

**EVALUACION DEL ALUMINIO RESIDUAL EN EL PROCESO DE
CLARIFICACION, EN EL AGUA DEL LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
FLORIDABLANCA**

**AUTOR:
CARLOS MANUEL PARRA GOMEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUIMICA
PROGRAMA ESPECIALIZACION EN QUIMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2004**

**EVALUACION DEL ALUMINIO RESIDUAL EN EL PROCESO DE
CLARIFICACION, EN EL AGUA DEL LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
FLORIDABLANCA**

CARLOS MANUEL PARRA GOMEZ

**Trabajo de grado presentado para optar el titulo de
Especialista en Química Ambiental**

**DIRECTOR
DR. JORGE ENRIQUE AVILA REYES
Químico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUIMICA
PROGRAMA ESPECIALIZACION EN QUIMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2004**

DEDICATORIA

A mis padres **ALFONSO Y MYRIAM** por su constante apoyo.

A mis hijos **CARLOS ALFONSO Y LAURA GABRIELA** por las nuevas perspectivas dadas a mi vida.

A mi esposa **MARTHA CECILIA** por su apoyo y compañía.

A mis hermanos **SARA ISABEL, ADRIANA AMPARO Y EDGAR MAURICIO** personas muy especiales en todos los momentos.

A toda la familia **PATIÑO SOCHA** por su motivación.

A todos los que de alguna manera me han ayudado y a **DIOS**.

CARLOS MANUEL

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus más sinceros agradecimientos a:

El Dr. **JORGE ENRIQUE AVILA**, por su colaboración para sacar adelante este título.

A **MARTHA CECILIA** por su colaboración.

A todo el personal del **DEPARTAMENTO DE CONTROL CALIDAD AGUAS, DEL ACUEDUCTO DE BUCARAMANGA** por su compañerismo y ayuda.

Al **ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A. E.S.P.**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCION	1
1. OBJETIVOS	2
1.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2. MARCO TEORICO	3
2.1 OPERACIONES UNITARIAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUA	3
2.1.1 CAPTACIÓN	3
2.1.2 ADUCCION	3
2.1.3 DESARENACION O PRESEDIMENTACION	4
2.1.4 CONDUCCIÓN	4
2.1.5 AIREACIÓN	4
2.1.6 MEZCLA RÁPIDA Y COAGULACIÓN	4
2.1.6.1 AYUDANTES DE COAGULACIÓN	5
2.1.6.2 PUNTOS DE APLICACIÓN	6
2.1.7 FLOCULACIÓN	6
2.1.7.1 FLOCULADORES MECÁNICOS	7
2.1.7.2 FLOCULADORES HIDRÁULICOS	7
2.1.7.3 AYUDANTES DE FLOCULACIÓN	8
2.1.8 SEDIMENTACIÓN	8
2.1.8.1 SEDIMENTACIÓN SIMPLE	8
2.1.8.2 SEDIMENTACIÓN FLOCULENTA O DECANTACIÓN	9
2.1.9 FILTRACIÓN	9

2.1.9.1 TIPOS DE FILTROS	10
2.1.10 DESINFECCIÓN	11
2.1.11 TANQUE DE ALMACENAMIENTO	12
2.1.12 RED DE DISTRIBUCIÓN	12
2.1.13 ESTACION DE BOMBEO	12
2.1.14 MEDICIÓN	13
3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE	14
3.1 PLANTA FLORIDABLANCA	14
3.1.1 GENERALIDADES	14
3.1.2 CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN	14
3.1.3 SECCION ORIGINAL (planta antigua)	14
3.1.3.1 SISTEMA DE FLOCULACIÓN MECÁNICA	15
3.1.3.2 SISTEMA DE SEDIMENTACIÓN CONVENCIONAL Y DE PLACAS	15
3.1.3.3 SISTEMA DE FILTRACIÓN RÁPIDA	15
3.1.4 SECCION DE AMPLIACIÓN (planta nueva)	15
3.1.4.1 SISTEMA DE FLOCULACIÓN HIDRÁULICA	15
3.1.4.2 SISTEMA DE SEDIMENTACIÓN EN PLACAS	16
3.1.4.3 SISTEMA DE FILTRACIÓN RAPIDA	16
3.1.5 SISTEMA DE DESINFECCIÓN (CLORACIÓN)	16
3.1.6 TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN	16
3.2 EQUIPOS DE DOSIFICACIÓN Y PRODUCTOS QUÍMICOS	17
3.2.1 EQUIPOS DE DOSIFICACIÓN	17
3.2.2 PRODUCTOS QUÍMICOS	17
3.2.2.1. SULFATO DE ALUMINIO	17
3.2.2.2 POLÍMERO	17
3.2.2.3 CAL	18

3.2.2.4 CLORO	18
4. PARTE EXPERIMENTAL	19
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS	21
5.1 DETERMINACIÓN DE GRADIENTES DE OPERACIÓN	21
5.2 DETERMINACIÓN DOSIS ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO	23
5.3 DETERMINACIÓN DE ALUMINIO RESIDUAL	24
5.4 EVALUACIÓN CON POLÍMEROS AYUDANTES	26
5.4.1 PLANTA NUEVA	27
5.4.2 PLANTA ANTIGUA	27
5.5 EVALUACIÓN DE BOLAS DE BARRO	30
5.6 GRANULOMETRIA DE LECHOS FILTRANTES	31
5.7 CARRERAS DE FILTRACIÓN	31
5.8 SEGUIMIENTO AL ALUMINIO RESIDUAL EN EL AGUA TRATADA	33
6. CONCLUSIONES	34
7. BIBLIOGRAFIA	36

LISTA DE TABLAS

	Pág
TABLA 1. Calificación de los filtros según el porcentaje de Bolas de barro	20
TABLA 2. Clasificación del material filtrante	20
TABLA 3. Gradientes para floculador mecánico	21
TABLA 4. Gradientes para floculador hidráulico	21
TABLA 5. Tiempo de retención en los floculadotes	22
TABLA 6. Comparación de dosis de sulfato en jarras vs. Equipo de Clarificación	23
TABLA 7. Valores promedio análisis de proceso	25
TABLA 8. Ensayos de adición de polímero 579-C ayudante de coagulación (planta nueva)	29
TABLA 9. Bolas de barro en el material filtrante	30
TABLA 10. Coeficiente de uniformidad y tamaño de partícula filtros	31

LISTA DE ANEXOS

	Pág
ANEXO 1. GRANULOMETRIA DE LOS LECHOS FILTRANTES	37
ANEXO 2. DETERMINACION DE BOLAS DE BARRO	40
ANEXO 3. DATOS ORIGINALES MUESTREO EN PLANTA PARA ALUMINIO RESIDUAL	43
ANEXO 4. DATOS DE GRANULOMETRIA LECHOS FILTRANTES	45
ANEXO 5. CARRERAS DE FILTRACION. TABLAS Y GRAFICAS	49
ANEXO 6. SEGUIMIENTO DE ALUMINIO RESIDUAL AÑOS 2.001, 2.002 y 2.003	65

Titulo: EVALUACION DEL ALUMINIO RESIDUAL EN EL PROCESO DE CLARIFICACION, EN EL AGUA DEL LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE FLORIDABLANCA. *

Autor: PARRA GOMEZ, Carlos Manuel. **

Palabras Claves: Aluminio, Residual, Plantas, Tratamiento, Agua, Potable, Polímeros

Descripción:

El objetivo principal de este trabajo es evaluar el aluminio residual en el agua de la planta de tratamiento de Floridablanca, y las concentraciones de este con respecto a diferentes aspectos operacionales.

Se evaluó la dosis de sulfato de aluminio agregada en planta con respecto a la dosis obtenida en el laboratorio mediante prueba de jarras, observándose buen grado de correlación entre las dos dosis. Se realizó el seguimiento a todo el proceso de clarificación, evaluando variables como turbiedad, color y aluminio residual. Se observó que en algunos filtros no se obtiene agua de óptimas condiciones fisicoquímicas, pero que al mezclarse con el agua proveniente de los demás filtros, cumple con la reglamentación establecida en el Decreto 475/98. Con los resultados obtenidos anteriormente se procedió a evaluar los lechos filtrantes mediante pruebas de granulometría y determinación de bolas de barro, determinando que algunos filtros presentan gran cantidad de barro adherido a ellos, siendo estos los que dan mayor concentración de aluminio residual. Estos lechos filtrantes se clasificaron según las tablas como muy malos.

Se realizaron carreras de filtración en los seis filtros, determinando los periodos óptimos de funcionamiento, que en promedio fueron de 30 horas, tiempo después del cual la calidad fisicoquímica del agua baja. Nuevamente se observó que los filtros de menor rendimiento son los de carreras mas cortas. Las evaluaciones hechas con el polímero coagulante Cytec C-579, permitieron concluir que al utilizar relaciones de sulfato a polímero de 80:20 y reemplazos de 7:1, se obtiene agua de muy buenas condiciones fisicoquímicas, con resultados de color y aluminio residual muy bajos. El seguimiento de diez meses permitió determinar que debido a los controles de la dosis de sulfato de aluminio y de retrolavado de filtros, se obtuvo concentraciones de aluminio residual más bajas que en otros periodos.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Química. AVILA REYES, Jorge Enrique

Title: EVALUATION OF RESIDUAL ALUMINUM IN THE PROCESS OF CLARIFYING, IN THE WATER OF THE TREATMENT PLANT OF FLORIDABLANCA*

Author: PARRA GÓMEZ, Carlos Manuel. *

Keywords; Aluminum, Residual, Plants, Treatment, Water, Drinkable, Polymers

Description:

The main objective of this work is to evaluate the residual aluminum in the water of the treatment plant of Floridablanca, and the concentrations of the latter with respect to different optional aspects.

The doses of aggregated aluminum sulfate in the plant was evaluated with respect to the doses obtained in the laboratory through a test of jars. A good degree of correlation was observed between the two doses. The follow up was carried on to the entire process of clarification, evaluating variables such as muddiness, color, and residual aluminum. It was observed that in some filters, water of optimal physical-chemical conditions was not obtained; but when mixed with water coming with the remaining filters, it complied with the regulation established in the decree 475/98. With the aforementioned results we proceeded to evaluate the filtering bed through tests of grain-metrics and determination of mud balls, determining that some filters present a large amount of mud adhered to them, being these ones that give the highest concentration of residual aluminum. These filtering beds were classified as very bad according to the tables.

Filtration tests were carried out in six filters. The optimal periods of functioning were determined, which were approximately 30 hours, and after that the physical-chemical quality of the water diminished. Once more, we observed that the filters of lower performance are those of shorter test spans. The evaluations made with the coagulating polymer Cytec C-579, allowed us to conclude that upon using sulfate relations to a polymer of 80:20 and replacements of 7:1, water of very good physical-chemical conditions is obtained, with color and residual aluminum results being very low. The follow-up of ten months allowed us to determine that because of the controls of the doses of aluminum sulfate and retro-washing of filters, the plant obtained an aluminum concentration lower than that of other periods.

* Thesis Project

** Science Faculty. School of Chemistry. AVILA REYES, Jorge Enrique

INTRODUCCION

Para sobrevivir, los seres humanos necesitamos tomar un promedio de 2.5 litros de agua al día. La mayor parte de nuestro cuerpo es agua. Por eso necesitamos tanto este compuesto, que cada vez es más escaso en las fuentes de abastecimiento, producto de la irracionalidad del hombre por conquistar cada día más terrenos.

El agua que bebemos recorre un largo camino hasta llegar a nuestros hogares, no sin antes haber sufrido unos cambios para poderla hacer saludable al organismo humano. Estos cambios que sufre son de índole física, química y microbiológica, y han sido producidos en las plantas de tratamiento donde se potabiliza el agua. Pero todos estos cambios conllevan un fin, el de cumplir con la reglamentación legal que regula la calidad del agua potable en Colombia. Por todo esto se hace necesario evaluar constantemente la calidad del agua, en cuanto a sus parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

En la mayoría de acueductos de nuestras regiones, se utilizan los mismos productos químicos para poder llevar a cabo el proceso de tratamiento, entre los que se encuentran sales de aluminio, hidróxidos de calcio y cloro, principalmente. Todos ellos tienen un costo tanto monetario como de impacto a los organismos que la tratan y la consumen. Por eso debemos evaluarlos constantemente para que no se desperdicien y principalmente, para que no afecten a los organismos que de ella dependemos.

El presente estudio se llevo a cabo en la planta de tratamiento de agua potable de Floridablanca, para determinar que variables de proceso pueden influir directa e indirectamente en los niveles de aluminio residual.

1. OBJETIVOS

1.2 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el proceso de clarificación del agua en la planta de tratamiento de Floridablanca, para determinar que factores influyen en el incremento de los niveles de aluminio residual en el agua tratada.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar mediante prueba de jarras la dosis óptima de sulfato de aluminio en el agua de la planta de tratamiento de Floridablanca.

Evaluar la concentración de aluminio residual en cada una de las etapas del proceso de clarificación del agua en la planta de tratamiento de Floridablanca.

Determinar la relación ideal de Sulfato de aluminio a polímero ayudante de coagulación que produzca la mejor calidad de agua, con menor aluminio residual.

Evaluar en el proceso de filtración las carreras de filtración y las condiciones del lecho filtrante como son la determinación de bolas de barro y granulometría.

Hacer un seguimiento durante 10 meses del aluminio residual en el agua tratada de la planta de Floridablanca.

2. MARCO TEORICO

2.1 OPERACIONES UNITARIAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUA

Las operaciones unitarias son todas las etapas que se requieren para conformar un proceso ya sea químico o físico. En el proceso de tratamiento de agua para consumo humano se pueden tener varias de las siguientes operaciones:

- Captación
- Aducción
- Desarenadores o presedimentación
- Aireación
- Mezcla rápida y Coagulación
- Floculación
- Sedimentación
- Filtración lenta y rápida
- Cloración

A continuación se describen brevemente cada uno de los procesos unitarios relacionados.

2.1.1 CAPTACIÓN El sistema de captación consiste de una estructura colocada directamente en la fuente a fin de captar o extraer el agua que se va a tratar y conducirla por la línea de aducción hasta el siguiente proceso. La captación puede efectuarse por gravedad o por bombeo y su control es muy importante para asegurar un caudal apropiado para el proceso de potabilización.

2.1.2 ADUCCION Componente o sistema destinado a transportar agua mediante un conducto desde la captación hasta el desarenador.

2.1.3 DESARENACION O PRESEDIMENTACION. Un presedimentador es una estructura que permite la remoción del material sólido que no es retenido en las rejillas en la captación.

Un presedimentador y/o un desarenador es un dispositivo que permite la retención del agua, de modo tal que las partículas de arena puedan decantar por acción de la fuerza de gravedad principalmente, como función del tamaño, peso y forma de las partículas.

Los desarenadores y presedimentadores generalmente son tanques de flujo horizontal, que permiten mantener el caudal de salida igual al caudal de entrada, por tal razón son de flujo continuo.

2.1.4 CONDUCCIÓN Componente destinado a transportar agua mediante un conducto desde el desarenador o presedimentador hasta la planta de tratamiento. De acuerdo a la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento, las líneas de conducción pueden ser por gravedad o por bombeo.

2.1.5 AIREACIÓN Se emplea para oxigenar el agua y oxidar ciertos elementos como hierro, manganeso y materia orgánica y eliminar otros en forma de gases que producen olores y sabores desagradables al agua.

La aireación puede ser efectuada por:

- Caídas de agua como son las toberas, las cascadas y las bandejas múltiples.
- Difusión que consiste en burbujear mecánicamente el aire.

2.1.6 MEZCLA RÁPIDA Y COAGULACIÓN La mezcla rápida es una operación empleada en el tratamiento de agua con el fin de dispersar rápida y uniformemente el coagulante a través del flujo de agua. La mezcla rápida puede realizarse mediante la turbulencia provocada por medios hidráulicos o mecánicos entre los que se incluyen:

- Resaltos hidráulicos en canales
- Canaletas parshall
- Vertederos rectangulares
- Tuberías de succión de bombas
- Mezcladores mecánicos en línea
- Rejillas difusoras

- Tanques con equipo de mezcla rápida

La coagulación es un proceso que consiste básicamente en la adición al agua de una sustancia química soluble y coagulante, la que mediante procesos químicos atrapa partículas no sedimentables y coloidales, con el fin de formar sólidos fácilmente sedimentables.

Este proceso de coagulación se utiliza para remover del agua el color, la turbiedad, las bacterias, virus, algas, entre otros.

Los factores que influyen en la coagulación son:

- Las características del agua como turbiedad, alcalinidad, pH y color.)
- Las características de los coagulantes (tipo de sustancias, cantidad y concentración)
- Las condiciones de las estructuras de la planta como mezcla rápida, floculadores, tiempo de residencia.

Los coagulantes más comunes son las sales de hierro y de aluminio, siendo el sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) el coagulante más utilizado en nuestro medio debido a su bajo costo y manejo relativamente simple.

2.1.6.1 AYUDANTES DE COAGULACIÓN Los ayudantes de coagulación no son de por sí coagulantes, pero ayudan considerablemente al proceso de coagulación, actuando como puente para unir las partículas. La diferencia sustancial entre coagulante y ayudante de coagulación está en que el coagulante anula las acciones repulsivas entre partículas coloidales, iniciando la formación del microfloc, mientras que el ayudante engloba estos microfloc, aumentando su tamaño y densidad de modo que sedimentan más fácilmente. Existen una gran variedad de ayudantes desde los obtenidos a través de síntesis de amoníaco para obtener polímeros de poliacrilamida, y los naturales que se obtienen de los almidones de yuca o papa, principalmente.

