

**POTABILITZACIÓ A LA E.T.A.P. DE  
MONTFULLÀ (BESCANÓ) AMB POLICLORUR  
D'ALUMINI COM A COAGULANT.**

**Estudi per a la reducció de l'alumini residual  
en l'aigua de sortida de la E.T.A.P.**

**Carme de Ciurana i Gay.** Cap de laboratori d'Anàlisi.  
**Xavier Ballell i Ruhí.** Director Tècnic

## 1.- INTRODUCCIÓ.

A la E.T.A.P. de Montfullà (Besanó) es realitza el tractament de potabilització de l'aigua procedent del sistema d'embassaments Sau - Susqueda - Pasteral I - Pasteral II.

El mètode de tractament utilitzat és el físic - químic amb oxidació - desinfecció, ajust del Ph, coagulació - floculació, decantació, filtració per llit de sorra silícia i ajust final de la cloració.

Dés de temps ençà s'havien vingut utilitzant com a coagulants les sals d'alumini en forma de Sulfat d'Alumini amb l'ajut dels polielectròlits aniònics com a floculants. A partir de 1.987, va semblar oportú cercar un nou producte que reunís, si això fora possible, les característiques dels dos compostos citats i que, per tant, facilités la dosificació de reactius i es simplifiqués tant el magatzematge com la seva utilització.

Això va ser possible amb l'aparició dels policlorurs d'alumini, els quals tenen com característica principal la incorporació de cadenes polimèriques hidroxilades. Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter, S.A. els va començar a usar de forma continuada des del gener de 1.987.

Tot i que el resultat de la utilització d'aquest producte, en un balanç general del període 1.987 – 1.998, va ser bo, per la nostra part, ha estat sempre una preocupació el control de l'Alumini residual de l'aigua de sortida de la E.T.A.P. per tal que no tant sols no es superin els límits legals de la seva concentració (200 mcg/l, amb un nivell guia de 50 mcg/l), sinó que es mantinguessin uns nivells tant baixos com fora possible.

Per això es van realitzar proves amb diferents formulacions de Policlorurs d'Alumini tan al laboratori com a la planta, i es va decidir canviar per un d'alta basicitat.

L'avantatge dels policlorurs d'alta basicitat es troba en què la velocitat de formació dels floculs, el tamany i la densitat és superior, per la qual cosa la sedimentació es produeix més ràpidament, i la variació del Ph és més petita; factors tots ells que influeixen en la disminució del contingut d'alumini residual.

No obstant tots aquests canvis, aquest darrer any per variacions en la qualitat de l'aigua d'arribada en una època molt concreta s'ha produït un augment en l'alumini residual de l'aigua tractada. En proves realitzades amb diferents policlorurs d'alumini no s'ha obtingut cap millora.

Aquest fet ens ha portat a investigar de quina forma es podria reduir l'alumini residual de l'aigua tractada a la potabilitzadora.

## **2.- DESCRIPCIÓ DE LA E.T.A.P.**

La planta potabilitzadora de Montfullà està situada al terme municipal de Bescanó, província de Girona. Va ser construïda al 1.974 en la seva primera fase i, des de llavors, ha experimentat dues ampliacions; una al 1.986 i l'altre al 1.992. La capacitat teòrica màxima de potabilització actual és de 840 l/s, però en realitat només es poden tractar un total de 630 l/s ja que aquest és el cabal màxim que pot arribar per les dues canonades de transport Pasteral II - E.T.A.P. El cabal concessional segons la llei 15/1.959 (BOE 12/8/1959 nº 113) de convalidació amb rang de llei, del Decret de 14/11/1.958 és de 1.000 l/s per al proveïment de Girona, Salt I Sarrià de Ter, poblacions de la conca i Costa Brava.

Consta d'una obra d'arribada (cambra d'addició de reactius), 4 decantadors per gravetat (2 tipus pulsator i 2 tipus superpulsator) i un total de 24 filtres oberts de sorra de silici.

