada per a la mesura es localitza entre els 245 i 280 nm, preferentment en la zona baixa de l'interval, per millorar la resolució.

Alguns compostos minerals absorbeixen igualment en certes longituds d'ona, com és el cas dels nitrats en medi clorhídric. També les matèries col·loïdals i en suspensió fan una absorció difusa sobre tot l'espectre.

Aquest mètode es basa en la lectura de l'absorció a 254 nm en un espectròmetre en quan la llum travessa un gruix de mostra de 100 cm, com a un indicador inespecífic de qualitat orgànica de l'aigua. Les condicions instrumentals que s'utilitzen ja contemplen el recorregut de 100 cm mitjançant l'aplicació automàtica del factor (x20) a les mostres mesurades amb cubeta de quars de 5 cm.



Imatge 33: Esquema de l'espectre electromagnètic. Elaboració pròpia

Les mesures de l'absorció a l'UV s'expressen en unitats d'absorbància per 100 cm. (veure imatge 33)

#### ✓ Interferències

L'única interferència és la terbolesa i queda corregida si prèviament es filtra la mostra.



### 3.2.2.1.6 Carboni orgànic total

COT o TOC en anglès és una mesura del carboni orgànic total que presenta una mostra d'aigua. És un paràmetre indicador que quantifica la totalitat de la matèria orgànica, sense identificar els compostos, en aigües crues que transcorren per masses forestals on els àcids fúlvic i húmic són els responsables dels nivells de TOC refractaris, de difícil oxidació, i de conferir a l'aigua l'olor i gust a aigua estancada. Pel que fa als valors de TOC a l'entrada de la planta es veuen incrementats pel que s'anomena TOC làbil, substàncies orgàniques fàcilment oxidables d'origen animal i antropomòrfic com són els excrements, les aigües residuals, i que al llarg del tractament de potabilització són oxidades.

Actualment la Directiva 98/83 CEE no contempla concentracions restrictives sobre aquest paràmetre i només indica que els valors no poden presentar canvis significatius, no obstant el RD 140/2003 estableix com concentració màxima, en aigües potables, 7 mg/L de TOC, el no purgable NPOC [25] (No Purgable Organic Carbon).

En el present estudi el TOC ha estat el paràmetre guia per avaluar l'efectivitat o rendiment dels CAG's. Aquest no ha estat una decisió arbitrària, ja que la presència de matèria orgànica és un dels precursors més importants en la formació de trihalometans, subproductes formats degut al procés de tractament i les característiques de l'aigua crua.

Per avaluar els CAG's s'ha estimat que una reducció inferior al 30 % del TOC d'entrada seria susceptible a la formació de concentracions altes de trihalometans, el que implicaria concentracions altes. A mesura que els candidats vagin assolint rendiments inferiors a l'esmenat seran exclosos de l'estudi.

➤ Procediment:

La determinació del TOC es realitza amb un equip *Shimadzu TOC-5000 A*. L'aparell està programat per determinar el TOC no purgable, o també conegut com a TOC total. L'analitzador està constituït per un mostrejador automàtic porta-mostres, un injector d'àcid, una bomba per xuclar les mostres, un forn, tub amb catalitzador de platí, un deshumidificador, un scrubber [26] d'halògens i un detector de doble cèl·lula d'infrarojos.

El procés per determinar el TOC d'una mostra consta d'una primera dosificació d'àcid que reacciona amb el carboni inorgànic, carbonats i hidrogen carbonat bàsicament, per formar CO<sub>2</sub>, i tot seguit es bombolleja amb aire lliure de CO<sub>2</sub> durant un temps amb la finalitat d'eliminar-lo. Un cop la mostra està desgasificada es succiona la mostra fins el forn on entra en contacte amb el catalitzador de platí comprès en el tub. Per acció catalítica i la calor que assoleix el forn 680°C s'oxida el carboni orgànic, i com a producte s'obté CO<sub>2</sub> i aigua. Els gasos de combustió són arrossegats per un gas inert fins el deshumidificador, on serà refredat i assecat. La determinació del CO<sub>2</sub> es realitza per comparació de dues cel·les, una per on circula el gas portador i el CO<sub>2</sub>, i l'altre que no conté l'analit. El pas d'un feix d'infrarojos per les cel·les fins els detectors determina la quantitat absorbida pel CO<sub>2</sub> i consegüentment la seva concentració.

✓ Interferències

La determinació del TOC està molt subjecta a una bona dosificació de l'àcid durant un període de temps llarg, ja que en cas de contenir grans concentracions de carboni inorgànic un dèficit d'àcid no l'oxidaria totalment seria comptabilitzat posteriorment com orgànic. En quant al temps de desgasificació és important ja que és essencial evitar la solubilitat del CO<sub>2</sub> format.

### 3.2.2.1.7 Cabals i volums tractats

Tots els següents controls es fan de manera diària i en base a les dades que el programa informàtic **SCADA [27]** facilita, per tal garantir un correcte control de l'estudi.

- Cabal de sortida: mitjançant un cabalímetre automàtic es mesura la quantitat d'aigua que cada filtre evacua en cada instant. S'estableix una consigna de 0,45 m<sup>3</sup>/h però varia en un rang de 0,3-0,5 m<sup>3</sup>/h, en funció de la disposició d'aigua per nivell.
- Volum tractat diari: senyalitzat al panell de control de **SCADA** i mesurat en volum (m<sup>3</sup>).
- Volum tractat acumulat total: mitjançant les dades diàries de volum tractat i realitzant el sumatori d'elles.

- Hores de filtració: té caràcter rellevant ja que ens informa de la capacitat d'obtenció dels filtres. Contra més temps romanguí en estat de filtració menys vegades requereix un rentat per desobturar els porus. Com a conseqüència d'un menor nombre de rentats és la disminució del cost en aigua i electricitat.

### 3.2.2.2 Analítiques completes

Aquest tipus d'anàlisi es realitza tres vegades durant l'estudi; a l'inici, a l'entremig i al final. Són, per tant, estudis més complexos i elaborats que requereixen una disponibilitat d'equips més sofisticats com pot ser l'ICP-Ms, o simplement material i espai per procedir al mètode estandaritzat.

#### 3.2.2.2.1 Inorgànics

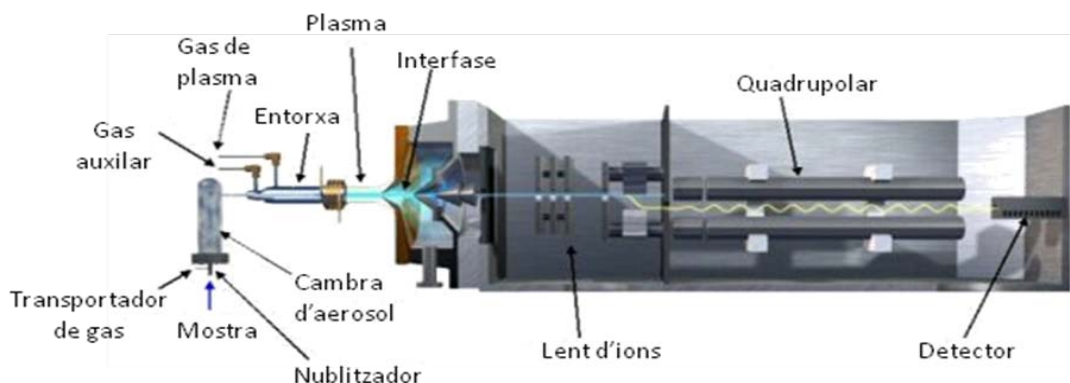
a) *Metalls, metalls de transició i no metalls*

L'ICP-Ms, és una tècnica d'espectrometria de masses amb plasma d'acoblament inductiu, és una variant de les tècniques d'anàlisi per espectrometria de masses. (veure imatge 34) Les avantatges principals d'aquesta tècnica radiquen en l'alta precisió, baixos límits de detecció i baix cost econòmic, analitzant la majoria dels elements i isòtops presents en la taula periòdica de manera simultània en un parell de minuts. Es per tant una tècnica ideal per l'anàlisi

Elements químics	
(Ag) Plata	(Cr) Crom
(Al) Alumini	(Li) Liti
(As) Arsènic	(P) Fòsfor
(Ba) Bari	(Sr) Estronci
(B) Bor	(Zn) Zenc

Taula 10: elements metàl·lics

d'aigües. Aquesta tècnica combina dues propietats analítiques que la converteixen en un potent instrument en el camp de l'anàlisi de traces multielemental. D'una banda obté una matriu lliure d'interferències a causa de l'eficiència de ionització del plasma d'Argó, i una alta relació senyal-soroll característica en les tècniques d'espectrometria



Imatge 34: Esquema funcional d'un ICP-Ms. Elaboració pròpia

de masses. El plasma d'acoblament inductiu d'argó és utilitzat com una font molt eficaç de ions en el seu estat M+. L'espectre de masses d'aquesta font de ions és mesurat per mitjà d'un espectròmetre de masses quadrupolar. Això és possible mitjançant una zona d'interfase capaç d'introduir els ions del plasma a través d'un orifici per mitjà d'una unitat de vuit diferencial i posteriorment dins del filtre.

b) Anions

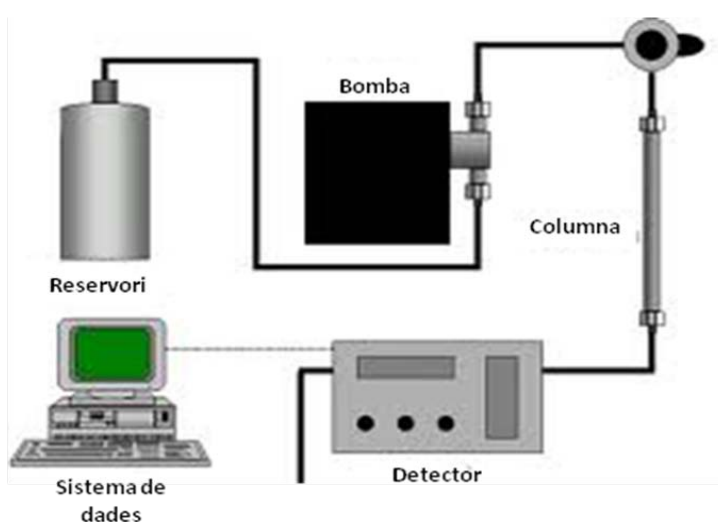
El mètode per determinar els anions és la cromatografia iònica que no deixa de ser una forma de cromatografia líquida. És una tècnica de separació basada en el principi d'adsorció selectiva amb l'objectiu és separar els diferents ions en una solució. En tota cromatografia existeix un contacte entre dues fases, una fixa que sol anomenar-se fase estacionària, i una fase mòbil que flueix permanent durant l'anàlisi.

Elements químics	
Bromurs	Nitrats
Clorats	Nitrits
Clorits	Sulfats
Clorurs	Fluorurs

Taula 11: elements aniònics

Les mostres es fan passar a pressió per una columna cromatogràfica on els ions són adsorbits pels components de la columna (resina). Després s'agrega un líquid d'extracció iònica, conegut com eluent, que en traspasar la columna fa que els ions adsorbits comencin a separar-se d'aquesta. El temps d'elusió o temps que triga un ió a passar a través de la columna, varia per a cada espècie, la qual cosa implica que sortiran de la columna en moments diferents. En l'extrem de la columna hi ha un sensor que mesura la conductivitat provocada pels ions que van sortint, estant relacionat directament amb la concentració de cada espècie. Finalment, les dades són

lliurades en un gràfic temps v/s voltatge, on la concentració de ions en un moment determinat està representada per l'altura i l'amplària dels pics del gràfic, i pot ser correlacionada amb la concentració d'una espècie en particular en la solució de mostra. (veure imatge 35)



Imatge 35: Esquema funcional d'un cromatògraf de gasos. Elaboració pròpia

### 3.2.2.2.2 Orgànics

#### a) Compostos orgànics volàtils (COV's)

Els compostos orgànics volàtils són un tipus de substàncies hidrocarbures que s'evaporen a temperatura ambient. Pel que fa a la seva composició, solen presentar una cadena amb un número de carbonis inferior a dotze i contenen altres elements com l'oxigen, el fluor, el clor, el brom, el sofre o fins i tot nitrogen. El seu número supera el miler, encara que els més abundants a l'aire són el metà, toluè, n-butà, i-pentà, propà i etilè.

Elements químics	
1,1,1-tricloretà	1,2-dicloretà
1,1-tetracloretà	c-1,2-dicloretilè
1,1,2-tricloretà	Clorbenzè
1,1-dicloretà	Tricloretilè
1,1-dicloretilè	Tetraclorètilè

Taula 12: elements COV's

Tenen un origen tant natural, COV's biogènics, com antropogènic, degut a l'evaporació de dissolvents orgànics, a la crema de combustibles, al transport, etc. Participen activament en nombroses reaccions, en la troposfera i en l'estratosfera, contribuint a la formació de l'smog fotoquímic [28] i a l'efecte hivernacle. A més a més, juntament amb els òxids de nitrogen, són precursors de l'ozó troposfèric. Solen estar presents en els dissolvents emprats en processos de neteja de roba, aplicacions de pintura, neteja de superfícies, impressió, envernissats, aplicació d'adhesius, etc.

Les tècniques d'espai de cap dinàmic van ser introduïdes per Swinnerton Etai l'any 1962 i consisteixen a arrossegat els CVO's de la mostra, sotmesa a una temperatura determinada, mitjançant un gas inert. Els compostos volàtils són retinguts posteriorment en un parany adsorbent, que a continuació es sotmet a desorció mitjançant un dissolvent i s'injecta per a la seva separació per cromatografia de gasos. Aquesta tècnica pot desenvolupar-se fent circular el gas superficialment sobre la mostra sotmesa a agitació (espai de cap dinàmic), o ben introduint el gas a través de la mostra també sotmesa a agitació (arrossegament amb borbolleig). Aquestes tècniques requereixen concentració mitjançant l'evaporació parcial del dissolvent en el cas que la presència de volàtils en la mostra sigui molt baixa.

## b) Hidrocarburs aromàtics policíclics (HAP's)

Els hidrocarburs aromàtics policíclics, els HAP's, s'originen de la combustió incompleta o per piròlisis de la matèria orgànica, per l'activitat natural o antropogènica. Per diagènesis o biosíntesis es produeixen quantitats molt petites.

Factors tals com a tipus i quantitat de combustible, temperatura, durada de la combustió i disponibilitat d'oxigen determinen la naturalesa i grau de formació. En l'ambient, en general, els HAP's són considerats contaminants prioritaris a causa de les seves propietats carcinogèniques.

Les anàlisis es realitzen per cromatografia de gasos acoblada a detector de captura d'electrons però amb una extracció en fase sòlida prèvia. L'extracció és una tècnica potent i simple de neteja de mostres que és, al mateix temps, ràpida i econòmica. Una columna d'extracció en fase sòlida consisteix en un llit d'adsorbent de partícules gruixudes mantingut entre dos discos porosos en un tub d'un sol ús. Permet la pre-concentració de la mostra amb un risc mínim de pèrdua o contaminació de la mateixa. El component d'interès resulta retingut en una fase sòlida mentre que els contaminants de la matriu s'elueixen.

## c) Pesticides

Sovint es pensa que pesticida significa insecticida. De fet, pesticida es refereix tant a insecticides com a molts altres tipus de substàncies químiques. Un pesticida és qual qualsevol substància elaborada per controlar, matar, repel·lir o atraure a una plaga. Aquesta plaga pot ser qualsevol organisme viu que provoqui dany o pèrdues econòmiques o que transmeti o produeixi alguna malaltia. Les plagues poden ser animals, plantes no desitjades o microorganismes. Els pesticides poden ser naturals

Elements químics
Benzo (a) pirè
Benzo (b) fluorantè
Benzo (g,h,i) perilè
Benzo (k) fluorantè
Fluorantè

Taula 13: elements HAP'S

Elements químics	
Aldrí	alfa HCH
beta HCH	delta HCH
Dialdrí	Endosulfà sulfat
Endrí	Endrí aldehyd
gamma HCH	Heptaclor
Heptaclor epoxi	Plaguicides totals
pp'-DDD	pp'-DDE
pp'-DDT	pp'-Metoxiclor

Taula 14: elements pesticides



Imatge 36: metàfora dels pesticides.

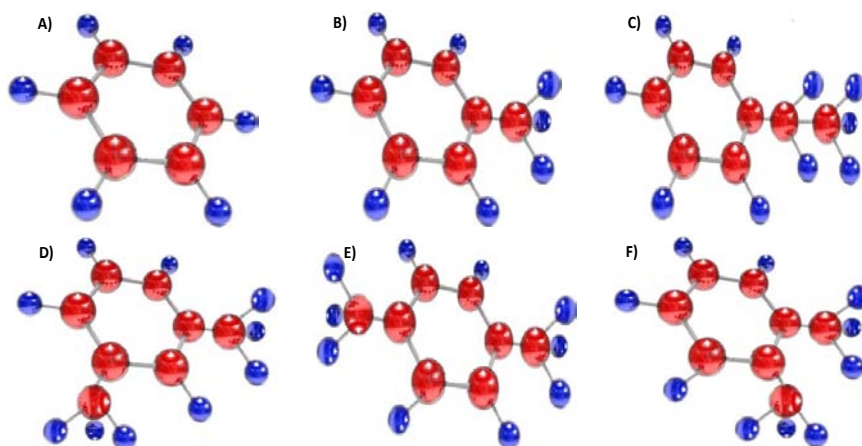
Font: www.iibce.edu

o sintètics, encara que també poden ser organismes vius. Els pesticides organoclorats es troben àmpliament distribuïts en l'ambient terrestre i aquàtic, com a resultat que en les últimes dues dècades han estat utilitzats constantment per combatre plagues a la indústria, l'agricultura, i fins i tot durant les campanyes de salut on són aplicats per contrarestar malalties com la malària. Les seves propietats fisicoquímiques els fa molt resistents a la degradació biològica, per tant són altament persistents. A causa del seu espectre de distribució i difícil biodegradació, aquests contaminants representen una seriosa amenaça per a la salut pública i per a la majoria de les formes de vida; sent composts altament tòxics que indueixen mutagènesis, teratogènesis i alteracions sobre una gran varietat de funcions metabòliques i de reproducció.

L'anàlisi de pesticides organoclorats en mostres aquoses es realitza a partir de l'extracció en fase sòlida basa en el mètode EPA [29] (*Environmental Protection Agency*) que consisteix en una extracció de mostra utilitzant discos d'extracció de fase, i posteriorment un anàlisi instrumental mitjançant la cromatografia de gasos amb detector de captura d'electrons (GC/ECD).

#### d) Benzè i derivats

El benzè és un hidrocarbur aromàtic poliinsaturat de fórmula molecular  $C_6H_6$ , amb forma d'anell i pot considerar-se una forma poliinsaturada del ciclohexè. Al benzè, cadascun dels àtom de carboni que el conformen ocupen el vèrtex d'un hexàgon



Imatge 37: Esquema molecular de: A) Benzè B) Toluè C) Etilbenzè D) Meta-xilè E) Para-xilè F) Orto-xilè Elaboració pròpia

regular de manera que l'estructura molecular adquireix una gran estabilitat i elasticitat. El benzè és un líquid incolor i molt inflamable d'aroma característic que juntament amb els seus derivats són causants de certs càncers leucèmics, malformacions sobre les fetus, irritacions, entre d'altres.

L'origen antropogènic és el petroli, concretament la combustió de la gasolina, per tant informa de l'activitat industrial que pot ocórrer dins d'àrea d'influència de l'aigua en estudi.

L'anàlisi té com a finalitat els paràmetres BTEX en mostres aquoses que es realitza per la tècnica d'espai de cap estàtic i la seva detecció i quantificació per cromatografia de gasos amb detector d'ionització de flama (GC/FID). És un cremador de hidrogen o d'oxigen, on es barreja l'efluent de la columna (gas portador i analit) amb l'hidrogen. Immediatament, aquest gas barrejat s'encén mitjançant una espurna elèctrica, produint una flama d'alta temperatura. La majoria de compostos orgànics es pirolitzen i es produeixen ions i electrons.

Elements químics
Benzè
Etilbenzè
m-xilé
o-xilé
p-xilé
Toluè

Taula 15: elements benzònics

Aquest fet s'aprofita establint una diferència de potencial entre la part inferior del cremador i un elèctrode col·lector situat per sobre de la flama, on posteriorment s'amplificada mitjançant un amplificador d'alta impedància.

#### e) Trihalometans

Els trihalometans (THM's) són compostos que es formen durant els processos de potabilització d'aigües degut a la utilització de clor com agent oxidant per a la desinfecció, i que reacciona amb la matèria orgànica, amb substàncies húmiques i fúlviques present en el medi. L'especiació i concentració dels THM's és diferent en funció de la dosi de cloració aplicada, la concentració dels precursors, la matèria orgànica i bromurs, la temperatura i el temps de contacte. Els THM's causen danys al fetge, ronyons i al sistema nerviós central, i es consideren cancerígens. S'han associat, en estudis epidemiològics, amb un increment del risc de càncer de bufeta urinària, càncer colorectal i defectes en nounats de mares exposades a dites substàncies.



El mètode d'extracció utilitzat per l'anàlisi dels THM's està basat en el mètode 501.2 de l'EPA [29], una extracció líquid-líquid, on el dissolvent és l'isooctà. Aquesta extracció és un procés amb la finalitat de separar components en solució mitjançant la seva distribució en dues fases líquides immiscibles, és a dir, utilitzar la diferència de solubilitat dels components entre dos líquids no miscibles. La detecció d'aquests compostos es realitza mitjançant cromatografia de

Elements químics
Bromdiclorometà
Bromoform
Cloroform-
Dibromclorometà

Taula 16: elements THM'S

gasos amb detector de

captura d'electrons (CG-ECD).

### 3.2.2.3 Analítiques del carbó

#### 3.2.2.3.1 Superfície BET, isoterma de nitrogen a 77K

La superfície específica és una propietat dels sòlids que és la relació entre l'àrea superficial total i la massa del sòlid, o volum en brut. És una magnitud científica derivada que pot ser utilitzada per determinar el tipus i propietats d'un material. La hi defineix tant com l'àrea superficial dividida per massa en aquest cas les seves unitats són  $m^2/kg$ , o àrea superficial dividida pel volum en aquest cas les seves unitats són  $m^2/m^3$  o  $m^{-1}$ .

El mètode B.E.T, desenvolupat per Brunauer, Emmett i Teller [30], permet determinar la superfície d'un sòlid basant-se en l'adsorció d'un gas inert, generalment  $N_2$ , a baixa temperatura, diagnosticant així, el volum i la distribució dels mesoporus i microporus. Els mètodes de determinació de grandària de partícula per mitjà de laser es basen en el fet que les partícules en suspensió -líquida o gasosa- difracten la llum, i l'angle d'aquesta difracció és inversament proporcional a la grandària de la partícula.

El mètode més comú utilitzat per a la determinació de l'àrea superficial, malgrat les seves conegudes limitacions degudes a l'excessiva simplificació del model, és el mètode BET. Aquest mètode implica la determinació de la quantitat d'un gas inert el nitrogen, requerit per formar una monocapa sobre la superfície de la mostra a temperatura criogènica, 77 K. L'àrea superficial de la mostra es calcula utilitzant l'àrea coneguda ocupada per cada molècula de nitrogen en aquestes condicions.

El càlcul de la microporositat es realitza mitjançant l'anàlisi de la corba t (mètode t-plot). Aquest mètode es basa en l'observació, per al cas de l'adsorció de  $N_2$  a 77 K en sòlids no porosos, que la capacitat d'adsorció en funció de la pressió relativa dona lloc a una única corba que resulta independent de la naturalesa del sòlid. Els ajustos d'aquesta corba universal obtinguda han donat lloc a una sèrie d'expressions empíriques, com l'equació de De Boer, amb la que es calcula els valors de t.



Imatge 38: Micromeritics ASAP 2020.  
Font: pharmaceutical-int.com

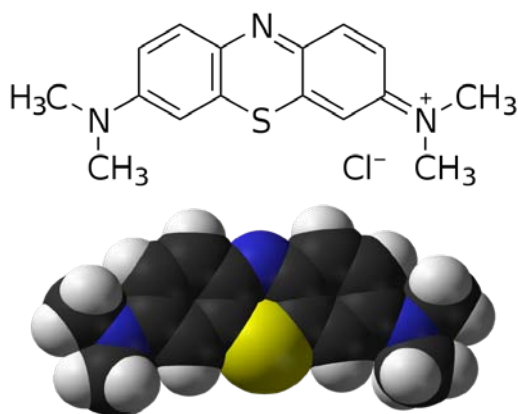
El càlcul de la mesoporositat es realitza a partir de la diferència entre el volum adsorbit a una pressió relativa de 0,99 i el volum de microporus obtingut mitjançant el mètode t. A més, l'avaluació de la mesoporositat pot realitzar-se a partir de l'avaluació del cicle d'histeresi de la isoterma, mitjançant l'aplicació d'una sèrie de mètodes computacionals. Entre ells, un dels més utilitzats és el mètode de Barret, Joyner i Halenda, mètode BJH [31], que permet calcular una distribució de grandàries de porus. L'anàlisi de les isoterms d'adsorció també aporta gran informació sobre l'estructura porosa de la mostra. El primer pas en la seva interpretació és la identificació de la seva forma i, a partir d'ella, el possible mecanisme d'adsorció. La major part de les isoterms pertanyen a un dels sis grups coneguts per la IUPAC [12] en 1985. Aquestes poden presentar cicles d'histeresis que, en ocasions, es poden relacionar amb determinades estructures.

Aquestes anàlisis s'han dut a terme en l'equip per a mesures volumètriques d'adsorció Micromeritics ASAP 2020. (veure imatge 38)

#### 3.2.2.3.2 Blau de metilè

L'índex de blau de metilè és un assaig de decoloració que indica la capacitat d'un sòlid porós d'adsorbir una molècula que, per la seva grandària, no pot accedir a tots els microporus. La seva grandària molecular és aproximadament de 0.84 nm, i el valor de blau de metilè es defineix com el nombre de mil·lilitres d'una dissolució estàndard de blava de metilè que és descolorida per 0.1g de carbó activat. (veure imatge 39)

El fonament es basa en la quantificació del blau de metilè adsorbit pel carbó; a partir de determinar l'excés de blau de metilè d'una solució per mitjans fotocolorimètrics. Equips com un espectofotòmetre que prèviament s'ha estandarditzat amb les isoterms del blau de metilè mitjançant una corba de calibració.



