“MANEJO DE LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, PLANTA II, DEL MUNICIPIO DE CARTAGO, VALLE”

GUILLERMO ANDRES RAMIREZ FERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
INGENIERIA QUÍMICA
MANIZALES
NOVIEMBRE DE 2003

“MANEJO DE LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, PLANTA 2, DEL MUNICIPIO DE CARTAGO, VALLE”

GUILLERMO ANDRES RAMIREZ FERNÁNDEZ
Código 393534

LINEA DE PROFUNDIZACION
INGENIERIA AMBIENTAL

MODALIDAD: TRABAJO FINAL

DIRECTORA
ADELA LONDOÑO CARVAJAL
Ingeniera Química

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
INGENIERIA QUÍMICA
MANIZALES
NOVIEMBRE DE 2003

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____

_____

_____

_____

_____

Presidente del jurado

_____

Jurado

_____

Jurado

Manizales, Día _____, Mes _____, Año _____

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece, por su colaboración con el trabajo, a:

Ingeniera Adela Londoño C, directora de carrera y del trabajo, por su orientación, tiempo y paciencia para con el trabajo.

Ingeniero Luis Rolando Ríos, por su dedicación y ayuda incondicional, tanto de laboratorio como de bibliografía y conocimientos personales.

Tecnólogo Mario Gálvis y licenciada en Biología Nora Mejia, por sus aportes con el trabajo de campo y de laboratorio, en la planta de tratamiento de agua potable, planta 2, así como todos los operarios que en esta laboran, que de alguna forma tuvieron que ver con este.

Licenciado en Ingeniería Química, Luciano Sandoval Yoval, por la bibliografía con la cual se le dio al trabajo el manejo deseado haciendo su aporte desde México y contribuyendo de forma muy valiosa para con este.

Personal que labora en los laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, por los servicios prestados en todas las estancias del proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

I. Nomenclatura y abreviaturas

II. Índice de tablas

III Índice de figuras

IV Índice de anexos

1. Introducción 1

2. Objetivos 3

3. Resumen bibliográfico 4

3.1 Funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable, Planta 2 4

3.2 Consumo de sulfato de aluminio 6

3.3 Lavado de sedimentadores y filtros 7

3.4 Producción de lodos 11

3.5 Volumen de lodos 12

4. Materiales y métodos 15

4.1 Muestreo de agua cruda 15

4.2 Pruebas para agua cruda 16

4.3 Muestreo de lodos 16

4.3.1 Toma del fondo del sedimentador 17

4.3.2 Toma por evacuación de lodos por el sistema de desagüe 17

4.4 Caracterización de los lodos 17

5. Resultados y discusión 19

5.1 Variaciones de la turbiedad 19

5.2 Turbiedades máximas y mínimas 24

5.3 Turbiedad y sólidos en el agua cruda 25

5.4 Cargas y producción de lodos 29

5.5 Caracterización de los lodos 30
6. Dimensionamiento de unidades 34
6.1 Evacuación de los lodos por gravedad 38
6.2 Evacuación de los lodos por bombeo 46
6.3 Agua de lavado de los filtros 47
6.3.1 Bombeo del agua de lavado de los filtros 48
6.4 Pagos por concepto de tasa retributiva 51
6.5 Deshidratación de los lodos 52
6.5.1 Lechos de secado 53
7. Disposición final 57
7.1 Disposición en un relleno sanitario 59
7.1.1 Relleno por trincheras 60
7.1.2 Relleno por área 61
7.1.3 Consideraciones ambientales 62
7.2 Recuperación de subproductos 63
8. Conclusiones 66
9. Recomendaciones 68
Bibliografía 69
Anexos

I. NOMENCLATURA Y ABREVIATURAS

l / s	litros por segundo
m^3 / h	metros cúbicos por hora
ppm	partes por millón de sulfato de aluminio en agua
g / mol	gramos por mol
g / min	gramos por minuto
kg / h	kilogramos por hora
kg / día	kilogramos por día
kg / mes	kilogramos por mes
NTU	unidades de turbiedad
mg / l	miligramos por litro
m^3 / seg	metros cúbicos por segundo
DBO	demanda bioquímica de oxigeno
DQO	demanda química de oxigeno
SS	sólidos suspendidos
ST	sólidos totales
SS (%ST)	sólidos suspendidos como porcentaje de sólidos totales
d.s.	desviación estándar
UFC	Unidades Formadoras de Colonias
KW / hora	Kilovatios / hora
HP	Caballos de poder

II. LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Escala de los dosificadores de sulfato de aluminio 5

Tabla 2. Consumo de sulfato de aluminio desde el año 2000 hasta 2003 8

Tabla 3. Tiempo de lavado de la planta 8

Tabla 4. Turbiedades máximas y mínimas 24

Tabla 5. Caudal, turbiedad, dosis de sulfato y sólidos presentes agua de entrada a la planta 26

Tabla 6. Análisis físico – químico de los lodos 31

Tabla 7. Concentración de sulfatos y metales en los lodos 31

Tabla 8. Características de los lodos producidos en la planta (2002-2003) 32

Tabla 9. Bacterias presentes en los lodos 33

Tabla 10. Producción de lodos 36

Tabla 11. Costos de operación 52

Tabla 12. Ventajas y desventajas de la recuperación de coagulantes 63

III. LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista superior de la planta de tratamiento de agua potable, planta 2 10

Figura 2. Diagrama de flujo de la planta 10

Figura 3. Zona de formación de lodos 14

Figura 4. Variaciones de la turbiedad en los últimos años 21

Figura 5. Comportamiento de la turbiedad contra los sólidos totales y Suspendidos (agua cruda) 28

Figura 6. Descarga actual de los lodos 38

Figura 7. Nuevo sistema de evacuación de lodos 42

Figura 8. Vista superior de la planta y sistemas de desagüe 44

Figura 9. Plano, localización general de la planta de tratamiento 45

Figura 10. Vista superior del sistema de tratamiento de lodos 50

Figura 11. Corte Transversal de un lecho de secado 54

Figura 12. Lecho de secado 57

Figura 13. Diagrama de flujo planteado para la planta de tratamiento 58

IV. LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Certificado de calidad, Sulfato de aluminio

Anexo 2: Equipos para la realización de ensayos de laboratorio. Agua cruda, DBO, DQO, SS, ST, humedad, Metales y sulfatos

Anexo 3: Constancia: autorización del laboratorio de la planta de tratamiento, planta 2, por parte del ministerio de salud

Anexo 4: Formato para pago de tasa retributiva

CONTENIDO

RESUMEN

La planta de tratamiento de agua potable, planta 2, de Cartago, Valle, potabiliza un promedio de 290 l / s de agua tomada directamente del río la Vieja. Para este fin se utiliza como coagulante sulfato de aluminio granulado, tipo b, el cual, junto a las partículas sólidas presentes en el agua cruda forman un lodo de unas características muy particulares. Este lodo, en cantidades muy altas, es evacuado por medio de un sistema de tuberías y tiene como destino final el río la Vieja.

La turbiedad fue el parámetro escogido para relacionar la cantidad de sólidos presentes en el agua y la cantidad de coagulante agregado al agua cruda. Mediante la revisión de archivos de la planta se obtuvo datos de mas de 3 años de antigüedad los cuales dan un a muestra clara de las variaciones de este parámetro durante las diferentes condiciones climáticas existentes, las cuales no presentan un comportamiento definido, por el contrario, se tienen valores, los cuales fue imposible correlacionar o modelar matemáticamente, dada su naturaleza.

Obtenidos estos valores se determinaron los tiempos de producción de lodos en las diferentes condiciones climáticas y se llego a valores promedio de carga. Se propone entonces un sistema de tratamiento de lodos consistente en evacuación de los lodos de los sedimentadores por gravedad o por bombeo, además del tratamiento del agua de lavado de filtros, con el fin de recircular esta a la planta. Se plantea como último paso del tratamiento un sistema de deshidratación tal y como son los lechos de secado a fin de aprovechar las condiciones climáticas de la región. Como última parte se plantea la disposición de los lodos en relleno sanitario dadas sus características, como forma de eliminación eficaz.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MANIZALES

