

# Origen, características y tratamiento de los residuos producidos en una planta de purificación de agua (PPA)<sup>[1]</sup>

**ENGELBERTO MANUEL CAÑAVERA ESPINOSA**

Ingeniero civil, especialista en recursos hidráulicos y medio ambiente de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

**CARLOS ANDRÉS DUARTE MATEUS**

Ingeniero civil, especialista en recursos hidráulicos y medio ambiente de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

**JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS**

Ingeniero civil, MEEE, profesor titular de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

Artículo recibido: 17/10/2007  
Evaluación par interno: 12/03/2008  
Aprobado: 13/03/2008

## Resumen

En este artículo se incluyen los resultados del estudio realizado para la caracterización y tratamiento de los lodos de una planta de purificación de agua. El informe reporta las características de los lodos sedimentados y de las aguas de lavado de los filtros, así como los cambios observados en su tratamiento. Se observó que la cantidad de residuo crudo producido es 610 m<sup>3</sup>/d y de 61 m<sup>3</sup>/d de lodo dispuesto. Las implicaciones del tratamiento de lodos se pueden evaluar a través de los resultados presentados.

**Palabras clave:** lodos, aguas de lavado de filtros, tratamiento de lodos, plantas de purificación de agua.

## Abstract

This paper shows the results of the study for the characterization and treatment of the residuals of a water treatment plant. The report encloses sludge, the characteristics of the wash water from the filters and the effects and changes due to the sludge treatment. It was observed that the amount of residuals produced was 610 m<sup>3</sup>/d, reduced at 61 m<sup>3</sup>/d for final disposal. The implications of the sludge treatment can be evaluated through the presentation of the results.

**INTRODUCCIÓN**

Hasta hace pocos años en las plantas de purificación de agua (PPA) solo se gestionaba la producción de agua potable, sin prestar mucha atención a los lodos producidos en las operaciones y procesos de potabilización. Los lodos evaluados en este trabajo proceden de la planta El Dorado de la EAAB-ESP.

La planta de potabilización de agua El Dorado posee una capacidad de diseño de 1.600 L/s, trata actualmente un promedio de 400 L/s de agua cruda proveniente del embalse La Regadera, situado a 11 km de la planta, y se encuentra ubicada al suroriente de la ciudad de Bogotá, en la localidad de Usme.

El agua del embalse La Regadera es tratada mediante coagulación con cal y sulfato de aluminio granulado, floculación mecánica, sedimentación, filtración, desinfección con cloro gaseoso y estabilización con cal (figura 1).

**METODOLOGÍA**

La caracterización y condiciones promedio de operación de la PPA y de su planta de tratamiento de lodos fue suministrada por los operadores de la planta, complementada y analizada en este trabajo [1].

**RESULTADOS**

**Origen de los residuos**

Los lodos de la PPA provienen de los sedimentadores de agua coagulada y floculada y del lavado de filtros. En los sedimentadores, los lodos se extraen por medio de cuatro sistemas de recolección y purga. Cada unidad de salida de lodos está constituida por una tolva concentradora y un tubo longitudinal de 6" recolector del lodo, colocado en el fondo de la tolva. Paralelo a este, se encuentra un tubo de descarga de 8" para realizar purgas periódicas. Los lodos se remueven abriendo ocho veces por día las cuatro válvulas de purga, consecutivamente, y tres veces al día las cuatro válvulas de desagüe.

La PPA posee doce filtros dobles de 2,1 m x 6,9 m, con un área de 29 m<sup>2</sup> cada uno, separados por un canal central de admisión de agua sedimentada y recolección de aguas de lavado de 1,43 m de ancho por 6,9 m de largo. Este canal sirve para recoger el agua del retrola-