Imatge 39: (sup) Estructura molecular del blau de metilè. (inf) estructura en tres dimensions Font: Chemical infobox

### 3.2.2.3.3 Índex de iode

La determinació del nombre de iode és una simple i ràpida prova, que dona una indicació de l'àrea superficial interna del carbó activat, mesura l'adsorció per part dels pous continguts en un diàmetre superior a 5 Angstrom i es proporcional a la superfície específica. El nombre de iode es defineix com el nombre de mil·ligrams de iode adsorbits d'una solució aquosa per gram de carbó activat quan la concentració de iode del filtrat residual és 0.02N.

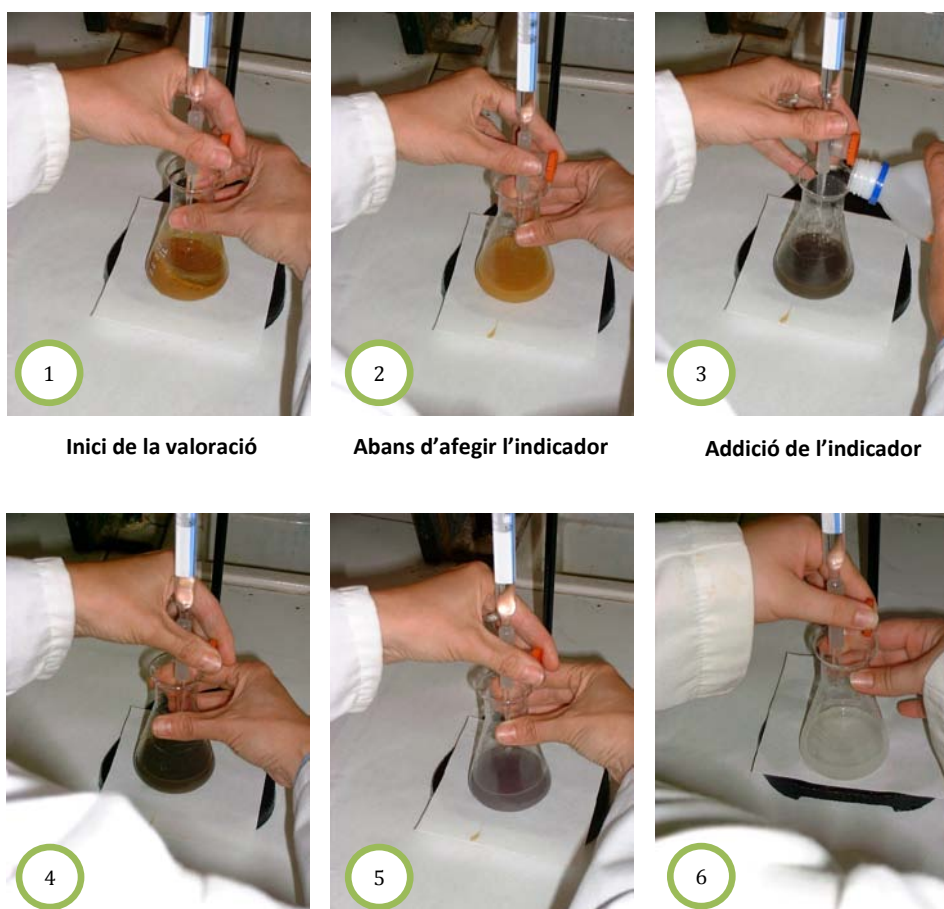
Aquesta analítica, consisteix en una volumetria indirecta que al ser de molta rellevància per aquest estudi és imprescindible desglossar pas a pas la metodologia tècnica, que s'exposa a continuació:

Es posen 10ml de HCl al 5% dins d'un matràs que conté la mostra de carbó i s'agita fins que el carbó activat estigui completament mullat. Es col·loca el matràs en la placa calefactora, es porta el contingut fins a ebullició, durant 30 segons. per eliminar qualsevol presència de sofre que pugui interferir amb els resultats. Es deixa refredar el contingut a temperatura ambiental.

Després s'agrega amb pipeta 100 ml de solució de iode 0.10 N. Es tapa el matràs i immediatament després s'agita vigorosament durant 30 segons. Es filtra per gravetat i es descarten els primer 20 ml del filtrat. Es col·lecta la resta en un vas de precipitats net. El filtrat s'agita i es pipetegen 50ml dins d'un altre matràs Erlenmeyer. [32] Es valoren 50 ml de mostra amb la solució de tiosulfat de sodi 0.10 N fins que el color groc gairebé hagi desaparegut. Posteriorment s'agrega solució de midó i es continua la valoració fins que el color blau de l'indicador desaparegui. Es registra el volum de la solució de tiosulfat de sodi utilitzat. (veure imatge 40) Per calcular el nombre de iode (In) del carbó s'empra l'equació següent:

$$I_2 = \frac{X \text{ mg de } I_2 \text{ adsorbits pel carbó} \times A \text{ factor de correlació}}{M \text{ g massa del carbó dosificat}}$$

**M** g massa del carbó dosificat



Inici de la valoració

Abans d'afegir l'indicador

Addició de l'indicador

Valoració

Abans del punt final

Punt final

Imatge 40: Seqüència temporal de la volumetria de l'index de descoloració pròpia

# RESULTATS I DISCUSSIÓ






# RESULTATS I DISCUSSIÓ

## 4.1 INTRODUCCIÓ

**A**quest estudi ha comportat, per la seva extensió temporal i disposició de recursos, una multiplicitat de dades, gràfics i comentaris. Amb la finalitat de fer més fàcil la lectura del projecte, es considera sintetitzar els resultats que es valoren significatius per les principals conclusions. Per aquest fet, la discerció del conjunt de dades obtingudes implica certa dificultat que requereix temps i dedicació, no obstant això, sempre es recerca proporcionar dades amb la major exactitud i realitat possible.

Per facilitar la comprensió de la nomenclatura emprada es presenta un quadre llegendat que escenifica per colors i formes el significat de cada gràfic en funció dels resultats adjunts. (veure taula 17)

**Taula 17: llegenda descriptiva de cada una de les nomenclatures utilitzades a l'estudi. Elaboració pròpia**

Nomenclatura	Descripció	Simbologia
A: F1	<b>Columna 1</b> de la planta pilot que conte carbó d'hulla bituminós aglomerat 10x20	
B: F2	<b>Columna 2</b> de la planta pilot que conte carbó TL830 d'hulla bituminós aglomerat	
C: F3	<b>Columna 3</b> de la planta pilot amb carbó de coco 10x20	
D: F4	<b>Columna 4</b> de la planta pilot amb carbó d'activació directe	
DEC	Aigua inicial en estudi procedent de la decantació de la planta real	

La data de posada en marxa de la planta pilot ha estat el 10 de novembre del 2010, i l'aturada final el 4 d'abril del 2011. Durant aquest període, sobretot a l'inici de l'estudi, la planta ha sofert diverses incidències relacionades a l'assentament de tots els equips electrònics. Això vol dir, que la planta no ha estat en funcionament des de l'inici fins al final, ja que ha patit aturades més d'un cop per problemes amb les electrovàlvules que podien ser defectuoses o dins el disseny de la planta no són adequades.

Durant aquest cinc mesos el PLC (programa logístic de control) ha proporcionat un conjunt de dades en referència als cabals i volums tractats que informen de la capacitat i/o actitud dels carbons en ser utilitzats en condicions equivalents a la planta industrial. Així també, informa del nombre de vegades que cada filtre ha necessitat un rentat i la diferència de temps entre rentats. Aquest últim valor fa saber una aproximació del cost de cadascun dels carbons pel que fa a la quantitat d'aigua i energia utilitzada per rentar el filtre, i inclús indica com el carbó es va esgotant en funció del temps d'ús d'aquest. Quant més temps està el carbó en funcionament el temps entre rentat i rentat disminueix ja que l'obturació és cada cop major.

Tant el carbó A com el B i el D, han tractat un volum d'aigua semblant al llarg de tot l'estudi en contraposició el C, que decau fins a 100 m<sup>3</sup> de diferència. Això equival a una pèrdua de 860 llits que deixa de filtrar respecte l'A1, és a dir, 13 dies menys de filtració, valoració que cal tenir present ja que disminueix la seva eficàcia. (veure taula 18)

**Taula 18: resultats volumètrics totals. Elaboració pròpia**

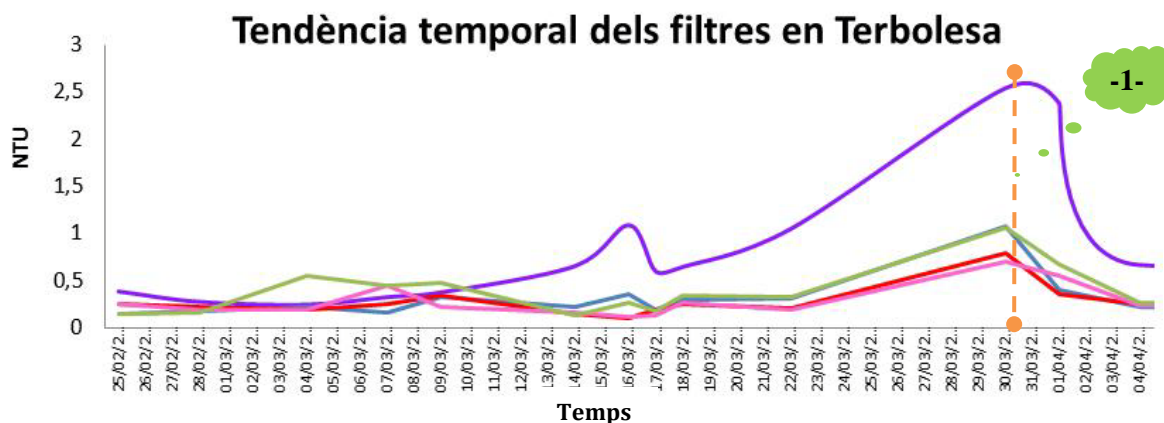
FILTRE	Volum tractat acumulat (m <sup>3</sup> )	Volum de llits filtrats acumulats	Hores totals funcionals	Dies totals en funcionament
<b>Filtre 1</b>	1120	14.371,6	2.457	102
<b>Filtre 2</b>	1129	14.487,1	2.396	100
<b>Filtre 3</b>	1053	13.511,9	2.143	89
<b>Filtre 4</b>	1128	14.474,3	2.328	97

## 4.2 Analítiques diàries

### 4.2.1 Terbolesa, pH, C.E, color

Es parla, en un punt conjunt, d'aquests quatre paràmetres no perquè estableixen una relació entre ells, sinó perquè no aporten una informació significativa a l'hora de comparar els carbons. Durant l'evolució de les analítiques diàries d'aquests quatre paràmetres, els resultats han estat poc rellevants respecte a la mostra control, és a dir, amb l'aigua procedent de la decantació. Aquesta primera conclusió s'observa en els gràfics 1, 2, 3 i 4.

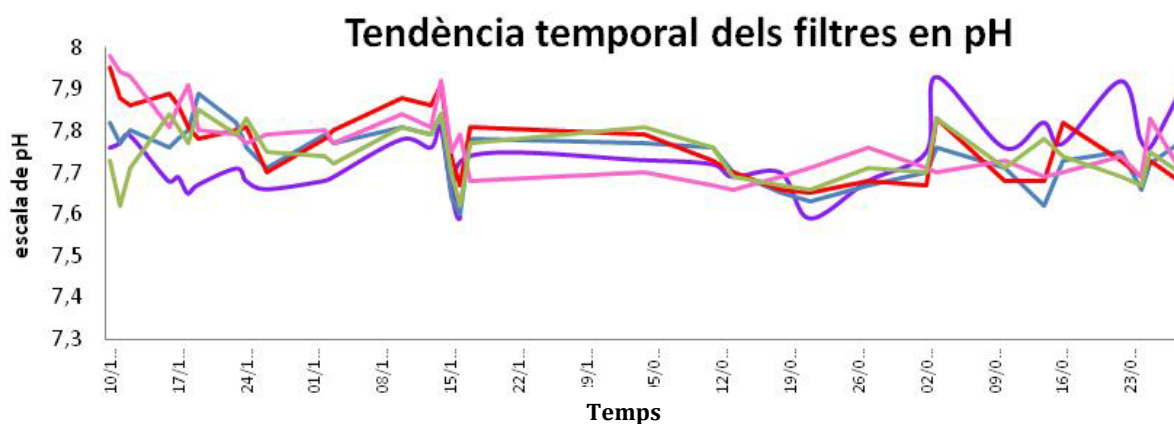
El comportament dels quatre carbons es troba dins els límits d'acceptació de l'adequació pel tipus d'aigua a tractar. En tot cas, per les dades obtingudes, en un supòsit ranking per a la terbolesa en carbó de millor actuació és el F2, seguit del F3, el F1 i finalment el F4. Val a dir que en períodes puntuals d'increment de terbolesa a la mostra control, els quatre carbons han disminuït la seva eficàcia, increment així, els seus valors, encara que es situen dins dels límits acceptables. (veure punt número 1 del gràfic 1).



GRÀFIC 1: Evolució temporal dels 4 filtres i la mostra control en Terbolesa. Elaboració pròpia

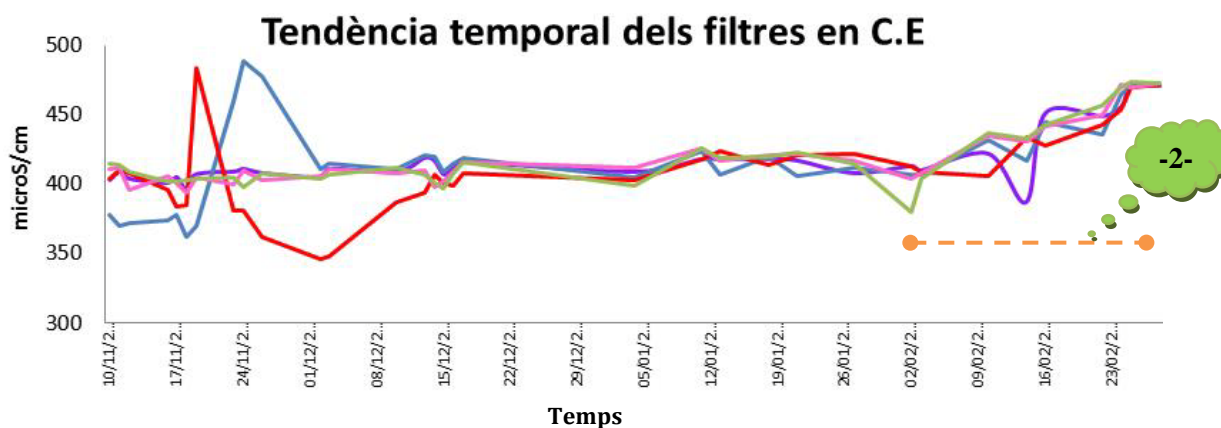
En el cas del pH, els valors de l'aigua decantada varien en 4 dècimes d'unitats de pH, (7,59 i 7,89) això significa que l'aigua a tractar és constant i lleugerament bàsica. Un tret a destacar es que durant el primer període de presa de mostra el pH dels quatre carbons eren tènueament superiors a l'aigua de decantació. Conforme els carbons s'han desgastat per funcionalitat han davallat el pH per sota dels valors de la decantada. Tot no sent significatiu indica una possible activitat microbiològica que acidifica la mostra. (veure gràfic 2)





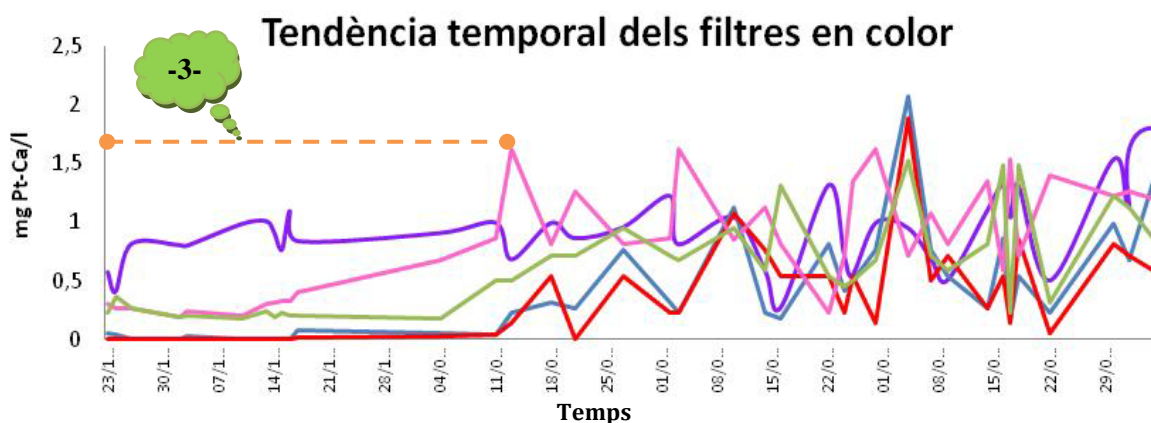
GRÀFIC 2: Evolució temporal dels 4 filtres i la mostra control en pH. Elaboració pròpia

Al inici de l'estudi, els resultats de la conductivitat elèctrica dels filtres experimenten oscil·lacions com a resultat de l'ajustament i allotjament del carbó front a les circumstàncies a les que se'ls sotmès. Durant el segon període els valors notòriament semblants amb l'aigua mostra, tot i que en un període final s'observa un lleu augment d'aquests. (veure gràfic 3, punt 2)



GRÀFIC 3: Evolució temporal dels 4 filtres i la mostra control en conductivitat elèctrica. Elaboració pròpia

El color és un paràmetre que amb els resultats obtinguts no es pot extreure una conclusió clara ni certa, tal i com es pot observar en el gràfic 4. No per això deixa de ser significatiu que al inici de l'estudi (veure punt 3 del gràfic 4) els quatre filtres presenten una reducció dels valors de color prou rellevants entenen per tant un actuació acord amb les seves propietats i l'activitat esperada. Dins aquests resultats el carbó més efectiu és el F2, seguit del F1, F4 i, finalment F3. És durant el segon període i tercer que els valors oscil·len sense seguir cap tipus de patró.



GRÀFIC 4: Evolució temporal dels 4 filtres i la mostra control en Color. Elaboració pròpia

#### 4.2.2 Ultraviolat

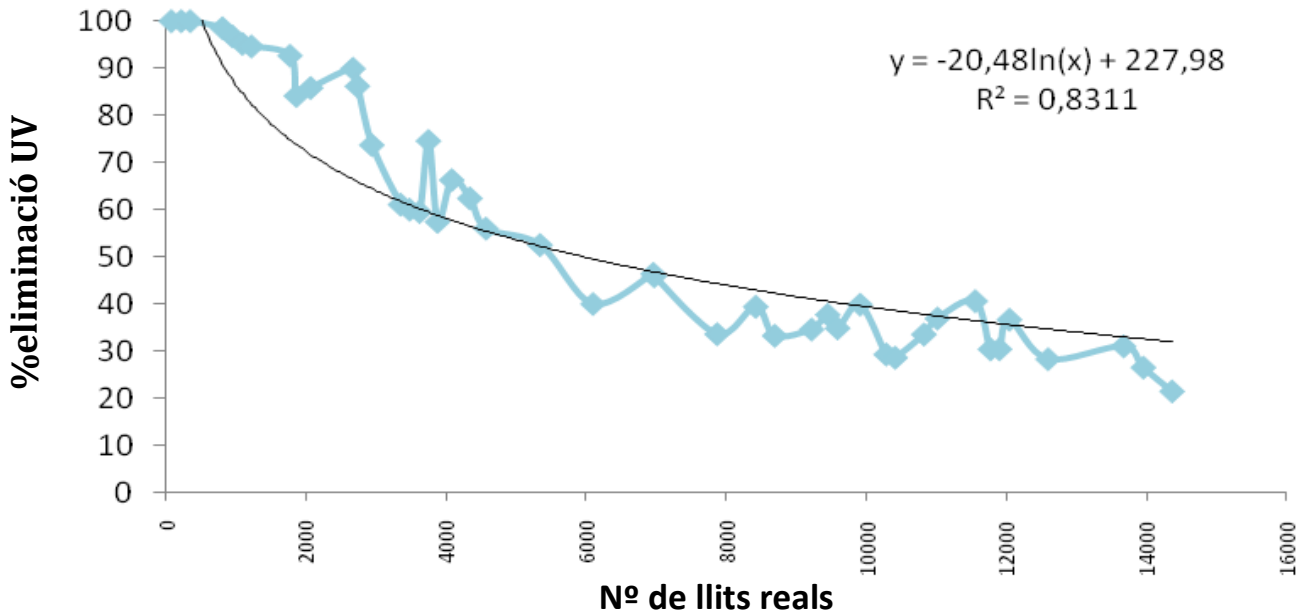
Aquest paràmetre és de caràcter rellevant perquè els valors obtinguts com a resultats han mostrat diferències entre els quatre filtres. L'ultraviolat es quantifica per un procediment molt senzill i per això sovint s'utilitza per predir de forma aproximada la quantitat de matèria orgànica present l'aigua.

En aquest cas s'ha considerat òptim relacionar el percentatge d'eliminació d'ultraviolat de les mostres de cada filtre respecte a la concentració de l'aigua decantada, amb la finalitat d'obtenir una mesura comparativa que determini l'eficàcia de cadascun, així també, en funció del número de llits en planta real, situat a l'eix de les abscisses.<sup>1</sup> Com s'observa en els gràfics 5, 6, 7 i 8, la capacitat dels carbons d'eliminar l'ultraviolat respecte a la mostra d'entrada té estructura funcional logarítmica, és a dir, en el primer període la seva eficàcia és del 100% en funció del temps que transcorre aquesta va disminuint fins assolir uns valors constants que donen a entendre la seva obstrucció màxima, i per tant el moment necessari per procedir a la reactivació.

En els dos primers filtres la funció logarítmica s'observa una prolongació més suavitzada que no pas en els filtres 3 i 4, per tant el seu desgast és més homogeni en el temps que els altres dos que s'esgoten més ràpidament. Per exemple, si es vol reactivar el carbó quan aquest assoleixi el 25% d'eliminació d'ultraviolat perquè es considera òptim pel nivell legislatiu, els filtres 1 i 2 triguen 14.000 llits de filtració en planta real, en canvi els filtres 3 i 4 només triguen 4.000 i 8.000, respectivament. (veure punts al 25% del gràfic 9)

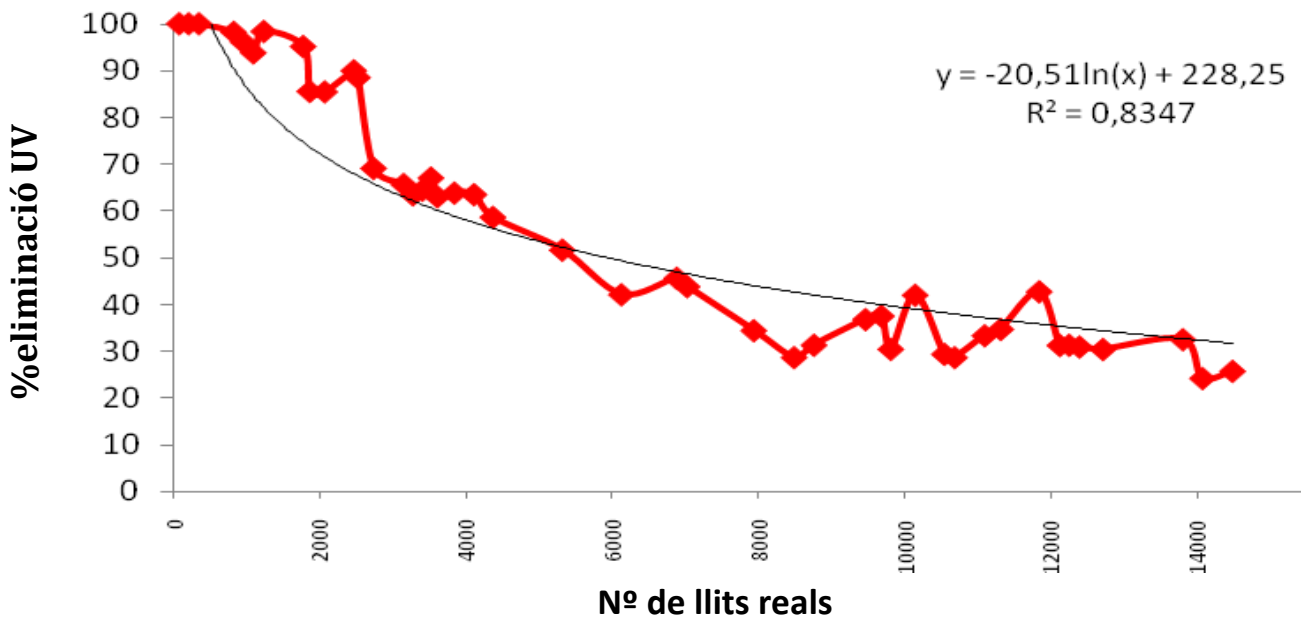
<sup>1</sup> Veure càlculs addicionals situats al final de l'apartat 4.2, pàgina XX