BIBLIOTECA ALFONSO CALVAJAL ESCOBAR

Resumen de Trabajo de Grado

CARRERA	INGENIERÍA QUIMICA	
1er Apellido: RAMIREZ	2do Apellido: FERNANDEZ	Nombre: GUILLERMO ANDRES
TITULO DEL TRABAJO: Manejo de lodos producidos en la planta de tratamiento de agua potable, planta II, del municipio de Cartago, Valle		
NOMBRE DEL DIRECTOR DEL TRABAJO: ADELA LONDOÑO CARVAJAL		

RESUMEN DEL CONTENIDO

La planta de tratamiento de agua potable, planta 2, de Cartago, Valle, potabiliza un promedio de 290 l/s de agua tomada directamente del río la Vieja. Para este fin se utiliza como coagulante sulfato de aluminio granulado, tipo b, el cual, junto a las partículas sólidas presentes en el agua cruda forman un lodo de unas características muy particulares. Este lodo, en cantidades muy altas, es evacuado por medio de un sistema de tuberías y tiene como destino final el río la Vieja.

Se propone entonces un sistema de tratamiento de lodos consistente en evacuación de los lodos de los sedimentadores por gravedad o por bombeo, además del tratamiento del agua de lavado de filtros, con el fin de recircular esta a la planta. Se plantea como último paso del tratamiento un sistema de deshidratación tal y como son los lechos de secado a fin de aprovechar las condiciones climáticas de la región. Como última parte se plantea la disposición de los lodos en relleno sanitario dadas sus características, como forma de eliminación eficaz.

SUMMARY

The potable water processing plant, plant 2, of Cartago, Valley, it makes drinkable water with an average of 290 l/s, it is taken directly from Vieja river. For this purpose is utilized like coagulant, granulated aluminum sulphate, b type, which, together with solid particles presents in hard water form a mud with particular characteristics. This mud, in very high quantities, is evacuated through a tubings system and has like final destiny the Vieja river.

A muds processing system is proposed to evacuate the muds from sedimentation places by gravity or by pump it, besides the water processing of washed of filters, in order to recirculating this to the plant. It is presented as last step of the processing a dehydration system just as are the dried beds in order to taking advantage of region climatic conditions. As last part, the muds disposition in sanitary backfill is presented given its characteristics, as efficient form of elimination.

PALABRAS CLAVES: Planta de tratamiento, agua potable, lodo, río la Vieja

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

El tratamiento del agua, como cualquier proceso químico o físico, produce subproductos o desechos, los cuales deben ser tratados. El manejo de estos residuos producidos en la plantas de tratamiento de agua potable no ha merecido una consideración adecuada por parte de diseñadores y / o operadores, dada la facilidad con que se ha venido disponiendo estos residuos.

Las plantas potabilizadoras producen agua de muy buena calidad a partir de agua cruda disponible de cualquier fuente, utilizando tratamientos convencionales (coagulación, floculación, sedimentación, filtración, desinfección). En los procesos que se llevan a cabo en estas plantas se producen residuos, los cuales son catalogados como lodos químicos [19], dado que resultan de una adición y reacción de uno o mas compuestos químicos que se mezclan directamente con la materia sólida presente en el agua.

A nivel mundial y especialmente en Latinoamérica se han realizado estudios sobre el impacto que estos residuos producidos en dichas plantas pueden traer al medio ambiente. En países como México, donde los reglamentos y normas para la protección del ambiente son cada vez mas estrictos existen leyes claras acerca del manejo de estos residuos que obliga a los responsables del manejo de plantas potabilizadoras a mejorar sus métodos de tratamiento y disposición de los lodos. Por otro lado. en Brasil existen compañías de saneamiento básico las cuales están encargadas de gerenciar el abastecimiento de agua potable en cada región. Estas empresas han realizado estudios sobre impacto ambiental y con base en los resultados se han planteado posibles soluciones, las cuales presentan resultados satisfactorios disminuyendo en forma considerable el problema. A través de

muchos años se han realizado estudios que permiten analizar el comportamiento de estos lodos para así determinar la forma mas adecuada de tratamiento [16].