2.1.6.2 PUNTOS DE APLICACIÓN Los coagulantes se deben aplicar siempre en los puntos de máxima agitación o mezcla rápida para conseguir una mezcla íntima del producto con el

agua, ya que esta es una reacción instantánea. En estos puntos generalmente se tienen altas agitaciones para generar altos gradientes de velocidad, empleándose para ello canaletas Parshall, resaltos hidráulicos, entre otros. Es conveniente tener en cuenta que si el coagulante a emplear es un polímero, el gradiente debe ser sensiblemente menor para evitar la ruptura de las cadenas poliméricas ya formadas.

2.1.7 FLOCULACIÓN Es un proceso de agitación suave y continua del agua con coagulante, esto con el propósito de lograr la aglomeración de las partículas previamente coaguladas por el choque generado por su movimiento relativo, para formar partículas más grandes llamadas "floc".

Para que dichos floc's aumenten de tamaño y adquieran el suficiente peso que le permita sedimentar, es necesario someter el agua a una agitación lenta. De esta manera las partículas contenidas en el agua chocan con los floculos recién formados y se adhieren a ellos.

La mezcla lenta para que haya floculación puede efectuarse de forma mecánica usando rotores de paletas o hidráulicamente utilizando para ello estructuras que dan movimiento al agua.

En cierto modo, la coagulación y la floculación son procesos semejantes por ser básicamente acciones de mezcla, la diferencia de ellos está en su intensidad.

En la floculación la variable mas controlable es el gradiente de velocidad, el cual es función de la potencia mecánica aplicada o de la energía hidráulica disipada por el agua.

En todos los modelos propuestos para la floculación, la velocidad de aglomeración de las partículas es proporcional al tiempo. Bajo determinadas condiciones, existe un tiempo óptimo para la floculación, normalmente entre 20 y 40 minutos. Este tiempo se puede establecer mediante ensayos de prueba de jarras. La permanencia de agua en el floculador durante un tiempo inferior o superior al óptimo, produce resultados inferiores.

La coagulación y por consiguiente la floculación, son muy sensibles a las características fisicoquímicas del agua cruda, tales como alcalinidad, pH, turbiedad, color, entre otros.

Por regla general es más fácil flocular aguas con alta turbiedad y alcalinidad, que las que tengan alto contenido de color, ya que el floc que se forma con el color es quebradizo y floclula muy lentamente.

2.1.7.1 FLOCULADORES MECÁNICOS Requieren una fuente de energía externa que mueve un agitador en un tanque o una serie de tanques, donde en agua permanece un determinado tiempo. Los floculadores mecánicos se clasifican según el sentido del movimiento del agitador, giratorio y alternativo.

Los floculadores giratorios pueden ser de baja velocidad de rotación, en cuyo caso constan de un sistema de paletas fijadas a un eje horizontal o vertical; o de alta velocidad de rotación conformados por una turbina. Los floculadores mecánicos alternativos están constituidos por un sistema de paletas que se desplazan de arriba hacia abajo produciendo corrientes de turbulencia en la masa líquida.

2.1.7.2 FLOCULADORES HIDRÁULICOS Puede construirse como floculador hidráulico cualquier dispositivo que utilice la energía hidráulica disipada por el flujo de agua a través de un tanque o canal de llegada. Los más utilizados son los de pantalla, de flujo horizontal o vertical.

Estos floculadores tienen la ventaja de que no poseen partes mecánicas y en consecuencia su mantenimiento es mínimo, además de que el grado de agitación es función del flujo de agua que pasa a través de la unidad.

El floculador de flujo horizontal consiste en un tanque de concreto dividido por tabiques, bafles o pantallas de concreto u otro material adecuado, dispuestos en tal forma que el agua haga un recorrido de ida y vuelta alrededor de los extremos libres de los tabiques.

En el floculador de flujo vertical, el agua fluye hacia arriba y hacia abajo, por encima y por debajo de los tabiques, pantallas o bafles que dividen el tanque.

En general los floculadores hidráulicos, con una velocidad de flujo apropiada y un número suficiente de bafles para asegurar suficientes curvas, proveen una floculación efectiva.

En comparación con los floculadores mecánicos, se puede señalar como desventaja de los floculadores hidráulicos la alta pérdida de carga (30 – 150 cm.) y la poca flexibilidad de control en el grado de mezcla para caudales variables.

2.1.7.3 AYUDANTES DE FLOCULACIÓN Son productos que mejoran y aceleran la aglomeración del floc a fin de producir flóculos grandes y pesados, de rápida sedimentación. Los polímeros floculantes tienen como característica su alto peso molecular, en contraste con los polímeros usados en coagulación que son de relativo bajo peso molecular. Los polímeros floculantes pueden ser catiónicos, aniónicos o no iónicos y son principalmente compuestos de poliacrilaminas.

2.1.8 SEDIMENTACIÓN es el proceso mediante el cual se remueven, por efecto gravitacional, las partículas que se encuentran en suspensión en un fluido y que tienen un peso específico mayor que este. Esta operación está relacionada exclusivamente con las propiedades de caída de partículas en el agua.

Dependiendo de las características y concentración de las partículas a separar, la sedimentación se puede dividir en:

2.1.8.1 SEDIMENTACIÓN SIMPLE: es generalmente un tratamiento primario para reducir la carga de sólidos sedimentables antes de la coagulación; se le conoce como presedimentación.

2.1.8.2 SEDIMENTACIÓN FLOCULENTA O DECANTACIÓN: Estructuras que se encuentran después de la adición de coagulantes y de la floculación, y se usa para remover los sólidos sedimentables que han sido producidos por el tratamiento químico con sustancias coagulantes y floculantes.

En general los tanques de sedimentación son estanques rectangulares o circulares de aproximadamente 3 m de profundidad con pantallas de entrada y vertederos efluentes. En los últimos años se han introducido los sedimentadores de placas planas paralelas, de tubos, de flujo ascensional y otros tipos de sedimentadores de alta taza, con el objeto de obtener el mismo grado de clarificación que en sedimentadores convencionales pero con menor uso de espacio o terreno.

2.1.9 FILTRACIÓN Es la operación realizada inmediatamente después del proceso de sedimentación y que consiste en la remoción de partículas en suspensión que no han sido retenidas en los sedimentadores, debido a su poco peso o a altas velocidades del agua. Esta operación es la última realizada al agua en una planta de tratamiento y por lo tanto de ella depende en un alto porcentaje la calidad fisicoquímica del efluente.

La filtración puede ser considerada como una operación resultante de la acción de dos mecanismos básicos complementarios: el transporte y la adherencia, refiriéndose a los fenómenos ocurridos durante el transporte de las partículas hasta el medio filtrante y a las fuerzas de adhesión de éstas al medio filtrante respectivamente.

En la planta de tratamiento la filtración remueve el material suspendido, medido en la práctica como turbiedad, compuesto de flocs, metales oxidados y microorganismos. La remoción de microorganismos es de gran importancia puesto que muchos de ellos son extremadamente resistentes a la desinfección y, sin embargo, son removibles mediante filtración.

2.1.9.1 TIPOS DE FILTROS Los filtros más empleados en tratamientos de agua, se clasifican de acuerdo a

- MEDIO FILTRANTE :
 - Arena
 - Antracita
 - Arena – antracita – granate
- TASA DE FILTRACIÓN :
 - Lentos : $3 - 5 \text{ mt}^3 / \text{m}^2 / \text{día}$
 - Rápidos : $120 - 300 \text{ mt}^3 / \text{m}^2 / \text{día}$
- CONSTRUCCIÓN E HIDRÁULICA
 - Gravedad
 - Presión ($0.5 - 17 \text{ psi}$)
- SENTIDO DE FLUJO

Descendente

Ascendente

- **FORMA DE OPERACIÓN**

Tasa constante

Tasa declinante

Los más utilizados son los filtros rápidos de arena, de flujo descendente, de gravedad y tasa declinante.

Para entender mejor la filtración se definen los siguientes términos :

- **TASA DE FILTRACIÓN:** caudal por unidad de área, y se expresa en $m^3/m^2/$ día.
- **PÉRDIDA DE CARGA:** Pérdida de energía entre la entrada y la salida del filtro expresada en metros m, o pies ft de agua (1 m = 3.280 ft).
- **CARRERA DE FILTRACIÓN:** tiempo que transcurre entre dos lavados de un filtro. Generalmente es del orden de treinta horas y depende de la calidad del afluente al filtro.
- **LAVADO DEL FILTRO:** Operación que se realiza para eliminar los sólidos retenidos en el filtro. Una buena operación de lavado asegura la vida de los filtros, alarga las carreras y mejora la calidad del agua tratada.
- **PERDIDA NEGATIVA:** se produce cuando la pérdida de carga excede la profundidad del agua en cualquier punto del medio filtrante. Es indeseable debido a que se desprende burbujas de gas y dañan la calidad del agua.

La calidad del agua filtrada se mide por la turbiedad y el color y se espera que cumpla con las normas establecidas.

2.1.10 DESINFECCIÓN Los procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración, remueven con mayor o menor eficiencia la mayoría de los microorganismos que pueda contener el agua. Es por esto que se consideran como procesos preparatorios para la

desinfección, puesto que cumplen la doble función de disminuir la carga bacteriana y hacer mas eficiente el proceso de desinfección.

La desinfección del agua se refiere a la destrucción de los organismos patógenos, constituidos por bacterias, protozoarios y virus. Tales microorganismos son capaces de sobrevivir en el agua por días o inclusive semanas, dependiendo de factores ambientales, morfológicos y fisiológicos, tales como temperatura, pH, oxígeno disuelto, nutrientes existentes, competición con otros organismos, resistencias a influencias toxicas y capacidad de formar esporas o quistes.

Un buen desinfectante debe cumplir los siguientes requisitos:

- Tener capacidad de destruir los organismos patógenos para las condiciones que presente el agua, en un tiempo adecuado.
- No debe hacer el agua toxica o de sabor u olor desagradable.
- Debe ser de facil obtención, a costo razonable y reunir condiciones que faciliten su transporte, almacenamiento, manipulación y dosificación.
- Su concentración en el agua debe poderse determinar fácil y rápidamente.
- Debe producir un efecto residual que se constituya en una protección contra un eventual recontaminación posterior al proceso de desinfección.

De todos los desinfectantes como el ozono, bromo, yodo entre otros, el CLORO es el mas utilizado a nivel mundial ya que reúne las mayores ventajas, con el mínimo de inconvenientes.

Al agregar cloro al agua lo primero que sucede es una hidrólisis del mismo para formar ión hipoclorito y ácido hipocloroso, dependiendo del pH de agua; luego se combina con el amoniaco presente y con la materia orgánica, así como con una serie de sustancias químicas produciendo una gran variedad de compuestos, algunos de los cuales tienen poder desinfectante.

El cloro tiene la desventaja de ser corrosivo y muy tóxico, y en algunos casos de producir sabor desagradable al agua, y en reacción con la materia orgánica especialmente con los

ácidos húmicos y fúlvicos, produce compuestos halogenados llamados trihalometanos los que son cancerígenos.

2.1.11 TANQUE DE ALMACENAMIENTO Componente destinado a almacenar un volumen determinado de agua para cubrir las necesidades de una población.

2.1.12 RED DE DISTRIBUCIÓN. Estructura destinada a transportar el agua por la red para cumplir con el consumo que demanda el usuario.

2.1.13 ESTACION DE BOMBEO Componente destinado a aumentar la presión del agua con el objeto de transportarla a estructuras más elevadas.

2.1.14 MEDICIÓN Componente destinado a registrar o totalizar la cantidad de agua transportada por un ducto.

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE

3.1 PLANTA FLORIDABLANCA

3.1.1 GENERALIDADES La planta de Floridablanca está localizada en la zona sur oriental del área Metropolitana de Bucaramanga, en la parte alta de los barrios Bucarica y Caracoli del municipio de Floridablanca, a una altura media de 1042 msnm.

Su construcción inicial se hizo en los años 1970 y 1971, y fue optimizada para darle mayor capacidad en los años 1976 y 1977; posteriormente ampliada para tratar todo el caudal aprovechable del Río Frío en los años 1982 y 1983.

La planta Floridablanca está destinada a tratar aguas provenientes de la hoya del Río Frío, para abastecer la zona sur del área metropolitana y Girón.

Las operaciones que conforman el proceso de potabilización de la planta Floridablanca son las siguientes :

3.1.2 CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN El agua de Río Frío es captada aprovechando las bocatomas laterales que antiguamente instaló la cervecería Clausen, las cuales se comunican con un tanque a través de un canal de concreto a lo largo del cual existen dos presedimentadores. El agua del tanque es transportada por gravedad a través de tuberías hasta la planta de Tratamiento de Floridablanca.

El caudal que llega por las líneas de aducción se distribuye hacia las dos secciones de tratamiento:

3.1.3 SECCION ORIGINAL (planta antigua): De tipo convencional con capacidad nominal de tratamiento de 400 Lt/sg, con una velocidad de llegada de 2m/sg. En esta sección hay estructuras mezcladores de agitación hidráulica, para dispersión de los coagulantes. Están localizados a continuación de la cámara de llegada, al lado de los floculadores.

3.1.3.1 SISTEMA DE FLOCULACIÓN MECÁNICA Existe un canal de entrada de 0.60m de ancho y 0.70m de altura, de longitud igual al ancho del floculador, provisto de 9 orificios de sección variable por los cuales pasa el agua al floculador. El tanque de floculación de 16.48m de longitud, 6.00m de ancho y 3.14m de altura útil y está dividido en 4 compartimientos separados por tabiques de madera. Esta unidad de floculación posee cuatro conjuntos de agitadores de paletas de eje horizontal, cada uno con dos juegos de paletas de madera.

3.1.3.2 SISTEMA DE SEDIMENTACIÓN CONVENCIONAL Y DE PLACAS Decantador convencional de 22 m de longitud, 5.49 m de ancho y 3.36 m de profundidad útil. Sedimentador de placas de 8 m de longitud y 5.49 m de ancho, provisto de tres canaletas longitudinales y tres transversales para la recolección de agua sedimentada. Las placas planas, inclinadas 60° y con espacios entre ellas de 5cm están soportadas por una estructura de madera.

3.1.3.3 SISTEMA DE FILTRACIÓN RÁPIDA La sección original cuenta con un sistema de filtración constituido por una batería de cuatro filtros rápidos. Los filtros N° 1, 2 y 3 con una longitud de 5.49 m, 5.49 m de ancho y un área filtrante de 30.14 m². El lecho filtrante está formado por una capa superior de 0.50 m de antracita, y una inferior de 0.20 m de arena colocadas sobre una capa de 0.30 m de grava que le sirven al lecho de sostén. El filtro N° 4 reestructurado hace 24 meses aproximadamente cuenta con una capa superior de antracita de 0.55 m y una capa inferior de arena de 0.20 m y una capa de 0.50 m de grava.

3.1.4 SECCION DE AMPLIACIÓN (planta nueva): De tipo convencional con capacidad nominal de tratamiento de 220 L/seg, con velocidad de llegada de 2m/seg. Esta sección cuenta con la canaleta parshall, donde por acción de un resalto hidráulico se efectúa la mezcla rápida de los coagulantes aplicados y además la medición de flujo de agua de entrada a la planta.

3.1.4.1 SISTEMA DE FLOCULACIÓN HIDRÁULICA De flujo horizontal, dividido en tres zonas, la primera de velocidad relativamente alta, de 6.6m de ancho total y canales de 0.76 m de ancho y 1.65 m de profundidad. La segunda zona de velocidad media, de 8.20m de ancho total y canales de 0.83 m de ancho y 1.65 m de profundidad. La tercera zona de 5.8 m

de ancho total y canales de 0.98 m de ancho y de 1.65 m de profundidad, y un canal final de 0.82 m de ancho. En total son 36 canales se parados por tabiques por los cuales pasa el agua en forma de “ida y vuelta”

3.1.4.2 SISTEMA DE SEDIMENTACIÓN EN PLACAS El sedimentador de esta sección con un área de placas de 13.73m de longitud y 9.60m de ancho, está dividido en dos compartimentos, cada uno con filas de 172 placas inclinadas a 60° con espacio de 6cm entre una y otra.

3.1.4.3 SISTEMA DE FILTRACIÓN RAPIDA La sección de ampliación cuenta con un sistema de filtración constituido por una batería de dos filtros rápidos. Los filtros N° 5 y 6 tienen una longitud de 6.30 m, y 5.4 m de ancho y un área filtrante de 34.02m² . El lecho filtrante esta formado por una capa superior de 0.50m de antracita, y una inferior de 0.20m de arena colocada sobre una capa de 0.30 m de grava que le sirven al lecho de sostén.

3.1.5 SISTEMA DE DESINFECCIÓN (CLORACIÓN) El cloro suministrado por los cilindros es dosificado por los cloradores y mezclado con agua, para ser enviado en forma de solución a los puntos de precoloración , postcloración y línea de conducción de agua a Girón.

3.1.6 TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN El tanque de almacenamiento esta localizado en el nivel inferior de la planta. El agua filtrada es conducida desde los filtros por el canal recolector, a la cámara de coloración (en donde se aplica la solución de cloro) y de ahí pasa al tanque de distribución.