## CARBÓ A



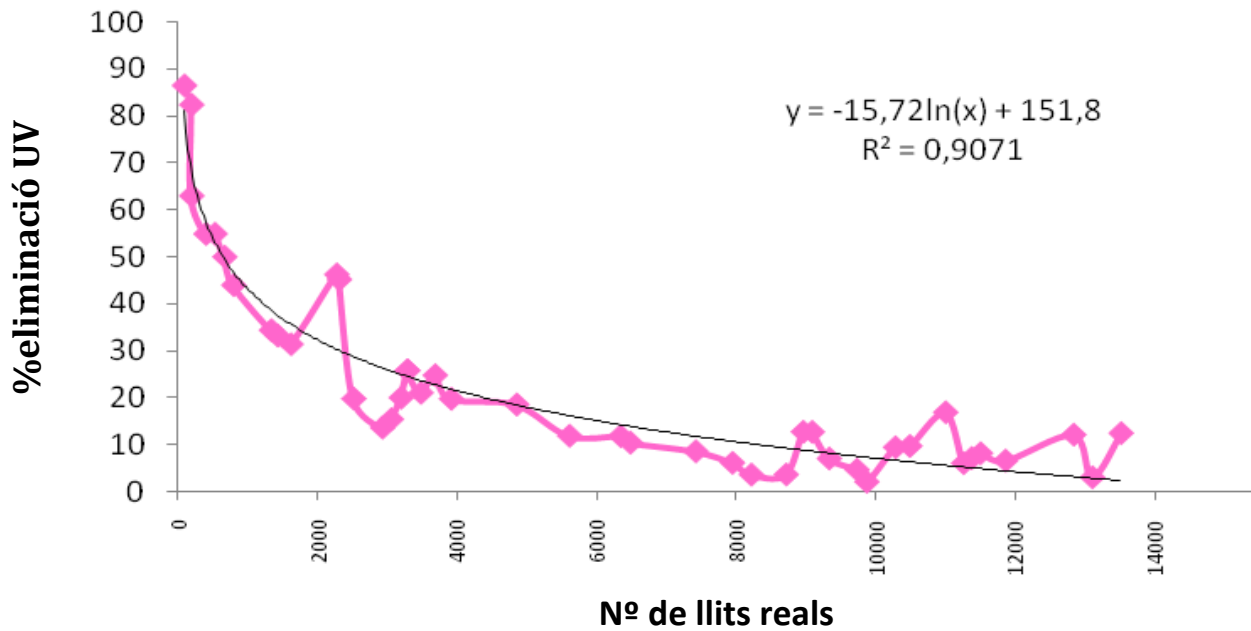
GRÀFIC 5: Evolució del F1 en percentatge d'eliminació UV. Elaboració pròpia

## CARBÓ B



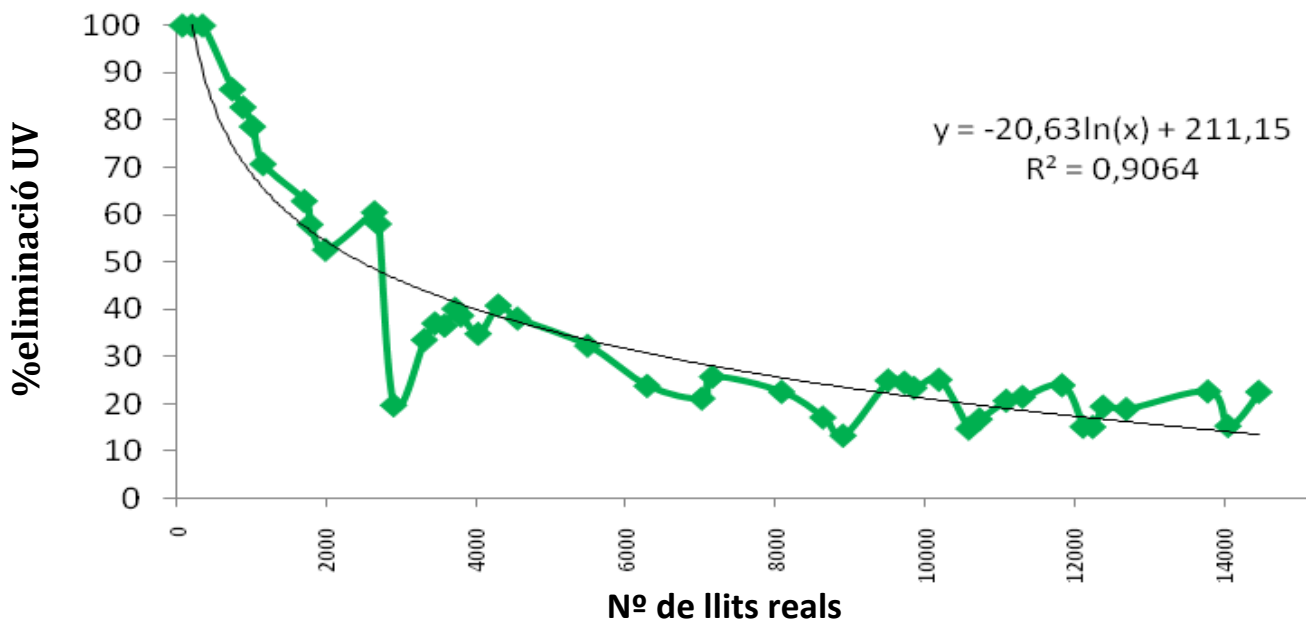
GRÀFIC 6: Evolució del F2 en percentatge d'eliminació UV. Elaboració pròpia

## CARBÓ C



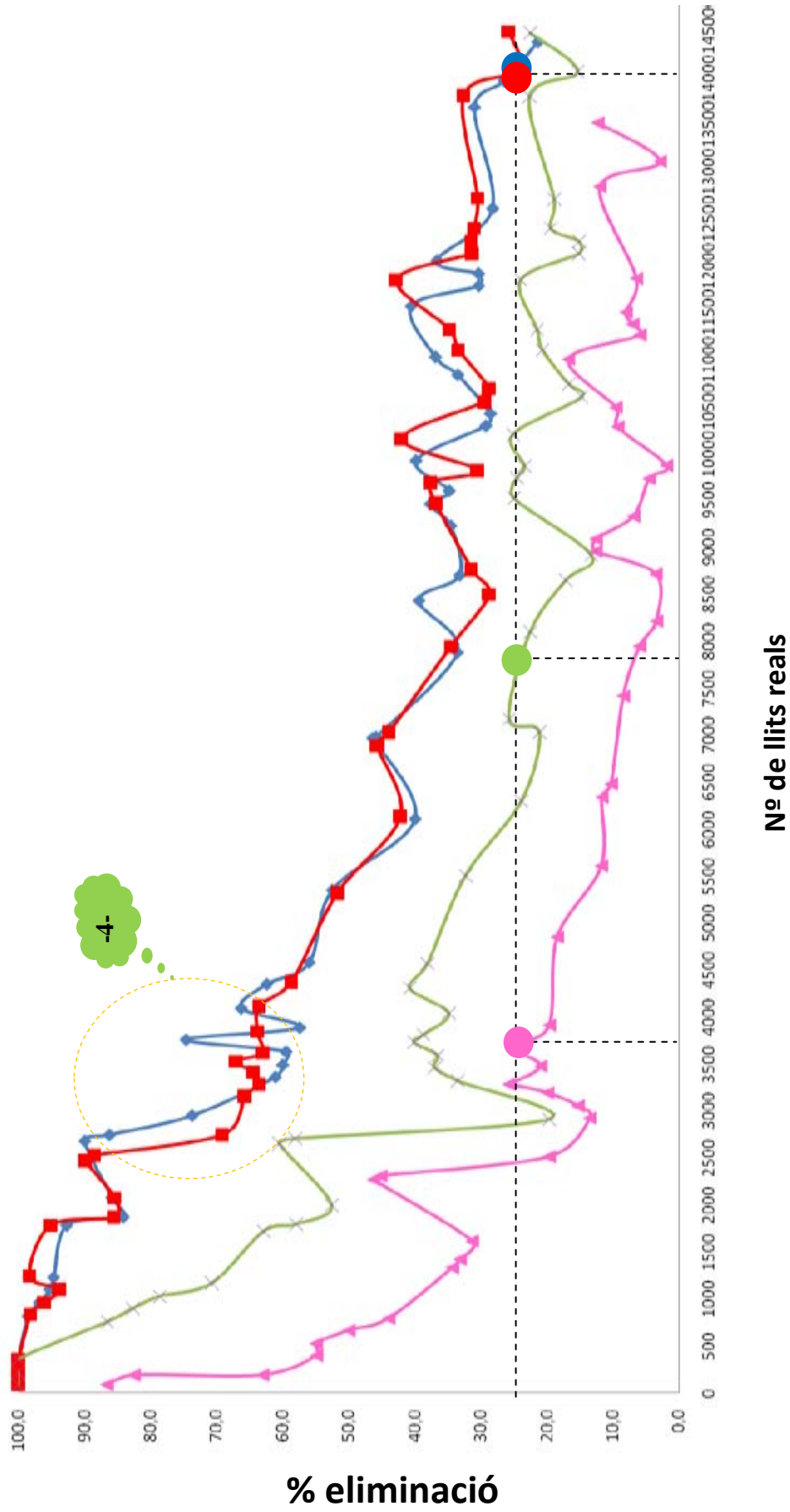
GRÀFIC 7: Evolució del F3 en percentatge d'eliminació UV. Elaboració pròpia

## CARBÓ D



GRÀFIC 8: Evolució del F4 en percentatge d'eliminació UV. Elaboració pròpia

Global dels carbons A, B, C, D.



GRÀFIC 9: Evolució dels quatre filtres respecte la mostra de decantació en percentatge d'eliminació UV. Elaboració pròpia

S'observa certa diferència significativa entre els dos primers filtres, que tenen un matèria prima igual, i els dos restants, la pela de coco i el d'activació directe. Però entre el F1 i el F2, el comportament és pràcticament igual, llevat que en moments puntuals de màxim ultraviolat a la mostra de decantació, el F2 disminueix més ràpidament la seva eficiència, però el temps de recuperació és menor. En canvi, el F1 la pendent és menor i el temps de resposta és major. Així que, front a un episodi d'ultraviolat a l'aigua de decantació, el F2 és més eficient que el F1 perquè triga menys a tornar al seu estat inicial. Això es tradueix en que ambdós sistemes estan en equilibri, però el filtre 2 és més estable que el filtre 1 encara provenint de la mateixa matèria prima. (veure punt 4 del gràfic 9).

Per tant, en un suposat ranking el carbó que actua millor front a l'eliminació d'ultraviolat és el B, seguit del A, D, i el C.

#### **4.2.3 El carboni orgànic total (COT)**

El paràmetre de major rellevància per aquest estudi, juntament amb l'ultraviolat, és el carboni orgànic total (COT), degut, per un costat, a que determina amb totalitat la matèria orgànica present a l'aigua, i per l'altre, les unitats amb que s'expressa són en mg/l (ppm) de carboni orgànic, és a dir, en valors de concentració tal i com estipula la legislació vigent. També en aquest cas s'ha considerat òptim relacionar el percentatge d'eliminació de COT de les mostres de cada filtre respecte a la concentració de l'aigua decantada.

Durant el transcurs de l'estudi, els valors de COT de l'aigua de decantació oscil·len entre els 2,95 ppm, de màxima, i 1,74 ppm de mínim. El fet que els quatre filtres tinguin valors localitzats per sota dels valors de la decantació (DEC) és causat per la funció d'adsorció que realitza el carbó actiu sobre les substàncies orgàniques.(veure taula 19)

En aquest cas, els resultats obtinguts i representats en els gràfics 10, 11, 12, i 13, estan íntimament relacionats amb els resultats de l'ultraviolat. Ambdós estableixen una relació directe entre la quantitat de matèria orgànica, mesurada en forma de COT, i l'absorció d'ultraviolat, ja que són directament proporcionals, és a dir, a valors alts d'absorbància, també valors alts de COT.

D'aquesta manera, els dos primers filtres presenten una funció logarítmica menys pronunciada que no pas en els filtres 3 i 4, per tant el seu desgast és més suavitzat i homogeni en el temps que els altres dos que s'esgoten i demostren un rendiment inferior.

**Taula 19: valors màxims i mínims de les mostres en estudi\*\***

Mostra	Màxim (ppm COT)	Mínim (ppm COT)
DEC	2,95	1,74
Filtre 1	1,90	0,00
Filtre 2	2,21	0,00
Filtre 3	2,27	0,31
Filtre 4	2,43	0,00

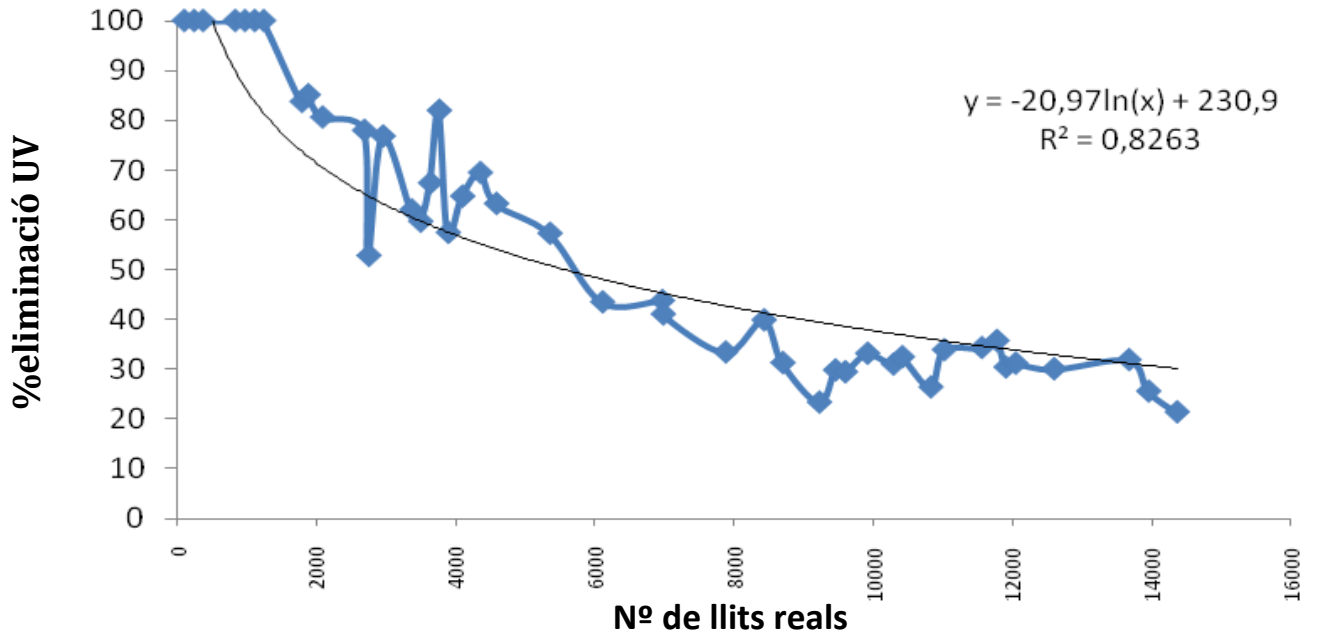
\*\*Valors extrets de la taula de resultats d'anàlisi diària adjunta a l'annex. Elaboració pròpia

Un exemple seria; si es vol reactivar el carbó quan aquest assoleixi el 25% d'eliminació de COT perquè es considera òptim pel nivell legislat, els filtres 1 i 2 triguen 14.000 llitrs de filtració en planta real, en canvi els filtres 3, només 3500 llitrs, i el filtre 4 gairebé 6000. (veure punts al 25% del gràfic 14)

En aquest cas, la diferència entre el F3 i el F4 és més notòria ja que el F3 experimenta un esgotament ràpid i per sota del 25% d'eliminació durant tres quartes parts de l'estudi, tot i que el rendiment és inferior al requerit per part de tots dos.

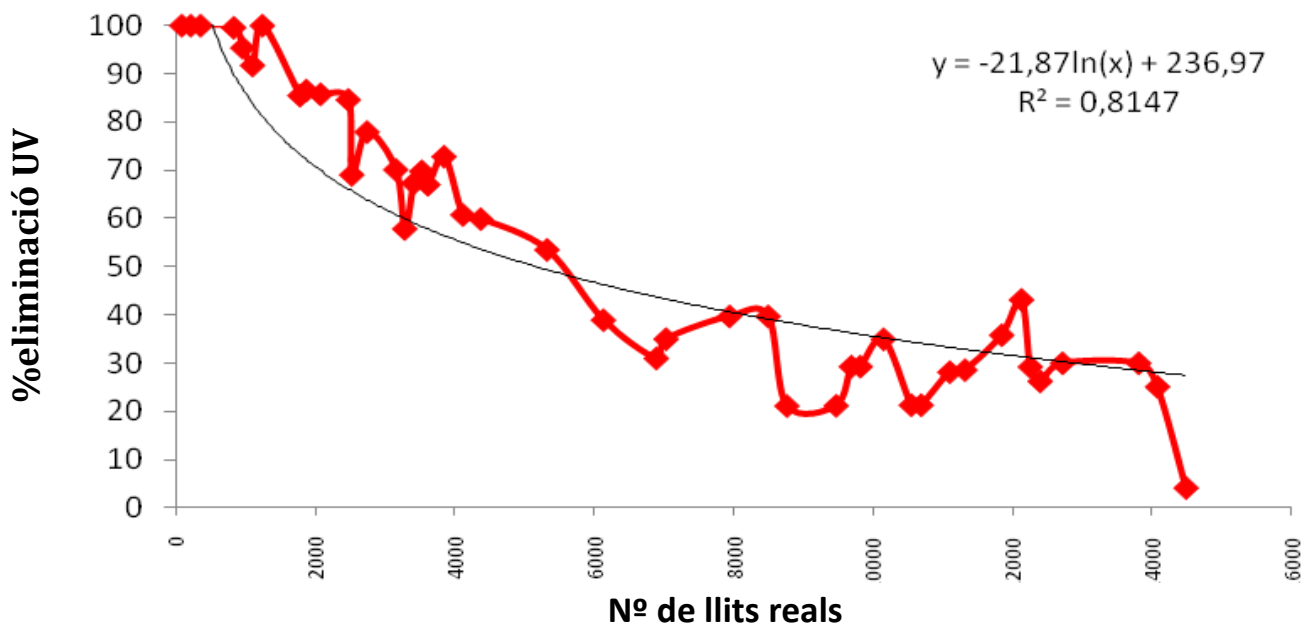
En canvi, la dissimilitud entre el F1 i el F2 és efímera durant l'estudi. Si es desglossa l'estudi en tres parts, s'observa que en el primer terç, els dos filtres experimenten fluctuacions en el rendiment, però és el F1 on la magnitud d'aquestes és major. Ara bé, la discrepància es localitza durant el segon terç on l'esgotament d'ambdós és igual i paral·lel, però superior en rendiment per part del F1. L'últim terç, qui pateix nombroses fluctuacions, i de major magnitud, és el F2. (veure punt 5, 6 i 7 del gràfic 14) Per tant, en un suposat ranking el filtre que actua millor front a l'eliminació de Carboni Orgànic Total és el F1, seguit del F2, F4, i el F3.

### CARBÓ A



GRÀFIC 10: Evolució del F4 en percentatge d'eliminació UV. Elaboració pròpia

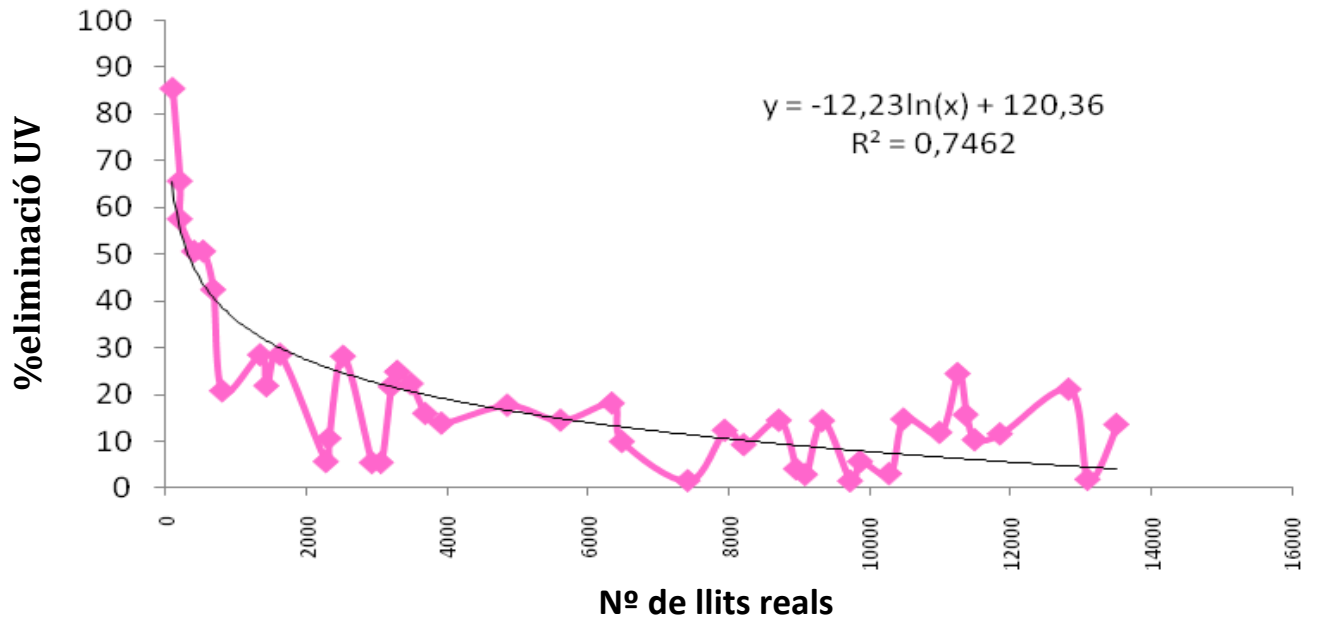
### CARBÓ B



GRÀFIC 11: Evolució del F4 en percentatge d'eliminació UV. Elaboració pròpia

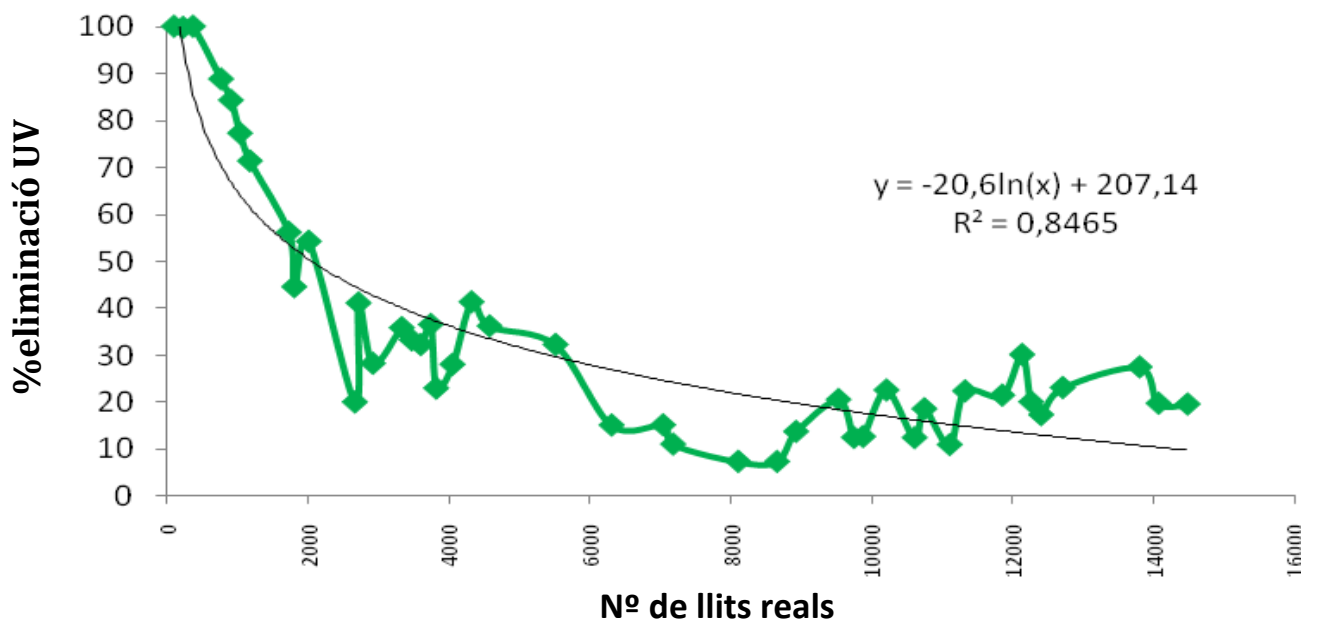


## CARBÓ C



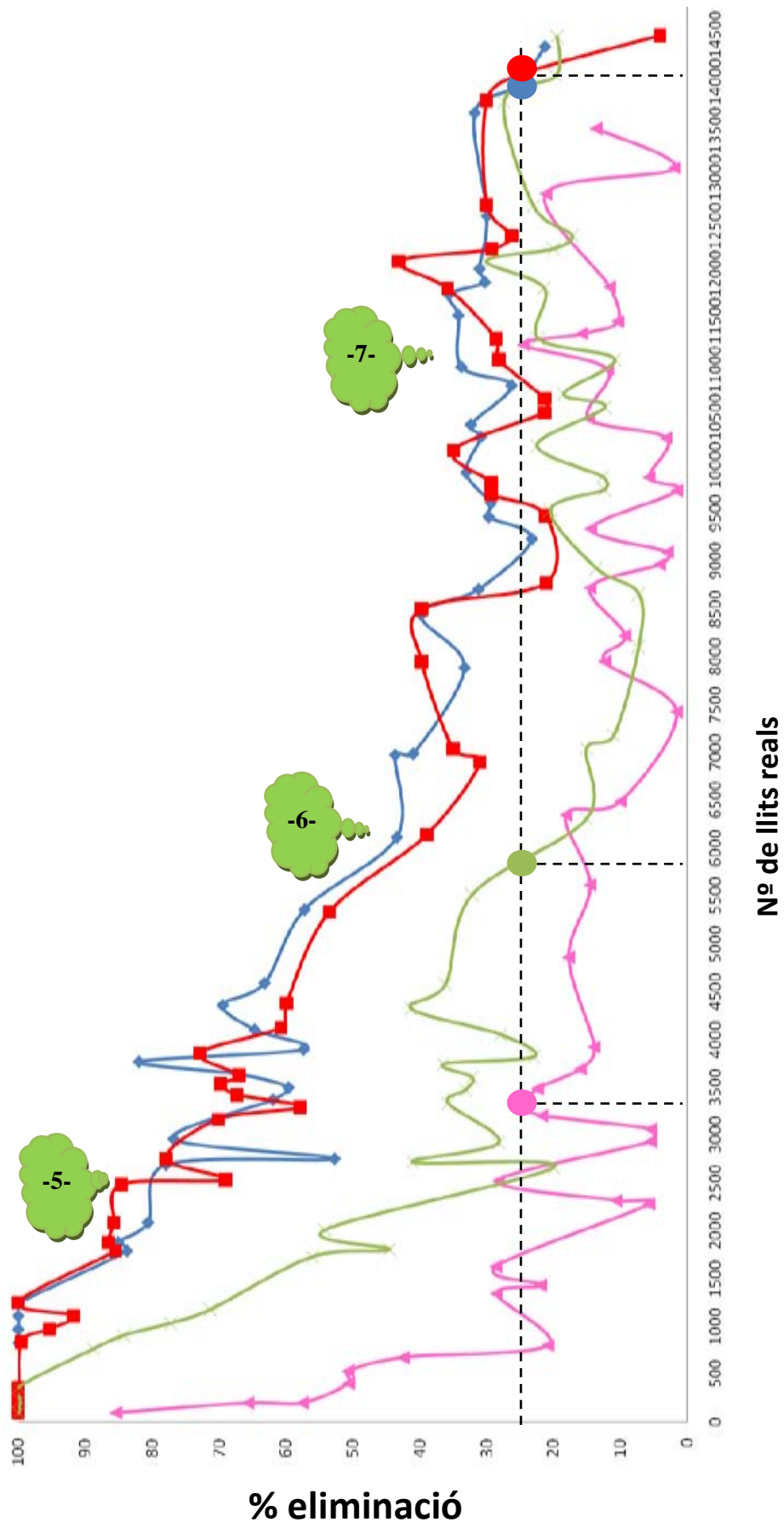
GRÀFIC 12: Evolució del F4 en percentatge d'eliminació UV. Elaboració pròpia

## CARBÓ D



GRÀFIC 13: Evolució del F4 en percentatge d'eliminació UV. Elaboració pròpia

Global dels carbons A, B, C, D.