En Colombia existen normas para el manejo y disposición de los lodos producto de el tratamiento de agua cruda [17], además de leyes que proponen parámetros para la disposición de estos [7], pero hasta ahora no se presentan resultados concretos, ya que estas pautas no son cumplidas como debe ser, solucionando el problema de la forma mas tradicional y frecuente como es el arrojar los desechos nuevamente a las cuencas. Ya que estas normas no son cumplidas, se cuenta con un reglamento ambiental exigente, el cual plantea el pago de un impuesto (tasa retributiva) por parte de las empresas que contaminan, haciendo que las empresas realicen tratamientos adecuados a sus desechos para así evitar los altos costos que esto puede acarrear.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL.

- Proponer un sistema preliminar de recolección, espesamiento, tratamiento y disposición final de los lodos, producto del lavado de sedimentadores y filtros de la planta de tratamiento de agua potable, planta 2, del municipio de Cartago, Valle.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Conocer las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los lodos producidos en el sedimentador y en los filtros (caracterización).
- Dimensionar de manera preliminar las unidades necesarias para el proceso de deshidratación de los lodos.
- Proponer la forma mas adecuada para la disposición final de los lodos.

3. RESUMEN BIBLIOGRAFICO

3.1 Funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable, Planta 2.

La planta de tratamiento, planta 2, ubicada en la ciudad de Cartago, departamento del Valle, es alimentada por un sistema de bombas verticales, ubicadas a la orilla del río la Vieja (estaciones de bombeo), las cuales proporcionan a la planta caudales de entrada de 270 l / s (pocas veces usado), un caudal promedio y casi constante de 290 l / s, aumentando en ocasiones a 320 l / s (aumento debido a la disminución del volumen en el tanque de almacenamiento y distribución ó detención de operaciones en la planta de tratamiento, planta 1). Para tratar toda esta agua se dispone de 2 dosificadores de sulfato de aluminio, que trabajan por medio de un sistema de poleas, los cuales presentan un sistema de escala previamente calibrada y que da un dato muy aproximado de la cantidad de sustancia que se esta agregando en el punto de coagulación. Generalmente se utiliza solo un dosificador (1) dado el rango de turbiedad promedio, el cual es bajo. Y en ocasiones especiales, en las cuales la turbiedad y el color alcanzan valores muy altos se hace necesario el uso de los 2 dosificadores (1+2), para así garantizar las dosis de sulfato de aluminio optimo para la clarificación del agua. En la tabla 1, se puede apreciar de forma clara la relación entre la escala de los dosificadores y las dosis de sulfato de aluminio, así como las partes por millón (ppm) del coagulante en el agua de acuerdo al caudal de entra a la planta. Esta tabla es de gran importancia ya que gracias a ella se llevan los registros de agua tratada y cantidades de sulfato de aluminio suministrado es las diferentes épocas del año.

Tabla 1. Escala de los dosificadores de sulfato de aluminio

DOSIFICADOR Nº 1			PPM DE SULFATO DE ALUMINIO DE ACUERDO AL CAUDAL DE ENTRADA		
Escala Dosificador	Dosis Coagulante		270 l / seg (972 m^3 / h)	290 l / seg (1044 m^3 / h)	320 l / seg (1152 m^3 / h)
	g / min	Kg / h			
20	460	27,6	28,3	26,4	23,9
25	638	38,28	39,3	36,6	33,2
30	734	44,04	45,3	42,1	38,2
35	868,4	52,10	53,6	49,9	45,2
40	1022	61,32	63	58,7	53,2
45	1072	64,32	66,1	61,6	55,8
50	1293	77,58	79,8	74,3	67,3
55	1356	81,36	83,7	77,9	70,6
60	1570	94,2	96,9	90,2	81,7