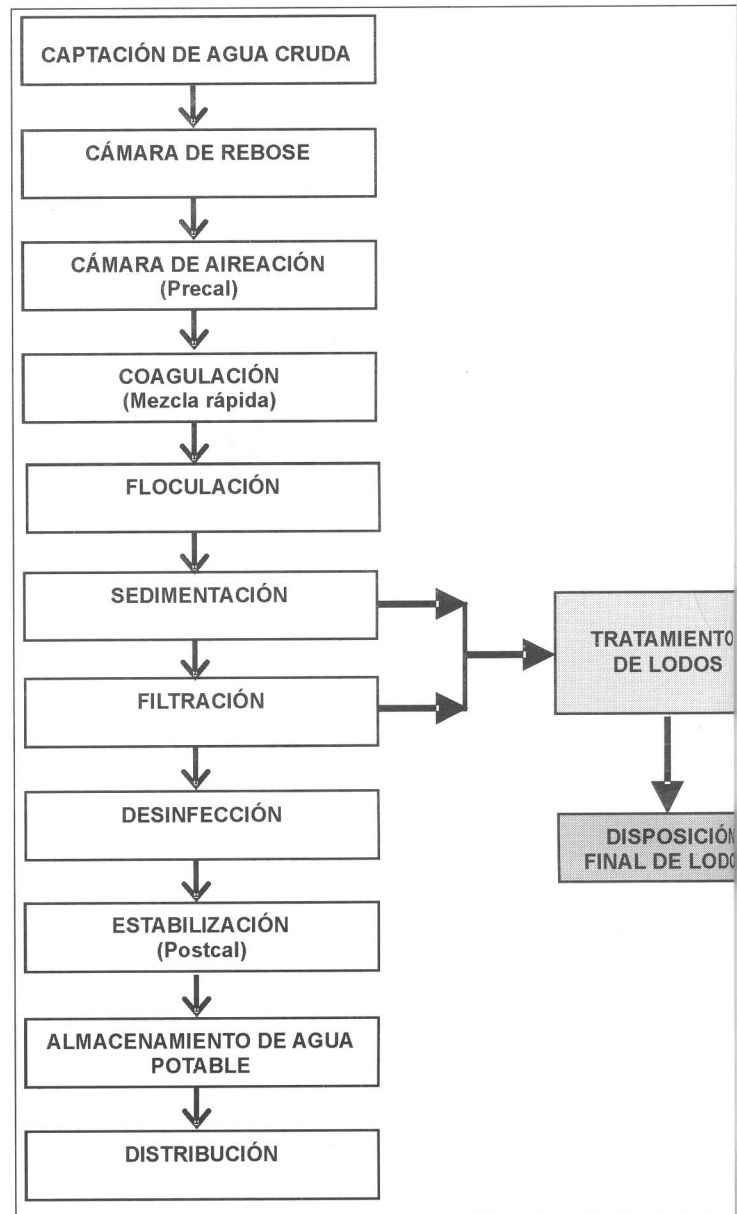


Figura 1. Diagrama de flujo de la planta El Dorado.

vado y sacarla hacia el canal de desagüe, desde donde se lleva a la planta de tratamiento de lodos. Los filtros se lavan durante 7 a 12 minutos con aire seco y agua.

La tasa de filtración es 240 m<sup>3</sup>/d; la carrera de filtración promedio, 81 horas; y el caudal de lavado promedio de cada filtro, 350 m<sup>3</sup>.

Por tanto, el caudal filtrado por cada unidad es:

$$Q_{\text{filtrado}} = (240 \times 29 \times 81) / 24 = 23.490 \text{ m}^3$$

El caudal y la tasa de lavado:

$$Q_{\text{LAVADO}} = \frac{350 \times 100}{23.490} = 1,5\%$$

$$\text{Tasa de lavado}_{(12 \text{ MINUTOS})} = \frac{350 \times 1.000}{29 \times 12 \times 60} = 16,8 \text{ mm/s}$$

A pesar de que se usa una tasa de lavado alta, 16,8 mm/s, el consumo de agua para lavado es porcentualmente bajo, 1,5%, debido a la prolongada carrera de filtración de 81 horas [2]. La figura 2 ilustra el origen y las cantidades de los lodos de la PPA.