GRÀFIC 14: Evolució dels quatre filtres respecte la mostra de decantació en percentatge d'eliminació COT. Elaboració pròpia

**<sup>1</sup> Càlculs addicionals, representació eix de les abscisses gràfics del 5 al 14:**

Si la planta real té un volum d'entrada d'aigua de 5m<sup>3</sup>/s que equivalen a 432.000m<sup>3</sup>/dia i aquesta té 46 filtres de carbó amb un volum de 74m<sup>3</sup> cada filtre, en total es procedirà a 126,9llits/dia, entenent com a llit el número de vegades que l'aigua d'entrada travessa els filtres.

$$\frac{5\text{m}^3 \times 3600\text{s} \times 24\text{h}}{1\text{s} \quad 1\text{h} \quad 1\text{dia}} = 432.000 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$\frac{432.000\text{m}^3/\text{dia}}{(46\text{filtres} \times 74\text{m}^3)} = 126,9\text{llits}/\text{dia}$$

Aquests càlculs permeten extrapolar valors en dies, per exemple:

- Amb el gràfic 14 d'eliminació de COT, s'hi fixa un percentatge de rendiment al 25%, pel filtre 1 aquest 25% equival, aproximadament 14.000llits, per tant es pot saber el temps que trigarà en saturar-se i requerirà la seva reactivació:

$$\frac{126,9\text{llits} \times 1\text{dia}}{1\text{dia} \quad 24\text{h}} = 126,9\text{llits}/24\text{h}$$

$$\frac{14.000\text{llits del F1} \times 24\text{h}}{126,9\text{llits}} = 2647,75\text{h}$$

$$\frac{2647,75\text{h}}{24\text{h}} = 111\text{dies}$$

- Si es realitza la mateixa operació pel filtre 3 el temps necessari per la reactivació serà:

$$\frac{126,9\text{llits} \times 1\text{dia}}{1\text{dia} \quad 24\text{h}} = 126,9\text{llits}/24\text{h}$$

$$\frac{3.500\text{llits del F3} \times 24\text{h}}{126,9\text{llits}} = 661,93\text{h}$$

$$\frac{661,93\text{h}}{24\text{h}} = 28\text{dies}$$

Com s'observa la diferència entre un filtre i l'altre és significativa, factor determinant alhora de decantar una selecció o l'altre per la instauració a la ETAP.

### 4.3 Analítiques completes

#### 4.3.1 Inorgànics

En general, el conjunt d'elements inorgànics analitzats, tant metalls, metalls de transició, no metalls, com anions els seus resultats no han estat reveladors. No obstant això, destacar que els quatre carbons tenen la capacitat de reduir certs elements respecte a la mostra a tractar en les quatre analítiques i que els valors entre ells no són equidistants. És el cas, per exemple, de l'alumini que actuen en un 25% de reducció, o l'arsènic, el zenc i el bor. Per contra, no tenen aptitud front al crom, l'estronci i el bari, que mantenen valors aproximats a la mostra inicial. Val a dir que aquests valors mesurats en unitats de µg/l no superen els llindars legiscats. (veure taula 20, color verd aptitud de reducció i vermell no apte)

		Plata	Alumini	Arsènic	Bari	Bor	Beril.li	Crom	Liti	Fòsfor	Estronci	Zenc
<b>DEC</b>	1ªanàlisi	0,00	279,91	3,24	27,79	17,59	0,00	4,58	5,29	18,39	499,89	2,04
	2ªanàlisi	0,00	236,11	2,65	28,00	11,85	0,00	5,19	4,65	18,91	456,29	1,36
	3ªanàlisi	0,00	208,91	2,30	24,25	23,89	0,00	7,38	5,19	22,36	508,12	1,14
	4ªanàlisi	0,07	212,53	1,51	31,85	18,31	0,00	10,44	4,70	0,00	396,52	19,34
<b>F1</b>	1ªanàlisi	0,00	69,56	2,47	27,50	4,99	0,00	3,89	4,82	3,67	478,81	1,80
	2ªanàlisi	0,00	46,31	2,20	27,44	8,07	0,00	4,98	4,44	4,52	424,34	1,88
	3ªanàlisi	0,00	42,99	1,99	23,20	24,52	0,00	7,42	5,31	7,84	502,69	2,21
	4ªanàlisi	0,07	44,83	1,22	32,07	22,77	0,00	10,00	5,10	0,00	399,05	5,61
<b>F2</b>	1ªanàlisi	0,00	61,33	2,45	27,40	2,25	0,00	3,66	4,93	3,53	468,25	1,63
	2ªanàlisi	0,00	41,75	2,22	27,57	6,86	0,00	4,77	4,38	4,60	433,94	4,24
	3ªanàlisi	0,00	42,77	1,94	23,62	23,04	0,00	7,81	5,30	6,71	499,43	1,95
	4ªanàlisi	0,07	43,07	1,16	32,50	21,47	0,02	9,91	4,90	0,00	397,36	7,38
<b>F3</b>	1ªanàlisi	0,00	59,16	2,49	27,26	1,43	0,00	4,62	4,90	5,29	486,55	1,86
	2ªanàlisi	0,00	52,13	2,17	27,57	2,94	0,00	5,04	4,20	5,39	439,07	3,68
	3ªanàlisi	0,00	43,64	2,03	24,58	20,75	0,00	7,37	5,73	7,32	510,26	3,14
	4ªanàlisi	0,07	51,44	1,18	32,55	20,75	0,01	9,77	5,19	0,00	398,10	7,46
<b>F4</b>	1ªanàlisi	0,00	60,45	2,42	27,82	8,37	0,00	3,13	4,76	3,30	469,80	2,21
	2ªanàlisi	0,00	48,58	2,11	27,69	9,82	0,00	5,07	4,45	5,11	440,89	4,65
	3ªanàlisi	0,00	42,10	1,94	24,41	23,55	0,00	7,89	5,61	7,36	487,99	3,08
	4ªanàlisi	0,07	45,37	1,18	31,89	22,09	0,01	9,21	5,01	0,00	395,36	6,81

Taula 20: resultats analítics d'elements inorgànics, Metalls, transició i no metalls (µg/l). Elaboració pròpia

En el cas dels anions estudiats, els quatre filtres han actuat de manera igualitària, per això la classificació en funció d'aquest resultat és poc correcte. Destacar que l'aptitud cara els clorats és inversament proporcional a la mostra inicial, és a dir, presenten un increment dels valors, que fins i tot assoleixen quantitats superiors al 35%. En canvi els clorits són eliminats un 100% a la primera anàlisi. El fet que el CAG no adsorbeix els clorats i en canvi si els clorits, es deu al fenomen selectiu per part del carbó que pot està relacionat amb la mida disponible de porus del mateix, i la mida de la molècula de clorit, més petita que la del clorat al comptar amb un oxigen menys, o a les interaccions per part de molècules. Respecte a la resta d'anions, clorurs, nitrats i sulfats, els carbons no tenen capacitat d'eliminar-los de la mostra original. (veure taula 21, vermell incapacitat d'eliminació, verd aptitud positiva)

		Bromurs	Clorats	Clorits	Clorurs	Fluorurs	Nitrats	Nitrits	Sulfats
<b>DEC</b>	1ªanàlisi	0,02	48,21	92,74	25,48	95,20	5,23	0,00	47,68
	2ªanàlisi	0,02	50,26	98,88	24,31	96,90	6,06	0,00	45,32
	3ªanàlisi	0,03	79,19	178,82	26,31	97,50	7,02	0,00	47,34
	4ªanàlisi	0,02	59,64	37,51	26,85	94,40	7,13	0,01	43,63
<b>F1</b>	1ªanàlisi	0,02	63,82	0,00	25,44	95,20	5,11	0,00	48,94
	2ªanàlisi	0,02	51,74	16,56	24,79	99,30	6,11	0,00	45,67
	3ªanàlisi	0,04	110,21	55,56	26,65	96,30	6,95	0,00	47,51
	4ªanàlisi	0,02	57,83	25,11	27,07	93,00	7,15	0,01	43,69
<b>F2</b>	1ªanàlisi	0,02	64,31	0,00	25,42	95,10	5,10	0,00	51,55
	2ªanàlisi	0,02	52,26	16,43	24,41	97,20	6,00	0,00	45,09
	3ªanàlisi	0,04	124,34	42,24	26,61	95,70	6,87	0,00	47,45
	4ªanàlisi	0,03	57,03	16,96	27,04	92,90	7,10	0,01	43,62
<b>F3</b>	1ªanàlisi	0,01	57,75	0,00	25,34	93,60	4,78	0,03	51,23
	2ªanàlisi	0,02	52,11	9,05	24,38	97,00	5,97	0,00	45,04
	3ªanàlisi	0,03	136,64	25,80	26,64	95,80	6,73	0,00	47,41
	4ªanàlisi	0,02	55,52	12,70	26,99	92,80	7,05	0,00	43,58
<b>F4</b>	1ªanàlisi	0,01	63,20	0,00	25,26	92,80	5,13	0,01	49,88
	2ªanàlisi	0,02	52,23	8,96	24,41	97,00	5,99	0,00	45,10
	3ªanàlisi	0,04	106,12	31,16	26,61	96,30	6,87	0,00	47,48
	4ªanàlisi	0,03	56,50	12,18	27,06	92,70	7,13	0,00	43,67

Taula 21: resultats analítics d'elements inorgànics, anions (µg/l). Elaboració pròpia

### 4.3.1 Orgànics

Pel que fa els resultats conclusos de les analítiques d'elements orgànics és important destacar que tant els HAP'S, el COV'S com el benzè i derivats no han estat detectats per les metodologies adscrites. Tot i mostrar valors infinitdecimals de pesticides la mostra control (DEC), tots quatre carbons són capaços d'eliminar aquest element, però no amb tanta eficàcia el carbó D, que només redueix un 50% respecte el 75% de la resta. (veure taula de resultats d'analítiques completes de l'annex)

En canvi, els THM'S totals si manifesten resultats importants per ha tenir en compte. Com s'observa a la cinquena columna de la taula 22, els quatre carbons a la primera analítica redueixen gairebé un 94% de mitja els valors de THM'S de la mostra inicial (DEC). Conforme transcorre el temps de funcionament del filters, aquesta capacitat de reducció es veu davallada dins a in 2%.

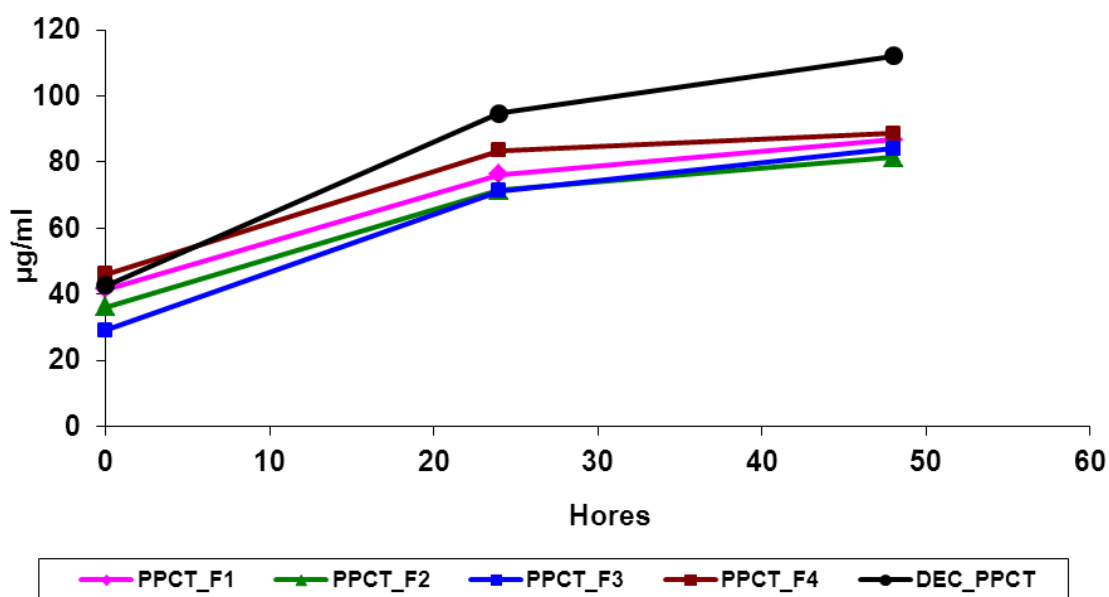
		Bromdiclorometà- CHCl <sub>2</sub> Br	Bromoform- CHBr <sub>3</sub>	Cloroform- CHCl <sub>3</sub>	Dibromclorometà- CHClBr <sub>2</sub>	Total THM's	IEA
<b>DEC</b>	1 <sup>a</sup> anàlisi	6,86	0	43,17	0,80	50,83	0,34
	2 <sup>a</sup> anàlisi	6,28	0	28,34	0,99	35,61	0,26
	3 <sup>a</sup> anàlisi	8,69	0	46,3	1,67	56,66	0,393
	4 <sup>a</sup> anàlisi	6,45	0	36,21	0	42,66	0,29
<b>F1</b>	1 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	2,81	0	2,81	0,01
	2 <sup>a</sup> anàlisi	2,03	0	22,47	0	24,50	0,15
	3 <sup>a</sup> anàlisi	5,4	0	46,96	0	52,36	0,3248
	4 <sup>a</sup> anàlisi	5,98	0	35,46	0	41,44	0,28
<b>F2</b>	1 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	1,54	0	1,54	0,01
	2 <sup>a</sup> anàlisi	1,49	0	16,74	0	18,23	0,11
	3 <sup>a</sup> anàlisi	4,5	0	41,03	0	45,53	0,2801
	4 <sup>a</sup> anàlisi	4,96	0	31,21	0	36,17	0,24
<b>F3</b>	1 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	3,28	0	3,28	0,02
	2 <sup>a</sup> anàlisi	0,97	0	10,75	0	11,72	0,07
	3 <sup>a</sup> anàlisi	3,13	0	37,18	0	40,31	0,2381
	4 <sup>a</sup> anàlisi	3,52	0	25,54	0	29,06	0,19
<b>F4</b>	1 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	5,49	0	5,49	0,03
	2 <sup>a</sup> anàlisi	2,98	0	31,01	0	33,99	0,20
	3 <sup>a</sup> anàlisi	7,38	0	57,20	0	64,58	0,41
	4 <sup>a</sup> anàlisi	7,43	0	38,62	0	46,05	0,32

Taula 22: resultats analítics d'elements orgànics, THM'S. Elaboració pròpia

Una particularitat alhora d'estudiar els trihalometans és la possibilitat de veure com evolucionen al llarg del temps a la mostra d'aigua. Aquest estudi és de gran rellevància perquè és un paràmetre que la legislació, avui en dia, implanta valors límits molt baixos ja que s'ha elaborat estudis que dictaminen que són precursors del càncer. Els trihalometans es formen quan el clor utilitzat per la desinfecció de l'aigua reacciona amb la matèria orgànica d'origen natural presents a l'aigua captada dels rius o pous. La problemàtica esdevé que contra més temps en contacte amb aquesta més quantitat de THM's, això vol dir que si l'aigua que surt de la potabilitzadora arriba fins a localitats properes, aquestes tenen un menor risc de rebre nivells alts de THM's, en canvi una població més llunyana, com que el transcurs és major, la probabilitat de presentar nivells superiors a la legislació és més elevada.

Com s'observa el gràfic 15, l'aigua procedent de la DEC mostra major concentració de THM's ja que en el procés de potabilització s'hi produeix una pre-cloració. No obstant això, els quatre carbons són efectius en la reducció de THM's però és veu na menor capacitat per part del carbó D que presenta una pendent més pronunciada respecte a la resta. Els quatre carbons assoleixen valors al voltant de 70 i 80 µg/ml passades 48hores, hores que teòricament l'aigua arriba la població més llunyana de la planta industrial.

### Potencial de formació de THM's



GRÀFIC 15: Evolució del potencial de formació dels carbons A, B, C, D i DEC. Elaboració pròpia

## 4.4 Analítiques del carbó

### 4.4.1 Isotherma de nitrogen a 77K

Els resultats obtingut en referència a les isoterms de nitrogen mostren, per una banda, que els quatre carbons redueixen la seva superfície BET, tal i com la hipòtesi inicial establia. Dins aquesta reducció, la diferència entre el primer filtre i el segon, que són de la mateixa matèria prima, és evident, cosa que contradiu la situació esperada. Per tant, el filtre que mostra un major percentatge de reducció en superfície, és a dir, que té major capacitat de adsorció de matèria present a l'aigua, és el número 1, amb un 20% final, seguit pel filtre 2 amb un 11%, el filtre 4 amb 6%, i, finalment, el filtre 3 amb només un 5%. (veure taula 19, tercera columna)

Pel que fa al volum de mesoporus, els resultats són coherents degut a que aquest tipus de porus no s'obstrueix amb tanta facilitat com poden fer-ho els microporus, ja que la mida d'aquest és molt menor que els mesoporus. Tot i això, el filtre que front a un episodi d'increment de matèria a l'aigua seria capaç de minimitzar el dany amb més eficiència és el F1 ja que té més volum de mesoporus que la resta. En aquest punt es torna a observar una diferència evident entre el F1 i el F2, fet que mostra contradiu, un cop més, la conjetura inicial, que ambdós tenen les mateixes propietats. (veure taula 23, quarta i cinquena columna)

**Taula 23: resultats de les isoterms de nitrogen a 77K. Elaboració pròpia. \*\*\***

Mostra	Superfície BET (m <sup>2</sup> /g)	Reducció de superfície (m <sup>2</sup> /g)	Volum microporus (cm <sup>3</sup> /g)	Volum mesoporus (cm <sup>3</sup> /g)	Volum total (cm <sup>3</sup> /g)
F1 inici	1240	---	0,45	0,23	0,68
F1 entremig	1135	8%	0,42	0,23	0,65
F1 final	993	20%	0,40	0,23	0,63
F2 inici	980	---	0,38	0,15	0,53
F2 entremig	890	9%	0,34	0,15	0,49
F2 final	785	11%	0,29	0,15	0,44
F3 inici	1035	---	0,40	0,04	0,44
F3 entremig	1019	1%	0,38	0,04	0,42
F3 final	967	5%	0,33	0,04	0,37
F4 inici	1060	---	0,37	0,20	0,57
F4 entremig	1020	4%	0,35	0,20	0,55
F4 final	958	6%	0,31	0,20	0,51

\*\*\*Valors proporcionats per la Universitat d'Alacant, grup de recerca Dr. Rodriguez Reinoso



#### 4.4.2 Blau de metilè

Els resultats obtinguts sobre el blau de metilè quan el carbó és verge, anàlisi inicial, no són molt dispars entre els quatre filtres. Es segueix observant que el F1 és el de major eficiència ja que respecte el F2 i F3 és un 16,6% més competitiu en capacitat de retenció del blau de metilè (mg de azul de metileno/0,1g de carbón), i un 11,1% sobre el F4. Es torna a manifestar la diferencia existent entre els filtres 1 i 2. (veure taula 24, segona columna)

En quan l'estudi avança, la capacitat de retenció del blau de metilè disminueix en tots quatre carbons, però aquesta reducció és molt notòria en el filtre 3, que perd una aptitud de fins un 44%. Pel que fa al F1 i F2, la reducció no és molt diferenciada, però si que s'observa que en condicions temporals iguals, el F1 pateix un declivi molt sobtat, d'un 17% a un 35%, una diferencia d'un 18%, mentre que el F2 aquest desgast és menys pronunciat, un 11%. Finalment, destacar que el carbó del filtre 4 només, tot i tenint un valor òptim inicial adsorció de blau de metilè, redueix com a màxim la seva capacitat un 2,6%, cosa que incita a deduir que front a l'aigua mostra no té capacitat d'actuació com adsorbent.

**Taula 24: resultats de l'índex de blau de metilè. Elaboració pròpia. \*\*\***

Mostra	mg de AM/0,1g de C	% Reducció
F1 inici	21,6	---
F1 entremig	18,0	17%
F1 final	14,1	35%
F2 inici	18,0	---
F2 entremig	13,2	27%
F2 final	11,1	38%
F3 inici	18,0	---
F3 entremig	15,6	13%
F3 final	10,1	44%
F4 inici	19,2	---
F4 entremig	19,0	1,1%
F4 final	18,7	2,6%

\*\*\*Valors proporcionats per la Universitat d'Alacant, grup de recerca Dr. Rodriguez Reinoso

#### 4.4.3 Índex de iode

Com a últims resultats al·lusius al propi carbó, l'índex de iode revela, en l'estadi inicial, que els quatre carbons s'ubiquen dins el rang dels 1000mg I<sub>2</sub>/0,1g de carbó, valors esperats. Val objectar que el filtre 1 presenta un valor potencialment elevat en comparació al F2 que parteix de la mateixa matèria prima.

En funció del desgast durant el funcionament dels filtres a l'estudi, els resultats presenten una correlació molt significativa amb el blau de metilè. És a dir, els quatre carbons redueixen la seva eficiència, però de forma més notòria al F3. També segueix una correlació amb la diferència del F1 i el F2, el declivi sobtat del F1, d'un 15%, i el desgast menys pronunciat del F2, un 11%. En aquest cast, també es produeix el mateix fenomen amb el F4, només redueix la seva capacitat un 11% essent incapaç d'actuar com adsorbent per la mostra en estudi. Mencionar que els valors finals de promig de l'índex de iode del F1 i F3 es situen dins el rang denominat en procés, mentre que el F2 es localitza prop de l'esgotament. (veure taula 25)

**Taula 25: resultats de l'índex de iode. Elaboració pròpia. \*\*\***

Mostra	Promig	% Reducció
F1 inici	1357	---
F1 entremig	1116	16%
F1 final	695	31%
F2 inici	1102	---
F2 entremig	906	18%
F2 final	586	29%
F3 inici	1188	---
F3 entremig	1071	10%
F3 final	608	39%
F4 inici	997	---
F4 entremig	911	9%
F4 final	801	11%

\*\*\*Valors proporcionats per la Universitat d'Alacant, grup de recerca Dr. Rodriquez Reinoso

En general, valors de l'índex de iode decreixen; aquesta disminució està relacionada amb la superfície accessible a cada mostra de carbó, després del seu ús com a adsorbent i, en principi, es correlaciona bastant bé amb els valors de SBET obtinguts mitjançant adsorció de N<sub>2</sub>.