El funcionament de la planta és per gravetat i només es bombegen els cabals que corresponen a la Costa Brava i que cal elevar fins al dipòsit de capçalera situat fora de la planta a 34 metres d'alçada.

### **3.-TRACTAMENT A LA E.T.A.P. DESCRIPCIÓ DE LA FASE DE COAGULACIÓ.**

A l'obra d'arribada (cambra rectora) s'hi dosifiquen de forma habitual els reactius següents:

Biòxid de Clor ( $\text{ClO}_2$ ) (oxidació - desinfecció)

Policlorur d'alumini d'alta basicitat (coagulació - floculació)

Hidròxid Càlcic o Hidròxid sòdic (regulació de Ph)

Puntualment i davant episodis concrets s'hi poden dosificar:

Carbó actiu en pols (C.A.P.) (eliminació de compostos orgànics)

Permanganat Potàssic ( $\text{KMnO}_4$ ) usualment al punt de presa (Oxidació de la matèria orgànica)

Després de l'addició d'aquests reactius a l'obra d'arribada es produeix la coagulació i floculació de la matèria coloidal i en suspensió. Hem de diferenciar entre coagulació que denomina el fenomen de desestabilització de la matèria coloidal i floculació que defineix l'aglomeració dels coloides desestabilitzats entre ells i amb la matèria en suspensió.

L'aigua coagulada-floculada passa als decantadors on el temps de residència mitjana oscil·la, en funció del cabal, entre dues hores i mitja i tres hores.

L'Alumini és un element de potencial iònic mitjà, probablement el més difós sobre la terra i sol estar present a la majoria de les aigües de forma natural. Una propietat química de l'alumini és ser un element amfòlit, degut a la seva capacitat de formar compostos tan àcids com bàsics, que en el cas del tractament de l'aigua és funció directa del Ph.

Quan el Ph és superior a 5 (concretament a l'interval 5.5 - 6.5) es presenten les millors condicions per poder realitzar la coagulació de la matèria coloidal amb la màxima insolubilització de l'alumini.

#### **4.- DESCRIPCIÓ DE LA PROBLEMÀTICA DETECTADA.**

Durant el procés de potabilització i, per causa de l'addició de Policlorur d'Alumini com a coagulant, es produeix el fenomen que, part de l'alumini que s'ha afegit a l'aigua bruta, pot quedar dissolt a l'aigua de sortida de la E.T.A.P.

La normativa actualment vigent (R.D. 1138/1.990 de 14 de setembre) estipula que el contingut màxim d'Alumini a l'aigua potable no pot superar els 200 mcg/l, amb un valor guia de 50 mcg/l. La Directiva europea 98/83/CE de 3 de novembre de 1998, pendent encara de transposició a la legislació espanyola, fixa un valor de 200 mcg/l.

Amb el sistema convencional de tractament del que disposem actualment a la E.T.A.P. de Montfullà, resulta impossible reduir els valors de l'Alumini a l'aigua tractada de forma controlada. Val a dir que els augments de concentració d'aquest metall es presenten com a conseqüència d'episodis irregulars en el temps i de durada variable a llarg de l'any, en funció bàsicament de la qualitat de l'aigua d'entrada. És, doncs evident, que calia cercar un procés complementari de tractament que permetés actuar sobre aquest problema únicament quan la concentració d'Alumini a l'aigua tractada amencés superar els límits legals.

## **5.- DESCRIPCIÓ I RESULTATS DE L'ESTUDI REALITZAT.**

Si sabem que l'interval teòric de Ph dintre del qual es produeix la mínima dissolució de l'Alumini és de 5.5 – 6.5, va semblar teòricament coherent que l'acidificació de l'aigua abans de l'addició del policlorur d'alumini podria aconseguir l'efecte volgut, amb un mínim d'infraestructura.