Del tanque sale hacia las redes de distribución regulándose los respectivos caudales por medio de válvulas.

3.2 EQUIPOS DE DOSIFICACIÓN Y PRODUCTOS QUÍMICOS

3.2.1 EQUIPOS DE DOSIFICACIÓN La planta de potabilización de Floridablanca cuenta con equipos de dosificación de alumbre, polímero, cal y cloro, los cuales se detallan a continuación.

- Tres dosificadores de coagulantes en polvo: Dos tipos tornillo sin fin marca SIEMENS con capacidad de 33 a 440 k/hora, para la sección original, y uno para la sección de ampliación marca Wallace & Tiernan tipo tornillo sin fin.
- Una bomba de dosificación de polielectrolito líquido de marca BLUE WHITE, con capacidad de 150cm³ / min para la sección original.
- Un dosificador de cal con una capacidad de 1.1 galones (4.2Lt/min.)
- Un mezclador de solución de cal
- Dos cloradores marca Wallace & Tiernan tipo A-741 V-Notch con capacidades de dosificación de 100 y 150 libras de cloro por día cada uno.
- Un clorador marca Wallace & Tiernan tipo A-761 con capacidad de 7 Kg / día.
- Un distribuidor de solución conectado a los dos cloradores para las líneas de pre y post cloración

3.2.2 PRODUCTOS QUÍMICOS Los productos químicos empleados en el tratamiento de agua potable son:

- Sulfato de aluminio, como coagulante
- Polímero coagulante CYTEC C-579, como ayudante de coagulación
- Cal, como modificador de pH
- Cloro gaseoso, como desinfectante

3.2.2.1 SULFATO DE ALUMINIO Se utiliza como coagulante primario el sulfato de aluminio tipo B producido por dos diferentes empresas, empacado en bolsas de 25 Kg.

3.2.2.2 POLÍMERO El polímero catiónico 579-C utilizado como ayudante de coagulación en las plantas de tratamiento del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, aumenta el

tamaño y peso de los flocúlos, logrando una mayor eficiencia en los en el procesos de floculación, sedimentación y filtración.

Según el reporte de análisis de control de calidad y procesos de la empresa CYQUIM DE COLOMBIA S.A., este polímero catiónico 579-C, tiene las siguientes características:

- Apariencia: Líquido ligeramente viscoso ámbar libre de partículas extrañas
- pH (a 25°C) : 6.8
- Densidad (a 25 °C): 1.09 g/ml
- Viscosidad Brookfeld (CPS): 55
- % Sólidos: 30.38

- **Monómeros residuales**, ppm
 - EPI : <0.5 Max 3.0
 - 1.3 Dicloro 2 Propanol 29 Máx. 300
 - Total EPI+Clorinados 58 Máx. 600

- **Solubilidad en agua**: total
- **Reactividad química** : no reactivo

3.2.2.3 CAL Es aplicada para ajustar el pH del agua cuando se está aplicando sulfato de aluminio. La cal es dosificada como cal secundaria al final del proceso.

3.2.2.4 CLORO Es el desinfectante utilizado en las plantas. Este producto es adquirido en forma gaseosa, envasado en cilindros de hierro, con capacidad neta de 900Kg.

4. PARTE EXPERIMENTAL

A continuación se describe la metodología empleada para el desarrollo de este trabajo en cada una de las etapas del tratamiento, las variables analizadas, los análisis efectuados y posteriormente la evaluación de cada uno de ellos.

Para determinar cual es el motivo principal del alto aluminio residual en el agua de la planta, se procedió a hacer una evaluación de la dosis en pruebas de jarras, para determinar el grado de concordancia entre la dosis de sulfato de aluminio suministrada por el operador de la planta y la determinada en el laboratorio.

Posteriormente, se determinó llevar a cabo evaluaciones analíticas que involucren variables fisicoquímicas como color, turbiedad, pH y aluminio residual, para el agua en cada una de las etapas de tratamiento como son:

- Agua sedimentada
- Agua filtrada
- Agua tratada

También se hicieron algunas mediciones para determinar el tiempo de residencia del agua dentro de los floculadores y sus gradientes, para determinar si estas variables podrían estar afectando el proceso de floculación.

Se ensayo el uso de polímero ayudante de coagulación CYTEC C-579, a diferentes relaciones entre sulfato y polímero, teniendo en cuenta ensayos anteriores hechos con el proveedor en el Laboratorio de Control de Calidad de la Compañía, donde se hallo experimentalmente que el máximo reemplazo del polímero es del 40 % y que una parte de polímero puede reemplazar 10 partes de sulfato de aluminio.

Con el fin de obtener un diagnóstico de la influencia de la etapa de filtración en el proceso, se evaluaron distintos aspectos operacionales como carreras de filtración y el estado del lecho filtrante haciendo mediciones de granulometría (Ver anexo 1) y ensayo de bolas de barro (Ver anexo 2). La clasificación de los lechos filtrantes según el porcentaje de bolas de barro adheridas a ellos y por la granulometría se presenta a continuación. VER TABLA No. 1 y No. 2

Tabla N° 1 Calificación de los filtros según el porcentaje de Bolas de barro.

% en volumen de bolas de barro	Condiciones del medio filtrante
0 – 0.1	Excelente
0.1 – 0.2	Muy bueno
0.2 - 0.5	Bueno
0.5 – 1.0	Regular
1.0 - 2.5	De regular a mal
2.5 – 5.0	Mal
7.5	Muy mal

Tomado de : Manual de Introducción. Modulo de Filtración. Universidad Industrial de Santander.

Tabla No. 2 Clasificación del material filtrante

PROPIEDAD	ANTRACITA
Tamaño efectivo	0.8 a 1.4
Permeabilidad	1.4 a 1.6
Coefficiente de uniformidad	1.5 a 1.8

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 Determinación de gradientes de operación

Se determinaron los gradientes de operación de los floculadores de la planta nueva y de la planta antigua, cuyos sistemas son hidráulico horizontal y mecánico de paletas horizontales al eje de giro.

En la planta antigua se evalúa el gradiente para cada una de las tres velocidades de giro de las paletas, encontrándose los siguientes gradientes. Ver tabla No. 3.

Tabla No. 3 Gradientes para floculador mecánico

VELOCIDAD	RPM	GRADIENTE
ALTA	1.1	41.9
MEDIA	2.2	17.4
BAJA	4.0	6.3

Para el floculador hidráulico se determinó el gradiente para cada una de las tres secciones que lo componen, encontrándose los siguientes gradientes (ver tabla No. 4):

Tabla No. 4 Gradientes para floculador hidráulico

SECCION	VELOCIDAD	DIF. ALTURA cms	GRADIENTE cm⁻¹
1	ALTA	2.0	45.7
2	MEDIA	2.5	32.4
3	BAJA	1.7	29.05

Los floculadores de la planta antigua se encontraban operando a la máxima revolución y por lo tanto al mismo gradiente, lo que no permitía una buena floculación. Se cambió el gradiente de los tres últimos compartimentos de los floculadores al correspondiente a la

velocidad media, que es el más indicado según las pruebas de jarras desarrolladas en el laboratorio. (Gradiente de operación de 17 seg⁻¹).

Para la planta nueva, los gradientes determinados corresponden a los promedios ideales, según los datos reportados en la literatura para este tipo de floculadores.

También se determinaron los tiempos de retención en los floculadores de cada una de las plantas, encontrándose los datos de la tabla No. 5.

Tabla No. 5 Tiempo de retención en los floculadores

PLANTA	FLOCULADOR	COMPARTIMENTOS	TIEMPO DE RETENCION	CAUDAL L/seg
ANTIGUA	Mecánico de paletas horizontales	4	12 min	420
NUEVA	Hidráulico horizontal	36	22.15 min	200

El tiempo de retención encontrado en los floculadores de la planta antigua con respecto al caudal tratado, es un poco bajo, para el promedio de 15 minutos. También se encontró que por la falta de tabiques de separación entre cada uno de los compartimentos del floculador, y que debido a que todas las aspas giran en el mismo sentido, se presenta una rápida evacuación del agua superficial tangencial al giro de las paletas, que hace que el proceso de floculación sea más ineficiente. Se recomienda la colocación de tabiques para ayudar a elevar el tiempo de retención.

Para el floculador hidráulico, el tiempo está acorde a los valores de la literatura.

5.2 DETERMINACIÓN DOSIS ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO

Durante el mes de marzo se hicieron en el laboratorio, pruebas de jarra en el agua de la planta Florida, para compararla con la dosis reportada por el operador; y también se verificó la dosis colocada en el dosificador para la planta nueva.

Se observó que la dosis del operador y la suministrada por el equipo son congruentes; y comparadas con la dosis de la prueba de jarras presentan un grado de correlación aceptable.

En algunos casos donde la dosis suministrada por el operador se encontraba por encima de la dosis de la prueba de jarras, se corrigió antes de realizar los ensayos de aluminio residual. Sin embargo, se hace necesario que el operador realice pruebas de jarra con mayor frecuencia para controlar permanentemente la dosis de sulfato. Ver tabla No 6.

Tabla No.6 Comparación de dosis de sulfato en jarras Vs. equipo de dosificación

<i>Fecha</i>	<i>Jarras</i>	<i>Planta</i>	<i>Diferencia</i>
Febrero 26	18	16	-2
Febrero 27	14	13	-1
Febrero 28	19	17	-2
Marzo 4	16	18	+2
Marzo 5	18	16	-2
Marzo 6	15	16	+1
Marzo 7	17	18	+1
Marzo 8	18	18	0
Marzo 11	15	14	-1
Marzo 12	25	36	+11
Marzo 13	22	25	+3
Marzo 14	25	30	+5
Marzo 15	22	26	+4
Marzo 18	28	34	+6
Marzo 19	32	32	0
Marzo 22	22	23	+1
Marzo 23	21	21	0

En todas las pruebas de jarras realizadas, siempre se mantienen las mismas condiciones de ensayo

- Mezcla rápida 100 rpm / 1 minuto
- Mezcla lenta (floculación) 40 rpm / 15 minutos
- Sedimentación 15 minutos

Coagulante utilizado: Sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$

5.3 DETERMINACIÓN DE ALUMINIO RESIDUAL

Con la dosis de sulfato de aluminio hallada en las pruebas de jarra y colocada en planta se procedió a hacer las mediciones del aluminio residual en los diferentes puntos de muestreo. Para la evaluación se realizaron ensayos al agua a la salida de cada una de las etapas del proceso de tratamiento en cada una de las dos plantas de tratamiento. Los puntos de toma fueron: Agua cruda, salida floculador planta nueva y antigua, salida sedimentadores planta nueva y antigua, salidas filtros y agua tratada.

En los primeros tres días, Febrero 27, 28 y Marzo 4; se hizo ensayo al agua filtrada antes y después del punto donde se agrega la cal, para verificar si ésta contribuía a elevar los niveles de aluminio en el agua tratada. Como no se vio cambio alguno se suprimió este punto de ensayo y se constató que la cal no incrementa el aluminio residual por las trazas que pueda llegar a contener de algunos óxidos de aluminio.

La toma de muestras para la evaluación analítica se llevo a cabo desde el mes de febrero hasta el mes de abril, y sus valores promedio se aprecian en la tabla No. 7.

Los datos originales de los muestreos se encuentran consignados al final del documento en el anexo 3.

TABLA No. 7 Valores Promedio Análisis De Proceso

PROCESO	COLOR	TURBIEDAD	ALUMINIO RESIDUAL
AGUA CRUDA	---	---	0.05
SALIDA FLOCULADOR P.N.	---	---	0.40
SALIDA SEDIMENTADOR P.N.	---	---	0.37
SALIDA FLOCULADOR P.A.	---	---	0.37
SALIDA SEDIMENTADOR P.A.	---	---	0.36
FILTRO 1	8.9	1.14	0.15
FILTRO 2	28.6	3.85	0.27
FILTRO 3	17.0	1.45	0.21
FILTRO 4	6.5	0.77	0.12
FILTRO 5	3.3	0.48	0.18
FILTRO 6	4.1	0.47	0.17
AGUA TRATADA	3.4	0.95	0.16

Se observa que el agua a la salida del proceso de floculación y sedimentación en ambas plantas, presenta niveles altos de aluminio residual, siempre cercanos a 0,4 ppm, lo que es debido al arrastre del floc. Se evaluaron los filtros correspondientes a la planta antigua (1, 2, 3 y 4), y a la planta nueva (5 y 6), midiendo los parámetros Color, turbiedad y aluminio residual. La calidad del agua en cada uno de los filtros varía en sus características físicoquímicas. Se aprecia que los filtros donde se obtiene agua con características mas pobres, son el número 1, 2 y el 3, que son los que presentan el aluminio residual más alto. Los que mejor operan son el 4, 5 y 6. El 4 debido a que se le cambió el material filtrante hace aproximadamente 24 meses. Los números 5 y 6 presentan una mayor área de filtración, lo que probablemente los hace trabajar menos forzados y además tienen un menor tiempo de uso.

El comportamiento en el Color y la turbiedad es similar al comportamiento del aluminio residual en los filtros. Los demás filtros presentan valores de aluminio residual que se

encuentran dentro de la norma para agua potable (Decreto 475/98), la cual establece un valor máximo de 0.2 mg/l de Al

En el agua tratada como ya se han combinado las aguas de todos los filtros, los parámetros evaluados cumplen con los valores de referencia establecidos en la norma. (Decreto 475/98).

Entre las posibles causas del aumento en los niveles de aluminio residual está la sobredosificación, originada por la discontinuidad en la realización de pruebas de jarras, las cuales determinan la dosis óptima para las diferentes calidades de agua cruda. También se encuentra que la calidad del material filtrante tiene una alta ingerencia en las condiciones fisicoquímicas del agua tratada. Por esto se hace importante conocer el estado de los lechos de los filtros, evaluando la granulometría y el porcentaje de bolas de barro adheridas a ellos. Otro estudio importante es la evaluación de las carreras de filtración para determinar el tiempo de colmatación de los filtros después de retrolavados.

5.4 EVALUACIÓN CON POLÍMEROS AYUDANTES

Se evaluó el comportamiento de las dos plantas en Florida, con el uso del polímero ayudante de coagulación CYTEC 579-C. Para el desarrollo de la prueba se realizó el montaje necesario, ya que no se contaba con flauta para dosificar el polímero. Posteriormente se realizó un aforo de las bombas dosificadoras. Se fijaron como variables de estudio, diferentes relaciones de sulfato a polímero, desde 60/40 hasta 90/10; y también capacidades de reemplazo de 1:10 y 1:5

Antes de iniciar cada prueba, se evaluaban los diferentes parámetros fisicoquímicos de calidad como pH, color, turbiedad y aluminio residual en el agua cruda, el agua sedimentada, el agua filtrada y el agua tratada. También se realizó una prueba de jarras para verificar la dosis óptima de sulfato, con respecto a la reportada por el operador de la planta y también para realizar los cálculos para el reemplazo.

5.4.1 Planta nueva

Se encontró que al utilizar las relaciones 60/40 y 70/30 con un reemplazo de 1:10, el aluminio residual se disminuía tanto en el agua a la salida de los sedimentadores como a la salida del agua filtrada, pero el color y la turbiedad en el agua filtrada no presentaron los mejores resultados. Se evaluó entonces la relación 80/20 con un reemplazo de 1:10, presentando un aluminio residual bastante bajo, pero el color en el agua filtrada se seguía manteniendo alto.

Se cambio entonces el reemplazo a 1:5, manteniendo la misma relación 80/20, y se encontró que el aluminio residual bajaba notoriamente tanto en los sedimentadores como a la salida de los filtros, encontrándose concentraciones de 0.09 y 0.04 mg/L respectivamente. Así mismo se evaluó la relación de 90/10 con un reemplazo de 1:10, con los cuales se obtuvo turbiedades, colores y aluminios residuales bajos, obteniéndose concentraciones menores de 0.13 mg/l de aluminio a la salida de los sedimentadores y menores de 0.09 mg/l a la salida de los filtros.

Se realizó otra prueba pero con una relación 80/20 y reemplazo de 1:7, con los cuales se obtuvo colores entre 0 y 1 UPC, turbiedades del orden 1.4 NTU a la salida del floculador y menores de 1.0 a la salida de los filtros, y aluminio residual de 0.0 en el agua a la salida de los filtros. Estos datos se encuentran en la tabla No. 8

5.4.2 Planta antigua

Se evaluaron relaciones sulfato a polímero de 70/30, 80/20 y 90/10, con reemplazos de 1:10 y 1:5. Buenos resultados se vieron con la relación 90/10 y reemplazo de 1:5.