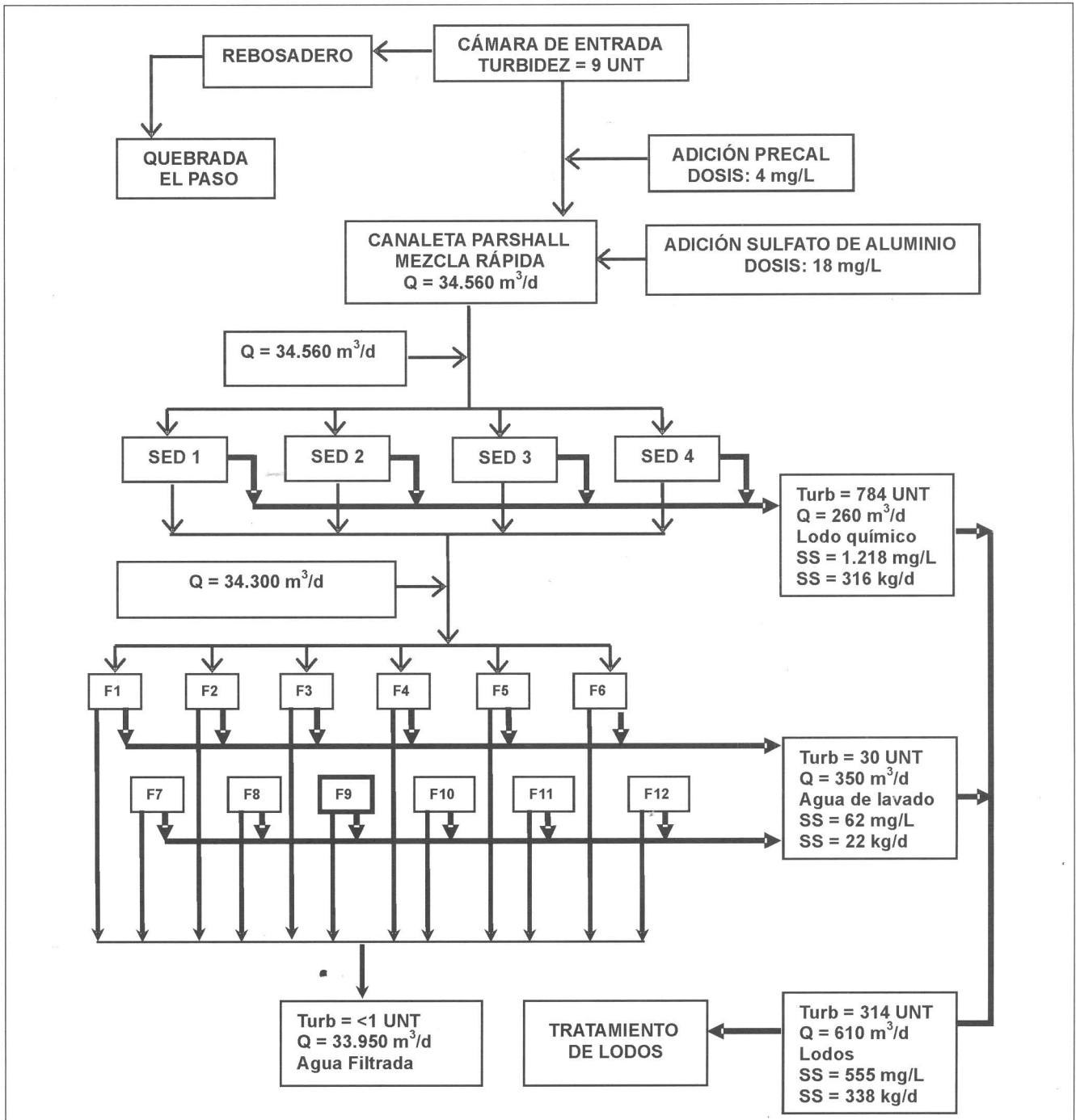


Figura 2. Origen de los lodos de la planta El Dorado.

**Características de los residuos de la PPA**

Las características de los lodos de los sedimentadores y de las aguas de lavado de los filtros se presentan en las tablas 1 y 2, respectivamente.