DOSIFICADOR Nº 1 y DOSIFICADOR Nº 2			PPM DE SULFATO DE ALUMINIO DE ACUERDO AL CAUDAL DE ENTRADA		
Escala Dosificador	Dosis Coagulante		270 l / seg (972 m^3 / h)	290 l / seg (1044 m^3 / h)	320 l / seg (1152 m^3 / h)
	g / min	Kg / h			
65	1758	105,48	108,5	101	91,5
70	1818	109,08	112,2	104	94,6
75	1958	117,48	120,8	109	101,9
80	2126	127,56	131,2	122,1	110,7
85	2270	136,2	140,1	130,4	118,2
90	2461	147,7	151,9	141,4	128,1
95	2620	157,2	161,7	150,5	136,4
100	2782	166,9	171,7	159,8	144,8
105	2962	177,7	182,8	170,2	154,2
110	3142	188,5	193,9	180,5	163,6
115	3247	194,8	200,4	186,6	169,1
120	3352	201,1	206,9	192,6	174,5
125	3490	209,4	215,4	200,5	181,7
130	3840	230,4	237	220,6	200

Fuente: Planta de tratamiento de agua potable, planta 2. Empresas Municipales de Cartago.

Después de cumplir con la coagulación y una pre-cloración en el punto de mezcla rápida (canaleta tipo Parshall) el agua continua rumbo a los floculadores, 3 en total. Estos floculadores de tipo vertical, están compuestos por un sistema de agitación mecánica la cual se comporta de acuerdo al gradiente de velocidad requerido para cada etapa.

En este punto el tiempo de residencia del agua es de aproximadamente 10 minutos por etapa, para un total de 30 minutos en toda la sección. Inmediatamente después de esta sección se encuentra una zona denominada pantalla la cual tiene por objetivo disminuir la velocidad de salida del agua de los floculadores y así permitir que el floc formado en esta sección no se desintegre. Esta zona esta conectada directamente con la segunda y tercera etapa de floculación por su parte inferior a manera de un falso fondo, el cual permite la disposición de los lodos formados en estas etapas. Al seguir el recorrido, el agua pasa a la zona de sedimentación. Esta etapa esta constituida por 2 sedimentadores: el primero por gravedad y el segundo de placas inclinadas, los cuales presentan en tiempo total de residencia de aproximadamente 2 horas, tiempo en el cual el agua deposita la mayor cantidad de floc en el fondo de estos. Por ultimo el agua pasa a la galería de filtros, la cual esta compuesta por una serie de 4 filtros de tasa declinante. Removida la gran mayoría de materia suspendida, el agua tratada pasa a un tanque denominado carcamo, sitio en el cual se aplica cloro para su desinfección. Después de esto el agua pasa al tanque de almacenamiento desde el cual es distribuida a la población.

3.2 Consumo de sulfato de aluminio

En la planta de tratamiento de agua potable de Cartago, planta 2, se consume sulfato de aluminio tipo B, granulado, distribuido por la empresa Derivados Industriales del Valle Ltda., con las siguientes especificaciones (ver anexo 1):

% Aluminio como Al_2O_3	15.22 %
% Hierro como Fe_2O_3	1.99 %
% Insolubles	7.75 %

Fuente: Planta de tratamiento de agua potable. Empresas municipales de Cartago. Derivados industriales del valle Ltda.

La cantidad de sulfato de aluminio agregado al agua varía proporcionalmente de acuerdo a la turbiedad y al color que presenta el agua tomada directamente de la cuenca (agua cruda). Estos dos parámetros determinan las cantidades de sulfato de aluminio a aplicar.

Para tal fin se debe tener en cuenta que la turbiedad no presenta problemas al momento de su remoción, ya que este parámetro relaciona directamente la mayor cantidad de partículas sólidas presentes en el agua, mientras que el color puede hacer que la dosis de sulfato aplicado para una turbiedad determinada no sea suficiente y sea necesario aumentar considerablemente la dosis ya que este factor esta ligado a sustancias que no son fácilmente removibles y difícilmente cuantificadas, como es el caso de los sólidos disueltos. En otras palabras, se pueden obtener valores de turbiedad similares con valores de color muy diferentes y esto es lo que determina la cantidad de coagulante que se debe agregar. En estos casos, el operario de turno realiza una prueba de jarras, tomando una muestra de un litro de agua ya coagulada para así determinar si la cantidad de coagulante suministrada en ese momento es la adecuada. En caso de no serlo se debe tomar la decisión si aumenta por defecto, o disminuye por exceso, la dosis de sulfato aplicado al agua.