Al ser el Ph d'equilibri de l'aigua aproximadament de 7,8, es fa necessària la dosificació d'un alcalí (hidròxid sòdic o càlcic). Per aconseguir-lo, aquesta regulació de Ph es fa actualment a l'obra d'arribada conjuntament amb la dosificació del Policlorur d'alumini.

Aquesta alcalinització provoca que la fase de coagulació no es realitzi en bones condicions, doncs el Ph de l'aigua està molt per sobre de l'òptim (5.5 – 6.5).

Per evitar això en l'estudi que plantegem es busca el punt més idoni de dosificació de l'alcalí i si cal la dosificació d'un àcid per tal d'aconseguir una bona coagulació i la mínima redissolució de l'alumini precipitat,

L'estudi el dividim en 5 diferents fases que venen definides per diferents estratègies d'acidificació i d'alcalinització de l'aigua en les diverses etapes de la potabilització.



FASES	Acidificació	Situació neutralització
A	-	Obra arribada
B	-	Sortida Decantadors
C	X	Sortida decantadors
D	X	Sortida filtres
E	X	Sortida Filtres

#### A. Dosificació d'Hidròxid Càlcic a l'obra d'arribada

Funcionament habitual de la E.T.A.P., és a dir; amb l'addició d'Hidròxid càlcic a l'obra d'arribada, juntament amb la resta de reactius.

MITJANS PARÀMETRES	AB	AD	AF	AT
Alumini Total (mcg/l)	35	218	118	196
Ph	7,81	7,72	7,82	7,71
TOC	3,8	-	-	3,2
Terbolesa (NTU)	0,92	0,38	0,13	0,08
Temperatura (° C)	16	17,2	17,0	16,1

*AB- Aigua Bruta.*

*AD-Aigua Decantada.*

*AF- Aigua Filtrada (sortida filtres de sílice).*

*AT- Aigua Tractada*

<b>PARÀMETRES GENERALS</b>	
Temperatura (° C)	16,2
Ph equilibri	7,87
dosis Hidròxid Sòdic (ppm)	0
dosis PAX (ppm)	25.00
dosis Hidròxid Càlcic (ppm)	6.00
dosis Àcid Sulfúric (ppm)	0

**B. Dosificació d'Hidròxid Sòdic a l'aigua decantada.** (del 20/11/02 al 02/12/02)

Supressió de l'Hidròxid càlcic a l'obra d'arribada i addició d' Hidròxid Sòdic a l'aigua decantada, mantenint la dosificació de la resta de reactius a l'obra d'arribada. Es pretenia provocar una baixada "natural" del Ph .

<b>MITJANS PARÀMETRES</b>	<b>AB</b>	<b>AD</b>	<b>AF</b>	<b>AT</b>
Alumini	41	246	492	128
Ph	7,78	7,6	8,95	7,84
TOC	3,69	-	-	3,15
Terbolesa	1,2	0,36	0,23	0,14
Temperatura	14,52	17,89	-	14,44

*AB- Aigua Bruta.*

*AD-Aigua Decantada.*

*AF- Aigua Filtrada (sortida filtres de sílice).*

*AT- Aigua Tractada*

<b>PARÀMETRES GENERALS</b>	
Temperatura (° C)	16,1
Ph equilibri	7,79
dosis Hidròxid Sòdic (ppm)	9.30
dosis PAX (ppm)	25.00
dosis Hidròxid Càlcic (ppm)	0
dosis Àcid Sulfúric (ppm)	0

**C. Dosificació d'Àcid Sulfúric a l'obra d'arribada i dosificació d'Hidròxid Sòdic a l'aigua decantada. (03/12/02 al 05/12/02)**

Acidificació amb Àcid Sulfúric al 98 % fins aconseguir PH 6,7-6,8 abans de la coagulació, corregint fins a Ph d'equilibri l'aigua decantada.