Se corrió una prueba utilizando el equipo de streaming current en automático (Equipo dosificador automático), y aplicando una dosis de polímero equivalente al 10 % con relación al sulfato y un reemplazo de 1:10. El equipo logró controlar la dosis de sulfato de

**Tabla No. 8 ENSAYOS DE ADICION DE POLÍMERO 579-CAYUDANTE DE COAGULACIÓN (Planta Nueva)
PLANTA FLORIDABLANCA**

PRUEBA	CONDICIONES CRUDA AGUA			DOSIS INICIAL ppm Al ₂ SO ₄	RELACION % Polímero/ Al ₂ SO ₄	CAPACIDAD DE REPLAZO ppm	DOSIS RESULTANTE ppm Al ₂ SO ₄	DOSIS POLIMERO ppm	ALUMINIO RESIDUAL mg / L		
	TURBIEDAD UNT	COLOR UPC	pH						SEDIMENTACION	FILTRO 5	FILTRO 6
1	38	149	7.65	30	40	1:10	18	1.2	0.18	0.08	0.10
2	38	149	7.65	30	30	1:5	21	1.8	0.09	0.04	0.04
3	28	106	7.61	25	30	1:10	17	0.75	0.15	0.08	0.10
4	28	106	7.61	25	30	1:7	17	1.00	0.10	0.09	0.10
5	13	51	7.74	24	30	1:10	19	0.48	0.07	0.08	0.09
6	13	51	7.74	24	20	1:5	19	0.96	0.04	0.05	0.04
7	13	51	7.74	24	20	1:7	19	0.68	0.17	0.00	0.00
8	30	90	7.77	24	10	1:10	21	0.24	0.13	0.04	0.06

aluminio bajándola, pero el reemplazo que se obtuvo con el equipo fue de 1:7, relación en la cual la planta funcionó bien, mostrando un agua sedimentada, filtrada y tratada con color entre 0 y 4, turbiedades menores de 1,4 y aluminio residual menor de 0.09mg/L. También, el aluminio residual a la salida de los sedimentadores bajó de 0.4 mg/L, cuando solamente se dosificaba sulfato de aluminio, a niveles de 0.13 mg/L, lo que ayuda notoriamente a disminuir el aluminio residual en el agua a la salida de los filtros.

A pesar de lo anterior expuesto, el agua proveniente del filtro 2 se mantiene en niveles de aluminio residual por encima de 0.4 mg/L, producto de la colmatación del material filtrante.

5.5 EVALUACIÓN DE BOLAS DE BARRO

También se procedió a realizar el ensayo de bolas de barro al material filtrante, lo que demostró que todos los lechos evaluados presentan adheridos una gran cantidad de barro con buena consistencia, el que no se desprende fácilmente en el proceso de retrolavado.

Los filtros según la tabla de clasificación se encuentran entre malos y muy malos, siendo los filtros 1, 2 y 3 los de clasificación muy malo, ya que presentan porcentajes de barro por encima de 7.5%. Los demás se clasifican entre malo y de regular a malos. La existencia de bolas de barro puede tener sus causas debido a posiblemente bajas velocidades de lavado, mala distribución del agua de lavado o a un mantenimiento inadecuado de los filtros. Ver tabla No 9.

Tabla No 9. Bolas de barro en el material filtrante

FILTRO	% BOLAS DE BARRO	CLASIFICACION
1	9.87	Muy Malo
2	11.6	Muy Malo
3	16.67	Muy Malo
4	3.8	Regular a Malo
5	4.6	Malo
6	4.52	Malo

5.6 GRANULOMETRIA DE LECHOS FILTRANTES

A cada lecho filtrante se le realizó la granulometría, para determinar características que nos permitan evaluar la influencia que tiene el tamaño de partícula con la eficiencia de los filtros. La granulometría se determinó sobre la antracita lavada de la determinación de bolas de barro. Este material se pasó por los tamices de la serie Taylor y con los pesos retenidos en cada malla se elaboró la gráfica para determinar el coeficiente de uniformidad y el porcentaje de tamaño de partícula (ver gráficos anexo 4). Los valores ideales en la literatura par este par de índices son: para el tamaño de partícula un valor entre 0.8 y 1.0, y el coeficiente de uniformidad entre 1.5 y 1.8. Según los valores encontrados (Ver tabla No.10) vemos que los filtros 3, 4, 5 y 6 son los que presentan estos índices más cercanos a los valores ideales y que el 1 y el 2 presentan los valores más alejados, lo que es corroborado por el índice de bolas de barro y por la evaluación de los parámetros fisicoquímicos de calidad.

Tabla No. 10 Coeficiente de uniformidad y tamaño de partícula filtros

FILTRO	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD 1.5 – 1.8	TAMAÑO DE PARTICULA 0.8 – 1.0
1	2.77	0.65
2	2.60	1.50
3	2.09	1.10
4	1.90	1.00
5	1.50	1.18
6	2.07	0.89

5.7 CARRERAS DE FILTRACIÓN

Una practica operacional cotidianamente empleada en las plantas de tratamiento, son los retrolavados de los filtros mediante los cuales se logra el lavado del material filtrante para retirar el barro y el sulfato de aluminio adherido al lecho filtrante. Para esto se debe desocupar el filtro y hacer pasar agua en contra corriente para remover partículas sólidas retenidas en el material filtrante y así reducir la caída de presión en el filtro; la duración del retrolavado es de 5 minutos.

Se realizó la carrera de filtración de todos los filtros de la planta. Cada hora y media se tomaron muestras de agua cruda, sedimentada, filtrada y tratada, y se evaluaron los

siguientes parámetros; color, turbiedad, pH y aluminio residual. Como en los filtros 1, 2, 3 y 4 no funciona el manómetro para medir la pérdida de carga, la carrera se llevó hasta cuando la turbiedad pasaba de +/- 1.1 NTU. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que en estos filtros las carreras son de aproximadamente 35 horas (ver gráficas anexo 1). Para los filtros 5 y 6, donde si funcionan los manómetros para medir las pérdidas de carga, se llevo la carrera hasta cuando el manómetro marcaba 2.0. Para este valor se aprecia en la gráfica que la turbiedad del agua filtrada se incrementa hasta valores cerca o por encima de 1.0. En cuanto los otros parámetros como color y aluminio residual, también se incrementan proporcionalmente respecto aumenta la caída de presión y la turbiedad, pero son más altos en los filtros 1, 2, 3 y 4 que en el 5 y 6. Las tablas y las gráficas donde se aprecia el comportamiento de los filtros durante la carrera de filtración se encuentra en el anexo No. 5

De acuerdo a los resultados de las planillas de filtración, se establece la duración de las carreras de filtración de la siguiente manera:

Sección Original

1. Filtro N° 1 : 30 Horas
2. Filtro N° 2 : 30 Horas
3. Filtro N° 3 : 24 Horas
4. Filtro N° 4 : 36 Horas

Es importante tener en cuenta que el filtro No. 4 recientemente se le cambió el material filtrante, razón por la cual es el que mejor trabaja para esta sección de la planta de tratamiento.

Sección de Ampliación

1. Filtro N° 5 : 48 Horas
2. Filtro N° 6 : 56 Horas

Los filtros de esta sección cuentan con un sistema de medición de presión que indica la pérdida de carga, lo que hace que el operador de planta realice retrolavados con base en mediciones de pérdida de cargas reales, además estos poseen una mayor área de filtración que los demás filtros.

5.8 SEGUIMIENTO AL ALUMINIO RESIDUAL EN EL AGUA TRATADA

Para complementar el trabajo se realizó diariamente durante el año 2003 un seguimiento al aluminio residual del agua tratada de la planta de Floridablanca, para verificar su comportamiento tras unas recomendaciones de evaluar en forma rutinaria la dosis de sulfato de aluminio con una prueba de jarras preliminar. Los datos diarios durante el año se aprecian en el anexo 6. Según las gráficas de control de aluminio promedio durante los años 2001 y 2002 contra el 2003, se puede notar que los aluminios en los primeros años presentaban valores cercanos o a veces por encima de la norma y para el año 2003 el valor más alto se obtuvo en febrero con un valor promedio de 0.145 mg/l Al y el valor más bajo se observa en el mes de noviembre con un promedio de 0.064 mg/l de Al.

Esto nos permite concluir que una dosis exacta de sulfato de aluminio en el proceso de tratamiento es muy efectiva a la hora de evaluar los residuales de este elemento. También permite en forma directa minimizar costos en el proceso de tratamiento.

CONCLUSIONES

- Se evaluó y comparó la dosis de sulfato de aluminio de la planta Florida con la del Laboratorio, encontrándose un buen grado de correlación. Sin embargo, se deben realizar pruebas de jarra más seguido para corregir la dosis permanentemente, ya que esta es una de las variables que ayudan a incrementar el aluminio residual en el agua.
- Se evaluó el aluminio residual en las diferentes etapas del proceso de tratamiento, encontrándose que a la salida del sedimentador, siempre se encuentra en niveles por encima de 0.4 ppm; en el proceso de filtración, gran parte del floc que es arrastrado desde los sedimentadores es allí retenido, disminuyendo el aluminio residual en esta agua. Sin embargo, debido a la mala calidad encontrada de los lechos filtrantes, el aluminio pasa incrementándolo, muchas veces, por encima de lo establecido en la norma.
- Se llevó a cabo el ensayo de bolas de barro en los lechos filtrantes de la planta, permitiendo concluir que en los filtros 1, 2 y 3, sus lechos se encuentran colmatados con abundante barro, el cual no se desprende fácilmente en el proceso de retrolavado, y su clasificación según la tabla de clasificación de filtros es “muy malo”.
- Se evaluaron los filtros determinando que las carreras de filtración de los filtros 1, 2 y 3, no sobrepasan las 30 horas de funcionamiento, tiempo después del cual estos dejan pasar agua de mala calidad, desmejorando los índices de calidad fisicoquímica. Los demás filtros, 4, 5 y 6, presentan carreras mucho más prolongados, debido a que su material filtrante está en mejores condiciones.
- Se realizó la granulometría de los lechos filtrantes para determinar su coeficiente de uniformidad y evaluar su calidad de filtración. Se puede observar que los filtros 3, 4, 5 y 6 son los que presentan los índices de uniformidad y de partícula más cercanos a los valores reportados en la literatura.

- La aplicación del polímero ayudante de coagulación CYQUIM 579-C ensayado en la planta Floridablanca mejora la calidad del agua en los procesos de clarificación, contribuyendo con la disminución de los niveles de aluminio residual. Se encontró que la mejor relación sulfato a polímero es 80/20, y el mejor reemplazo es 1:7, verificado por las condiciones fisicoquímicas del agua tratada.
- En casos de altas turbiedades presentados en la Planta, no se está dosificando polímero como ayudante de coagulación, omitiéndose como alternativa para mejorar el proceso de clarificación y disminuir los niveles de aluminio residual en el agua tratada.
- Con el equipo de dosificación automático de sulfato se logra controlar la dosis óptima, evitando el desperdicio y por ende el incremento del aluminio residual.
- El seguimiento durante el año, permitió obtener aluminios residuales promedio más bajos que en años anteriores, producto de controles más efectivos en la dosificación de sulfato de aluminio y a retrolavados más frecuentes para los filtros cuyas carreras son de apenas 30 horas.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. Tercera edición. McGraw Hill. Colombia. 2.000
2. CALA, Juan Martin. Especialización en Ingeniería Ambiental. Tecnología en Gestión de Recurso Agua. UIS, Bucaramanga. 1999
3. CAMACHO, Guillermo. operación de Plantas de Tratamiento de Agua . ECOPETROL. CIB. Servialco Ltda. Santa Fé de Bogota. 1994.
4. CASTILLO GARCIA, Samuel Antonio. Evaluación y Diagnostico de la Planta de Tratamiento para Potabilización de aguas de Floridablanca. UIS. Bucaramanga. 1984.
5. HERRERA, Crispiniano. Seminario Taller sobre Potabilización de Aguas. Complejo Industrial de Barrancabermeja Noviembre 29 a Diciembre 1 de 1998.
6. LEONORE S. CLESCERI, WEF, Chair, Arnold E. Greenberg, APHA, Andrew D. Eaton, AWWA. Standard Methods for the Examination of water, Works Association, Water Environment Federation 19 ed, New York 1998.
7. KEMMER FRANK. Mc CALLION JOHON. Manual del agua, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones . Nalco. Chemical company M c Graw Hill. Mexico 1982.
8. NALCO CHEMICAL COMPANY. Manual del Agua. McGraw Hill. Primera Edición. Mexico, 1979

Anexo 1

GRANULOMETRIA DE LOS LECHOS FILTRANTES

GRANULOMETRIA DEL MEDIO FILTRANTE (Manual de Instrucción UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Módulo de Filtración)

Una de las características del medio filtrante que mayor influencia tiene en la eficiencia de los filtros es el tamaño y la forma de los granos.

El propósito de la prueba es determinar el tamaño de los granos que componen una muestra dada.

Equipo:

- Un juego de mallas de la serie Americana
- Un muestreador en PVC , que consiste en un cilindro con un diámetro interno de ½ pulgada y una altura aproximada de 50cm .

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Se drena completamente el lecho filtrante .

Luego con un movimiento de percusión-rotación introdúzcase hasta la grava el muestreador de PVC .

La muestra extraída se coloca en un recipiente donde se deseca a 100°C durante 4 a 5 horas hasta eliminar toda la humedad.

Una vez desecada, se le mezcla varias veces y se hace un cuarteo y se extrae una porción de 500 a 1000gr de la muestra , la cual se pesa y se coloca en la serie de tamices seleccionados , para este ensayo se tomaron los tamices N° 8,10 ,16,20,40,60,100 de la serie americana .

Colocada la muestra, los tamices se someten a vibración intensa, por sistema manual para que el material se clasifique en ellos según su tamaño.

Luego se extrae el contenido retenido en cada uno y se pesa.

Los resultados se expresan en términos de tamaño o diámetro efectivo y coeficiente de uniformidad .

Para calcular estos parámetros, el peso retenido por tamiz se acumula y luego se obtiene el peso que pasa, restando al peso de la muestra el peso retenido acumulado. Luego en papel logarítmico se dibuja para cada tamaño de grano o abertura de tamiz, el porcentaje de pesos

acumulados de material granular que pasa con lo que resulta una curva que caracteriza la distribución de dicho material

En esta curva se determina la relación en porcentaje (en peso) que pasa por los tamices de la serie granulométrica, el tamaño efectivo del grano corresponde al 10% que pasa y ese será el diámetro efectivo del lecho filtrante.

El coeficiente de uniformidad es la relación en peso entre el tamaño de los granos correspondientes al 60% que pasa por un tamiz, sobre el tamaño de los granos correspondiente al 10%.

- Diámetro Efectivo (tamaño del 10%) = P10 mm
- Tamaño del 60%= mm
-

Coeficiente de Uniformidad = $P60/P10$.

Anexo 2

DETERMINACION DE BOLAS DE BARRO

ENSAYO DE BOLAS DE BARRO (Manual de Instrucción UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Módulo de Filtración)

La presencia de bolas de barro indica el grado de deterioro del lecho filtrante, que puede ser debido a un lavado deficiente que no remueve el material retenido en el lecho , o a una frecuencia de retrolavados inadecuados.

El propósito de esta prueba es determinar la cantidad de bolas de barro existentes en el lecho filtrante .

Un filtro bien conservado no debe contener Bolas de barro. Sin embargo, con el tiempo éstas pueden irse formando, hasta llegar a un 1% sin que afecte mayormente el estado de la unidad. Por encima de este valor se ve afectada cada vez en mayor grado. Porcentajes de un 5 % indican la necesidad de reconstrucción o tratamiento del medio filtrante.

EQUIPO

- Un muestreador en PVC , que consiste en un cilindro con un diámetro interno de ½ pulgada y una altura aproximada de 50cm .
- Un tamiz plástico N° 10 (2mm de abertura)
- Una probeta de 1000 ml
- Un vaso plástico de 1000ml
- Guantes de plástico

REACTIVOS

- Ácido Clorhídrico diluido al 10%

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO Se lava normalmente el filtro y se drena el agua hasta un nivel bajo, a unos 20cm por debajo de la superficie de la arena.

Se introduce el muestreador en cuatro puntos por lo menos para extraer un número equivalente de muestras. Retirar con cuidado para que no se caiga el material , colocar todas las muestras en un solo recipiente y poner a desecar a 100°C en un horno por 3 horas .

Tomar el material filtrante y hacer un cuarteo , se pasa por un tamiz suavemente para que desprenda la arena y queden retenidas las bolas de barro.

En una probeta de 1000ml se adiciona un volumen de 500ml de agua, luego se adiciona la muestra con barro y se anota el incremento del volumen.

Como el barro se encuentra adherido a la antracita del lecho, este se debe lavar muy bien con ácido muriático diluido en un baso de 1000ml y con guantes de plástico.

Después de lavar bien la muestra , se pone a desecar a 100°C por tres horas.

Luego se vuelven adicionar los 500ml de agua a la probeta y se le adiciona la muestra seca y se anota el incremento.