**Tabla 1**  
Características de los lodos de los sedimentadores

Muestreo	SS (mg/L)	Turbiedad (UNT)	pH
1	384	239	6,42
2	2.095	384	6,56
3	907	890	6,52
4	1.113	1.295	6,48
5	1.589	1.109	6,53
Promedio aritmético	1.218	784	6,50

**Tabla 2**  
Características de las aguas de lavado

Muestreo	SS (mg/L)	Turbiedad (UNT)	pH
1	81	24	8,24
2	58	32	6,74
3	63	14	8,33
4	47	49	7,30
5	62	32	7,78
Promedio aritmético	62	30	7,68

Tanto los lodos de los sedimentadores como las aguas de lavado de los filtros son aguas residuales de muy baja concentración de sólidos, 0,12% y 0,006%, respectivamente. Al unirlos conforman el lodo crudo afluente a la planta de tratamiento de lodos.

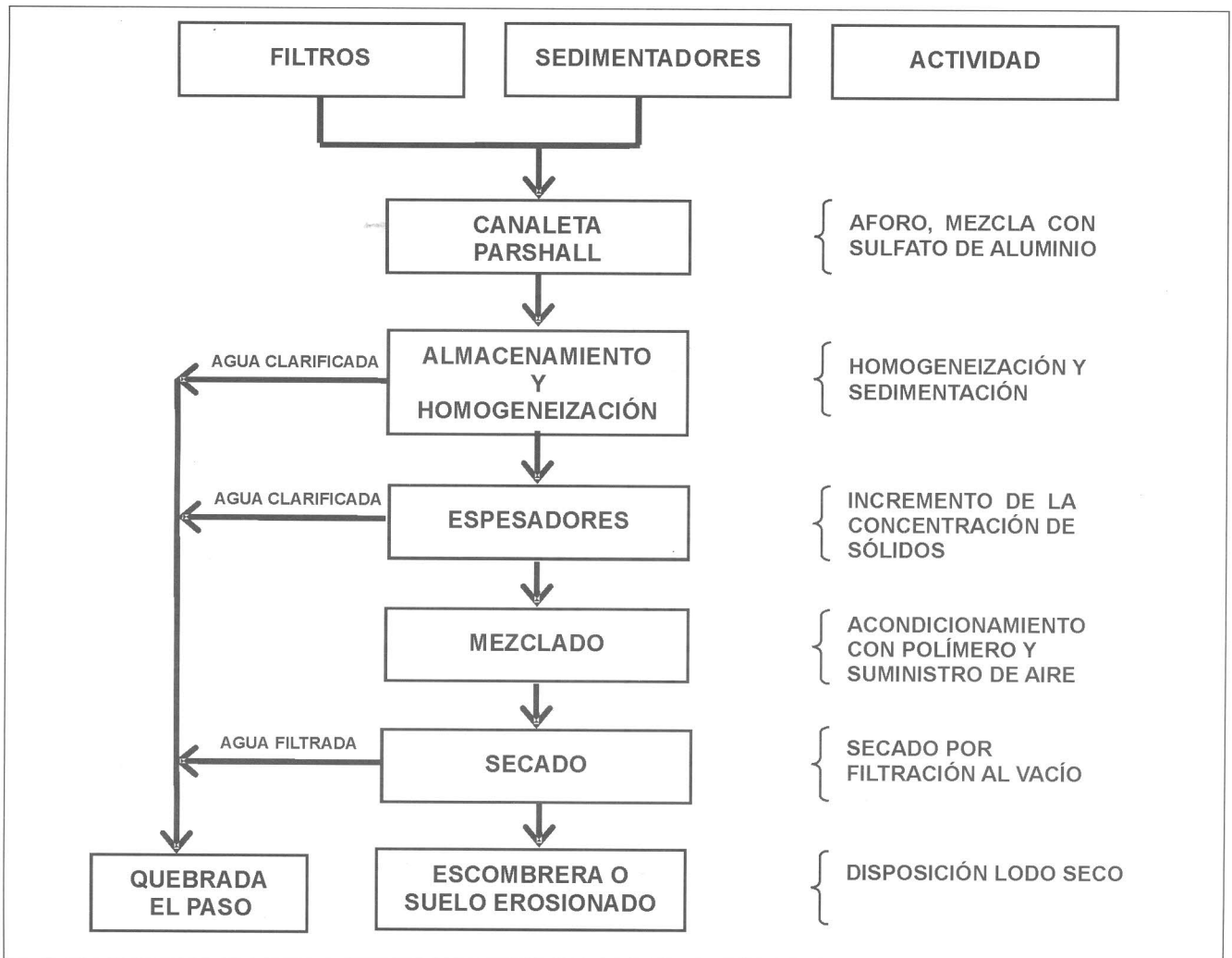


Figura 3. Proceso de tratamiento de lodos.

### Proceso de tratamiento de lodos

En la figura 3 se ilustra el proceso de tratamiento de lodos. Inicialmente se hace el aforo de los lodos por medio de una canaleta Parshall de 60 cm de garganta con control de ultrasonido y se agrega sulfato de aluminio. A continuación, el flujo de lodos pasa a dos tanques de homogeneización y sedimentación de 650 m<sup>3</sup>. El agua clarificada es vertida sobre la quebrada El Paso.

El lodo homogeneizado pasa a dos tanques espesadores para incrementar su contenido de sólidos; el sobrenadante es descargado en la quebrada El Paso.