#### 4.5 Eina operacional per la planta industrial

Com aplicació de les múltiples dades obtingudes, s'ha desenvolupat una eina de treball per determinar, en temps i condicions reals, amb major precisió el moment de la reactivació a partir de la corba d'esgotament de cada carbó estudiat *de forma extrapolable a la planta industrial*. Més enllà encara, fer-ne una eina variable en funció del cabal d'entrada i el nombre de filtres de carbó en funcionament, ja que no tots treballen alhora i filtren el mateix volum. Aquest instrument s'elabora a partir de les dades i condicions que té l'ETAP en el moment d'aplicació, és a dir, és necessari saber els m<sup>3</sup>/s d'aigua rebuda a la planta, i en funció del volum i el nombre de filtres s'obté nombre llits filtrats/filtre. Per exemple, si la planta va amb un rendiment del 100%, uns 8 m<sup>3</sup>/s, i estan en funcionament els 48 filtres, s'obté que cada filtre filtra 186 llits. (veure taula 26)

Per un altre costat, amb la corba d'esgotament en %d'eliminació de COT obtinguda de cada filtre durant l'estudi, i amb un límit mínim seleccionat de d'aquest mateix paràmetre, aïllar el nombre de dies que el carbó pot eliminar la quantitat de COT establert. Per exemple, si es vol que com a mínim el carbó elimini un 5% del COT, i amb el carbó aglomerat hulla A, s'obté una equació tal com:

$$Y = -20,97 \ln(X) + 230,90 \quad R^2 = 0,8263$$

s'obté 290.091 llits que en dies equivalen a 1563 dies, dies que necessitaran els filtres per ser reactivats si tots funcionen a la vegada, i el cabal és màxim. (veure taula 27)

A partir d'aquí es pot dissenyar una aplicació (format Excel) que en funció del nombre de filtres en funcionament i el volum a tractar faciliti el valor real de dies restants a la reactivació. Per exemple, a la taula 28, el primer dia d'implementació de l'eina, 02/02/2011, a la primera columna s'observa el nombre de dies inicials, els 1563 dies. A la tercera, el cabal en que la planta aquell dia funcionava de promig, 4,0m<sup>3</sup>/s. A la quarta, el nombre de filtres en funcionament d'aquell mateix dia, 48 filtres, i finalment el nombre restant de dies per la reactivació, 1563. Al dia següent, 03/02/2011, el promig de cabal tractat a variat respecte al dia anterior, 3,3 m<sup>3</sup>/s, però manté el mateix nombre de filtres. Com a conseqüència el valor de dies restants, només davalla una unitat. Però, per exemple el dia 10/02/2011, el volum d'aigua i el nombre de filtres és significativament diferent al inicial, 6,9m<sup>3</sup>/s i 38 filtres, per això el valor de dies restants decau més acusadament, 1556 dies. (veure taula 28)

## MODEL TEÒRIC

**TIPUS DE CAG: AGLOMERAT HULLA 12X40 NORIT**

**PILOT EMPRAT: PILOT CAG ETAP TER**

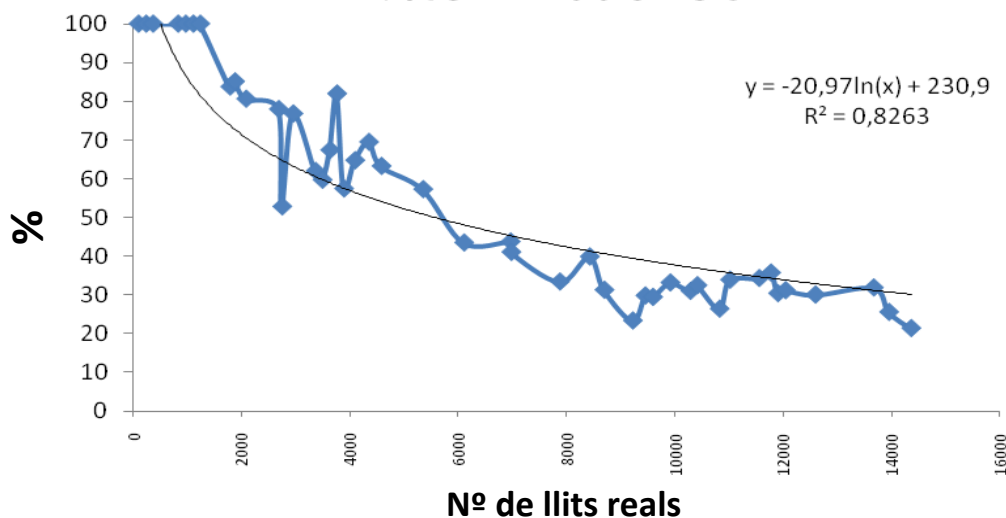
**APLICACIÓ MODEL: ETAP TER GENERAL**

### DISSENY ETAP TER

<b>8,00</b>	m3/s	filtres	<b>48</b>
8.000	l/s	m <sup>2</sup>	97
691.200	m3/dia	llit	0,8
		volum	77,6
		m3/dia/filtro	14.400
		nº llits filtrats/filtre	<b>186</b>

Taula 26: descripció de dades generals de la planta real.

### F1. %eliminació TOC



GRÀFIC 16: Evolució del F4 en percentatge d'eliminació UV. Elaboració pròpia

PARÀMETRE: % REDUCCIÓ TOC PTER		PARAMETRE OBJECTIU	
Y=-20,97ln(x) + 230,9			
R2	0,8263	%RET TOC	<b>15</b>
a	-20,97		
b	230,9		

llits	29.604
DIES	<b>160</b>

Taula 27: dades per obtenir el nombre de dies de rendiment del carbó.

## APROXIMACIÓ REAL ETAP GLOBAL

Dies restants	DATA	cabal	m <sup>3</sup> filtrats	nº filtres	nº llits filtrats/filtre/dia	acumulat	X	manquen
1563	02/02/2011	4,0	345.444	48	93	93	289.999	1.563
1562	03/02/2011	3,3	287.233	48	77	170	289.921	1.562
1561	04/02/2011	6,9	600.000	42	184	354	289.737	1.561
1560	05/02/2011	6,9	600.000	44	176	530	289.562	1.560
1559	06/02/2011	6,9	600.000	48	161	691	289.401	1.560
1558	07/02/2011	6,9	600.000	48	161	852	289.239	1.559
1557	08/02/2011	6,9	600.000	46	168	1.020	289.071	1.558
1556	09/02/2011	6,9	600.000	38	203	1.223	288.868	1.557
1555	10/02/2011	6,9	600.000	38	203	1.427	288.664	1.556
1554	11/02/2011	3,9	332.980	26	165	1.592	288.499	1.555
1553	12/02/2011	4,4	379.337	48	102	1.694	288.398	1.554
1552	13/02/2011	4,3	374.652	48	101	1.794	288.297	1.554

Taula 28: descripció de dies restants a la reactivació en funció de filtres i cabal.

Encara més enllà d'aquesta funció tant útil per reduir el nombre d'analítiques del carbó i el costos treball que comporta l'extracció de mostres, es pot filar més prim la seva aplicació. Cada filtre té un funcionament diferent a la resta, ja sigui per manca de cabal o temps de rentat i obturació, o simplement per decisions tècniques, i inclús pot contenir carbons de matèria diferent. Per això aplicar aquest instrument a cada filtre de carbó pot mostrar una realitat equànime a la situació que pateix cadascun d'ells.

Per exemple, el càlcul teòric, és a dir, quan els càlculs es basen amb les dades projectades a cabal nominal i tots els filtres en funcionament, el filtre 11, que disposa de carbó tipus A i es va posar en servei el dia 01/02/2011, amb un valor del 15% d'eliminació de COT com a mínim, el nombre de dies que li resten per ser reactivat són 160. Aquest 160 dies equivalen a 29.604 llits i es pronostica una reactivació el dia 10/07/2011.

Com que a la pràctica el filtre no ha funcionat sempre i amb un cabal nominal continu, com que el sistema SCADA facilita el volum acumulat per cada filtre, aquest es pot extrapolar a nombre de llits que realment ha filtrat, que restant al nombre de llits teòrics es pot esbrinar els llits que manquen, per això saber la data real de reactivació de cada filtre. En total, el filtre 11 s'haurà de reactivar el 29/07/2011, 19 dies més tard del pronòstic teòric.

**CÀLCUL TEÒRIC**

	<b>11</b>	<b>5</b>
<b>Nº filtre</b>		
<b>Data posada en servei</b>	01/02/2011	01/02/2011
<b>nº dies esperats funcionant a cabal nominal en continu (fins 15% TOC inicial)</b>	160	160
<b>Llits equivalents</b>	29.604	29.604
<b>Data reactivació inicial prevista</b>	10/07/2011	10/07/2011

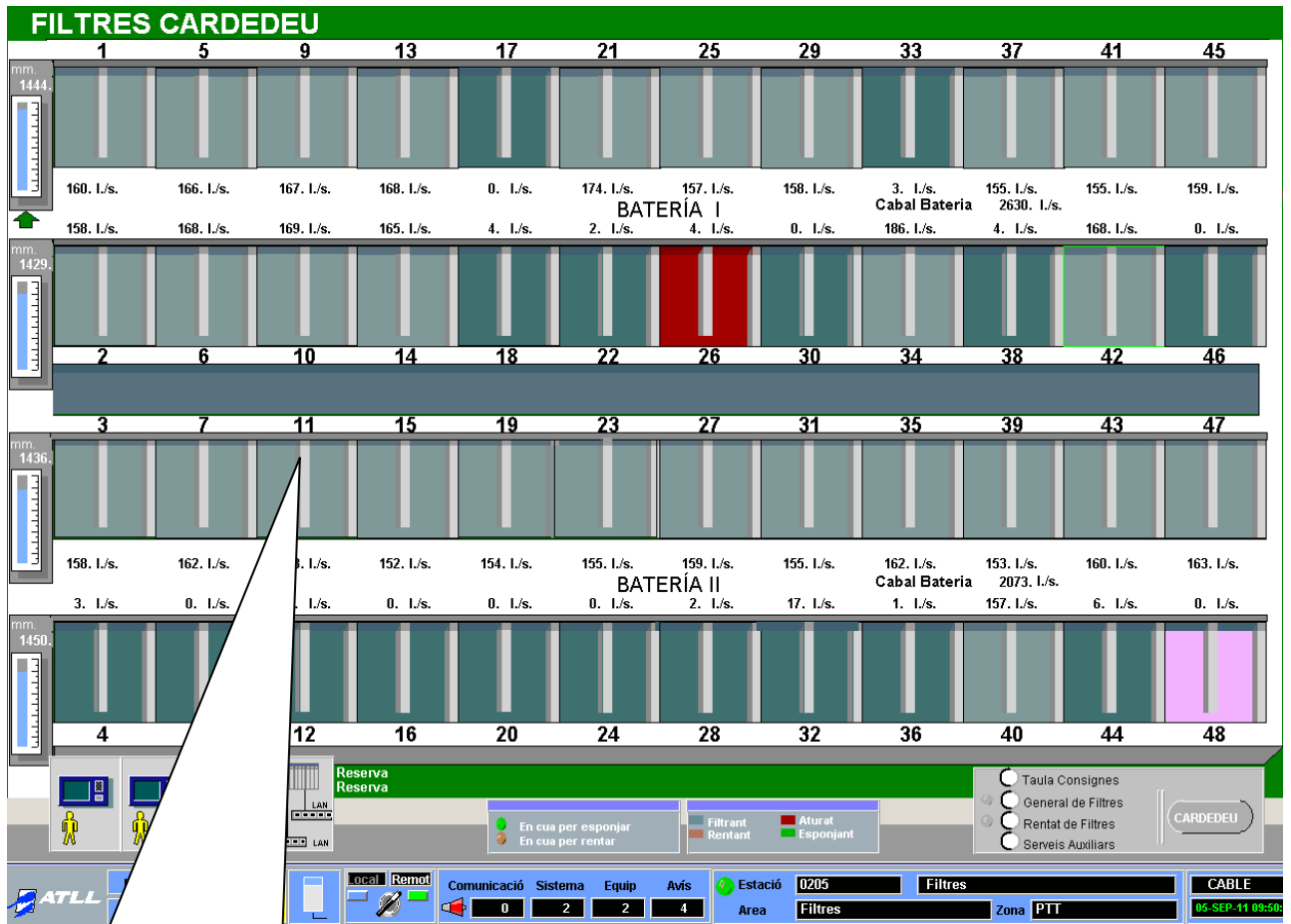
**CÀLCUL OPERACIONAL REAL ETAP INDUSTRIAL**

<b>Volum acumulat diari real filtrat (m<sup>3</sup>) a data d'avui</b>	2.019.200	1.040.400
<b>Llits equivalents reals filtrats</b>	26.021	13.407
<b>Llits equivalents teòric-operacionals</b>	<b>3.583</b>	<b>16.197</b>
<b>nº dies guanyats</b>	<b>19</b>	<b>87</b>
<b>Data reactivació final</b>	<b>29/07/2011</b>	<b>05/10/2011</b>

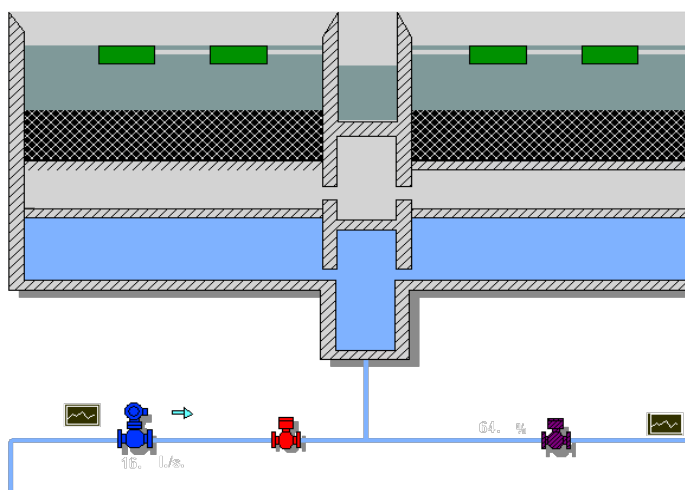
Taula 29: descripció de les condicions i estat actual dels filtres de carbó, bateria 1.

Si es comparar el filtre 11 amb el 5, aquest es va posar en servei el mateix dia però el volum d'aigua filtrada és inferior per això la seva data de reactivació és encara més llunyana que la del filtre 11, concretament el 05/10/2011. (veure taula 29)

Aquest aplicatiu també pot ser útil quan el cap de planta decideix utilitzar diversos carbons en una mateixa planta ja que pot saber, en tot moment, la vida útil de cada filtre. (veure imatge 41)



Filtre 11 Bateria II Filtres



Nº filtre	11
Data posada en servei	01/02/2011
nº dies esperats a cabal nominal (fins 15% TOC inicial)	160
Llits equivalents	29.604
Data reactivació inicial prevista	10/07/2011
Volum acumulat diari real filtrat	2.019.200
Llits equivalents reals filtrats	26.021
Llits equivalents teòric-operacionals	3.583
nº dies guanyats	19
Data reactivació final	29/07/2011

Imatge 41: Eina aplicada el sistema SCADA que informa de l'estat del filtre 11.

## 4.6 DISCUSSIÓ GENERAL

L'objectiu general d'aquest projecte és la selecció d'un carbó activat granular apte pel procés de potabilització de l'estació de tractament d'aigües potables del riu Ter mitjançant una planta pilot. Front els resultats obtingut el llarg de tot l'estudi, es discuteix que el carbó més adient front les condicions naturals de l'aigua a tractar és el **B**, és a dir, el tipus TL830 d'hulla bituminós aglomerat, però no per molta diferencia, pel carbó **A** d'hulla bituminós aglomerat. Ambdós són del mateix matèria prima, però de cases comercials diferents. En tercer lloc es classifica el carbó **D**, d'activació directe, i finalment el carbó de closca de coco tamisat 10x20.

**B > A >>> D > C**

Per tant, s'observa que dos carbons que parteixen d'una mateixa matèria prima poden ser més o menys eficients depenent de la casa comercial que el proporciona. Així també, refutar les divulgacions sobre les aptituds del carbó d'origen vegetal en base a la potabilització d'aigües de consum humà, i acceptar la elevada dificultat que comporten els anàlisis realitzats ja que comprometen al tècnic analista a ser molt precís i metòdic.



# CONCLUSIONS

## CONCLUSIONS

### 5.1 CONCLUSIONS FINALS

1. Els mètodes analítics aplicats a l'aigua i al carbó, han permès caracteritzar ambdues matrius i avaluar el procés de saturació del carbó actiu, al llarg de més de 2,000h durant els cinc mesos d'estudi del procés de filtració.
2. L'operació de la planta pilot ha estat proporcional en tot moment al funcionament de l'ETAP industrial, fet que ha permès extrapolar els resultats de l'estudi pilot a l'operació real d'explotació, amb un estalvi important de temps i diners.
3. Els resultats obtinguts han permès diferenciar el comportament entre els 4 carbons estudiats, fet que es relaciona amb les característiques de les matèries primeres i del sistema d'activació que tenen cadascun d'ells.
4. La comparació de carbons, de la mateixa tipologia i mètode d'activació, amb d'altres diferents i el seguiment del seu comportament, permeten obrir noves expectatives dins de l'àmbit comercial, en el mercat del carbó actiu que es troba en fase de ràpida evolució i dispersió a països de baixa especialització.
5. S'ha aconseguit crear una eina de treball informàtica senzilla per l'ETAP industrial, que per mitjà de la mesura a l'aigua filtrada d'un paràmetre de fàcil control, permet avaluar el temps que manca per fer la reactivació del carbó, fet de gran importància a nivell tècnic, logístic i econòmic.
6. Dels quatre carbons estudiats, els dos d'origen mineral, d'hulla bituminosa, activat i aglomerat, es comporten per l'aigua estudiada, millor que els altres dos (amb poca diferència entre ells) i millor que els de closca de coco i mineral d'activació directa, amb la següent jerarquització:

Mineral hulla bituminosa aglomerat >> mineral d'activació directa no aglomerat > vegetal de closca de coco.

# REFERÈNCIES

# REFERÈNCIES

## 6.1 CAPÍTOL 1

[1] **SGMA: *Sistema de Gestió Ambiental*** Es coneix amb aquest nom al sistema de gestió que segueix una empresa per aconseguir uns objectius mediambientals. L'empresa que l'implanta es compromet a fixar-se objectius que milloren el medi ambient, a engegar procediments per aconseguir aquests objectius i a controlar que el pla està sent compliment. Els principals objectius són garantir el compliment, identificar i prevenir els efectes negatius, concretar la manera de treballar, fixar el personal, els diners i altres recursos

[2] **EMAS: *Eco-Management and Audit Scheme*** És una normativa voluntària de la Unió Europea que reconeix a aquelles organitzacions que han implantat un SGMA i han adquirit un compromís de millora contínua, verificat mitjançant auditories independents gestió i auditoria ambiental.

[3] **ACA: *Agència Catalana de l'Aigua*** És una empresa pública de la Generalitat de Catalunya, adscrita al Departament de Territori i Sostenibilitat, fundada l'any 2000 com a administració hidràulica de Catalunya. És l'encarregada de la política del Govern de la Generalitat en matèria d'aigües, que es fonamenta en els principis de la Directiva Marco de l'Aigua.

[4] **Efecte Venturi:** consisteix en un fluid que està en moviment dins d'un conducte tancat disminueix la seva pressió en augmentar la velocitat després de passar per una zona de secció menor. Si en aquest punt del conducte s'introdueix l'extrem d'un altre conducte, es produeix una aspiració del fluid contingut en aquest segon conducte. Aquest efecte, demostrat l'any 1797, rep el seu nom del físic italià Giovanni Battista Venturi.

[5] **UNE: *Una Norma Espanyola*** Són un conjunt de normes tecnològiques creades pels Comitès Tècnics de Normalització (CTN), dels quals formen part totes les entitats i agents implicats i interessats en els treballs del comitè. Per regla general

aquests comitès solen estar formats per AENOR, fabricants, consumidors i usuaris, administració, laboratoris i centres d'investigació.

**[6] ISO: *International Standardization Organization*** Les normes són un model, un patró, exemple o criteri a seguir. Una norma és una fórmula que té valor de regla i té per finalitat definir les característiques que ha de posseir un objecte i els productes que han de tenir una compatibilitat per ser utilitzats a nivell internacional. La finalitat principal de les normes ISO és orientar, coordinar, simplificar i unificar els usos per aconseguir menors costos i efectivitat.

**[7] CEN: *Comitè Europeu de Normalització*** És una organització no lucrativa privada la missió de la qual és fomentar l'economia europea en el negoci global, el benestar de ciutadans europeus i el medi ambient proporcionant una infraestructura eficient a les parts interessades per al desenvolupament, el manteniment i la distribució de sistemes estàndards coherents i d'especificacions.

**[8] IWA: *International water association*** És un punt de referència mundial per als professionals de l'aigua, que abasten el continu entre la investigació i la pràctica i que cobreix totes les facetes del cicle de l'aigua. A través de la seva xarxa de membres i experts en la investigació, la pràctica, la regulació, la indústria, consultoria i fabricació, IWA està en una posició millor que qualsevol altra organització per ajudar als professionals de l'aigua crear solucions innovadores, pragmàtiques i sostenibles a la impugnació de les necessitats mundials.

**[9] OMS: *Organització Mundial de la salut*** És l'organisme de l'Organització de les Nacions Unides (ONU) especialitzat a gestionar polítiques de prevenció, promoció i intervenció en salut a nivell mundial. Inicialment va ser organitzada pel Consell Econòmic i Social de les Nacions Unides que va impulsar la redacció dels primers estatuts de l'OMS. La primera reunió de l'OMS va tenir lloc en Ginebra, en 1948. Els 193 Estats Membres de l'OMS governen l'Organització per mitjà de l'Assemblea Mundial de la Salut.

**[10] Hipòcrates:** Va ser un metge de l'Antiga Grècia que va exercir durant l'anomenat segle de Pèricles. És considerat una de les figures més destacades de la història de la medicina i molts autors es refereixen a ell com el «pare de la medicina» en reconeixement als seus importants i duradores contribucions a aquesta ciència com a fundador de l'escola que porta el seu nom. Aquesta escola intel·lectual va revolucionar la medicina de l'Antiga Grècia, establint-la com una disciplina separada

d'altres camps amb els quals la hi havia associat tradicionalment (notablement la teúrgia i la filosofia), convertint l'exercici de la medicina en una autèntica professió.

**[11] Forces de London:** Són forces que es presenten en totes les substàncies moleculars. Són el resultat de l'atracció entre els extrems positiu i negatiu de dipols induïts en molècules adjacents. Quan els electrons d'una molècula adquireixen momentàniament una distribució no uniforme, provoquen que en una molècula veïna es formi momentàniament un dipol induït. Una molècula amb una falta d'uniformitat momentània en la distribució de la seva càrrega elèctrica pot induir un dipol en una molècula veïna per un procés anomenat polarització. Fins i tot els àtoms dels gasos nobles, les molècules de gasos diatòmics com l'oxigen, el nitrogen i el clor (que han de ser no polars) i les molècules d'hidrocarburs no polars com el  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$  tenen tals dipols instantanis.

**[12] IUPAC: *International Union of Pure and Applied Chemists*** És un sistema de nomenclatura de compostos químics i de descripció de la ciència i de la química en general. Està desenvolupat i actualitzat sota el patrocini de la Unió Internacional de Química Pura i Aplicada. Les regles per nomenar compostos orgànics i inorgànics estan contingudes en dues publicacions, conegudes com el Llibre Blau i el Llibre Rojo, respectivament. Una tercera publicació, coneguda com el Llibre Verd, descriu les recomanacions per a l'ús de símbols per a quantitats físiques (en associació amb la IUPAP), mentre que la cambra, el Llibre Daurat, conté les definicions d'un gran nombre de termes tècnics usats en química.

**[13] PSA: *Pressure Swing Adsorption*** És conegut per ser un dels processos comercials més econòmics i generalitzat per a la purificació d'hidrogen, de separació d'aire i assecadors d'aire petita escala. Es va introduir l'any 1960 i avui té molts altres usos actuals i potencials, tals com la recuperació de metà dels gasos d'abocador, la producció de diòxid de carboni i altres aplicacions a gran escala. Els processos d'adsorció es basen en el fet que sota la pressió dels gasos tendeixen a sentir-se atretes a superfícies sòlides, o adsorbida. Com més gran sigui la pressió, el gas és absorbit més, quan es redueix la pressió, el gas és alliberat, o desorció. Els processos de PSA poden utilitzar-se per separar els gasos en una barreja de diferents gasos, perquè tendeixen a ser atrets per diferents superfícies sòlides, més o menys força.

[14] **Joint venture:** És una paraula anglesa que ve a dir col·laboració empresarial; "joint" significa unió i "venture" empresa. Per tant es defineix com la unió de dues o més empreses amb l'objectiu de desenvolupar un negoci o introduir-se en un nou mercat, durant un cert període de temps i amb la finalitat d'obtenir beneficis.

[15] **Van der Waals:** denominada així en honor al científic neerlandès Johannes Diderik Van der Waals, és la força atractiva o repulsiva entre molècules (o entre parts d'una mateixa molècula) diferents a aquelles degudes a l'enllaç covalent o a la interacció electrostàtica de ions amb uns altres o amb molècules neutres. El terme inclou; forces dipol permanent-dipol permanent, forces dipol permanent-dipol induït, forces dipol induït instantani-dipol induït. També s'utilitza en ocasions com un sinònim per a la totalitat de les forces intermoleculars.

[16] **Chemviron:** És un fabricant internacional, un líder mundial en l'aplicació del carbó activat de sistemes de tractament innovadors i de serveis relacionats. Disposa de més de 150 tipus de carbó activat per a aplicacions com: aigua potable, aigües residuals, sucres, productes farmacèutics, purificació d'aire i gasos. Es poden emprar aquests carbons activats en instal·lacions dissenyades a mesura o en qualsevol dels equips de la gamma de sistemes per a adsorció de fase líquida o fase vapor.

[17] **Norit:** És el major productor mundial de carbó activat i serveis relacionats. Amb més del 90 anys d'experiència, ha arribat a produir més de 150 tipus diferents de productes de carbó activat, la qual cosa permet oferir la major quantitat d'opcions, en forma precisa i millor rendiment per a qualsevol aplicació. Ofereix també la reactivació de carbó activat, el canvi de serveis de carboni, i els dos sistemes de carbó granulat i en pols, i equips.

[18] **Degremont:** És una empresa especialitzada en la producció d'aigua potable, i en el tractament d'aigües residuals i llots. Després de començar com una empresa familiar a França en 1939, des de llavors s'ha convertit en una subsidiària de Suez Environment, que empra 4.600 persones en 70 països, i genera ingressos anuals de 1014 milions d'euros (xifres de 2008).

## 6.2 CAPÍTOL 3

[19] **Dr. Fernando Valero:** Llicenciat en Farmàcia (UB), Doctor en Medicina (UAB). Especialista en anàlisi instrumental. Des de 1993 ha ocupat diversos càrrecs tècnics

a ATLL com Cap de Laboratori, Cap de Procés, Cap de R+D i actualment Cap de la planta de dessalació per EDR. Té nombroses presentacions en congressos, articles tècnics i capítols de llibre en l'àmbit de tractament d'aigües de consum.

**[20] TÜV: Internacional Grupo TÜV Rheinland, SL.** Actua com a entitat independent, neutral i competent, es regeix pels principis de total imparcialitat en la realització de les seves activitats d'inspecció, control i certificació i no té interessos en empreses fabricadores, instal·ladores, comercialitzadores o d'un altre tipus que puguin suposar un conflicte d'interès, que pugui al seu torn posar en perill l'objectivitat dels resultats de les seves actuacions. Disposa dels procediments necessaris per analitzar i detectar qualsevol situació que pugui comprometre la imparcialitat de les seves activitats i aplicar, en conseqüència, els mecanismes adequats per assegurar en tot moment l'objectivitat de les seves actuacions d'acord amb els seus principis.