CALCULO DE RESULTADOS:

El Volumen de bolas de barro estará dado en la diferencia de estas dos lecturas.

$$\% \text{ Bolas de Barro : } \frac{\text{Volumen de barro} \times 100}{\text{Volumen de muestra}}$$

Anexo 3

**DATOS ORIGINALES MUESTREO EN PLANTA PARA ALUMINIO
RESIDUAL**

SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE CLARIFICACION DEL AGUA DE LA PLANTA DE FLORIDABLANCA

PLANTA	Feb-27		Feb-28		Mar-04		Mar-05		Mar-06		Mar-08		Mar-11		Mar-12		Mar-13		Mar-15		Mar-18		Mar-19		Mar-20		Mar-22		Abr-05		PROMEDIO
	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	
Agua cruda	0,01	0,01	0,08	0,08																										0,05	
Salida floculador P. N.	0,4	0,4	0,4	0,4			0,40	0,4					0,4	0,40	0,4															0,40	
Salida sedimentador P.N.	0,4	0,4	0,4	0,4	0,02	0,40		0,4	0,40	0,40			0,40	0,40	0,4		0,4													0,37	
Salida floculador P. A.			0,4	0,4				0,16			0,40	0,40			0,4	0,40														0,37	
Salida sedimentador P.A.			0,4	0,4	0,40	0,40			0,06	0,40	0,30	0,40			0,40	0,40	0,40													0,36	
Filtro 1	0,09	0,11	0,21	0,36	0,11				0,15				0,4	0,1	0,04	0,15	0,05	0,21	0,16	0,16	0,01	0,19	0,01	0,19			0,11		0,15		
Filtro 2	0,2	0,1	0,4	0,4	0,06				0,11				0,29	0,09	0,09	0,25	0,37	0,28	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,28	0,15		0,27		
Filtro 3	0,09	0,12	0,21	0,38	0,05				0,08				0,08	0,07	0,18		0,34	0,4	0,4	0,24	0,16	0,16	0,16	0,16	0,33	0,34		0,21			
Filtro 4	0,07	0,11	0,18	0,32	0,06				0,06				0,08	0,04	0,06	0,08	0,09	0,12	0,27	0,16	0,06	0,17	0,06	0,17	0,17	0,16		0,12			
Filtro 5	0,4	0,17	0,1	0,16	0,12	0,40	0,11	0,25	0,19	0,40			FS	0,40	0,13	0,19	0,23	0,11	0,07	0,08	0,07	0,12	0,07	0,12	0,13	0,2		0,18			
Filtro 6	0,4	0,14	0,1	0,18	0,11	0,36	0,09	FS	FS	FS		0,13	0,33	0,34	0,12	0,15	0,2	0,09	0,13	0,15	0,09	0,15	0,09	0,15	0,16	0,09		0,17			
Agua tratada	0,17	0,15	0,01	0,12		0,20	0,09	0,15	0,15	0,20			0,15	0,20	0,14		0,18	0,2	0,18	0,16	0,12	0,16	0,12	0,16	0,17	0,25		0,16			

P.A. Planta Antigua

P.N. Planta Nueva

Anexo 4

DATOS DE GRANULOMETRIA LECHOS FILTRANTES

**GRANULOMETRIA DEL LECHO FILTRANTE
PLANTA FLORIDA**

FILTRO N°1

Peso Total de la muestra seca = 172.81gr

Tamiz serie US	Tamaño de la abertura en mm	Peso en gr.			% que pasa acumulado por el tamiz. $\Sigma a / 172.81 * 100$
		Retenido a	Retenido acumulado Σa	Que pasa acumulado $172.81 - \Sigma a$	
8	2.38	1.38	1.38	171.43	99.20
10	2.0	33.20	34.58	138.23	79.98
16	1.19	80.05	114.63	58.18	33.66
20	0.841	14.32	128.95	43.86	25.38
40	0.420	43.1	172.05	0.76	0.43
60	0.25	0.24	172.29	0.52	0.30
100	0.15	0.20	172.49	0.32	0.185
<100	<0.15	0.26	172.75	0.06	0.034

FILTRO N°2

Peso Total de la muestra seca 121.16gr

Tamiz serie US	Tamaño de la abertura en mm	Peso en gr.			% que pasa acumulado por el tamiz. $\Sigma a / 121.16 * 100$
		Retenido a	Retenido acumulado Σa	Que pasa acumulado $121.16 - \Sigma a$	
8	2.38	5.63	5.63	115.53	95.35
10	2.0	56.61	62.24	58.92	48.62
16	1.19	56.85	119.09	2.07	1.70
20	0.841	1.80	120.89	0.27	0.22
40	0.420	0.05	120.94	0.22	0.18
60	0.25	0.12	121.06	0.1	0.08
100	0.15	0.12	121.18	0.02	0.016
<100	<0.15	0.18	121.20	0	0

FILTRO N°3**Peso Total de la muestra seca 126.48gr**

Tamiz serie US	Tamaño de la abertura en mm	Peso en gr.			% que pasa acumulado por el tamiz. $\Sigma a/126.48 \cdot 100$
		Retenido a	Retenido acumulado Σa	Que pasa acumulado $126.48 - \Sigma a$	
8	2.38	8.25	8.25	118.23	93.47
10	2.0	47.65	56	70.48	55.72
16	1.19	63.70	119.7	6.78	5.33
20	0.841	1.70	121.4	5.08	4.01
40	0.420	4.27	125.67	0.81	0.64
60	0.25	0.38	126.05	0.43	0.33
100	0.15	0.21	126.26	0.22	0.17
<100	<0.15	0.21	128.47	0.01	0

FILTRO N°4**Peso Total de la muestra seca 375gr**

Tamiz serie US	Tamaño de la abertura en mm	Peso en gr.			% que pasa acumulado por el tamiz. $\Sigma a/375 \cdot 100$
		Retenido a	Retenido acumulado Σa	Que pasa acumulado $375 - \Sigma a$	
8	2.38	67	67	308	82.1
10	2.0	71.35	138.35	236.65	63.1
16	1.19	174.6	312.95	62.05	16.54
20	0.841	19.48	332.43	42.57	11.35
40	0.420	18.47	350.9	24.1	6.42
60	0.25	11	361.9	13.1	3.49
100	0.15	2	363.9	11.1	2.96
<100	<0.15	7	370.9	4.1	1.09

FILTRO N°5**Peso Total de la muestra seca 193.58gr**

Tamiz serie US	Tamaño de la abertura en mm	Peso en gr.			% que pasa acumulado por el tamiz. $\Sigma a/193.58*100$
		Retenido a	Retenido acumulado Σa	Que pasa acumulado $193.58-\Sigma a$	
8	2.38	12	12	181.58	93.80
10	2.0	54.93	66.93	126.65	65.42
16	1.19	118.24	185.17	8.41	4.34
20	0.841	6.47	191.64	1.94	1.0
40	0.420	1.40	193.04	0.54	0.27
60	0.25	0.32	193.36	0.22	0.11
100	0.15	0.09	193.45	0.13	0.06
<100	<0.15	0.13	193.58	0	0

FILTRO N°6**Peso Total de la muestra seca 168.63gr**

Tamiz serie US	Tamaño de la abertura en mm	Peso en gr.			% que pasa acumulado por el tamiz. $\Sigma a/168.63*100$
		Retenido a	Retenido acumulado Σa	Que pasa acumulado $168.63-\Sigma a$	
8	2.38	6.45	6.45	162.18	96.17
10	2.0	30.64	37.09	131.54	37.09
16	1.19	94.86	131.95	36.68	21.75
20	0.841	10.26	142.21	26.42	15.66
40	0.420	25.66	167.87	0.76	0.45
60	0.25	0.39	168.26	0.37	0.21
100	0.15	0.23	168.49	0.14	0.08
<100	<0.15	0.36	168.80	0	0

Anexo 5

CARRERAS DE FILTRACION. TABLAS Y GRAFICAS

CARRERA FILTRO 1 PLANTA FLORIDABLANCA

HORA LAVADO: 7:40 am

FECHA: 1 abril/2003

Hora Muestreo	AGUA CRUDA				AGUA SEDIMENTADA				AGUA FILTRADA				AGUA TRATADA			
	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio
	UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit
07:40	9,1	31	7,69		1,9	3	6,60						0,76	2	6,96	
07:50									0,91	5	6,83					
07:55									0,36	4	6,73					
08:00									0,29	2	6,70					
08:05									0,19	4	6,66					
09:10	7,8	18	7,70	0,04	2	5	6,67	0,4	0,3	7	6,68	0,07	0,69	0	6,95	0,14
10:40	11	17	7,79		2,1	0	6,73		0,4	6	6,75		1,3	1	7,04	
12:10	9,7	27	7,86	0,09	2,3	2	6,89	0,4	0,24	0	6,77	0,11	0,97	0	7,09	0,16
13:40	8,3	23	7,91		2,5	0	6,88		0,29	0	6,79		0,64	0	7,26	
15:10	12	18	7,85		2,1	0	6,87		0,34	1	6,8		0,79	0	7,33	
16:40	9,5	22	7,90	0,11	1,9	0	6,86	0,4	0,3	0	6,8	0,13	0,73	0	7,27	0,18
18:10	18	96	7,86		2,2	10	7,03		0,95	4	7,12		0,9	6	7,46	
19:40	180	119	7,53	0,07	3,0	8	6,9	0,29	0,9	8	7,00	0,17	0,8	6	7,30	0,17
21:10	625	1150	7,67		6,4	10	5,74		1,6	8	6,59		0,93	5	7,30	
22:40	440	1000	7,32	0,16	6,7	5	5,55	0,26	0,56	2	6,36	0,08	1,3	8	7,16	0,12
00:00	305	570	7,42		5,5	6	5,66		0,55	5	6,36		0,9	5	7,10	
01:40	240	610	7,44	0,11	5,2	12	6,06	0,16	0,39	6	6,3	0,08	0,52	6	7,04	0,13
03:10	160	286	7,53		6,0	21	5,97		0,37	3	6,27		0,5	5	6,97	
06:10	53	143	7,70	0,09	4,0	7	6,32	0,13	1,3	7	6,34	0,03	1,0	4	7,03	0,12
07:40	35	93	7,68		5,6	28	7,79		1,4	12	6,79		0,9	2	1,17	
09:10	36	55	7,73	0,07	4,1	12	6,94	0,4	1,3	2	6,77	0,19	1,1	0	7,24	0,17
10:40	24	40	7,64		3,4	5	6,75		1,7	3	6,75		1,2	1	7,22	
12:10	21	38	7,68	0,08	2,9	4	7,22	0,34	0,9	0	7,23	0,17	1,0	1	7,21	0,18
13:40	17	25	7,77		2,5	1	6,76		1,1	1	6,77		0,9	0	7,26	

CARRERA FILTRO 2 PLANTA FLORIDABLANCA

HORA LAVADO: 7:45 am

FECHA: 1 abril/2003

Hora Muestreo	AGUA CRUDA				AGUA SEDIMENTADA				AGUA FILTRADA				AGUA TRATADA			
	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio
	UNT	PtCo	und pH	mg/lt	UNT	PtCo	und pH	mg/lt	UNT	PtCo	und pH	mg/lt	UNT	PtCo	und pH	mg/lt
07:40	9,1	31	7,69		2,6	3	6,58						0,76	2	6,96	
07:47									0,9	1	6,64					
07:52									0,35	1	6,61					
07:57									0,39	0	6,62					
08:02									0,31	2	6,62					
09:10	7,8	18	7,70	0,04	1,9	4	6,66	0,4	0,19	6	6,66	0,07	0,69	0	6,95	0,14
10:40	11	17	7,79		2,9	0	6,77		0,53	4	6,77		1,3	1	7,04	
12:10	9,7	27	7,86	0,09	2,8	0	6,84	0,4	0,39	0	6,82	0,12	0,97	0	7,09	0,16
13:40	8,3	23	7,91		2,4	0	6,8		0,43	0	6,77		0,64	0	7,26	
15:10	12	18	7,85		2,5	4	6,8		0,74	0	6,79		0,79	0	7,33	
16:40	9,5	22	7,90	0,11	2,1	0	6,84	0,4	0,46	0	6,81	0,15	0,73	0	7,27	0,18
18:10	18	96	7,86		3,6	5	7,0		1,3	8	7,08		0,9	6	7,46	
19:40	180	119	7,53	0,07	3,9	8	7,86	0,26	1,1	10	6,92	0,17	0,8	6	7,30	0,17
21:10	625	1150	7,67		7,4	10	5,36		1,4	8	6,53		0,93	5	7,30	
22:40	440	1000	7,32	0,16	5,7	26	5,25	0,18	0,68	10	6,39	0,08	1,3	8	7,16	0,12
00:00	305	570	7,42		4,9	9	5,66		0,47	13	6,23		0,9	5	7,10	
01:40	240	610	7,44	0,11	5,1	10	5,83	0,17	0,65	12	6,15	0,08	0,52	6	7,04	0,13
03:10	160	286	7,53		4,9	12	5,89		0,57	11	6,18		0,5	5	6,97	
06:10	53	143	7,70	0,09	5,6	7	6,34	0,19	1,1	7	6,31	0,11	1,0	4	7,03	0,12
07:40	35	93	7,68		5,5	16	7,89		1,6	7	6,74		0,9	2	1,17	
09:10	36	55	7,73	0,07	5,1	2	7,06	0,4	1,8	3	6,80	0,19	1,1	0	7,24	0,17
10:40	24	40	7,64		3,9	7	6,86		1,3	1	6,78		1,2	1	7,22	
12:10	21	38	7,68	0,08	2,9	3	6,75	0,35	1,4	0	6,79	0,18	1,0	1	7,21	0,18
13:40	17	25	7,77		3	1	6,76		1,2	0	6,7		0,9	0	7,26	

CARRERA FILTRO 3 PLANTA FLORIDABLANCA

HORA LAVADO: 8:40 am

FECHA: 8 abril/2003

Hora Muestreo	AGUA CRUDA				AGUA SEDIMENTADA				AGUA FILTRADA				AGUA TRATADA			
	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio
	UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit
09:00	27	50	7,68		3,3	11	6,57						0,85	3	6,96	
09:05									2,6	8	6,56					
09:10									1,7	8	6,52					
09:15									1,3	2	6,53					
09:20									0,94	1	6,55					
10:30	19	51	7,59	0,04	3,2	9	6,6	0,4	0,29	4	6,64	0,09	0,6	4	6,85	0,1
12:00	13	53	7,68		3,4	12	6,57		0,57	5	6,6		0,55	1	6,63	
13:30	11	43	7,71	0,03	3,1	6	6,65	0,4	1,3	7	6,69	0,19	0,51	2	6,59	0,09
15:00	10	46	7,79		3,2	11	6,61		0,67	5	6,68		0,73	3	6,88	
16:30	12	45	7,72		3,4	13	6,69		2,4	9	6,82		1	2	7,13	
18:00	8,5	34	7,62		5,0	17	9,79		0,9	8	7,04		0,9	2	7,27	
19:30	10	35	7,69	0,03	4,4	8	7,21	0,4	1,2	12	7,33	0,4	0,75	1	7,4	0,16
21:00	11	38	7,75		2,0	8	6,87		17	19	7,59		1,8	3	7,83	
22:30	9,8	28	7,71		1,7	9	7,02		0,4	7	6,9		1	3	7,57	
24:00	12	34	7,73	0,03	1,6	8	6,75	0,27	0,53	7	6,87	0,12	0,69	1	7,23	0,14
01:30	10	35	7,74		1,8	3	6,81		0,41	1	6,86		0,52	0	7,12	
03:00	9,5	38	7,68		2,0	1	6,8		0,42	0	6,83		0,35	1	7,03	
04:30	7,6	36	7,7	0,05	1,8	1	6,7	0,32	0,54	1	6,77	0,12	0,39	0	7,1	0,05
06:00	8,0	34	7,73		1,6	2	6,71		0,44	2	6,72		0,4	1	7,08	
07:30	8,7	29	7,72	0,03	2,0	2	6,72	0,4	1,5	2	6,73	0,23	0,65	2	7,11	0,14
09:00	7,4	27	7,83		4,1	0	6,78		2,1	1	6,85		0,77	0	7,1	
10:30	7,1	27	7,8	0,03	3,3	2	6,76	0,4	1,4	0	6,87	0,09	0,84	0	7,12	0,15
12:00	8,3	22	7,76		3,0	1	6,78		1,5	4	6,91		0,8	0	7,23	
01:30	9,0	19	7,76	0,03	2,8	6	6,81	0,4	1,4	2	6,90	0,26	0,9	1	7,26	0,16

CARRERA FILTRO 4 PLANTA FLORIDABLANCA

HORA LAVADO: 8:45 am

FECHA: 8 abril/2003

Hora Muestreo	AGUA CRUDA				AGUA SEDIMENTADA				AGUA FILTRADA				AGUA TRATADA			
	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio
	UNT	UPC		mg/lit	UNT	UPC		mg/lit	UNT	UPC		mg/lit	UNT	UPC		mg/lit
09:00	27	50	7,68										0,85	3	6,96	
09:05									0,56	2	7,08					
09:10									2,1	13	6,75					
09:15									1,3	8	6,70					
09:20									0,75	6	6,64					
10:30	19	51	7,59	0,04	2,5	10	6,53	0,4	0,28	5	6,63	0,06	0,6	4	6,85	0,1
12:00	13	53	7,68		3,3	14	6,62		0,39	5	6,65		0,55	1	6,63	
13:30	11	43	7,71	0,03	3,2	6	6,64	0,4	0,57	5	6,64	0,11	0,51	2	6,59	0,09
15:00	10	46	7,79		3	13	6,65		0,16	4	6,62		0,73	3	6,88	
16:30	12	45	7,72		2,5	5	6,65		0,54	3	6,66		1	2	7,13	
18:00	8,5	34	7,62		2,8	7	7,22		0,16	4	6,76		0,9	2	7,27	
19:30	10	35	7,69	0,03	3,4	14	7,84	0,4	0,35	7	7,16	0,14	0,75	1	7,4	0,16
21:00	11	38	7,75		2,3	12	7,06		0,54	9	7,14		1,8	3	7,83	
22:30	9,8	28	7,71		1,7	10	6,89		0,22	8	6,94		1	3	7,57	
24:00	12	34	7,73	0,03	1,8	8	6,84	0,39	0,14	7	6,87	0,06	0,69	1	7,23	0,14
01:30	10	35	7,74		1,5	2	6,76		0,23	1	6,93		0,52	0	7,12	
03:00	9,5	38	7,68		1,4	2	6,76		0,17	1	6,8		0,35	1	7,03	
04:30	7,6	36	7,7	0,05	1,5	3	6,84	0,31	0,11	2	6,81	0,1	0,39	0	7,1	0,05
06:00	8	34	7,73		1,4	4	6,76		0,17	2	6,77		0,4	1	7,08	
07:30	8,7	29	7,72	0,03	4,6	2	6,78	0,4	0,39	1	6,72	0,08	0,65	2	7,11	0,14
09:00	7,4	27	7,83		3,5	3	6,83		0,46	1	6,79		0,77	0	7,1	
10:30	7,1	27	7,8	0,03	2,9	2	6,8	0,4	0,44	1	6,8	0,21	0,84	0	7,12	0,15
12:00	8,3	22	7,76		3,1	4	6,82		0,6	1	6,92		0,8	0	7,23	
13:30	9	19	7,76	0,03	2,4	5	6,92	0,4	0,53	0	6,9	0,1	0,9	1	7,26	0,16
15:00	7	20	7,84		2,5	3	6,81		0,3	2	6,84		0,51	1	7,14	
16:30	6,5	26	7,87		2,1	7	6,78		0,4	7	6,8		0,63	0	7,25	
18:00	6,8	25	7,82	0,01	2	3	6,75	0,25	0,63	0	6,84	0,09	0,67	0	7,23	0,15
19:30	5,9	21	7,8		1,9	0	6,93		0,47	1	6,83		0,62	0	7,83	
21:00	6,3	22	7,75		1,5	1	6,84		0,25	0	6,9		0,57	0	7,22	
22:30	7	20	7,78	0	1,2	7	6,89	0,3	0,39	0	6,81	0,03	0,48	0	7,2	0,08
00:00	7,6	21	7,76		1,4	1	7,35		0,24	0	6,76		0,38	1	7,21	