Luego de espesar los lodos, se acondicionan para secado mediante la adición de polímero aniónico P 2515 en dosis de 0,0054 mg/L y aire. La mezcla entre el lodo espesado y el polímero se realiza por medio de una T de mezcla, en la cual el lodo ingresa por la parte inferior y el polímero por la parte superior. Se suministra aire para asegurar la mezcla e impedir que haya atascamiento del lodo en la tubería de bombeo hacia los lechos de secado.

Los lodos acondicionados son bombeados a los lechos de secado por una tubería de 6" y dos bombas centrífugas.

Los dos lechos de secado al vacío (figura 4) están constituidos por una capa nivelada de gravillas de 2" a 4" de espesor, sobre la cual se montan placas porosas pegadas con resina epóxica, cuyas dimensiones son 0,6 metros de alto, 17,2 m de largo y 5 metros de ancho, para un área total de 172 m<sup>2</sup>.

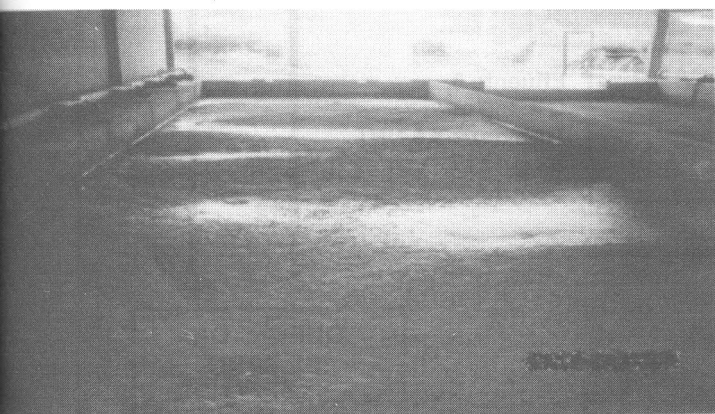


Figura 4. Lechos de secado.

Las placas se limpian mediante lavado con peróxido de hidrógeno. Cuando hay grasas y aceites, se lavan con

hipoclorito de sodio. Se usa cal comercial cuando hay mucha acumulación de polímero y ácido muriático, si se requiere remover materia orgánica.

El secado se realiza mediante succión del agua por la parte inferior de las placas porosas, previo un periodo de espera de 30 a 60 minutos para encender el sistema de filtración al vacío. Las grietas en el lodo indican la eliminación del agua. El periodo de secado es aproximadamente un día.

El lodo seco se dispone en escombreras cercanas o regándolos en zonas boscosas o de vegetación nativa.