La dosis de sulfato aplicada al agua varia de forma considerable de acuerdo a las diferentes condiciones climáticas presentadas año tras año. En la tabla 2 se puede apreciar una pequeña reseña sobre el consumo de sulfato de aluminio de los últimos 3 años. En esta tabla se pueden apreciar las variaciones en cuanto al consumo de aluminio mes a mes, así como los promedios anuales de consumo.

3.3 Lavado de sedimentadores y filtros

El lavado de los sedimentadores se realiza de acuerdo a las turbiedades alcanzadas en periodos de tiempo inmediatamente después del lavado anterior. Así, si las turbiedades son altas el tiempo de lavado en días, es corto, o, por el contrario si las turbiedades son bajas, el tiempo entre lavado puede aumentar. Con lo anterior queda claro que no existe un parámetro diferente al criterio del jefe de planta para determinar la fecha de lavado de esta. En la tabla 3 se pueden apreciar algunos periodos de lavado, con sus respectivos días y consumos de sulfato de aluminio en estos intervalos, así, como la turbiedad mas alta en dichos días.

Tabla 2. consumo de sulfato de aluminio desde el año 2000 hasta 2003

	Año 2000		Año 2001		Año 2002		Año 2003	
	Sulfato de aluminio (kg / mes)	ppm	Sulfato de aluminio (kg / mes)	ppm	Sulfato de aluminio (kg / mes)	ppm	Sulfato de aluminio (kg / mes)	ppm
Enero	38050	60.99	29500	46.36	22150	39.65	20550	32.88
Febrero	32950	55.40	22500	38.23	20600	36.72	19800	35.13
Marzo	37050	58.26	34550	53.93	25950	44.77	25600	42.23
Abril	29300	47.8	25500	44.96	34600	58.02	28400	46.85
Mayo	40100	62.25	30100	49.53	29550	46.60	24200	38.14
Junio	30450	47.9	26850	45.59	28500	47.91	27950	47.34
Julio	25650	39.1	24600	41.55	25100	39.95	24300	38.81
Agosto	27100	43.26	22800	37.41	23550	37.05		
Septiembre	35200	57.55	28200	46.79	27050	44.27		
Octubre	33600	51.39	25300	40.37	30100	47.41		
Noviembre	41300	66.41	27700	46.52	26550	44.12		
Diciembre	32600	83.93	28800	48.96	22650	37.7		
Promedio	33612.5	56.19	27200	44.13	26362.5	43.68	24400	40

Fuente: Archivo. Planta de tratamiento de agua potable, planta 2. Empresas Municipales de Cartago.

Tabla 3. Tiempo de lavado de la planta, periodo 2000 - 2003

Fechas de lavado	Días entre lavado	Sulfato consumido (kg)	Turbiedad máxima (NTU)	Fecha de turbiedad máx.
Enero 14 a febrero 26 de 2002	43	29650	102	22-Ene
abril 11	45	40300	1020	09-Abr
Mayo 27	46	35450	1020	29-Abr
julio 3	37	35850	1260	29-May
agosto 8	36	28650	110	11-Jul
septiembre	35	27950	79	30-Ago
octubre 24	42	38300	1515	24-Oct
noviembre 21	28	28400	290	25-Oct
diciembre 23	33	24200	168	16-Dic
Enero 23 de 2003	31	20650	94	21-Ene
marzo 13	49	33250	60	01-Mar
abril 25	43	58000	4442	10-Abr
Junio 9	45	37500	1350	19-May
promedio	39,46	33703,85	885,38	

Fuente: Archivo. Planta de tratamiento de agua potable, planta 2. Empresas Municipales de Cartago.

Por el contrario, los filtros de tasa declinante presentan una carrera promedio de 35 a 40 horas por filtro. Es decir que a diario se lavan en promedio 2 filtros, en condiciones de turbiedad normal (turbiedades bajas).

Este tiempo de lavado puede disminuir en temporadas invernales en las cuales los sedimentadores no dan abasto en la retención de las partículas sólidas (floc), y estas pasan en gran cantidad a los filtros haciendo que estos se colmaten rápidamente, y como consecuencia los filtros se deben lavar cada 24 horas. Todo lo contrario ocurre cuando las turbiedades se tornan por debajo de lo normal (menores de 1 hasta 5 NTU), condiciones en las cuales los filtros pueden tener una carrera de hasta 48 horas.