MITJANS PARÀMETRES	AB	AD	AF	AT
Alumini	38	421	1024	198
Ph	7,75	6,89	10,34	7,92
TOC	3,37	-	-	2,95
Terbolesa	1,01	0,45	0,15	0,17
Temperatura	13,6	18	-	13,2

*AB- Aigua Bruta.*

*AD-Aigua Decantada.*

*AF- Aigua Filtrada (sortida filtrés de sílice).*

*AT- Aigua Tractada*

PARÀMETRES GENERALS	
Temperatura (° C)	17.5
Ph equilibri	7,71
dosis Hidròxid Sòdic (ppm)	33.45
dosis PAX (ppm)	25.00
dosis Hidròxid Càlcic (ppm)	0
dosis Àcid Sulfúric (ppm)	26,98

**D. Dosificació d'Àcid Sulfúric a l'obra d'arribada i dosificació d' Hidròxid Sòdic a l'aigua filtrada. (06/12/02 al 18/12/02)**

Acidificació amb Àcid Sulfúric al 98 % fins aconseguir PH 6,7-6,8 abans de la coagulació, corregint el Ph d'equilibri a l'aigua filtrada.

MITJANS PARÀMETRES	AB	AD	AF	AT
Alumini	56	425	41	51
Ph	7,75	6,75	6,81	7,84
TOC	3,03	-	-	2,52
Terbolesa	1,08	0,43	0,17	0,16
Temperatura	12,33	18,6	-	12,18

*AB- Aigua Bruta.*

*AD-Aigua Decantada.*

*AF- Aigua Filtrada (sortida filtrés de sílice).*

*AT- Aigua Tractada*

PARÀMETRES GENERALS	
Temperatura (° C)	17.1
Ph equilibri	7,72
dosis Hidròxid Sòdic (ppm)	21.63
dosis PAX (ppm)	25.00
dosis Hidròxid Càlcic (ppm)	0
dosis Àcid Sulfúric (ppm)	27,93

**E. Dosificació d'Àcid Sulfúric a l'obra d'arribada i dosificació d'Hidròxid Sòdic a l'aigua filtrada. (19/12/02 al 24/12/02)**

Acidificació amb Àcid Sulfúric al 98 % fins aconseguir un Ph entre 7.2 – 7.4 abans de la coagulació (amb el corresponent estalvi d'Àcid Sulfúric i corregint el PH d'equilibri a l'aigua filtrada)

MITJANS PARÀMETRES	AB	AD	AF	AT
Alumini	57	270	35	60
Ph	7,75	7,32	7,4	7,8
TOC	3,71	-	-	3,33
Terbolesa	1,08	0,5	0,12	0,11
Temperatura	12,4	17,4	-	12,3

*AB- Aigua Bruta.*

*AD-Aigua Decantada.*

*AF- Aigua Filtrada (sortida filtres de sílice).*

*AT- Aigua Tractada*

PARÀMETRES GENERALS	
Temperatura (° C)	16.1
Ph equilibri	7,69
dosis Hidròxid Sòdic (ppm)	11.61
dosis PAX (ppm)	25.00
dosis Hidròxid Càlcic (ppm)	0
dosis Àcid Sulfúric (ppm)	8,8

Un cop finalitzat aquest estudi s'ha continuat amb la dosificació d'Hidròxid Sòdic a l'aigua filtrada per corregir el PH a PH d'equilibri sense regulació prèvia de PH amb ac. Sulfúric, (25/12/02 al 07/01/03), obtenint-se els següents resultats:

MITJANS PARÀMETRES	AB	AD	AF	AT
Alumini	63	280	80	69
Ph	7,83	7,56	7,65	7,89
TOC	4,12	-	-	3,6
Terbolesa	1	0,27	0,12	0,13
Temperatura	11,9	17,13	-	11,9