**[21] Dr. Francisco Rodriguez Reinoso:** Llicenciat en Ciències Químiques (1964) Dr. en Ciències Químiques (1967) Postdoctorat Universitat de Bristol (Regne Unit, 1968, 1969), postdoctorat a Pennsylvania State University (USA, 1970,1971), professor de Química Inorgànica a la Universitat de Granada, Espanya (1971-1981) i Catedràtic de Química Inorgànica a la Universitat d'Alacant. Espanya (des de 1981). Autor de més de 200 articles en revistes científiques amb censor i supervisor de 34 tesis doctorals defensades, autor de 7 patents (2 internacionals), i responsable de més de 60 projectes i contractes d'investigació. Editor de la revista internacional Carbon, des de 1991.

**[22] Llei de Beer:** una relació empírica que relaciona l'absorció de llum amb les propietats del material travessat. La llei de \*Beer-\*Lambert relaciona la intensitat de llum entrant en un mitjà amb la intensitat sortint després que en dita mitjana es produeixi absorció. La relació entre ambdues intensitats pot expressar-se a través de la següent relació;

$$I_1/I_0 = e^{-alc} = e^{-A}$$

**[23] Efecte Tyndall:** És el fenomen pel que es posa de manifest la presència de partícules coloidals en una dissolució o un gas, en dispersar o escampar aquestes la llum, mentre que les dissolucions veritables i els gasos sense partícules en suspensió són transparents, doncs pràcticament no dispersen o espargen la llum. Aquesta diferència permet distingir a aquelles barreges homogènies que són suspensions



coloidals. L'efecte Tyndall és obvi quan els fars d'un automòbil s'usen en la boira o quan entra llum solar en una habitació amb pols, i també és el responsable de la terbolesa que presenta una emulsió de dos líquids transparents com són l'aigua i l'oli d'oliva. El científic irlandès John Tyndall va estudiar l'efecte que porta el seu cognom l'any 1869.

**[24] Microsiemens:** Es denomina siemens o siemens, símbol S a la unitat derivada del SI per a la mesura de la conductància elèctrica. Es va nomenar així per l'enginyer alemany Werner von Siemens i es calcula amb l'equació:

$$S = \Omega^{-1}$$

**[25] NPOC: *No Purgable Organic Carbon*** Una altra variant comuna de les anàlisis de COT implica eliminar la fracció de carboni inorgànic en primer lloc i després mesurar el Carboni restant que serà el COT. Aquest mètode implica purgar una mostra acidificada amb aire lliure de carboni o amb nitrogen abans de la mesura, i així el valor obtingut és anomenat amb propietat Carboni Orgànic No Purgable (CONP, o NPCO en anglès)

$$COT(\text{Carboni Orgànic Total}) = CT(\text{Carboni Total}) - CIT(\text{Carboni Inorgànic Total})$$

**[26] Scrubber:** Sistemes de depuració que forma part del grup divers de dispositius de control de la contaminació de l'aire que es pot utilitzar per eliminar algunes partícules i / o els gasos de fuga dels corrents de la indústria. Tradicionalment, el terme "scrubber" s'ha referit als dispositius de control de la contaminació que l'ús de líquid per rentar els contaminants no desitjats d'un corrent de gas genera. Recentment, el terme també s'utilitza per descriure els sistemes que injecten un reactiu sec o suspensió en un corrent de fuga bruta per "rentar" els gasos àcids. Els depuradors són un dels elements primordials que el control de les emissions de gasos, gasos especialment l'àcid.

**[27] SCADA:** Prové de les sigles "Supervisory Control And Data Acquisiton" (Control de Supervisió i Adquisició de Dades). És un sistema basat en computadors que permet supervisar i controlar variables de procés a distància, proporcionant comunicació amb els dispositius de camp (controladors autònoms) i controlant el procés de forma automàtica per mitjà d'un programari especialitzat. També proveeix de tota la informació que es genera en el procés productiu a diversos usuaris, tant

del mateix nivell com d'altres usuaris supervisors dins de l'empresa (supervisió, control qualitat, control de producció, emmagatzematge de dades, etc.).

**[28] Smog fotoquímic:** Es denomina com la contaminació de l'aire, principalment en àrees urbanes, per ozó originat per reaccions fotoquímiques, i altres compostos. Com a resultat s'observa una atmosfera d'un color emplomo o negre . L'ozó és un compost oxidant i tòxic que pot provocar en l'ésser humà problemes respiratoris. Aquest tipus de smog es va descriure per primera vegada a Los Angeles en els anys 40, i se sol donar en ciutats amb bastant tràfic (emissió de monòxid de nitrogen, NO, i compostos orgànics volàtils, COV's), càlides i assolellades, i amb poc moviment de masses d'aire.

**[29] EPA: *Environmental Protection Agency*** La missió de l'Agència de Protecció Ambiental d'Estats Units és la de protegir la salut dels humans i la del medi ambient. Des de 1970, la EPA ha estat treballant per un ambient més net, més saludable, per al poble nord-americà. Li recomanem veure el pla estratègic complet de l'agència, l'informe anual i recursos de política pública. EPA dirigeix les ciències ambientals de la nació, així com també els esforços investigatius, educatius i d'avaluació.

- Desenvolupament i compliment de les regulacions ambientals
- Oferiment d'ajuda financera
- Realitza investigacions ambientals
- Afavoreix consorcis i programes voluntaris
- Educació ambiental addicional

**[30] Brunauer, Emmett i Teller:** La teoria BET tracta d'explicar la física d'adsorció de gasos de molècules sobre una superfície sòlida i serveix com a base per a una tècnica d'anàlisi important per al mesurament de la superfície específica d'un material. L'any 1938, Stephen Brunauer , Pablo Hugo Emmett i Edward Teller van publicar un article sobre la teoria BET en una revista per primera vegada, "BET" es compon de les inicials dels noms dels seus creadors. El model BET, és una extensió del model de Langmuir a l'adsorció en multicapes. Assumeix que la superfície és homogènia i no porosa i que les molècules del gas s'adsorbeixen sobre la superfície de capes successives, completes o no, en equilibri dinàmic entre si i amb les molècules del gas. La seva forma linealitzada que permet una representació gràfica directa, a partir de les dades experimentals de la isoterma d'adsorció.

$$v_{ads}(x_k) = \sum_{i=1}^k \Delta V_i (r_i \leq r_c(x_k)) + \sum_{i=k+1}^n \Delta S_i t_i (r_i > r_c(x_k))$$

**[31] Mètode BHJ:** *Barret, Joyner, Halenda* Pla (1955) per al càlcul de distribució de mesoporus de dades d'adsorció de nitrogen es poden resumir amb la fórmula:

En aquesta fórmula, els anuncis de  $v(x_k)$  és el volum de (líquid) adsorbat [ $\text{cm}^3 / \text{g}$ ] a la pressió relativa  $x_k$  (calculat a partir del valor de l'adsorció s'expressa en [ $\text{cm}^3 / \text{g}$  STP] pels anuncis de  $v(x) = 0.0015468 a(x)$ ),  $V$  volum dels porus es dona en [ $\text{cm}^3 / \text{g}$ ],  $S$  és la superfície [ $\text{m}^2 / \text{g}$ ] i  $t$  és l'espessor de la capa adsorbida (en unitats apropiades).

Aquesta fórmula diu que la quantitat adsorbida en el punt  $k$  d'adsorció isotherm es poden dividir en dues parts ben diferenciades:

1<sup>a</sup>: és un volum de condensat en els porus més petits que una grandària característica en funció de la pressió relativa actual,  $r_c(x_k)$ ,

2<sup>a</sup>: és un volum de pel·lícula adsorbida en tots els porus més grans, calcula una suma de termes:  $\Sigma$  (superfície capil·lar) (espessor de la pel·lícula en els porus).

**[32] Erlenmeyer:** El matràs és un flascó transparent de forma cònica amb una obertura a l'extrem estret, generalment perllongat amb un coll cilíndric, que sol incloure algunes marques. Per la seva forma és útil per realitzar barreges per agitació i per a l'evaporació controlada de líquids; a més, la seva obertura estreta permet la utilització de taps. No se sol utilitzar per al mesurament de líquids ja que les seves mesures són imprecises. Va ser creat pel químic Emil Erlenmeyer en 1861.

# **GLOSSARI I ACRÒNIMS**

## GLOSSARI I ACRÒNIMS

### 7.1 Glossari de termes utilitzats a l'àmbit del carbó

#### Adsorbat

Són aquelles substàncies adsorbides per un carbó activat o per un altre material adsorbent.

#### Adsorbent

Material, com el carbó activat, en el qual es verifica el fenomen de l'adsorció.

#### Adsorció

Adhesió d'un finíssim estrat de molècules, líquides o gasoses, a la superfície de sòlids (per exemple, carbó activat) amb els que entren en contacte.

#### Altura del llit

Espessor de carbó, expressat en unitats de longitud, paral·lel al flux del corrent fluït, a través del com el fluid ha de passar.

#### Altura crítica del llit

En un sistema de columnes de carbó, és l'estrat de carbó granular que queda saturat només parcialment i que es col·loca a la zona intermèdia entre el carbó completament saturat i el carbó encara fresc. En el cas d'una columna única, es tracta d'aquella part del carbó emprat que no arriba a saturar-se completament.

#### Àrea superficial

És la quantitat de superfície referida al conjunt dels porus del carbó. La hi determina sobre la base d'una isoterma d'adsorció, segons el mètode de Brunauer, Emmett i Teller (BET). S'expressa en  $m^2/g$ .

#### Blau de metilè

L'hi defineix com el nombre de mil·lilitres d'una solució estàndard (0,15%) de blava de metilè, descolorits per 0,1 g de carbó activat.

## BOD

És la mesura de la concentració de les impureses orgàniques, aplicada normalment a les aigües d'abocaments. Representa la quantitat d'oxigen -expressada en mg/l-, requerida pels bacteris perquè portin a terme l'estabilització de les substàncies orgàniques en condicions aeròbiques (generalment en l'espai de cinc dies).

## Break-point

És el moment en que, en condicions operatives específiques, una quantitat significativa de adsorbat comença a desprendre's de l'efluent d'una columna de carbó activat.

## Break-through

Moment en que, l'efluent d'una columna de carbó activat, l'adsorbat aconseguix una concentració preestablerta.

## Calor d'Adsorció

Calor que es desenvolupa en ser adsorbides les molècules.

## Calor específica

És la quantitat de calor per unitat de massa necessari per elevar en 1°C la temperatura d'una substància (en aquest cas, de carbó granulat).

## Capacitat de treball

És la quantitat d'adsorbat que pot ser dessorbit, o sigui la quantitat que pot ser readsorbida per un carbó activat després de reactivació.

## Carbó activat (carbó actiu)

Carbó que ha estat "activat" a alta temperatura mitjançant escalfament per vapor d'aigua i anhídrid carbònic o agents deshidratants, donant lloc a una estructura porosa interna enormement desenvolupada.

## Carbó rentat

Carbó que ha estat sotmès a l'acció d'una solució àcida a fi de dissoldre les cendres en ell contingudes.

## Càrrega hidràulica

Quantitat específica que flueix a través d'una columna, expressada com a raó del cabal per unitats de superfície (ex.  $[m^3/h]/[m^2]$ ).

## Cendres

Contingut mineral del carbó activat. Es defineixen normalment en % del pes de la mostra calcinada pel que fa a la mostra que s'examina.

### Coeficient d'uniformitat

S'obté dividint l'obertura en mil·límetres de la malla del sedàs pel que aconseguix passar el 60% del pes d'una mostra de carbó, entre l'obertura en mil·límetres de la malla que només deixa passar el 10%. Aquest valor s'obté per interpolació d'una corba de distribució granulomètrica.

### COD

És la mesura de la concentració de material orgànic present en una solució. Representa la quantitat d'oxigen, expressada en mg/l, necessària per a l'oxidació completa de les substàncies orgàniques presents (inclosos anhídrid carbònic i aigua) mitjançant un potent agent oxidant i donades particulars condicions d'acidesa.

### Columna de carbó

Una columna emplenada amb carbó activat granulat la funció primària del qual és l'adsorció preferent de tipus de molècules específics.

### Columnes en paral·lel

Un procés d'adsorció en el que el fluid que ha de ser tractat és subdividit en dos o més corrents separades, i a cadascuna d'aquests corrents la hi tracta en una columna diferent.

### Columnes en sèrie

Sistema en que l'efluent d'una primera columna alimenta una segona columna, l'efluent de la segona alimenta una tercera columna, etc.

### Contra-rentat

Procés on l'aigua es veu forçada a travessar un llit de filtrat en direcció oposada a la normal del flux de treball, generalment d'a baix a dalt. Durant el contra-rentat, el llit s'expandeix permetent l'eliminació del material filtrat que anteriorment havia estat contingut de manera mecànica (sòlids suspesos).

### Densitat aparent

És el pes per unitat de volum d'una massa homogènia de carbó activat. Per assegurar la sedimentació uniforme del carbó granulat en el cilindre mesurador, s'utilitza un sistema d'alimentació mitjançant tremuges vibrants.

### Distribució dels porus

És una mesura de l'estructura dels porus que confereixen als carbons activats la seva característica capacitat adsorbent. La hi pot representar de dues maneres: -per distribució integral, que especifica la relació

entre les dimensions dels porus (o sigui, el radi o el diàmetre) i el volum total de tots els porus superiors o inferiors a aquesta dimensió; - per distribució derivada, que indica la quantitat de volum associada als porus la dimensió dels quals estigui compresa entre dos valors específics.

#### Distribució granulomètrica

S'obté fent passar una quantitat pesada de mostra a través d'una sèrie de sedassos de laboratori en sobreposició. És el conjunt de les pesades atrapades en cada sedàs.

#### Duresa

És la mesura de la resistència d'un carbó granulat a l'acció degradant obtinguda amb esferes d'acer en un molí de tambor rotant. Es calcula pesant la quantitat de carbó atrapada a la malla d'un determinat sedàs després d'haver polvoritzat el carbó. S'expressa en % respecte de la quantitat inicial.

#### Expansió del llit contra-rentat

És l'expansió que es produeix quan un llit filtrant és sotmès a contra-rentat. S'expressa normalment en % respecte de l'altura del llit contra-rentat i drenat.

#### Granulometria

S'expressa normalment en mesh, que indiquen les mesures del sedàs entre les que el carbó pot, respectivament, passar o quedar atrapat.

#### Índex d'abració

És la mesura de la resistència de les partícules de carbó a una acció mecànica abrasiva obtinguda mitjançant esferes d'acer en un molí de tambor rotant.

#### Índex de iode

És la quantitat de iode (mg) adsorbida per un gram de carbó en pols, quan la concentració en el punt d'equilibri del filtrat és igual al 0,02N (mètode \*AWWA).

#### Macroporus

Es diuen així als porus continguts en el carbó activat el diàmetre del qual sigui superior als 500 Àngstroms.

#### Mesoporus

Porus continguts en el carbó activat el diàmetre del qual queda comprès entre els 500 i els 30 Àngstroms.



### Microporus

Porus continguts en el carbó activat el diàmetre del qual sigui inferior a 30 Àngstroms.

### Pèrdua de càrrega

És la caiguda de pressió que té lloc durant el pas d'un fluid a través d'una columna que conté carbó activat. Queda determinada per la resistència dinàmica oposada per les partícules de carbó al pas del fluid. Depèn de la granulometria del carbó, de la viscositat del fluid i de la velocitat lineal.

### Reactivació

Restabliment de la capacitat d'adsorció d'un carbó saturat. Pot efectuar-se mitjançant tractament tèrmic, físic o químic.

### Temps de contacte

Temps que necessita un corrent per travessar una columna de carbó, suposant que tot el corrent flueixi a idèntica velocitat. És igual al volum del llit de carbó, en buit, dividit pel volum de l'efluent.

### TOC o COT

Nom de la mesura de la quantitat de compostos orgànics continguts en una mostra d'aigua, expressada en mg/l de carboni. La hi determina amb un analitzador de carboni Beckman, o amb un altre instrument, en que els compostos orgànics siguin oxidats catalíticament amb  $\text{CO}_2$ , i mesurats amb infrarojos. Aquest mètode s'aplica amb freqüència a les aigües d'abocament.

### Volum dels porus

Suma dels macro, meso i microporus, en un carbó activat, o sigui el seu volum total. S'expressa generalment en  $\text{cm}^3/\text{g}$ .

### Vora lliure

És la distància compresa entre l'extrem d'una columna d'adsorció i la superfície lliure del carbó

### Zona de transferència de massa

En un llit de carbó activat, és la regió en que la concentració de l'adsorbat contingut a la fase fluïda decreix, respecte el seu valor inicial d'entrada, fins a la concentració menor analíticament observable.

# BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

### 8.1 Llibres i publicacions consultats

- ***Análisis de las aguas, naturales, residuales i de mar.*** J. Rodier. Ed Omega.(1998)
- ***Ingeniería química , operaciones básicas.*** J.M. Coulson. Tomo II, 3rd ed. Ed. Reverté.(1988)
- ***Introducción a la Ingeniería Química.*** F. García Herruzco, A. de Lucas Martínez, D. Prats Rico, J.M. Rodríguez Maroto. Ed Síntesis colección Ingeniería Química. (2003)
- ***La dessalació per Electrodialísis (ED). Aspectes tècnics i econòmics.*** Dr. Fernando Valero, Dr. E.I. Ramón Arbós.
- ***El abastecimiento de agua a las comarcas del entorno de Barcelona.*** *Resumen y conclusiones de los estudios Mayo 1999.* Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- ***Estació de tractament d'aigües potables del Ter.*** Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- ***Estació de tractament d'aigües potables del Llobregat.*** Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- ***Water Quality and tractament.*** American water Works association, Frederick W.Ponius. Ed. McGraw-Hill. (1997)

## 8.2 Legislació consultada

Aigües prepotalbes:

- RD 927/1988
- RD 1541/1994
- Directiva Marc 2000/60/CE
- RD 995/2000
- Ley de acompañamiento presupuestario, de diciembre de 2003

Aigües aptes pel consum:

- Codi alimentari Espanyol 1967
- RD 1423/1982
- RD 1138/1990
- Directiva 98/83/CEE
- RD 140/2003

## 8.3 Pàgines web consultades

- <http://www.atll.cat>
- <http://www.oviedo.es/personales/carbon/cactivo/impqcatex.htm>
- <http://www.prof.uniandes.edu.co/~infquimi/revista01/id66.htm>
- <http://www.agua.uji.es/pdf/leccionHQ17.pdf>
- <http://www.materiales-sam.org.ar/sitio/biblioteca>

## 8.4 Pàgines de suport

- <http://www.softcatala.org>
- <http://www.grec.net/CGIBIN/LEXICX.PGM>
- <http://www.elmundo.es/diccionarios>

# ANNEX

**Tabla 1 Etiquetado correspondiente a muestras recibidas.**

<b>Etiquetado recibido</b>	<b>Fecha</b>	<b>(Seca/húmeda)</b>	<b>Nomenclatura usada en informe</b>
C virgen Atll (1)	31/05/10	Seca	V
Reactivat (PITA) Atll (2)	31/05/10	Seca	R
A	31/05/10	Seca	A
E	21/06/10	Seca	E
1	29/07/10	Húmeda	1 <sub>29-07-10</sub>
2	29/07/10	Húmeda	2 <sub>29-07-10</sub>
3	29/07/10	Húmeda	3 <sub>29-07-10</sub>
4	29/07/10	Húmeda	4 <sub>29-07-10</sub>
Carbón Virgen AtLL- Col. Vol, filt: 146.09 m <sup>3</sup>	20/08/10	Húmeda	1 <sub>20-08-10</sub>
Carbón React AtLL – Col. Vol filt: 159.32 m <sup>3</sup>	20/08/10	Húmeda	2 <sub>20-08-10</sub>
Carbón A – Col. Vol filt: 155.89 m <sup>3</sup>	20/08/10	Húmeda	3 <sub>20-08-10</sub>
Carbón E – Col. Vol filt: 153.88 m <sup>3</sup>	20/08/10	Húmeda	4 <sub>20-08-10</sub>
Carbón Virgen AtLL- Col. Vol, filt: 265.21 m <sup>3</sup>	17/09/10	Húmeda	1 <sub>17-09-10</sub>
Carbón React AtLL – Col. Vol filt: 292.92m <sup>3</sup>	17/09/10	Húmeda	2 <sub>17-09-10</sub>
Carbón A – Col. Vol filt: 287.65m <sup>3</sup>	17/09/10	Húmeda	3 <sub>17-09-10</sub>
Carbón E – Col. Vol filt: 280.38 m <sup>3</sup>	17/09/10	Húmeda	4 <sub>17-09-10</sub>
Carbón Virgen AtLL- Col. Vol, filt:	28/09/10	Húmeda	1 <sub>28-09-10</sub>
Carbón React AtLL – Col. Vol filt:	28/09/10	Húmeda	2 <sub>28-09-10</sub>
Carbón A – Col. Vol filt:	28/09/10	Húmeda	3 <sub>28-09-10</sub>
Carbón E – Col. Vol filt:	28/09/10	Húmeda	4 <sub>28-09-10</sub>
Carbón Virgen AtLL- Col. Vol, filt: 442,42	21/10/10	Húmeda	1 <sub>21-10-10</sub>
Carbón React AtLL – Col. Vol filt: 487,26 m <sup>3</sup>	21/10/10	Húmeda	2 <sub>21-10-10</sub>
Carbón A – Col. Vol filt: 479,52 m <sup>3</sup>	21/10/10	Húmeda	3 <sub>21-10-10</sub>
Carbón E – Col. Vol filt:470,77 m <sup>3</sup>	21/10/10	Húmeda	4 <sub>21-10-10</sub>
Carbón Kemira PILOTO	21/10/10	Húmeda	Kp <sub>21-10-10</sub>
Virgen Atll PILOTO	21/10/10	Húmeda	VP <sub>21-10-10</sub>
Carbón Virgen AtLL- Col. Vol, filt: m <sup>3</sup>	18/11/10	Húmeda	1 <sub>18-11-10</sub>

Carbón React AtLL – Col. Vol filt:628,43 m <sup>3</sup>	18/11/10	Húmeda	2 <sub>18-11-10</sub>
Carbón A – Col. Vol filt:619,77 m <sup>3</sup>	18/11/10	Húmeda	3 <sub>18-11-10</sub>
Carbón E – Col. Vol filt:609,54 m <sup>3</sup>	18/11/10	Húmeda	4 <sub>18-11-10</sub>
F1 Virgen- ATLL Vol. Filt:694.55 m <sup>3</sup>	17/12/10	Húmeda	1 <sub>18-11-10</sub>
F2 React – ATLL Vol. Filt: 767.60 m <sup>3</sup>	17/12/10	Húmeda	2 <sub>18-11-10</sub>
F3 Carb. A – Kemira Vol. Filt: 757.92 m <sup>3</sup>	17/12/10	Húmeda	3 <sub>18-11-10</sub>
F4 Carb. E Kemira Vo. Filt: 744.94 m <sup>3</sup>	17/12/10	Húmeda	4 <sub>18-11-10</sub>
F1 Carbón Virgen Cadedeu	3/11/10	Seca	F1C.V.
F2 Carbón Virgen Cadedeu	3/11/10	Seca	F2C.V.
F3 Carbón Virgen Cadedeu	3/11/10	Seca	F3C.V.
F4 Carbón Virgen Cadedeu	3/11/10	Seca	F4C.V.
Filtre 1- PP Cadedeu	16/12/10	Húmedo	F1PP <sub>16-12-10</sub>
Filtre 2- PP Cadedeu	16/12/10	Húmedo	F2PP <sub>16-12-10</sub>
Filtre 3- PP Cadedeu	16/12/10	Húmedo	F3PP <sub>16-12-10</sub>
Filtre 4- PP Cadedeu	16/12/10	Húmedo	F4PP <sub>16-12-10</sub>
Carbón Kemira PP Abrera	17/12/10	Húmedo	KP <sub>17-12-10</sub>

### Análisis de las muestras recibidas

#### Isotermas de Nitrógeno a 77 K de las muestras

La textura porosa de las muestras (secas y húmedas) fue analizada mediante adsorción de N<sub>2</sub> a 77K. Previamente a los análisis de adsorción, las muestras fueron desgasificadas a 30°C durante 4h. A continuación se exponen los datos obtenidos.

Tabla 2 Datos correspondientes a isotermas.