CARRERA FILTRO 4 PLANTA FLORIDABLANCA (Continuación)

HORA LAVADO: 8:45 am

FECHA: 9 abril/2003

Hora Muestreo	AGUA CRUDA				AGUA SEDIMENTADA				AGUA FILTRADA				AGUA TRATADA			
	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio
	UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit
01:30	9,5	39	7,79		1,7	5	7,36		0,28	6	7,19		0,38	1	7,39	
03:00	8,6	33	7,79	0,01	1,4	4	7,41	0,4	0,15	4	7,14	0,06	0,5	2	7,53	0,11
04:30	6,8	31	7,7		1,5	3	7,02		0,16	6	6,97		0,47	1	7,31	
06:00	7,3	29	7,64		1,5	4	6,9		0,23	2	6,99		0,38	0	7,15	
07:30	6,5	27	7,76		1,9	1	6,78		0,69	3	6,79		0,73	0	7,2	
09:00	5,6	26	7,73	0,02	1,8	1	6,79	0,4	1,8	5	6,88	0,4	1,4	1	6,9	0,23

CARRERA FILTRO 5 PLANTA FLORIDABLANCA

HORA LAVADO: 13:55

FECHA: 10 abril/2003

DP	Hora Muestreo	AGUA CRUDA				AGUA SEDIMENTADA				AGUA FILTRADA				AGUA TRATADA			
		Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio
		UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit
1,6	14:00	6,3	32	7,70		2,1	10	6,74						1	0	7,18	
0,5	14:05									1,5	8	6,77					
	14:10									0,75	3	6,73					
	14:15									0,42	2	6,72					
	14:20									0,41	2	6,73					
0,6	15:30	7,8	30	7,83	0,03	2,2	6	6,78	0,4	0,4	5	6,73	0,06	0,67	0	7,12	0,15
0,63	17:00	6,3	31	7,80		1,3	3	6,84		0,27	2	7,01		0,65	0	7,12	
0,65	18:30	4,5	26	7,73		0,7	3	7,02		0,19	0	6,87		0,65	0	7,2	
0,69	20:00	4,7	25	7,69	0,03	0,94	1	6,89	0,13	0,19	0	6,9	0,05	0,53	0	7,25	0,12
0,73	21:30	4,7	24	7,64		0,6	1	6,81		0,37	1	6,79		0,73	1	7,53	
0,75	23:00	8,7	26	7,68		0,83	1	6,85		0,42	2	6,9		0,97	0	7,35	
0,77	00:30	13	38	7,75	0,04	0,73	1	6,88	0,17	0,18	0	6,8	0,06	0,62	0	7,4	0,15
0,85	02:00	176	376	7,59		3,2	2	6,6		0,19	0	6,81		0,67	0	7,47	
0,9	03:30	22	47	7,44		1,4	1	6,52		0,51	0	6,52		1,1	0	7,36	
0,93	05:00	17	45	7,68	0,05	1,2	0	6,55	0,18	0,44	2	6,46	0,09	1,1	0	7,26	0,14
0,93	06:30	11	43	7,71		1,1	0	6,67		0,62	0	6,56		0,98	0	7,16	
0,94	08:00	9,2	37	7,78		1,3	1	6,63		0,45	0	6,56		1,2	0	7,21	
0,95	09:30	8,2	32	7,72	0,06	2,1	1	6,67	0,35	0,46	0	6,62	0,1	1,2	1	7,1	0,18
0,96	11:00	9	36	7,80		4,2	6	6,71		0,89	3	6,75		1,2	2	7,12	
1,0	12:30	7	33	7,78		5,3	7	6,67		1,6	2	6,69		1,3	0	7,03	
1,1	14:00	6,1	23	7,86	0,05	4,9	3	6,73	0,25	1,9	3	6,66	0,17	1,2	0	7,15	0,15
1,13	15:30	7,2	35	7,77		3,4	1	6,67		0,95	3	6,64		1,1	1	7,2	
1,27	17:00	4,9	38	7,74		5,9	3	6,74		1,5	4	6,69		1,1	2	7,3	
1,33	18:30	6,9	34	7,72	0,17	0,62	3	6,72	0,07	0,62	3	6,72	0,07	1,2	0	7,19	0,1
1,4	20:00	13	33	7,57		0,99	0	6,76		0,47	1	6,84		1,1	0	7,15	
1,40	21:30	7,4	29	7,64		0,99	1	6,72		0,47	2	6,75		0,96	0	7,09	
1,43	23:00	11	41	7,74	0,03	1,3	4	6,7	0,12	0,5	2	6,68	0,06	0,74	0	7,01	0,09
1,46	00:30	12	42	7,69		1,4	2	6,72		0,41	3	6,72		0,66	1	7,05	
1,46	02:00	21	83	7,70		2,1	3	6,78		0,5	1	6,74		0,67	0	7,17	
1,6	03:30	17	65	7,68	0,04	2,3	3	6,6		0,55	2	6,67		0,65	0	7,37	
1,6	05:00	11	35	7,70		2,1	2	6,58		0,66	2	6,6		0,63	0	7,48	
1,6	06:30	7,3	39	7,69		2,5	3	6,69		0,9	5	6,61		1,2	0	7,34	
1,7	09:00	7,5	38	7,76		0,3	2	6,67		0,9	5	6,66		1,4	0	7,19	
1,72	11:00	6,1	40	7,71		4,4	7	6,63		1,8	6	6,69		1,2	2	7,14	
1,81	12:00	6,9	27	7,75		4	4	6,74		1,7	0	6,66		1,4	1	7,22	
1,95	14:00	21	65	7,70	0,03	1,5	2	6,69	0,18	1,3	1	6,6	0,13	1,5	0	7,47	0,16

CARRERA FILTRO 5 PLANTA FLORIDABLANCA (continuación)

HORA LAVADO: 13:55

FECHA: 11 abril/2003

Hora Muestreo	AGUA CRUDA				AGUA SEDIMENTADA				AGUA FILTRADA				AGUA TRATADA			
	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio
	UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit
06:30	7,3	39	7,69		2,5	3	6,69		0,9	5	6,61		1,2	0	7,34	
09:00	7,5	38	7,76		0,3	2	6,67		0,9	5	6,66		1,4	0	7,19	
11:00	6,1	40	7,71		4,4	7	6,63		1,8	6	6,69		1,2	2	7,14	
12:00	6,9	27	7,75		4,0	4	6,74		1,7	0	6,66		1,4	1	7,22	
14:00	21	65	7,7	0,03	1,5	2	6,69	0,18	1,3	1	6,60	0,13	1,5	0	7,47	0,16

CARRERA FILTRO 6 PLANTA FLORIDABLANCA

HORA LAVADO: 7:50am

FECHA: 25 abril/2003

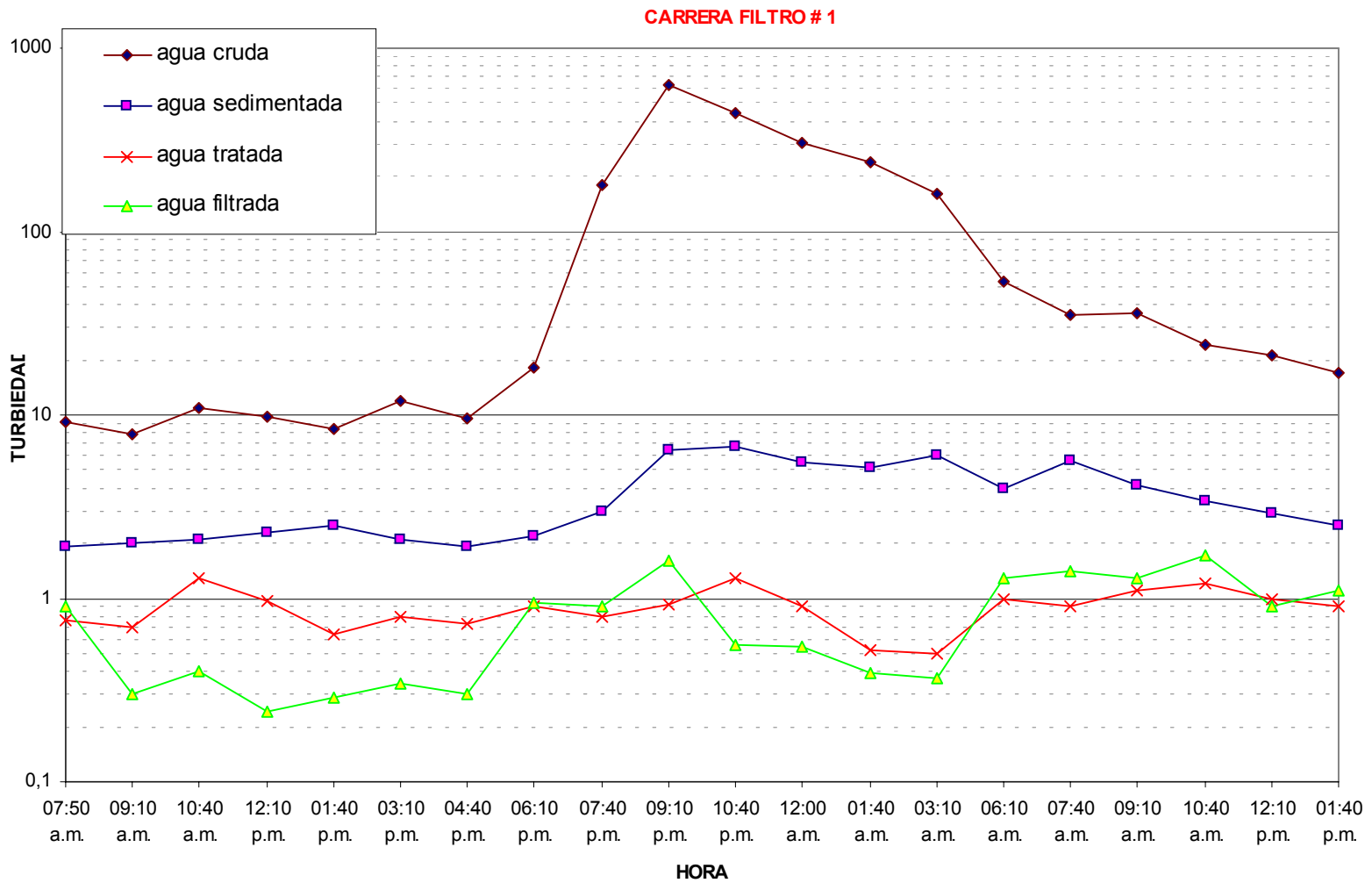
caída pres	Hora Muestreo	AGUA CRUDA				AGUA SEDIMENTADA				AGUA FILTRADA				AGUA TRATADA			
		Turbiedad	Color PtCo	pH und	Aluminio mg/lit	Turbiedad	Color PtCo	pH und	Aluminio mg/lit	Turb	Color PtCo	pH und	Aluminio mg/lit	Turb	Color PtCo	pH und	Aluminio mg/lit
1,3	07:50	9,5	47	7,79		1,8	1	6,83		1,3	3			0,45	0	7,28	
0,6	07:53	9,5				1,8				0,75	0			0,45			
	07:56	9,5				1,8				0,47	1			0,45			
	07:59	9,5				1,8				0,32	2			0,45			
	08:02	9,5				1,8				0,54	0			0,45			
	08:05	9,5				1,8				0,26	0			0,45			
	08:08	9,5				1,8				0,26	0			0,45			
	08:11	9,5				1,8				0,20	0			0,45			
	08:14	9,5				1,8				0,15	0			0,45			
	08:17	9,5				1,8				0,28	0			0,45			
	08:20	9,5				1,8				0,16	0	6,74	0,02	1,1	0	7,14	0,11
0,6	09:00	10	40	7,80	0,01	1,6	0	6,77	0,14	0,27	0	6,72		1,2	1	6,77	
0,62	10:30	13	43	7,79		1,7	2	6,8		0,54	1	6,74	0,01	2	2	7,20	0,1
0,62	12:00	12	38	7,77		2,1	4	6,82	0,12	0,85	3	6,79		1,3	1	7,19	
0,65	13:30	6	34	7,72		1,9	3	6,8		0,45	2	6,82	0,02	1,3	1	7,33	0,08
0,66	15:00	11	33	7,83		2,6	2	6,93	0,14	0,32	0	6,75		1	0	7,37	
0,69	16:30	16	37	7,82		2,1	4	6,86		0,33	3	6,77	0,01	1,1	0	7,41	0,07
0,7	18:00	17	37	7,71	0,01	1,8	3	6,83	0,06	0,31	3	6,87		1,1	0	7,36	
0,71	19:30	18	42	7,68		1,6	2	6,94		0,22	0	6,85	0,02	0,82	0	7,31	0,05
0,73	21:00	16	40	7,75		0,93	1	6,86	0,05	0,27	0	6,87		0,63	0	7,21	
0,75	22:30	13	38	7,67		1,1	1	6,88		0,25	0	6,83	0,08	0,47	0	7,37	0,09
0,76	00:00	12	36	7,71		1,3	0	6,89	0,12	0,30	0	6,82		0,6	0	7,38	
0,78	01:30	14	40	7,74		1,4	0	6,94		0,34	0	6,81	0,00	0,46	0	7,41	0,00
0,79	03:00	11	38	7,70		1,6	4	6,86	0,09	0,37	0	6,83	0,00	0,39	0	7,52	0,00
0,81	04:30	11	36	7,66		1,7	1	6,87	0,09	0,43	0	6,93		0,67	0	7,23	
0,83	06:00	11	40	7,72		1,8	1	6,96		0,43	0	6,84	0,03	0,87	0	7,2	0,07
0,86	07:30	6,9	39	7,74		1,7	0	6,85	0,12	0,60	0	6,78		1,1	0	7,3	
0,9	09:00	8,6	32	7,77		1,8	0	6,87		0,85	0	6,81	0,09	1,4	1	7,38	0,05
0,91	10:30	8,5	32	7,79		2,5	5	6,87	0,18	1,1	1	6,74		1,4	1	7,46	
0,97	12:00	12	39	7,72		2,7	3	6,89		1,0	0	6,79	0,08	1,4	1	7,48	0,13
0,99	13:30	14	42	7,74		2,4	3	6,98	0,14	0,9	3	6,81		1,3	1	7,45	
1,01	14:30	9,5	25	7,7	0,03	2,6	4	6,92		1,1	0	6,89	0,08	1,5	0	7,54	0,15
1,04	15:30	9,2	19	7,76		2,4	4	7,92	0,18	0,37	2	6,83		1,2	1	7,4	
1,12	16:30	7,3	24	7,77		1,9	3	6,81		0,46	2	6,85	0,06	1,4	1	7,32	0,13
1,15	17:30	7,3	23	7,78		1,7	2	6,79	0,15	0,88	1	6,87		1,6	0	7,3	
1,2	18:30	7,8	26	7,78		1,5	3	6,73		0,55	1	6,86	0,07	1,2	0	7,3	0,12
1,23	19:30	5,7	23	7,69		1,2	2	6,75	0,12	0,63	1	6,9		0,92	0	7,28	
1,27	20:30	9	26	7,79		1,3	1	6,76		0,59	0	6,92	0,06	0,76	0	7,34	0,09
1,32	21:30	6,1	22	7,53		1,5	2	6,76	0,13	0,6	0	6,92		0,62	0	7,37	
1,35	22:30	6,7	21	7,82		1,3	0	6,68		0,52	0	6,86	0,05	0,7	0	7,42	0,06
1,4	23:30	6,7	25	7,8		1,5	1	6,7	0,1	0,37	0	6,81		1	0	7,35	
1,42	00:30	5	20	7,83		1,4	0	6,69		0,31	0	6,8	0,04	1,1	0	7,39	0,11
1,45	01:30	6,1	20	7,9		1,3	1	6,71	0,14	0,72	0	6,9		0,88	0	7,4	
1,5	02:30	4	17	7,59		1,6	2	6,8		0,74	1	6,9	0,08	1,3	1	7,36	0,12
1,56	03:30	4,2	20	7,92		2,6	1	6,92	0,18	0,79	0	6,96		1,2	0	7,42	
1,65	04:30	5,4	22	7,84		2,2	0	6,91		0,68	0	6,87	0,07	1,4	1	7,47	0,14
1,75	05:30	5	27	7,9		1,3	3	6,92	0,15	0,59	2	6,78		1,4	2	7,47	
1,84	06:30	5,8	25	7,89		1,7	4	6,95		0,44	1	6,59	0,03	1,3	1	7,3	0,08
1,86	07:30	39	61	7,84	0,02	1,8	4	6,96	0,15								