El lavado de cada filtro requiere de aproximadamente 100 m^3 de agua previamente tratada, en 12 minutos, tiempo en el cual el filtro queda listo para seguir trabajando. Dado que son 4 filtros a lavar diariamente, el consumo de agua tratada para este fin es de 400 m^3 / día.

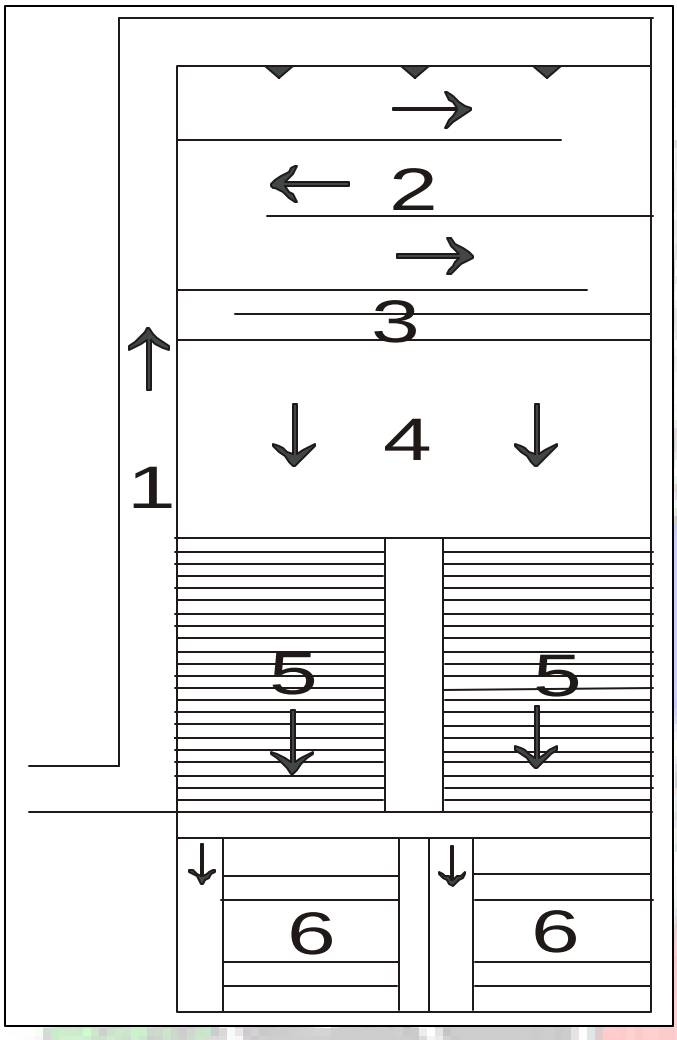
En cuanto al lavado de los sedimentadores el volumen de agua gastada es mucho mayor. Para el lavado de los sedimentadores es necesario evacuar todo el contenido de la unidad (3 floculadores, pantalla intermedia, sedimentador por gravedad y sedimentador de placas). De acuerdo a las medidas de las unidades se tiene que estas albergan alrededor de 1500 m^3 de agua en proceso de tratamiento, es decir, agua que ya ha pasado por el proceso de coagulación y por consiguiente contiene una gran cantidad de sulfato de aluminio. Ya que los lodos depositados en el fondo de las diferentes etapas son muy espesos se hace necesario un lavado con mangueras a presión lo cual lleva a un gasto mas de agua. Cada manguera arroja alrededor de 10 l / s de agua (cruda), y en total se usan 2 mangueras. El tiempo de lavado varia entre 3 y 4 horas dependiendo de la eficiencia de los operarios quienes son los encargados del lavado de estas. Durante este periodo se consume entonces un promedio de 216 m^3 de agua (a razón de 72 m^3 / h).

En la figura 1 se muestra el esquema (vista superior) de un modulo completo de la planta de tratamiento de agua potable, planta 2. En esta se aprecian la zona de floculación, sedimentación y filtración.