### Balance másico de la planta de tratamiento de lodos

En la figura 5 se presenta el balance másico de la planta de tratamiento de lodos y en la tabla 3 se resumen sus características principales de operación.

Tabla 3  
Características de los lodos

Origen	Caudal (m <sup>3</sup> /d)	S.S (kg/d)	S.S (mg/L)	% Sólidos
Lodo químico	260	317	1.218	0.122
Aguas de lavado de filtros	350	22	62	0.006
Total lodos	610	338	555	0.055
Lodo homogeneizado	422	330	782	0.078
Lodo espesado	211	325	1.540	0,154
Lodo seco	61	323	5.300	0,530
Efluente 1	188	8	43	0.004
Efluente 2	211	5	25	0.002
Efluente 3	150	2	12	0.001
Efluente total	550	15	28	0.003

La carga de sólidos de los lodos sedimentados es 15 veces la carga de sólidos de los filtros.

Los lodos de la PPA tienen un contenido muy bajo de sólidos suspendidos, inferior a 0,12%.

La planta de tratamiento de lodos logra reducir el volumen de lodo que se va a disponer de 610 m<sup>3</sup>/d a 61 m<sup>3</sup>/d, es decir, 90%.

La planta de tratamiento de lodos logra incrementar la concentración de sólidos de los lodos crudos de 555 mg/L a 5.300 mg/L, es decir de 0,055 a 0,53%, equivalente a un incremento de 855%.