*AB- Aigua Bruta.*

*AD-Aigua Decantada.*

*AF- Aigua Filtrada (sortida filtrés de sílice).*

*AT- Aigua Tractada*

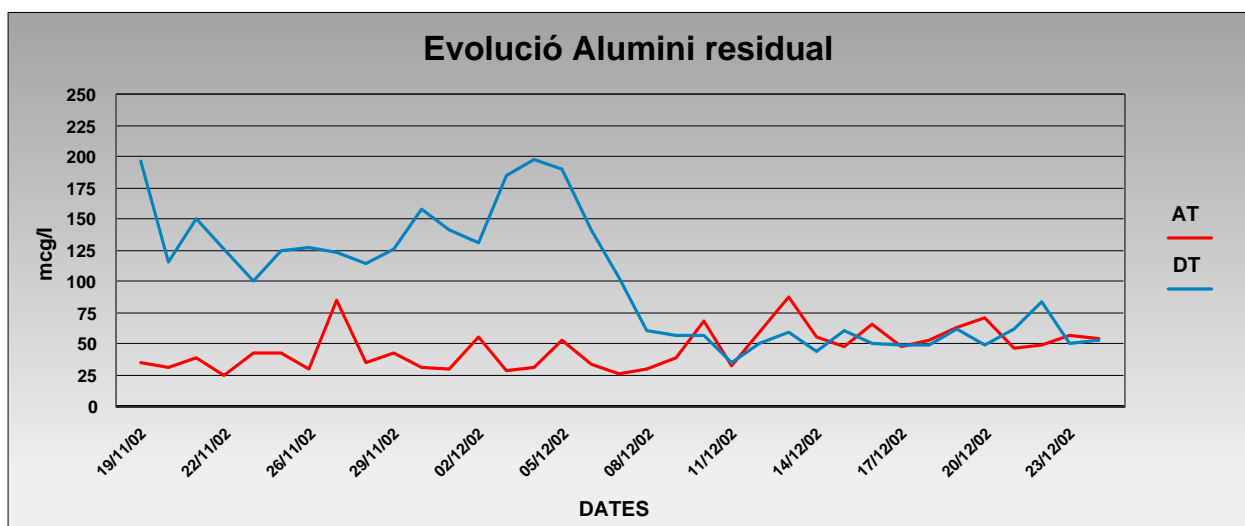
PARÀMETRES GENERALS	
Temperatura (° C)	16.1
Ph equilibri	7,8
dosís Hidròxid Sòdic (ppm)	5
dosís PAX (ppm)	25
dosís Hidròxid Càlcic (ppm)	0
dosís Àcid Sulfúric (ppm)	0

## 6.- COMPARACIÓ DELS DIFERENTS PARÀMETRES ANALÍTICS EN LES DIFERENTS FASES

### 1) ALUMINI:

FASES	AB	AD	AF	AT	H. Sòdic
A	35	218	118	196	0,00
B	41	246	492	128	9,30
C	38	421	1024	198	33,45
D	56	425	41	51	21,63
E	57	270	35	60	11,61
	63	280	80	69	5

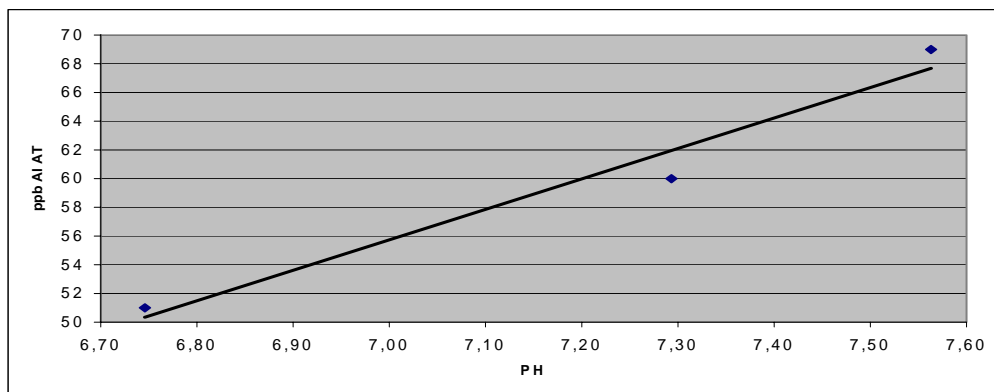
Si analitzem l'evolució de l'alumini present a l'aigua bruta i a l'aigua tractada al llarg de totes les fases:



## 2) Ph

FASES	AB	AD	AF	AT	Ph equilibri
A	7,81	7,72	7,82	7,71	7,87
B	7,78	7,60	8,95	7,84	7,79
C	7,75	6,89	10,34	7,92	7,71
D	7,75	6,75	6,81	7,84	7,72
E	7,75	7,32	7,40	7,80	7,69
	7,83	7,56	7,65	7,89	7,8

Relació PH aigua coagulada i Alumini total aigua tractada



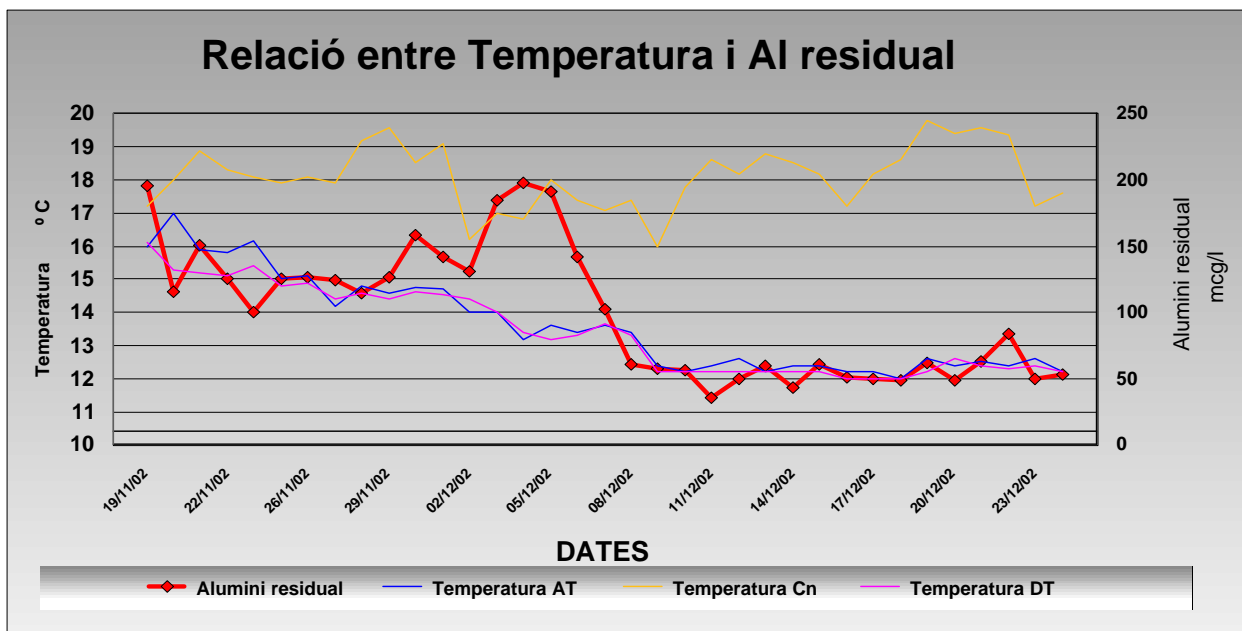
Hi ha una relació directa entre el PH de coagulació de l'aigua i l'Alumini residual a l'aigua tractada.