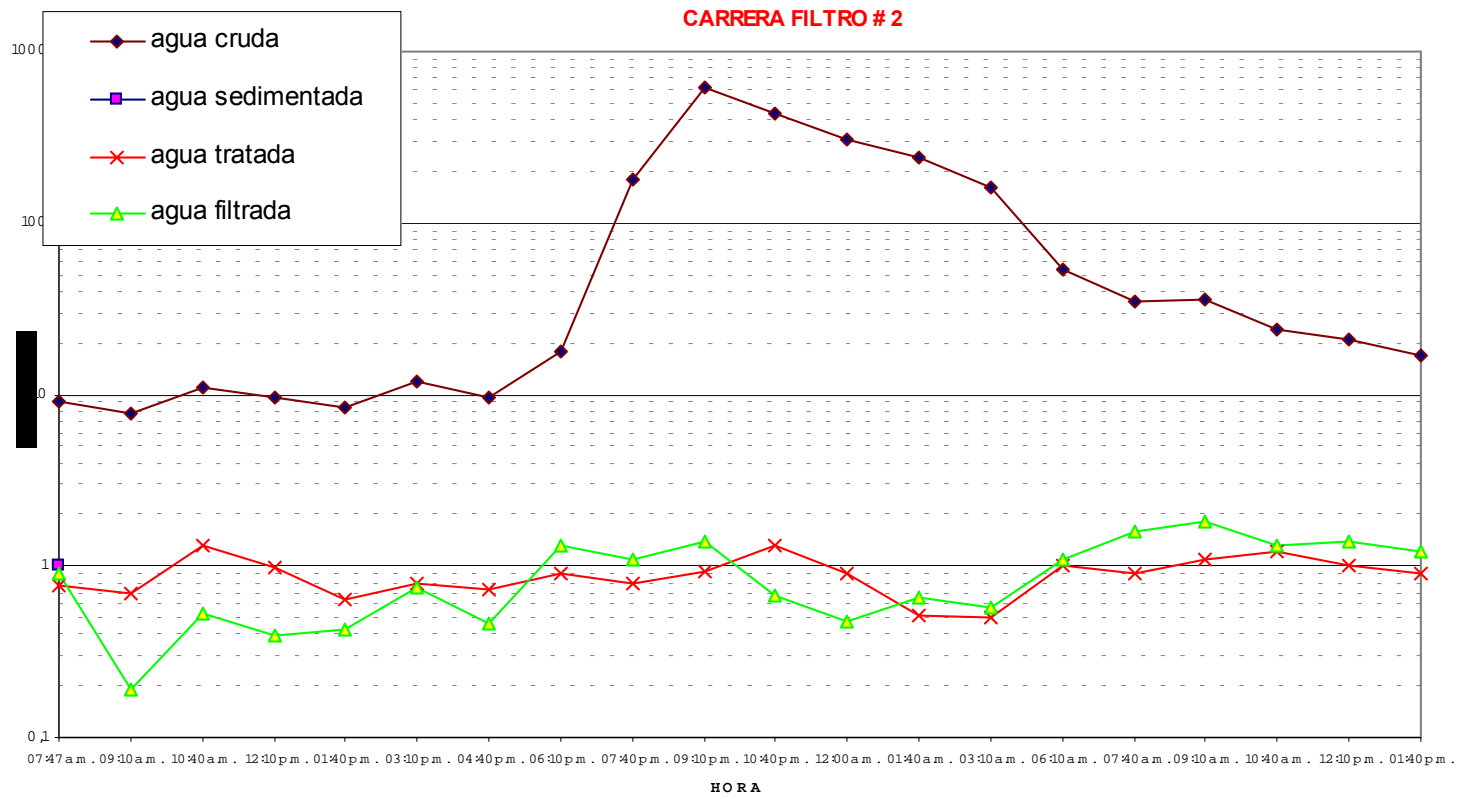
CARRERA FILTRO 6 PLANTA FLORIDABLANCA(continuacion)

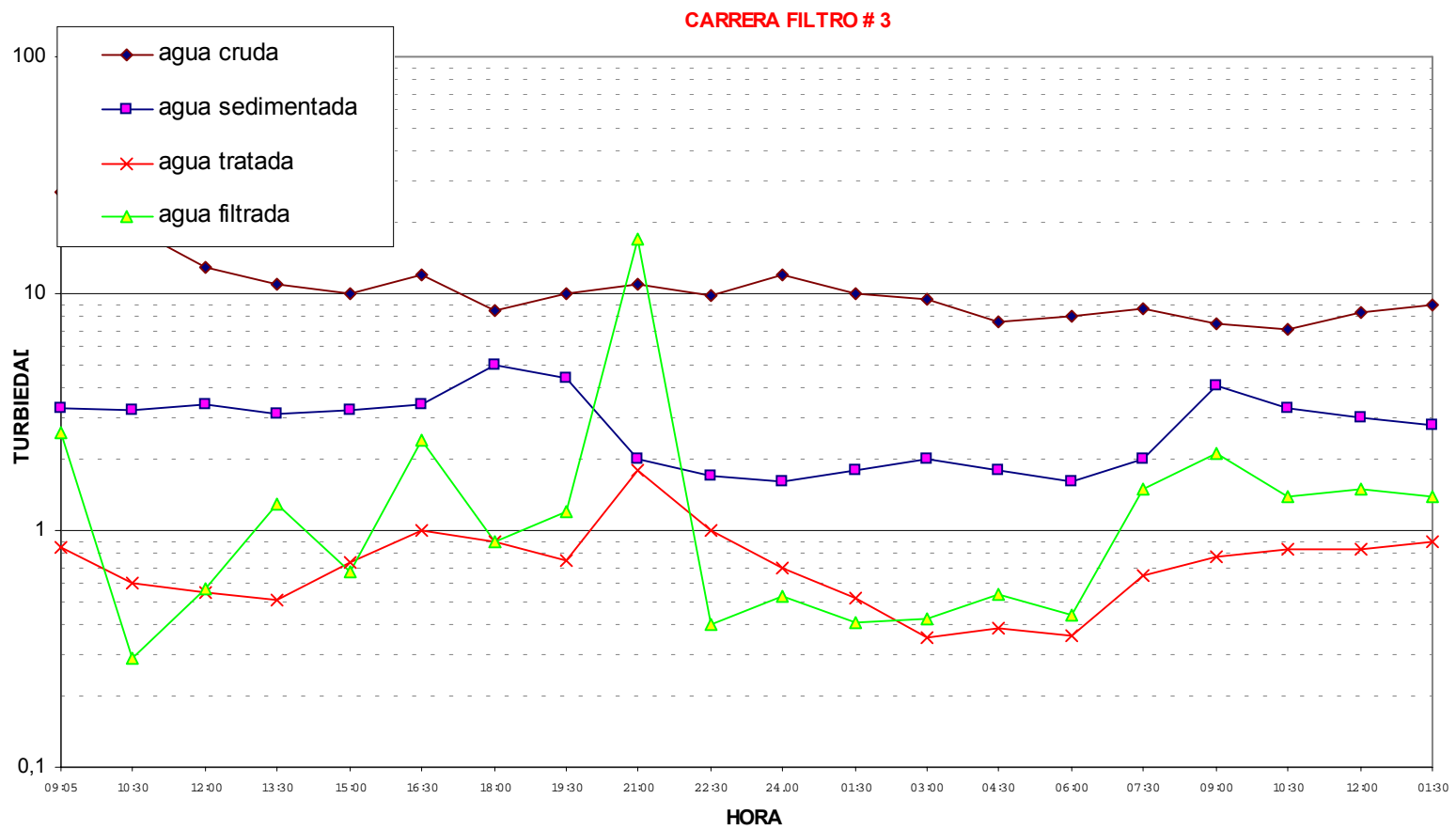
HORA LAVADO: 7:50am

FECHA: 26,27 abril/2003

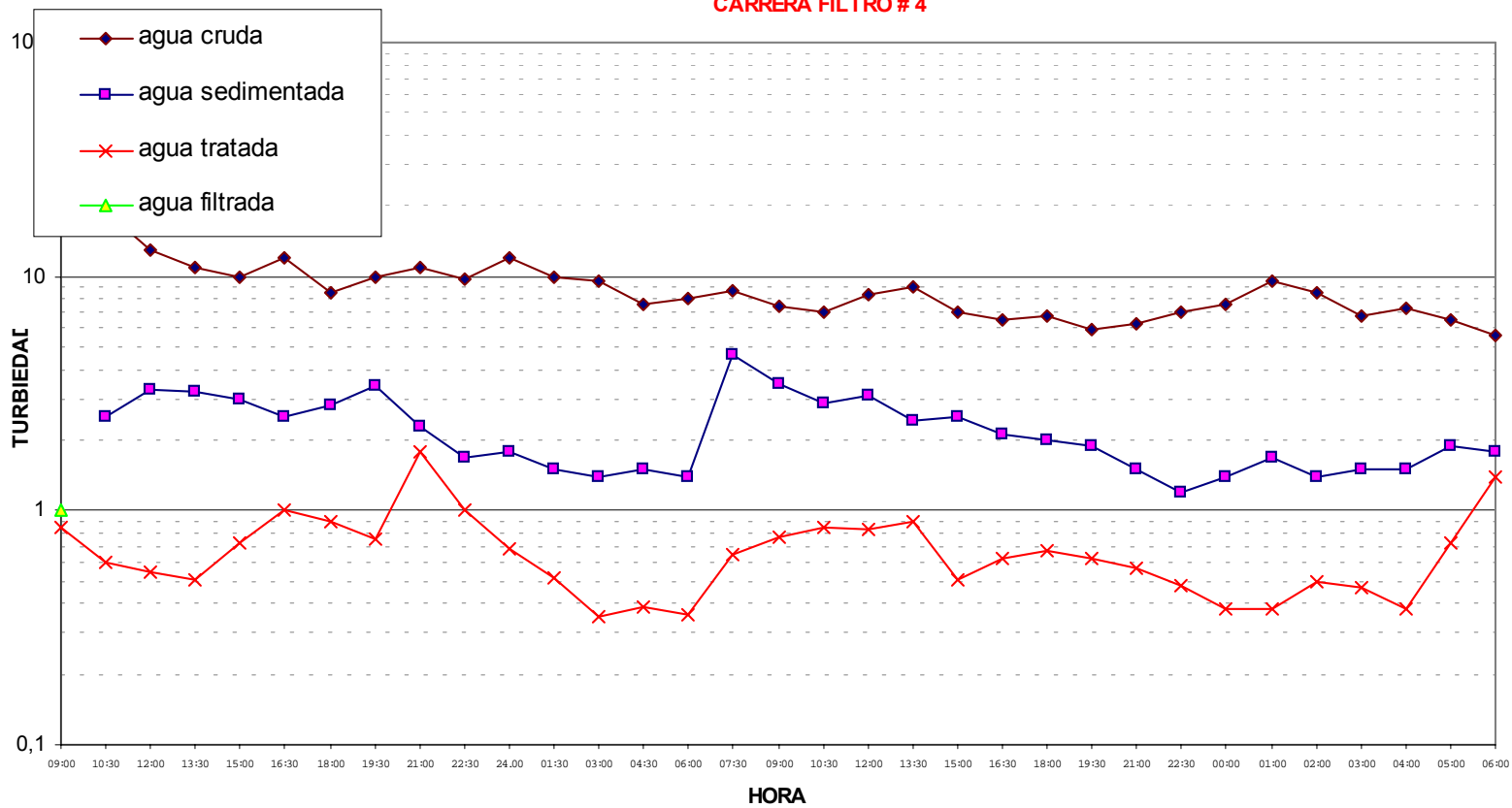
caída pres	Hora Muestreo	AGUA CRUDA				AGUA SEDIMENTADA				AGUA FILTRADA				AGUA TRATADA			
		Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turbiedad	Color	pH	Aluminio	Turb	Color	pH	Aluminio	Turb	Color	pH	Aluminio
		UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit	UNT	PtCo	und pH	mg/lit
1,01	15:00	9,5	25	7,70	0,03	2,6	4	6,92		0,9	3	6,81		1,3	1	7,45	
1,04	16:30	9,2	19	7,76		2,4	4	7,92	0,18	1,1	0	6,89	0,08	1,5	0	7,54	0,15
1,12	18:00	7,3	24	7,77		1,9	3	6,81		0,37	2	6,83		1,2	1	7,4	
1,15	19:30	7,3	23	7,78		1,7	2	6,79	0,15	0,46	2	6,85	0,06	1,4	1	7,32	0,13
1,2	21:00	7,8	26	7,78		1,5	3	6,73		0,88	1	6,87		1,6	0	7,30	
1,23	22:30	5,7	23	7,69		1,2	2	6,75	0,12	0,55	1	6,86	0,07	1,2	0	7,30	0,12
1,27	00:00	9,0	26	7,79		1,3	1	6,76		0,63	1	6,90		0,92	0	7,28	
1,32	01:30	6,1	22	7,53		1,5	2	6,76	0,13	0,59	0	6,92	0,06	0,76	0	7,34	0,09
1,35	03:00	6,7	21	7,82		1,3	0	6,68		0,60	0	6,92		0,62	0	7,37	
1,4	04:30	6,7	25	7,80		1,5	1	6,70	0,1	0,52	0	6,86	0,05	0,7	0	7,42	0,06
1,42	06:00	5,0	20	7,83		1,4	0	6,69		0,37	0	6,81		1,0	0	7,35	
1,45	07:30	6,1	20	7,90		1,3	1	6,71	0,14	0,31	0	6,80	0,04	1,1	0	7,39	0,11
1,5	09:30	4,0	17	7,59		1,6	2	6,80		0,72	0	6,90		0,88	0	7,40	
1,56	11:00	4,2	20	7,92		2,6	1	6,92	0,18	0,74	1	6,90	0,08	1,3	1	7,36	0,12
1,65	13:00	5,4	22	7,84		2,2	0	6,91		0,79	0	6,96		1,2	0	7,42	
1,75	15:00	5,0	27	7,90		1,3	3	6,92	0,15	0,68	0	6,87	0,07	1,4	1	7,47	0,14
1,84	17:00	5,8	25	7,89		1,7	4	6,95		0,59	2	6,78		1,4	2	7,47	
1,86	19:00	39	61	7,84	0,02	1,8	4	6,96	0,15	0,44	1	6,59	0,03	1,3	1	7,30	0,08