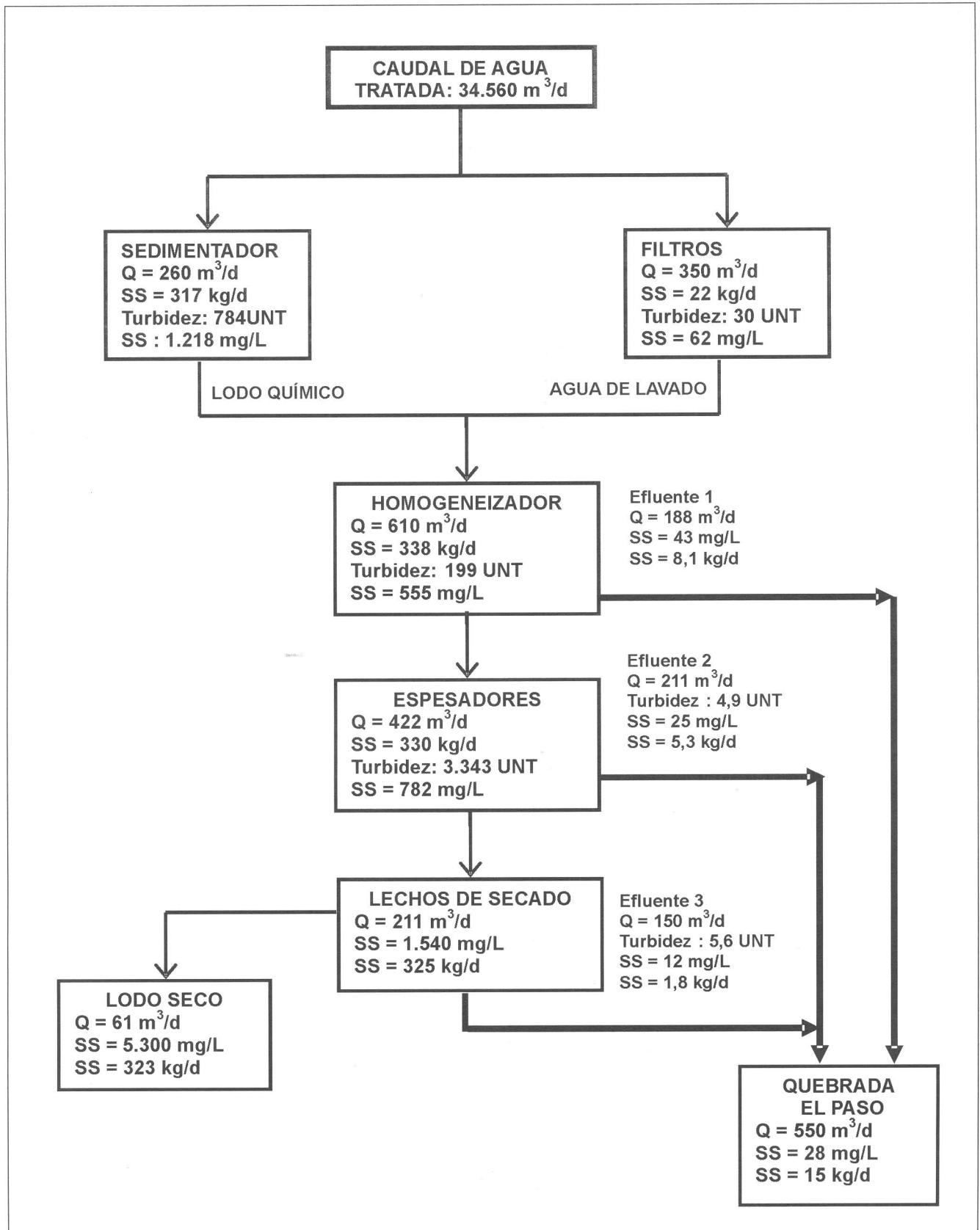


Figura 5. Balance de la planta de tratamiento de lodos.

El efluente líquido dispuesto sobre la quebrada contiene una cantidad mínima de sólidos suspendidos, 28 mg/L. Esta concentración no constituye valor objetable para su disposición.

## CONCLUSIONES

Los resultados presentados permiten afirmar:

- Los filtros de la PPA operan a una tasa de filtración de 240 m/d con una carrera promedio de 81 horas y un consumo promedio de agua de lavado de 350 m<sup>3</sup> para un gasto de 1,5 % del agua filtrada. Este valor es porcentualmente bajo y muy económico, debido a la prolongada carrera de filtración.
- El caudal de lodo sedimentado es 260 m<sup>3</sup>/d, con una concentración promedio de sólidos muy baja: 0,12 %.
- El caudal de agua de lavado de filtros es 350 m<sup>3</sup>/d, con una concentración promedio mínima de sólidos: 0,006 %.
- El caudal de lodos afluente a la planta de tratamiento de lodos es 610 m<sup>3</sup>/d, con una concentración promedio de sólidos de 0,055 %.
- El espesamiento aumenta la concentración de sólidos de 782 mg/L (0,078%) a 1.540 mg/L (0,154%), para una eficiencia del 97%.
- El secado de los lodos incrementa su concentración de sólidos de 1.540 mg/L (0,154%) a 5.300 mg/L (0,53%), para una eficiencia de 244%.
- El área de secado de lodos es 172 m<sup>2</sup>, la cual permite una carga hidráulica de lodos de 1,2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> d y una carga de sólidos de 27 kg/m<sup>2</sup>d
- La planta de tratamiento de lodos de la PPA logra reducir el caudal de lodo que se va a disponer de 610 m<sup>3</sup>/d a 61 m<sup>3</sup>/d, es decir, 90%.
- La planta de tratamiento de lodos de la PPA incrementa la concentración de sólidos del lodo crudo de 555 mg/L (0,055%) a 5.300 mg/L (0,53%) en el lodo seco, es decir, 855%.
- El efluente líquido dispuesto sobre la quebrada es 550 m<sup>3</sup>/d, con una concentración de 28 mg/L de sólidos suspendidos y una carga de 15 kg/d. Este valor es muy aceptable para disposición en una fuente receptora superficial.

## REFERENCIAS

- [1] Cañavera Espinosa, E. M. y Duarte Mateus, C. A. *Origen, características y tratamiento de los lodos producidos en una planta de purificación de agua (PPA)*. Tesis para optar al título de especialista en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente, Escuela Colombiana de Ingeniería, septiembre de 2007.
- [2] Romero Rojas, J. A. *Purificación del agua*, 2ª edición, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2006.