FASES	PH- AD	Al -AT (mcg/l)
D	6,75	51
E	7,29	60
	7,56	69

### 3) TEMPERATURA

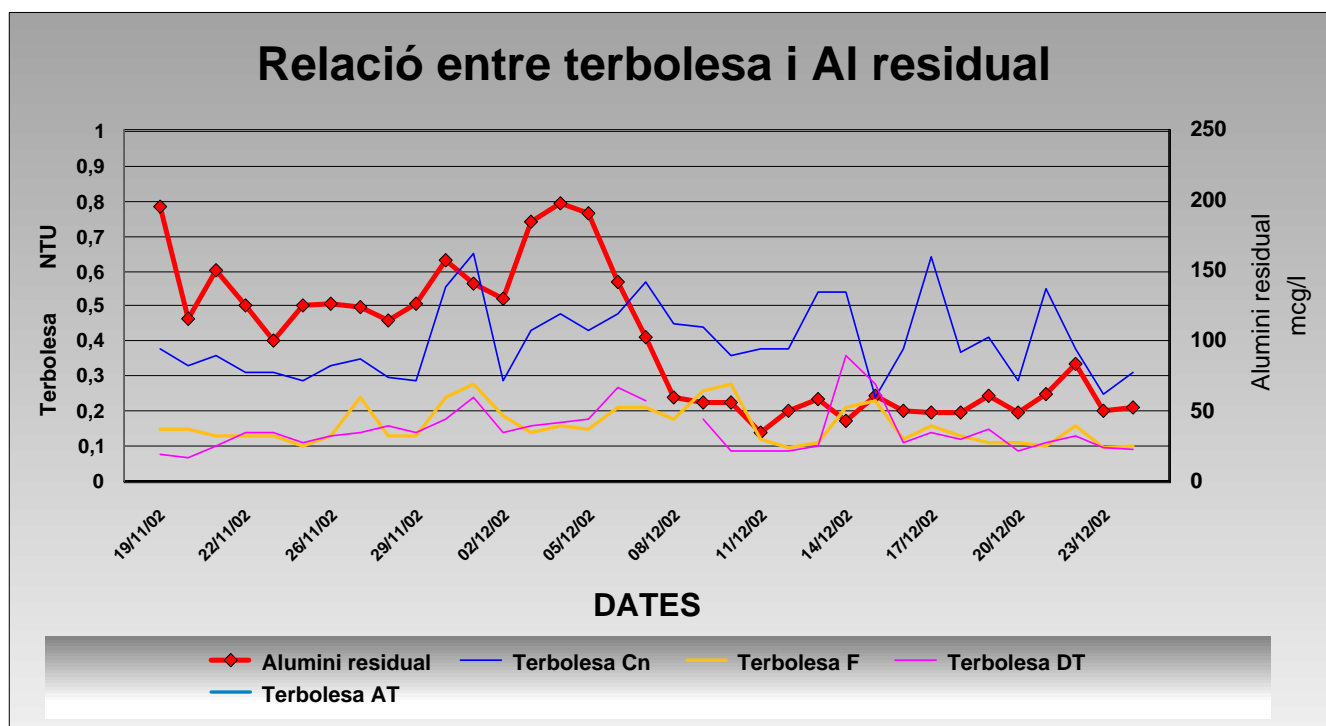
FASES	AB	AD	AF	AT
A	16,00	17,20	18,80	16,10
B	14,52	17,89	16,90	14,44
C	13,60	18,00	18,00	13,20
D	12,33	18,60	18,05	12,18
E	12,40	17,40	17,40	12,30
	11,9	17,13	-	11,9



La bibliografia consultada diu que hi ha una relació entre la Tª i l'Alumini residual que no s'ha pogut confirmar degut a les variacions de PH en l'aigua bruta.

#### 4) TERBOLESA

FASES	AB	AD	AF	AT
A	0,92	0,38	0,08	0,08
B	1,20	0,36	0,23	0,14
C	1,01	0,45	0,15	0,17
D	1,08	0,43	0,17	0,16
E	1,08	0,37	0,12	0,11
	1,00	0,27	0,12	0,13



Al ser l'alumini de l'aigua tractada majoritàriament dissolt no observem cap relació entre la terbolesa de l'aigua tractada i l'alumini residual.