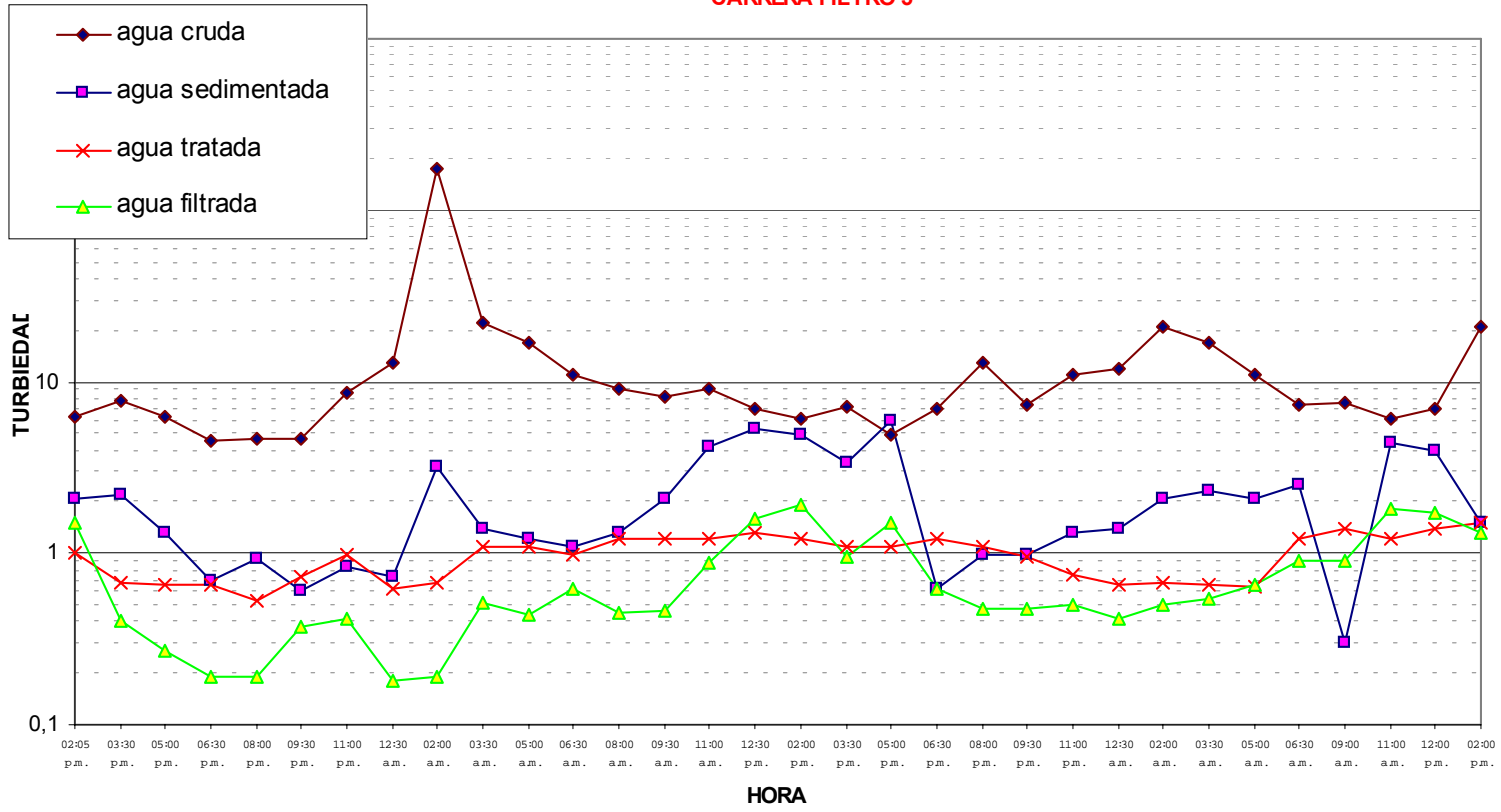


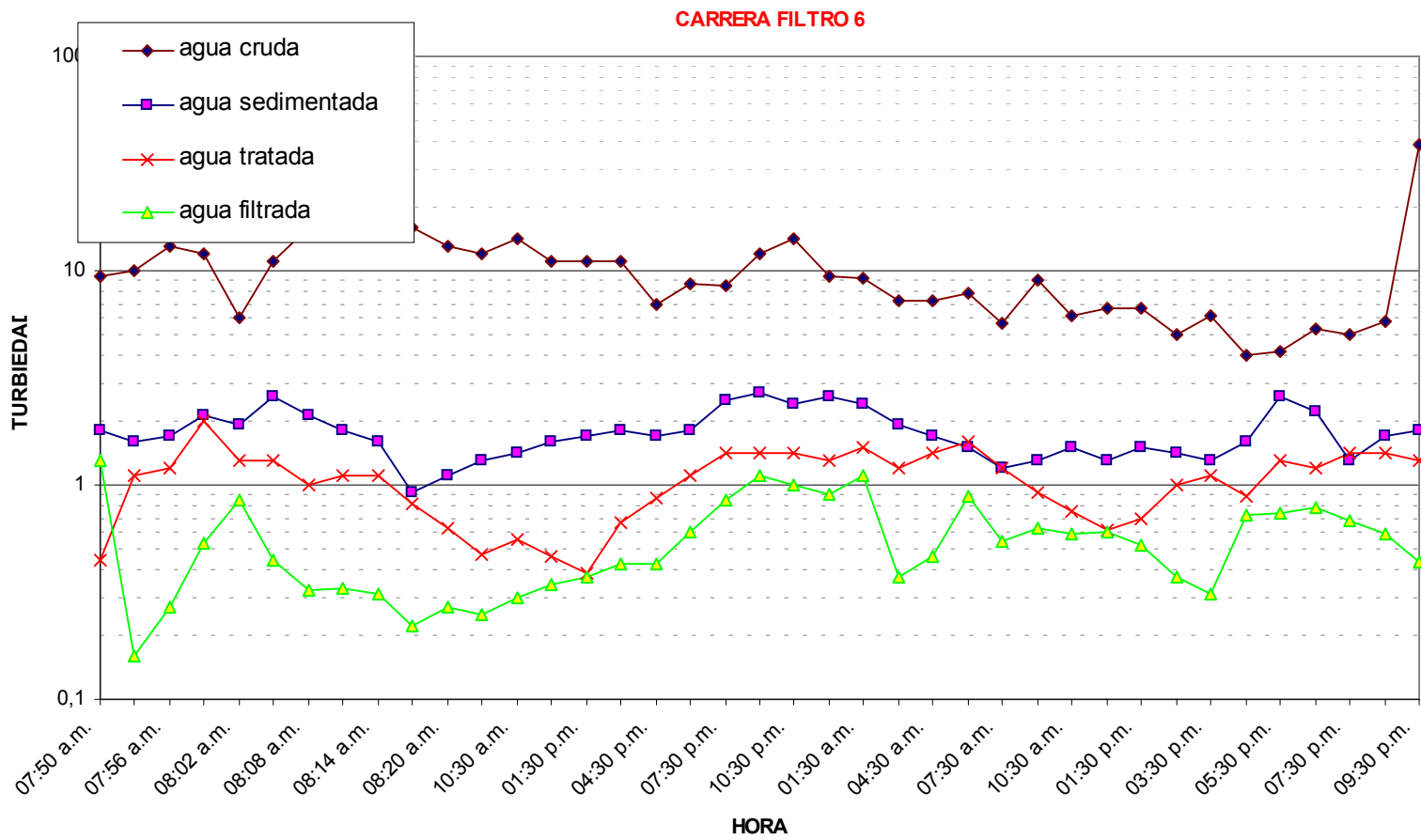


CARRERA FILTRO # 4



CARRERA FILTRO 5

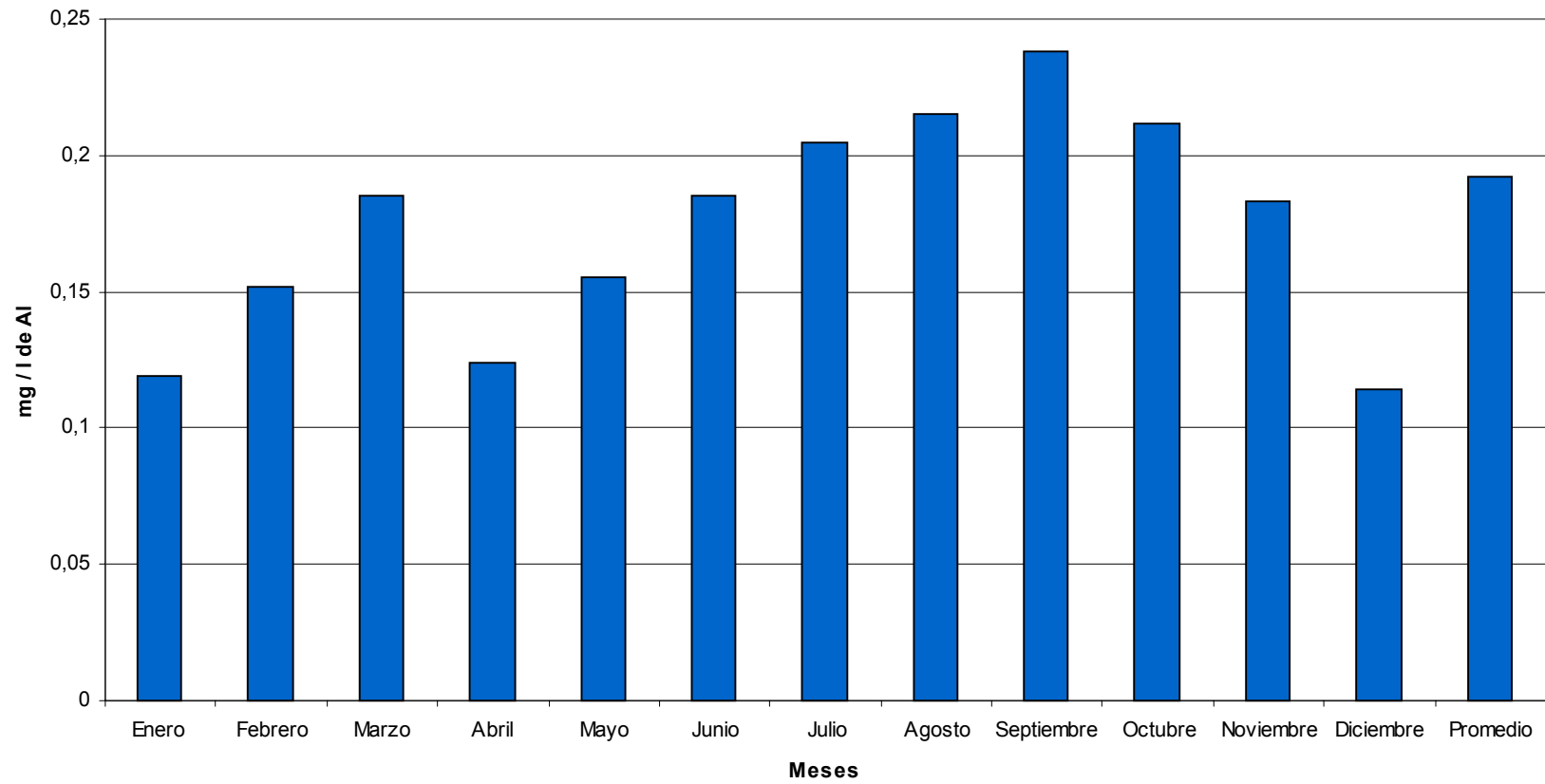




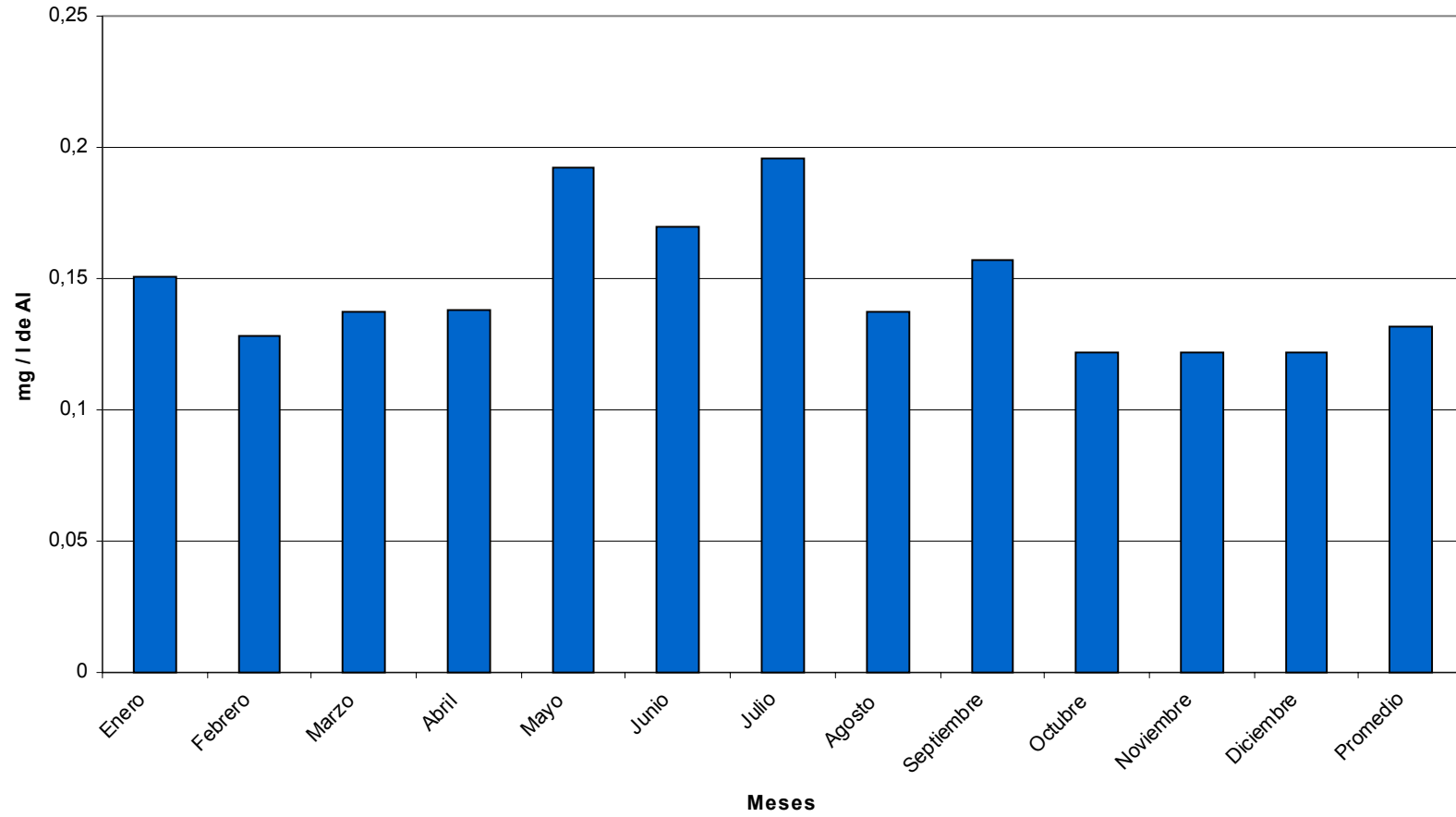
ANEXO 6

SEGUIMIENTO DE ALUMINIO RESIDUAL AÑOS 2.001, 2.002, 2.003

Aluminio Residual Promedio Planta Floridablanca
2001



Aluminio Residual promedio Planta Floridablanca
2002



VALORES DE ALUMINIO RESIDUAL PROMEDIO DIARIO AÑO 2,003 PLANTA FLORIDABLANCA

DIA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1		0,160	0,020	0,095		0,020	0,138	0,101	0,104	0,148	0,068	0,080
2	0,129	0,120	0,040	0,198	0,131	0,268	0,088	0,140	0,118	0,074	0,095	0,065
3	0,150	0,135	0,206	0,142	0,030	0,086	0,058	0,090	0,116	0,046	0,063	0,224
4	0,140	0,148	0,163	0,169	0,080	0,071	0,080	0,082	0,110	0,030	0,051	0,115
5	0,155	0,125	0,109	0,034	0,213	0,140	0,070	0,011	0,054	0,010	0,106	0,069
6	0,237	0,128	0,220	0,123	0,112	0,020	0,060		0,030	0,096	0,049	0,080
7	0,183	0,129	0,179	0,070	0,154	0,040	0,182		0,060	0,083	0,088	0,030
8	0,283	0,049	0,070	0,086	0,115	0,081	0,084	0,102	0,047	0,185	0,079	0,020
9	0,100	0,091	0,020	0,124	0,115	0,106	0,158	0,055	0,052	0,104	0,147	0,080
10	0,080	0,068	0,185	0,156	0,040	0,072	0,100	0,080	0,051	0,284	0,025	0,081
11	0,043	0,109	0,168	0,104	0,060	0,064	0,089	0,090	0,059	0,180	0,035	0,100
12	0,035	0,231	0,117	0,030	0,069	0,033	0,071	0,034	0,046	0,011	0,038	0,080
13	0,007	0,067	0,071	0,050	0,056	0,050	0,040	0,048	0,100	0,099	0,064	0,090
14	0,024	0,100	0,123	0,145	0,061	0,020	0,071	0,094	0,086	0,119	0,020	0,110
15	0,029	0,100	0,114	0,352	0,125	0,042	0,087	0,032	0,030	0,333	0,010	0,102
16	0,080	0,120	0,070	0,333	0,136	0,103	0,127	0,010	0,027	0,101	0,107	0,053
17	0,090	0,208	0,107	0,020	0,070	0,079	0,094	0,020	0,070	0,060	0,073	0,080
18	0,107	0,264	0,103	0,060	0,030	0,048	0,161	0,027	0,102	0,040	0,162	0,104
19	0,167	0,242	0,050	0,065	0,082	0,118	0,090	0,043	0,104	0,149	0,051	0,090
20	0,138	0,163	0,144	0,353	0,127	0,180	0,070	0,085	0,100	0,065	0,053	0,110
21	0,215	0,238	0,197	0,303	0,026	0,080	0,098	0,059	0,050	0,171	0,091	0,090
22	0,177	0,110	0,050	0,106	0,047	0,065	0,108	0,020	0,105	0,084	0,018	0,079
23	0,100	0,080	0,070	0,120	0,122	0,149	0,060	0,070	0,166	0,134	0,029	0,116
24	0,090	0,192	0,128	0,110	0,040	0,151	0,074	0,100	0,069	0,110	0,031	0,190
25	0,139	0,140	0,093	0,050	0,060	0,141	0,110	0,079	0,070	0,133	0,040	
26	0,142	0,213	0,083	0,113	0,071	0,130	0,040	0,059	0,114	0,167	0,070	0,040
27	0,078	0,123	0,105	0,144	0,061	0,090	0,120	0,046	0,060	0,145	0,060	0,097
28	0,086	0,210	0,060	0,133	0,073		0,072	0,119	0,040	0,367	0,070	0,190
29	0,022		0,030		0,106		0,096	0,020	0,139	0,068		
30	0,085		0,107		0,057		0,066	0,230	0,087	0,061		
31	0,083				0,040		0,075					
max	0,081	0,049	0,020	0,020	0,026	0,020	0,040	0,010	0,027	0,010	0,010	0,020
min	0,079	0,264	0,220	0,353	0,213	0,268	0,182	0,230	0,166	0,367	0,162	0,224
prom	0,077	0,145	0,107	0,135	0,084	0,091	0,092	0,070	0,079	0,122	0,064	0,095

ALUMINIO RESIDUAL PROMEDIO AÑO 2003