Muestra	Superficie BET (m <sup>2</sup> /g)	Reducción de superficie (m <sup>2</sup> /g)	V microporos (cm <sup>3</sup> /g)	V mesoporos (cm <sup>3</sup> /g)	V total (cm <sup>3</sup> /g)
V	970		0.38	0.23	0.61
1 <sub>29-07-10</sub>	1020		0.39	0.17	0.56
1 <sub>20-08-10</sub>	930	9% (4%)	0.35	0.22	0.56
1 <sub>17-09-10</sub>	910	2% (6%)	0.34	0.13	0.47
1 <sub>28-09-10</sub>	990		0.36	0.14	0.50
1 <sub>21-10-10</sub>	885	11% (9%)	0.33	0.16	0.49
1 <sub>18-11-10</sub>	866	2% (11%)	0.32	0.16	0.48
1 <sub>17-12-10</sub>	810	6%(16%)	0.30	0.14	0.44
R	970		0.36	0.24	0.60
2 <sub>29-07-10</sub>	960	1%	0.33	0.33	0.66
2 <sub>20-08-10</sub>	910	5% (6%)	0.32	0.32	0.63
2 <sub>17-09-10</sub>	790	13% (19%)	0.28	0.20	0.48
2 <sub>28-09-10</sub>	755	4% (22%)	0.27	0.19	0.46
2 <sub>21-10-10</sub>	738	2% (24%)	0.25	0.21	0.46
2 <sub>18-11-10</sub>	730	1% (25%)	0.26	0.20	0.46
2 <sub>17-12-10</sub>	650	11%(33%)	0.23	0.17	0.40
A	1045		0.40	0.18	0.58
3A <sub>29-07-10</sub>	990	5%	0.36	0.20	0.56
3A <sub>20-08-10</sub>	960	3% (8%)	0.34	0.14	0.48
3A <sub>17-09-10</sub>	900	6% (14%)	0.32	0.17	0.49
3A <sub>28-09-10</sub>	995	(5%)	0.35	0.14	0.49
3A <sub>21-10-10</sub>	840	16% (20%)	0.30	0.12	0.42
3A <sub>18-11-10</sub>	860	(18%)	0.30	0.15	0.45
3A <sub>17-12-10</sub>	860	(18%)	0.30	0.16	0.46
E	970		0.36	0.29	0.64
(4) E <sub>29-07-10</sub>	930	4%	0.35	0.36	0.72
(4) E <sub>20-08-10</sub>	820	12% (15%)	0.31	0.35	0.61
(4) E <sub>17-09-10</sub>	800	2% (18%)	0.30	0.26	0.60
(4) E <sub>28-09-10</sub>	780	3% (20%)	0.29	0.26	0.55
(4) E <sub>21-10-10</sub>	760	3% (22%)	0.28	0.22	0.50
(4) E <sub>18-11-10</sub>	750	1% (23%)	0.28	0.24	0.52
(4) E <sub>17-12-10</sub>	720	4% (25%)	0.26	0.24	0.50
KP <sub>21-10-10</sub>	1090		0.41	0.21	0.62
KP <sub>17-12-10</sub>	850	22%	0.32	0.14	0.46
VP <sub>21-10-10</sub>	1060		0.38	0.18	0.56



Muestra	Superficie BET (m <sup>2</sup> /g)	Reducción de superficie (m <sup>2</sup> /g)	V microporos (cm <sup>3</sup> /g)	V mesoporos (cm <sup>3</sup> /g)	V total (cm <sup>3</sup> /g)
F1 C.V.	1240		0.45	0.23	0.68
F1 PP <sub>16-12-10</sub>	1135	8%	0.42	0.23	0.65
F2 C.V.	980		0.38	0.15	0.53
F2 PP <sub>16-12-10</sub>	890	9%	0.34	0.15	0.49
F3 C.V.	1035		0.40	0.043	0.44
F3PP <sub>16-12-10</sub>	1019	1%	0.38	0.043	0.45
F4 C.V.	1060		0.37	0.20	0.57
F4 PP <sub>16-12-10</sub>	1020	4%	0.35	0.20	0.56

### Azul de Metileno

Los análisis de azul de metileno se realizaron siguiendo las normas ASTM. Previamente a los ensayos, las muestras secas y húmedas fueron secadas a 80°C en estufa, hasta peso constante.

A continuación se detallan los resultados obtenidos en estos ensayos para las muestras.

**Tabla 3 Datos correspondientes a análisis de azul de metileno.**

muestra	mg de AM/0,1g de C	% Reducción
V	20.4	
1 29-07-10	20.4	0%
1 20-08-10	19.2	6%(6%)
1 17-09-10	18	6% (12%)
1 28-09-10	13.2	26% (35%)
1 21-10-10	13.2	0% (35%)
1 18-11-10	12	1% (40%)
1 17-12-10	10.8	10%(47%)
R	19.2	
2 29-07-10	18	6%
2 20-08-10	16.8	6% (12%)
2 17-09-10	14.4	14% (25%)
2 28-09-10	10.8	25% (44%)
2 21-10-10	8.4	22% (56%)
2 18-11-10	8.4	0% (56%)
2 17-12-10	8.4	0% (56%)
A	21.6	
3A 29-07-10	18	17%
3A 20-08-10	18	0% (17%)
3A 17-09-10	14.4	20% (33%)
3A 28-09-10	12	17% (44%)
3A 21-10-10	7.2	40% (67%)

3A 18-11-10	8.4	(61%)
3A 17-12-10	8.4	(61%)
E	24	
(4) E 29-07-10	21.6	10%
(4) E 20-08-10	18	17% (25%)
(4) E 17-09-10	14.4	20% (40%)
(4) E 28-09-10	13.2	8% (45%)
(4) E 21-10-10	12	9% (50%)
(4) E 18-11-10	12	0% (50%)
(4) E 17-12-10	10.8	10% (55%)
KP <sub>21-10-10</sub>	15.6	
KP <sub>17-12-10</sub>	9.6	38%
VP <sub>21-10-10</sub>	12	
F1 C.V.	21.6	
F1 PP <sub>16-12-10</sub>	18	17%
F2 C.V.	18	
F2 PP <sub>16-12-10</sub>	13.2	26%
F3 C.V.	18	
F3PP <sub>16-12-10</sub>	15.6	13%
F4 C.V.	19.2	
F4 PP <sub>16-12-10</sub>	19.2	0%

### Índice de yodo

Los análisis de índice de yodo se realizaron siguiendo las normas ASTM. Previamente a los ensayos, las muestras saturadas y limpias fueron secadas a 80°C en estufa, hasta peso constante.

A continuación se detallan los resultados obtenidos.

**Tabla 4 Datos correspondientes a análisis de índice de yodo.**

muestra	Promedio	% Reducción
V	1030	
1 (29-07-10)	1017	1%
1 (20-08-10)	963	5% (6%)
1 (17-09-10)	927	4% (10%)
1 (28-09-10)	875	6% (15%)
1 (21-10-10)	846	3%(18%)
1 (18-11-10)	774	8%(25%)
1 (17-12-10)	769	.6%(25%)

R	811	
2 (29-07-10)	752	7%
2 (20-08-10)	736	2%(9%)
2 (17-09-10)	728	1% (10%)
2 (28-09-10)	716	2% (12%)
2 (21-10-10)	702	2% (13%)
2 (18-11-10)	692	1%(15%)
2 (17-12-10)	659	5%(19%)
A	965	
3A (29-07-10)	852	12%
3A (20-08-10)	840	1% (13%)
3A (17-09-10)	833	1% (14%)
3A (28-09-10)	824	1% (15%)
3A (21-10-10)	789	4% (18%)
3A (18-11-10)	789	0%(18%)
3A (17-12-10)	752	5%(22%)
E	1027	
(4) E (29-07-10)	865	16%
(4) E (20-08-10)	815	6% (21%)
(4) E (17-09-10)	786	3% (23%)
(4) E (28-09-10)	776	1% (24%)
(4) E (21-10-10)	758	2% (26%)
(4) E (15-11-10)	754	.5%(27%)
(4) E (17-12-10)	716	5%(30%)
KP <sub>21-10-10</sub>	1057	
KP <sub>17-12-10</sub>	786	26%
VP <sub>21-10-10</sub>	1046	
F1 C.V.	1337	
F1 PP <sub>16-12-10</sub>	1116	16%
F2 C.V.	1102	
F2 PP <sub>16-12-10</sub>	906	18%
F3 C.V.	1188	
F3PP <sub>16-12-10</sub>	1071	10%
F4 C.V.	997	
F4 PP <sub>16-12-10</sub>	911	9%

En general valor del índice de yodo decrece; esta disminución está relacionada con la superficie accesible en cada muestra de carbón, tras su uso como adsorbente y, en principio, se correlaciona bastante bien con los valores de  $S_{BET}$  obtenidos mediante adsorción de  $N_2$ .

## TAULA DE RESULTATS D'ANALÍTQUES COMPLETES

		1,1,1-tricloretà	1,1,2,2-tetracloretà	1,1,2-tricloretà	1,1-dicloretà	1,1-dicloretilè	1,2-dicloretà	c-1,2-dicloretilè	Tricloretilè	Tetraclor-etilè
<b>DEC</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0,042
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,029
<b>F1</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>F2</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>F3</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>F4</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Taula 1: resultats analítics d'elements orgànics COV'S (µg/l). Elaboració pròpia.

		Benzo (a) pirè	Benzo (b) fluorantè	Benzo (g,h,i) perilè	Benzo (k) fluorantè	Fluorantè
<b>DEC</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0
<b>F1</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0
<b>F2</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0
<b>F3</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0
<b>F4</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0

Taula 2: resultats analítics d'elements orgànics HAP'S (µg/l). Elaboració pròpia.

		Aldrí	beta HCH	Dialdrí	Endrí	gamma HCH	Heptaclor epoxi	pp'-DDD	pp'-DDT
<b>DEC</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0,01
<b>F1</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>F2</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>F3</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>F4</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
		alfa HCH	delta HCH	Endosulfà sulfat	Endrí aldehid	Heptaclor	Plaguicides totals	pp'-DDE	pp'-Metoxiclor
<b>DEC</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0	0,059	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0	0,026	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0	0,040	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0	0,025	0	0,01
<b>F1</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0	0,013	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0	0,007	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0	0,003	0	0
<b>F2</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0	0,011	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0	0,007	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0	0,005	0	0
<b>F3</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0	0,020	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0	0,007	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0	0,012	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0	0,009	0	0
<b>F4</b>	1ªanàlisi	0	0	0	0	0	0,031	0	0
	2ªanàlisi	0	0	0	0	0	0	0	0
	3ªanàlisi	0	0	0	0	0	0,005	0	0
	4ªanàlisi	0	0	0	0	0	0,005	0	0

Taula 3: resultats analítics d'elements orgànics Pesticides ( $\mu\text{g/l}$ ). Elaboració pròpia.

		Benzè	Etilbenzè	m-xilé	o-xilé	p-xilé	Toluè
<b>DEC</b>	1 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
	2 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
	3 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
	4 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
<b>F1</b>	1 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
	2 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
	3 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
	4 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
<b>F2</b>	1 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
	2 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
	3 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
	4 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
<b>F3</b>	1 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
	2 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
	3 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
	4 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
<b>F4</b>	1 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
	2 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
	3 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0
	4 <sup>a</sup> anàlisi	0	0	0	0	0	0

Taula 4: resultats analítics d'elements orgànics, Benzè i derivats (µg/l). Elaboració pròpia.

## TAULA DE RESULTATS D'ANALÍTQUES DIARIES

Data	Mostra	TOC	UV	pH	CE	Color	Terbolesa	%eliminació TOC	%eliminació UV
27/01/2011	DEC PP	1,739	3,91	7,68	418	0,95		12,96	-7,09
10/11/2010	F1 PP	0	0	7,82	378			100,00	100,00
10/11/2010	F2 PP	0	0	7,95	404			100,00	100,00
10/11/2010	F3 PP	0,3069	0,452	8,37	411			82,35	88,44
10/11/2010	F4 PP	0	0	7,73	415			100,00	100,00
21/01/2011	DEC PP	1,757	4,12	7,59	418	0,86		0,00	0,00
11/11/2010	F1 PP	0	0	7,77	370			100,00	100,00
11/11/2010	F2 PP	0	0	7,88	410			100,00	100,00
11/11/2010	F3 PP	0,698	0,579	7,94	412			60,27	85,95
12/11/2010	F4 PP	0	0	7,71	409			100,00	100,00
14/02/2011	DEC PP	1,775	3,51	7,82	413	0,587		12,04	3,12
12/11/2010	F1 PP	0	0	7,8	372			100,00	100,00
12/11/2010	F2 PP	0	0	7,86	408			100,00	100,00
11/11/2010	F4 PP	0,005	0	7,62	414			99,72	100,00
04/01/2011	DEC PP	1,783	3,82	7,73	407			0,00	0,00
16/11/2010	F1 PP	0	0,056	7,76	374			100,00	98,53
19/11/2010	F2 PP	0	0,066	7,78	484			100,00	98,27
16/11/2010	F3 PP	0,856	1,379	7,93	396			51,99	63,90
16/11/2010	F4 PP	0,2257	0,503	7,84	402			87,34	86,83
10/02/2011	DEC PP	1,793	3,91	7,76	408	1,04		11,11	-4,88
17/11/2010	F1 PP	0	0,118	7,78	378			100,00	96,98
16/11/2010	F2 PP	0,0087	0,068	7,89	396			99,51	98,26
17/11/2010	F3 PP	0,986	1,647	7,81	406			45,01	57,88
17/11/2010	F4 PP	0,3142	0,631	7,81	402			82,48	83,86
19/11/2010	DEC PP	1,795	4,006	7,67	401			0,00	0,00
18/11/2010	F1 PP	0	0,176	7,8	362			100,00	95,61
17/11/2010	F2 PP	0,0918	0,143	7,86	384			94,89	96,43
18/11/2010	F3 PP	1,141	1,833	7,86	401			36,43	54,24
18/11/2010	F4 PP	0,4515	0,784	7,77	403			74,85	80,43
17/12/2010	DEC PP	1,801	4,01	7,74				0,00	0,00
19/11/2010	F1 PP	0	0,215	7,89	370			100,00	94,64
18/11/2010	F2 PP	0,1635	0,227	7,81	385			90,92	94,34
04/01/2011	F3 PP	1,384	3,02	7,79	399			23,15	24,69
19/11/2010	F4 PP	0,5145	1,174	7,85	404			71,43	70,72
18/01/2011	DEC PP	1,822	3,87	7,7		0,99		0,00	0,00
24/11/2010	F1 PP	0,3	0,608	7,76	489	0,046		83,53	84,29
24/11/2010	F2 PP	0,2704	0,552	7,81	381	0		85,16	85,74
19/11/2010	F3 PP	1,421	2,246	7,91	394			22,01	41,96
23/11/2010	F4 PP	0,8855	1,345	7,79	405	0,23		51,40	65,25
03/02/2011	DEC PP	1,824	3,58	7,93	417	0,81		9,48	0,83
23/11/2010	F1 PP	0,3284	0,266	7,82	460	0,051		82,00	92,57
23/11/2010	F2 PP	0,2927	0,176	7,8	381	0		83,95	95,08
23/11/2010	F3 PP	1,442	2,38	7,8	405	0,301		20,94	33,52
26/11/2010	F4 PP	0,9451	1,819	7,75	408	0,271		48,19	49,19
07/03/2011	DEC PP	1,826	3,44		471	0,68	0,33	13,46	-2,18
16/12/2010	F1 PP	0,3554	0,99					80,54	71,22
26/11/2010	F2 PP	0,2937	0,557	7,7	362	0		83,92	83,81
21/01/2011	F3 PP	1,445	3,36	7,66	426	0,81		20,87	2,33
11/01/2011	F4 PP	1,093	2,47	7,76		0,496		40,14	28,20

24/02/2011	DEC PP	1,829	3,35	7,78	387	0,72			10,12	-1,42
26/11/2010	F1 PP	0,4	0,544	7,71	478	0			78,13	83,76
02/12/2010	F2 PP	0,3235	0,369	7,78	346	0			82,31	88,99
26/11/2010	F3 PP	1,472	2,634	7,77	410	0,271			19,52	21,37
24/11/2010	F4 PP	1,116	1,611	7,83	398	0,36			38,98	51,91
13/01/2011	DEC PP	1,86	3,97	7,69		0,68			0,00	0,00
02/12/2010	F1 PP	0,4641	0,371	7,79	411	0,007			75,05	90,65
10/12/2010	F2 PP	0,4811	1,16						74,13	70,78
16/12/2010	F3 PP	1,477	2,89						20,59	27,20
03/12/2010	F4 PP	1,151	1,561	7,72	407	0,201			38,12	60,68
11/01/2011	DEC PP	1,862	4,17	7,72		0,992			0,00	0,00
10/12/2010	F1 PP	0,5060	0,99						72,82	76,26
04/01/2011	F2 PP	0,4843	1,38	7,79	403				73,99	66,91
27/01/2011	F3 PP	1,486	3,45	7,69	417	1,26			25,63	5,51
13/01/2011	F4 PP	1,187	2,46	7,69		0,5			36,25	41,01
25/02/2011	DEC PP	1,868	3,34	7,76	451	0,54	0,39		9,10	15,87
11/01/2011	F1 PP	0,5689	1,57	7,76		0,046			69,54	52,99
17/12/2010	F2 PP	0,594	1,48						68,20	55,69
14/02/2011	F3 PP	1,555	3,3	7,7	404	0,857			22,94	8,92
21/01/2011	F4 PP	1,191	2,79	7,66	426	0,72			36,24	16,47
04/03/2011	DEC PP	1,873	3,65		470	0,95	0,25		10,94	-70,24
04/01/2011	F1 PP	0,6295	1,29	7,77	405				66,39	64,66
16/12/2010	F2 PP	0,5948	1,28						68,24	64,93
11/01/2011	F3 PP	1,564	3,14	7,68		0,677			16,50	13,97
16/12/2010	F4 PP	1,25	2,33						33,26	36,16
09/03/2011	DEC PP	1,886	3,45			0,5	0,38		11,00	12,44
15/12/2010	F1 PP	0,6703	1,61						64,46	53,33
03/12/2010	F2 PP	0,6041	0,427	7,8	348	0			67,97	87,62
10/12/2010	F3 PP	1,5650	3,02						17,02	12,46
04/01/2011	F4 PP	1,284	2,49	7,81	399				31,92	27,83
03/08/2011	DEC PP	1,914	3,53		456	1,31	0,3		8,94	3,92
13/01/2011	F1 PP	0,684	1,75	7,4		0,23			64,26	50,42
13/12/2010	F2 PP	0,6488	1,32						66,10	62,61
24/11/2010	F3 PP	1,571	2,559	7,79	400	0,27			17,92	27,51
14/12/2010	F4 PP	1,31	2,47						31,56	30,03
22/02/2011	DEC PP	1,941	3,77	7,92	422	1,31			4,43	-8,65
21/01/2011	F1 PP	0,7514	1,96	7,63	424	0,27			61,29	48,01
15/12/2010	F2 PP	0,6714	1,41						65,41	62,60
17/12/2010	F4 PP	1,388	2,46						28,49	34,75
03/12/2010	DEC PP	1,953	3,721	7,69	411	0,796			0,00	0,00
17/12/2010	F1 PP	0,7673	1,71						60,71	54,04
11/01/2011	F2 PP	0,7309	1,52	7,73		0,046			62,58	59,15
13/01/2011	F3 PP	1,601	3,19	7,7		0,86			18,02	14,27
15/12/2010	F4 PP	1,393	2,52						28,67	32,28
28/02/2011	DEC PP	1,954	3,47	7,89	449	0,99			5,28	9,52
14/12/2010	F1 PP	0,7913	1,57						59,50	54,76
13/01/2011	F2 PP	0,7461	1,64	7,7		0,14			61,82	52,74
09/03/2011	F3 PP	1,607	3,12			1,08	0,22		24,16	20,81
13/12/2010	F4 PP	1,394	2,56						28,66	26,22
14/12/2010	DEC PP	1,961	3,92	7,81					0,00	0,00
18/01/2011	F1 PP	0,8061	1,61	7,65		0,32			58,89	58,93
21/01/2011	F2 PP	0,8168	1,99	7,65	424	0,001			58,35	49,23
15/12/2010	F3 PP	1,608	3,18						18,00	18,88



09/03/2011	F4 PP	1,465	2,71			0,59	0,48		30,86	31,22
16/12/2010	DEC PP	1,968	3,89	7,59					0,00	0,00
13/12/2010	F1 PP	0,8261	1,5						58,02	61,44
14/12/2010	F2 PP	0,8265	1,43						58,00	63,24
03/02/2011	F3 PP	1,645	3,21	7,76	422	0,86			18,36	11,08
27/01/2011	F4 PP	1,477	2,98	7,71	419	0,95			26,08	18,38
18/11/2010	DEC PP	1,984	3,665	7,65	404				0,00	0,00
03/12/2010	F1 PP	0,9224	0,514	7,77	415	0,034			53,51	85,98
27/01/2011	F2 PP	1,062	2,26	7,68	414	0,54			46,85	38,10
02/02/2011	F3 PP	1,653	3,09	7,71	421	0,81			17,84	19,28
28/02/2011	F4 PP	1,514	2,6	7,7	457	0,68			26,61	32,20
17/11/2010	DEC PP	1,998	3,651	7,69	409				0,00	0,00
27/01/2011	F1 PP	0,9836	2,35	7,67	407	0,77			50,77	35,63
10/02/2011	F2 PP	1,081	2,56	7,68	413	1,08			46,41	31,33
22/02/2011	F3 PP	1,659	2,9	7,69	435	0,81			18,32	16,43
04/03/2011	F4 PP	1,526	3,04		474	1,53	0,55		27,44	-41,79
24/11/2010	DEC PP	2,012	3,828	7,68	396	0,406			0,00	0,00
14/02/2011	F1 PP	1,068	2,13	7,62	407	0,226			47,08	41,21
03/02/2011	F2 PP	1,193	2,01	7,83	422	0,23			40,79	44,32
28/02/2011	F3 PP	1,672	3,23	7,69	450	1,35			18,95	15,78
22/02/2011	F4 PP	1,543	2,83	7,69	437	0,54			24,03	18,44
18/03/2011	DEC PP	2,015	3,61			1,308	0,65		12,69	14,45
03/02/2011	F1 PP	1,077	1,94	7,76	406	0,23			46,55	46,26
18/01/2011	F2 PP	1,206	1,81	7,66		0,54			40,15	49,86
18/01/2011	F3 PP	1,696	3,24	7,67		1,62			15,83	10,25
10/12/2010	F4 PP	1,5650	3,02						22,33	16,34
16/11/2010	DEC PP	2,017	3,728	7,68	403				0,00	0,00
02/02/2011	F1 PP	1,139	1,88	7,7	420	0,32			43,39	50,89
28/02/2011	F2 PP	1,271	2,01	7,68	454	0,14			38,39	47,59
03/12/2010	F3 PP	1,745	2,041	7,8	406	0,236			13,49	45,25
24/02/2011	F4 PP	1,602	2,53	7,67	433	0,45			21,28	23,40
23/11/2010	DEC PP	2,018	3,623	7,71	405	0,571			0,00	0,00
10/02/2011	F1 PP	1,195	2,6	7,71	412	1,13			40,75	30,26
24/02/2011	F2 PP	1,293	2,09	7,69	4,28	0,23			36,46	36,72
24/02/2011	F3 PP	1,753	2,74	7,7	431	0,23			13,86	17,05
03/02/2011	F4 PP	1,616	2,66	7,83	423	0,68			19,80	26,32
02/02/2011	DEC PP	2,022	3,5	7,75	418	1,22			0,00	0,00
09/03/2011	F1 PP	1,248	2,18			0,54	0,33		41,10	44,67
07/03/2011	F2 PP	1,312	2,29		471	0,5	0,26		37,82	31,98
10/02/2011	F3 PP	1,764	3,58	7,71	417	1,62			12,54	3,97
07/03/2011	F4 PP	1,627	2,73		473	0,72	0,45		22,89	18,91
16/02/2011	DEC PP	2,031	3,47	7,77	410	0,27			-0,45	0,86
04/03/2011	F1 PP	1,266	2,61		471	2,07	0,23		39,80	-21,74
09/03/2011	F2 PP	1,347	2,25			0,72	0,35		36,43	42,89
04/03/2011	F3 PP	1,766	3,58		470	2,57	0,2		16,02	-66,98
25/02/2011	F4 PP	1,632	2,56	7,75	443	0,5	0,15		20,58	35,52
11/11/2010	DEC PP	2,035	3,303	7,77	414				0,00	0,00
24/02/2011	F1 PP	1,285	2,09	7,66	417	0,41			36,86	36,72
14/03/2011	F2 PP	1,36	2,253			0,271	0,15		37,36	41,48
07/03/2011	F3 PP	1,769	3,12		473	0,72	0,45		16,16	7,33
10/02/2011	F4 PP	1,662	3,03	7,71	415	0,95			17,60	18,72
15/12/2010	DEC PP	2,055	3,97	7,67					0,00	0,00
28/02/2011	F1 PP	1,307	2,09	7,77	436	0,77			36,65	45,50

02/02/2011	F2 PP	1,395	1,9	7,67	421	0,23		30,67	50,37
17/03/2011	F3 PP	1,772	1,565			0,587	0,14	19,49	54,33
14/03/2011	F4 PP	1,665	2,998			0,812	0,13	23,31	22,13
26/11/2010	DEC PP	2,063	3,835	7,66	407	0,812		0,00	0,00
25/02/2011	F1 PP	1,319	2,18	7,72	445	0,5	0,15	35,82	45,09
18/03/2011	F2 PP	1,486	2,49			0,857	0,26	35,62	41,00
18/03/2011	F3 PP	1,806	3,32			1,533	0,27	21,75	21,33
18/03/2011	F4 PP	1,667	2,91			1,488	0,35	27,77	31,04
02/12/2010	DEC PP	2,102	3,674	7,68	409	0,801		0,00	0,00
03/08/2011	F1 PP	1,322	2,5		465	0,99	0,2	37,11	31,95
17/03/2011	F2 PP	1,488	2,136			0,136	0,19	32,39	37,67
25/02/2011	F3 PP	1,813	2,92	7,74	442	0,72	0,26	11,78	26,45
03/08/2011	F4 PP	1,677	3,01		470	1,49	0,15	20,22	18,07
17/03/2011	DEC PP	2,103	2,144			1,037	0,6	4,45	37,44
07/03/2011	F1 PP	1,345	2,29		471	0,77	0,17	36,26	31,98
03/08/2011	F2 PP	1,506	2,49		470	1,98	0,25	28,35	32,23
16/02/2011	F3 PP	1,842	3,35	7,73	408	1,13		8,90	4,29
02/12/2010	F4 PP	1,682	1,452	7,74	404	0,193		20,02	32,28
10/11/2010	DEC PP	2,11	3,3667	7,76	415			0,00	0,00
18/03/2011	F1 PP	1,388	2,29			0,542	0,3	39,86	45,73
22/02/2011	F2 PP	1,53	2,38	7,73	434	0,54		24,67	31,41
14/03/2011	F3 PP	1,866	3,279			0,812	0,17	14,05	14,83
17/03/2011	F4 PP	1,682	2,598			0,226	0,18	23,58	24,19
14/03/2011	DEC PP	2,119	3,94			1,086	0,66	2,40	-2,34
14/03/2011	F1 PP	1,393	2,344			0,271	0,23	35,84	39,12
16/02/2011	F2 PP	1,602	2,38	7,82	406	0,54		20,77	32,00
03/08/2011	F3 PP	1,884	3,37		472	1,62	0,39	10,37	8,27
16/02/2011	F4 PP	1,753	3,01	7,74	404	1,31		13,30	14,00
13/12/2010	DEC PP	2,171	3,85	7,76				0,00	0,00
16/02/2011	F1 PP	1,397	2,32	7,73	407	0,18		30,91	33,71
22/03/2011	F2 PP	1,625	2,69			0,05	0,21	29,74	29,02
02/12/2010	F3 PP	1,982	1,976	7,79	403	0,194		8,71	48,68
22/03/2011	F4 PP	1,786	3,14			0,32	0,33	22,78	17,15
10/12/2010	DEC PP	2,1800	3,76	7,78				0,00	0,00
17/03/2011	F1 PP	1,465	2,122			0,181	0,19	33,44	38,08
04/03/2011	F2 PP	1,661	2,6		472	1,89	0,2	21,02	-21,27
04/04/2011	F3 PP	1,993	3,7			1,26	0,24	32,53	18,86
14/02/2011	F4 PP	1,814	2,91	7,78	380	0,587		10,11	19,68
12/11/2010	DEC PP	2,201	3,427	7,79	411			0,00	0,00
22/02/2011	F1 PP	1,489	2,47	7,75	432	0,81		26,69	28,82
16/03/2011	F2 PP	1,68	3,13			0,54	0,11	22,94	16,76
14/12/2010	F3 PP	2,01	3,32					8,68	3,12
04/04/2011	F4 PP	1,848	3,27			0,86	0,27	37,44	28,29
04/04/2011	DEC PP	2,308	4,22			1,8	0,67	21,87	7,46
22/03/2011	F1 PP	1,625	2,78			0,23	0,31	29,74	26,65
14/02/2011	F2 PP	1,716	2,5	7,68	409	0,767		14,97	31,00
22/03/2011	F3 PP	2,051	3,62			0,72	0,2	11,33	4,49
01/04/2011	F4 PP	1,858	3,21			1,13	0,68	29,94	25,87
01/04/2011	DEC PP	2,313	3,79			1,13	2,38	12,78	12,47
01/04/2011	F1 PP	1,724	2,79			0,68	0,4	34,99	35,57
01/04/2011	F2 PP	1,733	2,87			0,72	0,36	34,65	33,72
13/12/2010	F3 PP	2,052	3,33					11,28	12,14
30/03/2011	F4 PP	1,924	3,35			1,22	1,06	17,10	13,44