## 7.- ESTUDI DE COSTOS. SOBRECOSTOS DE TRACTAMENT.

FASES	Ac.Sulfúric/dia	Cost sosa adicional /dia	Total/dia
D	220,58€	73,11€	293,69€
E	51,47€	29,82€	81,29€

## 8.- DISCUSSIÓ

### FASE A

En la fase A es manifesta com hem tingut constatació al llarg dels anys que l'alumini total de l'aigua tractada és superior al de l'aigua d'arribada degut a la dosificació de sals d'alumini.

El Ph d'equilibri es manté en tot el tractament.

### FASEB

La neutralització amb hidròxid sòdic a l'aigua decantada redissol l'alumini particulat i el retingut en el filtre, això produeix un augment de l'alumini dissolt i per tant el total en l'aigua filtrada.

El Ph de l'aigua tractada és el Ph d'equilibri

### **FASE C**

L'alumini de l'aigua filtrada amb neutralització a l'aigua decantada augmenta per redissolució de l'alumini particulat de l'aigua decantada i el retingut en el filtre.

El Ph de l'aigua tractada és el Ph d'equilibri

### **FASE D**

Els resultats de l'alumini total de l'aigua tractada són molt satisfactoris ja que són un 10% inferiors als de l'aigua d'arribada.

El Ph de l'aigua tractada és el Ph d'equilibri

### **FASE E**

Els resultats de l'alumini total de l'aigua tractada són molt satisfactoris ja que són pràcticament iguals als de l'aigua d'arribada.

El Ph de l'aigua tractada és el Ph d'equilibri

## 9.- CONCLUSIONS.

- Els resultats de l'alumini total a l'aigua tractada amb dosificació de sosa fins a PH d'equilibri tant a l'obra d'arribada com a l'aigua decantada, és a dir abans de la filtració són superiors a l'alumini de l'aigua abans de tractament.(Fases A, B, C)

- Els resultats de l'alumini total a l'aigua tractada amb o sense regulació del Ph de l'aigua d'arribada mitjançant àcid i neutralització fins a Ph d'equilibri a l'aigua filtrada són semblants als de l'aigua abans del tractament.(Fases D,E)

- El tractament per tal d'obtenir valors d'alumini total a l'aigua tractada propers al nivell guia (50 mcg/l) passaria per la neutralització amb un alcalí en l'aigua un cop filtrada, precedit si cal d'una acidificació a l'aigua d'arribada.

- Hi ha relació directa entre el PH de coagulació de l'aigua i l'alumini residual de l'aigua tractada, quan la dosificació de policlorur d'alumini es manté constant.

- No s'observa cap relació entre la temperatura de l'aigua i l'alumini residual de l'aigua tractada.

- No es troba cap relació entre la turbolesa i l'alumini residual de l'aigua tractada residual.

## **10.- REFERÈNCIES.**

Degremont -*Manual técnico del agua*, edició 1.979

Company Arpa, Joan – Coagulantes y floculantes aplicados en el tratamiento de aguas, Gestió i promoció Editorial S.L

Cox, Charles R. – Practica y vigilancia de las operaciones de tratamiento del agua; OMS 1966

M.SwiidersKa-Bróz - “ On the importance of Aluminium Coagulants Basicity in Organic Matter Removal”. Chemical Water and Wastewater Treatment VII. IWA Publishing , London .

M.R.Jeckel and B. Heinzmann – “ Residual Aluminium in Drinking-water Treatment” .Aqua vol. 38 , 1989

Nilsson, Rolf – “Residual Aluminium Concentration in Drinking Water after Treatment with Aluminium or Iron Salts.” Chemical Water and Wastewater Treatment, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1990.

William B. Anderson, Saad Y. Jasim , Daniel Urfer, Peter M. Huck – “Coagulant and PH control Alternatives for soluble Aluminum Control”.

Steve Reiber , Walter Kukull, Perri Standish-lee – “Drinking water aluminum and bioavailability”. Journal AWWA May 1995.

International Water Supply Association – Aluminium in Drinking Water. Hong Kong 1992