22/03/2011	DEC PP	2,321	3,87			0,5	1,05	-0,35	-2,11
30/03/2011	F1 PP	1,808	2,99			0,99	1,08	22,10	22,74
30/03/2011	F2 PP	1,857	2,92			0,81	0,8	19,99	24,55
30/03/2011	F3 PP	2,09	3,81			1,4	0,7	9,95	1,55
16/03/2011	F4 PP	2,065	3,87			1,49	0,27	5,28	-2,93
30/03/2011	DEC PP	2,652	4,33			1,53	4,2	-14,26	-11,89
04/04/2011	F1 PP	1,816	3,32			1,35	0,22	38,52	27,19
25/02/2011	F2 PP	1,98	2,32	7,73	443	0,54	0,26	3,65	41,56
16/03/2011	F3 PP	2,23	4,29			1,35	0,12	-2,29	-14,10
02/02/2011	F4 PP	2,216	2,76	7,7	420	0,72		-10,14	27,90
16/03/2011	DEC PP	2,954	4,56			1,31	1,09	-35,50	-21,28
16/03/2011	F1 PP	1,9	3,18			0,86	0,36	12,84	15,43
04/04/2011	F2 PP	2,213	3,13			0,59	0,26	25,08	31,36
01/04/2011	F3 PP	2,27	3,68			1,22	0,55	14,40	15,01
18/01/2011	F4 PP	2,416	2,81	7,67		0,72		18,21	38,38

## TAULA DE CÀLCULS PER L'ELABORACIÓ DELS GRÀFICS

	F1			
Data	Volum acumulat	Volum per lit	%eliminació TOC	%eliminació UV
10/11/2010	7	89,8	100,0	100,0
11/11/2010	18	231,0	100,0	100,0
12/11/2010	28	359,3	100,0	100,0
16/11/2010	64	821,2	100,0	98,5
17/11/2010	75	962,4	100,0	96,8
18/11/2010	86	1103,5	100,0	95,2
19/11/2010	96	1231,9	100,0	94,6
23/11/2010	139	1783,6	83,7	92,7
24/11/2010	146	1873,4	85,1	84,1
26/11/2010	162	2078,8	80,6	85,8
02/12/2010	209	2681,8	77,9	89,9
03/12/2010	214	2746,0	52,8	86,2
10/12/2010	230	2951,3	76,8	73,7
13/12/2010	262	3361,9	61,9	61,0
14/12/2010	272	3490,3	59,6	59,9
15/12/2010	283	3631,4	67,4	59,4
16/12/2010	293	3759,7	81,9	74,6
17/12/2010	303	3888,0	57,4	57,4
04/01/2011	319	4093,3	64,7	66,2
11/01/2011	339	4350,0	69,4	62,4
13/01/2011	357	4581,0	63,2	55,9
21/01/2011	417	5350,9	57,2	52,4
27/01/2011	476	6107,9	43,4	39,9
02/02/2011	543	6967,7	43,7	46,3
03/02/2011	544	6980,5	41,0	45,8
10/02/2011	614	7878,7	33,4	33,5
14/02/2011	657	8430,5	39,8	39,3
16/02/2011	678	8700,0	31,2	33,1
22/02/2011	719	9226,1	23,3	34,5
24/02/2011	737	9457,0	29,7	37,6
25/02/2011	748	9598,2	29,4	34,7
28/02/2011	773	9919,0	33,1	39,8
03/08/2011	802	10291,1	30,9	29,2
04/03/2011	812	10419,4	32,4	28,5
07/03/2011	844	10830,0	26,3	33,4
09/03/2011	859	11022,5	33,8	36,8
14/03/2011	901	11561,5	34,3	40,5
16/03/2011	918	11779,6	35,7	30,3
17/03/2011	928	11907,9	30,3	30,3
18/03/2011	939	12049,1	31,1	36,6
22/03/2011	982	12600,8	30,0	28,2
30/03/2011	1066	13678,7	31,8	30,9
01/04/2011	1088	13961,0	25,5	26,4
04/04/2011	1120	14371,6	21,3	21,3

<b>F2</b>				
Data	Volum acumulat	Volum per lit	%eliminació TOC	%eliminació UV
10/11/2010	7,0	89,8	100,0	100,0
11/11/2010	17,0	218,1	100,0	100,0
12/11/2010	28,0	359,3	100,0	100,0
16/11/2010	65,0	834,1	99,6	98,2
17/11/2010	75,0	962,4	95,4	96,1
18/11/2010	86,0	1103,5	91,8	93,8
19/11/2010	97,0	1244,7	100,0	98,4
23/11/2010	139,0	1783,6	85,5	95,1
24/11/2010	146,0	1873,4	86,6	85,6
26/11/2010	162,0	2078,8	85,8	85,5
02/12/2010	193,0	2476,5	84,6	90,0
03/12/2010	197,0	2527,9	69,1	88,5
10/12/2010	214,0	2746,0	77,9	69,1
13/12/2010	246,0	3156,6	70,1	65,7
14/12/2010	256,0	3284,9	57,9	63,5
15/12/2010	266,0	3413,3	67,3	64,5
16/12/2010	275,0	3528,7	69,8	67,1
17/12/2010	282,0	3618,6	67,0	63,1
04/01/2011	300,0	3849,5	72,8	63,9
11/01/2011	321,0	4119,0	60,7	63,5
13/01/2011	341,0	4375,6	59,9	58,7
21/01/2011	415,0	5325,2	53,5	51,7
27/01/2011	478,0	6133,6	38,9	42,2
02/02/2011	537,0	6890,7	31,0	45,7
03/02/2011	548,0	7031,8	35,0	43,9
10/02/2011	619,0	7942,9	39,7	34,5
14/02/2011	662,0	8494,7	39,7	28,8
16/02/2011	683,0	8764,1	21,1	31,4
22/02/2011	738,0	9469,9	21,2	36,9
24/02/2011	755,0	9688,0	29,3	37,6
25/02/2011	765,0	9816,3	29,3	30,5
28/02/2011	791,0	10150,0	35,0	42,1
03/08/2011	822,0	10547,7	21,3	29,5
04/03/2011	833,0	10688,9	21,3	28,8
07/03/2011	865,0	11099,5	28,1	33,4
09/03/2011	882,0	11317,7	28,6	34,8
14/03/2011	923,0	11843,8	35,8	42,8
16/03/2011	945,0	12126,1	43,1	31,4
17/03/2011	955,0	12254,4	29,2	31,4
18/03/2011	966,0	12395,5	26,3	31,0
22/03/2011	991,0	12716,3	30,0	30,5
30/03/2011	1076,0	13807,0	30,0	32,6
01/04/2011	1097,0	14076,5	25,1	24,3
04/04/2011	1129,0	14487,1	4,1	25,8

F3				
Data	Volum acumulat	Volum per lit	%eliminació TOC	%eliminació UV
10/11/2010	7	89,8	85,5	86,6
11/11/2010	15	192,5	65,7	82,5
12/11/2010	15	192,5	57,6	63,0
16/11/2010	31	397,8	50,7	54,9
17/11/2010	41	526,1	50,7	54,9
18/11/2010	52	667,3	42,5	50,0
19/11/2010	62	795,6	20,8	43,9
23/11/2010	104	1334,5	28,5	34,3
24/11/2010	111	1424,3	21,9	33,2
26/11/2010	126	1616,8	28,6	31,3
02/12/2010	177	2271,2	5,7	46,2
03/12/2010	180	2309,7	10,7	45,1
10/12/2010	196	2515,0	28,2	19,7
13/12/2010	228	2925,7	5,5	13,5
14/12/2010	238	3054,0	5,5	15,3
15/12/2010	249	3195,1	21,8	19,9
16/12/2010	256	3284,9	24,9	25,7
17/12/2010	256	3284,9	24,9	25,7
04/01/2011	271	3477,4	22,4	20,9
11/01/2011	287	3682,7	16,0	24,7
13/01/2011	305	3913,7	13,9	19,6
21/01/2011	378	4850,4	17,8	18,4
27/01/2011	437	5607,5	14,5	11,8
02/02/2011	494	6338,9	18,2	11,7
03/02/2011	505	6480,1	10,0	10,3
10/02/2011	578	7416,8	1,6	8,4
14/02/2011	619	7942,9	12,4	6,0
16/02/2011	640	8212,4	9,3	3,5
22/02/2011	679	8712,8	14,5	3,5
24/02/2011	698	8956,6	4,2	12,6
25/02/2011	708	9084,9	2,9	12,6
28/02/2011	727	9328,7	14,4	6,9
03/08/2011	758	9726,5	1,6	4,5
04/03/2011	769	9867,7	5,7	1,9
07/03/2011	801	10278,3	3,1	9,3
09/03/2011	817	10483,6	14,8	9,6
14/03/2011	857	10996,9	11,9	16,8
16/03/2011	877	11253,5	24,5	5,9
17/03/2011	886	11369,0	15,7	7,0
18/03/2011	896	11497,3	10,4	8,0
22/03/2011	924	11856,6	11,6	6,5
30/03/2011	1000	12831,8	21,2	12,0
01/04/2011	1021	13101,3	1,9	2,9
04/04/2011	1053	13511,9	13,7	12,3

F4				
Data	Volum acumulat	Volum per lit	%eliminació TOC	%eliminació UV
10/11/2010	7	89,8	100,0	100,0
11/11/2010	17	218,1	99,8	100,0
12/11/2010	28	359,3	100,0	100,0
16/11/2010	59	757,1	88,8	86,5
17/11/2010	70	898,2	84,3	82,7
18/11/2010	80	1026,5	77,2	78,6
19/11/2010	91	1167,7	71,3	70,7
23/11/2010	134	1719,5	56,1	62,9
24/11/2010	140	1796,5	44,5	57,9
26/11/2010	156	2001,8	54,2	52,6
02/12/2010	207	2656,2	20,0	60,5
03/12/2010	211	2707,5	41,1	58,0
10/12/2010	227	2912,8	28,2	19,7
13/12/2010	259	3323,4	35,8	33,5
14/12/2010	270	3464,6	33,2	37,0
15/12/2010	280	3592,9	32,2	36,5
16/12/2010	291	3734,1	36,5	40,1
17/12/2010	297	3811,0	22,9	38,7
04/01/2011	315	4042,0	28,0	34,8
11/01/2011	336	4311,5	41,3	40,8
13/01/2011	356	4568,1	36,2	38,0
21/01/2011	429	5504,8	32,2	32,3
27/01/2011	491	6300,4	15,1	23,8
02/02/2011	548	7031,8	15,1	21,1
03/02/2011	559	7173,0	11,0	25,7
10/02/2011	631	8096,9	7,3	22,5
14/02/2011	674	8648,6	7,3	17,1
16/02/2011	695	8918,1	13,7	13,3
22/02/2011	742	9521,2	20,5	24,9
24/02/2011	759	9739,3	12,4	24,5
25/02/2011	769	9867,7	12,6	23,4
28/02/2011	795	10201,3	22,5	25,1
03/08/2011	826	10599,1	12,4	14,7
04/03/2011	837	10740,2	18,5	16,7
07/03/2011	865	11099,5	10,9	20,6
09/03/2011	882	11317,7	22,3	21,4
14/03/2011	923	11843,8	21,4	23,9
16/03/2011	945	12126,1	30,1	15,1
17/03/2011	955	12254,4	20,0	15,1
18/03/2011	966	12395,5	17,3	19,4
22/03/2011	990	12703,5	23,1	18,9
30/03/2011	1075	13794,2	27,5	22,6
01/04/2011	1096	14063,7	19,7	15,3
04/04/2011	1128	14474,3	19,5	22,5

## CG 1100

### CARBÓN ACTIVADO PARA POTABILIZACIÓN DE AGUA

Los carbones activados **CG 1100** son productos de una muy alta capacidad para retener contaminantes de diversos fluidos. Fabricados a partir de cáscara de coco se caracterizan por contener una gran proporción de *microporos* con el diámetro más adecuado para la eliminación de moléculas pequeñas.

Los carbones activados **CG 1100** obtienen excelentes resultados en la *decoloración* del agua y en la retención de contaminantes orgánicos, como pesticidas, fenoles, detergentes, aceites disueltos y compuestos cancerígenos. Entre estos últimos, algunos son formados al reaccionar el *cloro libre* con materia orgánica disuelta en agua.

Por sus características estos carbones son altamente eficaces en la eliminación de sabor y olor del agua. También pueden emplearse para retener sólidos suspendidos. En este caso pueden sustituir a la arena o antracita que se utilizan para estos fines sin que se requiera cambiar o modificar los filtros ya existentes.

Así mismo, los carbones **CG 1100** tienen *mayor dureza* que cualquier otro en el mercado, y por lo tanto presentan mayor resistencia a la erosión.

ESPECIFICACIONES	VALOR TÍPICO	UNIDADES	MÉTODO
Número de Yodo	1100 min.	mg/gr	ASTM 4607
Radio medio de poro	7,8	Amstrongs	Adsorción de N2
Contenido de cenizas	4 max.	%	ASTM 2866
pH	8,0-9,5		CEFIC
Humedad al envasar	4 max.	%	ASTM 2867
Solubles en agua	2 max.	%	CEFIC
Densidad aparente	0,48-0,52	gr/cc	ASTM 2854
Dureza	99		ASTM 3802
Granulometrías disponibles:			ASTM 2862
	12x40	1,69 - 0,42	mm

Última revisión: Agosto 2009

\* Disponibilidad otras granulometrías

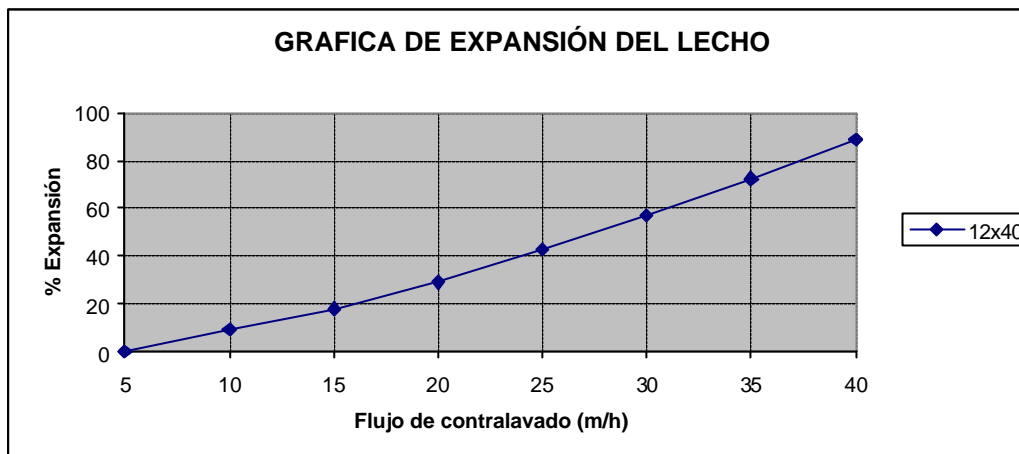
Forma de suministro: camión cisterna, big-bags ó sacos de 25 Kg.

Numero de Registro Sanitario de Industrias: 31.01643/B

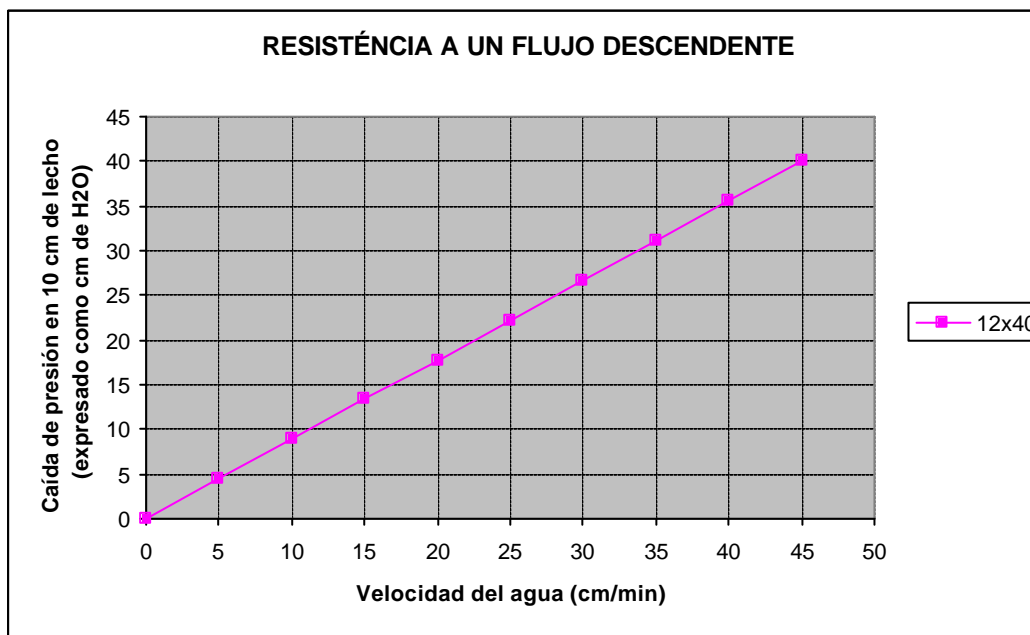
Cumple con la norma EN-12915-1:2009 para su aplicación en agua potable



Un contralavado regular ayuda a preservar la capacidad de filtración y de adsorción, a evitar la compactación del lecho, además de obtener un control sobre el crecimiento bacteriano. Para esto es necesario conseguir una expansión del lecho de aproximadamente entre el 20% y el 30%.



Antes de seleccionar una granulometría, debe tenerse en cuenta la presión disponible, y la pérdida de carga que ocasionará.



**ADVERTENCIA:** Deben tomarse precauciones antes de entrar en espacios reducidos privados de aireación que contengan carbón activado sin estar debidamente tratado y ensacado, ya que este adsorbe el oxígeno y puede causar asfixia.

# Hydraffin 40 N

## CARBÓN ACTIVADO GRANULAR PARA POTABILIZACIÓN DE AGUA

El carbón activado **Hydraffin 40 N** es un producto de alta calidad fabricado a partir de carbón bituminoso, por medio de un proceso de activación con vapor. Por su alta dureza, el carbón **Hydraffin 40 N** puede ser utilizado en columnas de lecho fijo o lecho móvil, con un mínimo de pérdidas durante los procesos de contralavado y regeneración.

La mayoría de los poros del **Hydraffin 40 N** están en el rango bajo de la mesoporosidad, lo que le hace muy adecuado para el tratamiento de agua residual con predominio de contaminantes de peso molecular intermedio y potabilización de agua de pozo o superficial. Así mismo obtiene excelentes resultados en la dechloración de agua.

<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MÉTODO ANALISIS</b>
Número de Yodo (mínimo)	1.000	mg/gr	ASTM 4607
Granulometría*	0,4 – 1,7	mm	
Humedad al envasar (máximo)	5	%	ASTM 2867
Densidad aparente	480 +/-30	Kg/m3	ASTM 2854

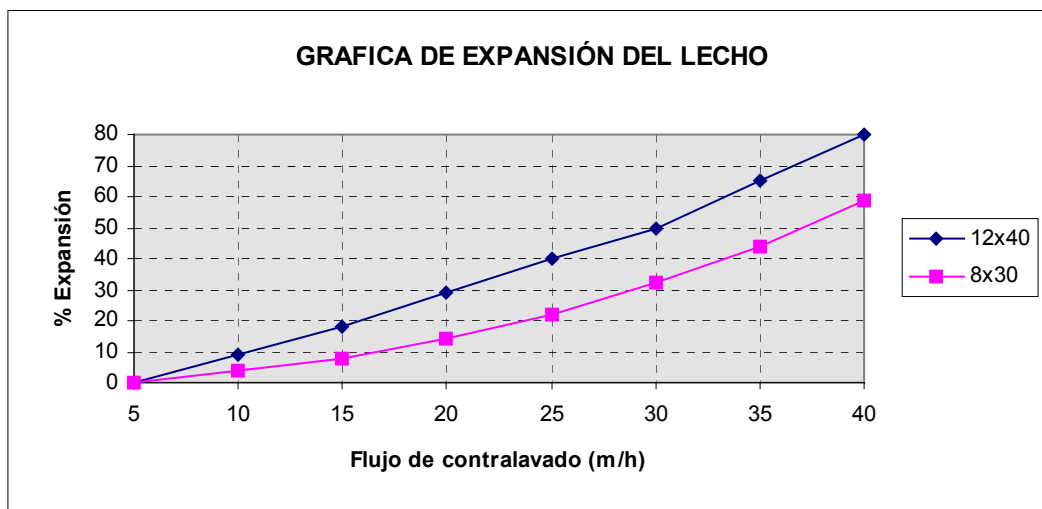
### **CARACTERÍSTICAS TÍPICAS**

Azul de Metileno	200	mg/gr carbón	CEFIC
Densidad aparente después de contralavado y drenado	440	Kg/m3	
Coefficiente de uniformidad	1,7		
Dureza	>90	%	ASTM 3802
Tamaño efectivo de partícula*	0,6-0,7	mm	
Tolueno a 1mg/l	110	mg/g	

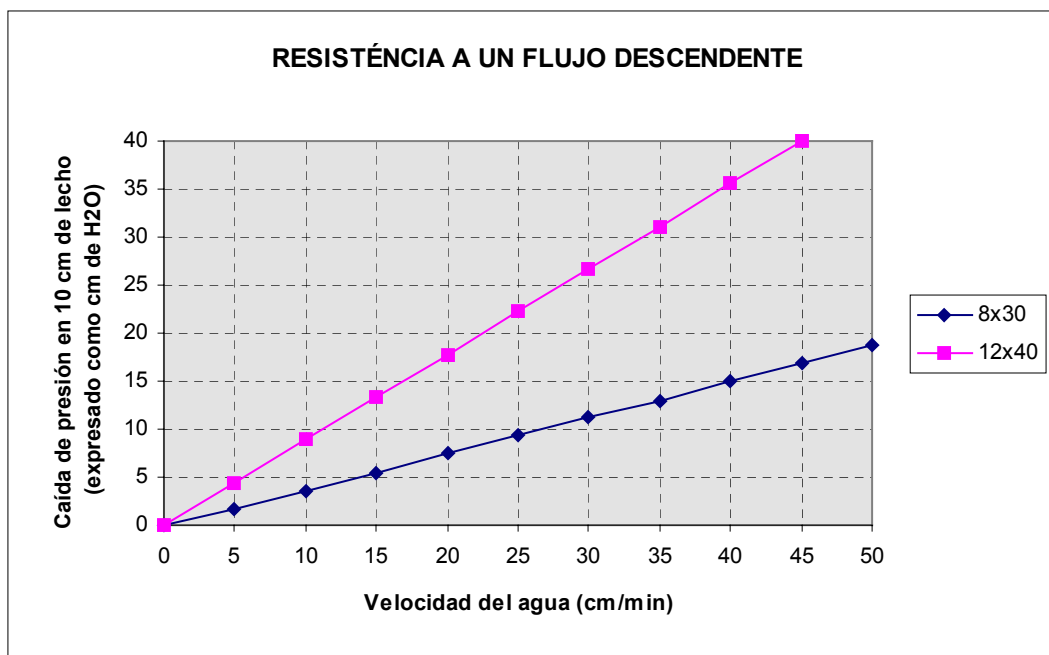
Última revisión: Agosto 2009

*Forma de suministro: camión cisterna, big-bags ó sacos de 25 Kg.  
Número de Registro Sanitario de Industrias: 31.01643/B  
Cumple con la norma EN-12915-1:2009 para su aplicación en agua potable*

Un contralavado regular ayuda a preservar la capacidad de filtración y de adsorción, a evitar la compactación del lecho, además de obtener un control sobre el crecimiento bacteriano. Para esto es necesario conseguir una expansión del lecho de aproximadamente entre el 20% y el 30%.



Antes de seleccionar una granulometría, debe tenerse en cuenta la presión disponible, y la pérdida de carga que ocasionará.



**ADVERTENCIA:** Deben tomarse precauciones antes de entrar en espacios reducidos privados de aireación que contengan carbón activado sin estar debidamente tratado y ensacado, ya que este adsorbe el oxígeno y puede causar asfixia.