En la figura 2 se puede observar el diagrama de flujo, de la planta de tratamiento con todas sus secciones.

CONTENIDO

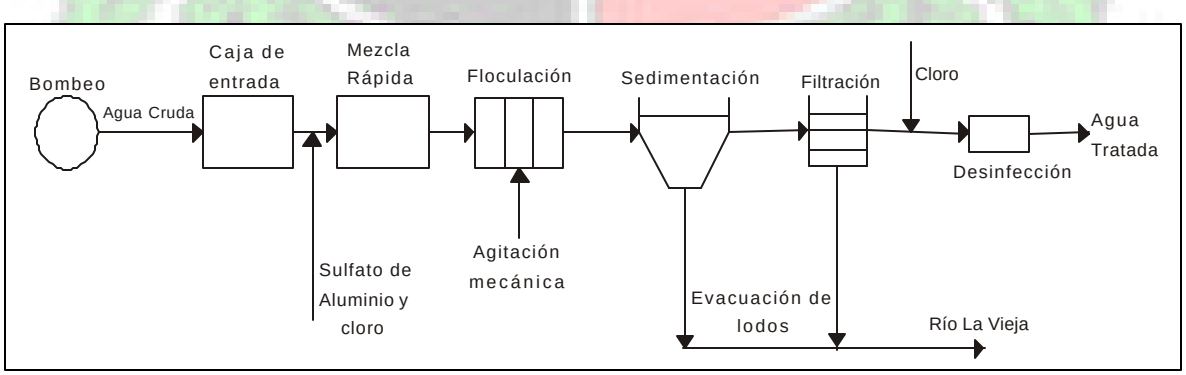
Figura 1: Vista superior de la planta de tratamiento de agua potable, planta 2.



1 Canal de transporte de agua ya coagulada hasta zona de floculación.
2 Floculadores (3) tipo vertical, con agitación mecánica.
3 Pantalla (zona de disminución de velocidad del agua).
4 Sedimentador por gravedad.
5 Sedimentador de placas inclinadas.
6 Filtros de tasa declinante

Dirección del agua en tratamiento.

Figura 2: Diagrama de flujo de la planta



3.4 Producción de lodos

El lodo obtenido en las plantas de tratamiento es una mezcla básica de los sólidos presentes en el agua a tratar y coagulante utilizado para tal fin. Cuando se añade sulfato de aluminio al agua, la reacción se representa típicamente de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Al_2(SO_4)_3\ 14\ H_2O\ +\ 6HCO_3 ____ Al(OH)_3 + CO_2\ + 14\ H_2O + 3SO_4$$

Cuando se logra el equilibrio, el hidróxido de aluminio será el producto predominante. Sin embargo, el equilibrio no se logra normalmente y se forma un compuesto complejo polimerizado, que contiene en promedio 3 o 4 moléculas de agua unidas al hidróxido de aluminio, el cual precipita. El agua unida al complejo incrementa la cantidad de lodo, aumenta el volumen del lodo y lo hace más difícil de desaguar, ya que las moléculas de agua unidas químicamente no se pueden remover mediante los métodos mecánicos normales. La especie resultante de hidróxido de aluminio tiene un peso molecular de 132 g/mol , 1 mg / l de sulfato de aluminio agregado al agua producirá aproximadamente 0.44 mg / l de sólidos inorgánicos de aluminio. Los sólidos suspendidos presentes en el agua cruda producen un peso equivalente de sólidos en el lodo, ya que al reaccionar son estos los que precipitan en forma de floc producto de la reacción con el coagulante. Se puede suponer que otros aditivos, tales como los polímeros o el carbón activado en polvo, producen lodo en la misma cantidad añadida [19]. La cantidad de lodo producido en una planta de coagulación con sulfato de aluminio para la remoción e turbiedad puede ser expresada como:

Ecuación 1 $$\mathbf{S = 86.4\ Q\ (0.44\ Al + SS + A)}$$

donde:

S = lodo producido, kg / día, base seca

Q = gasto de agua cruda, m^3 / seg

Al = dosis de sulfato de aluminio como Al_2O_3, mg / l

SS = sólidos suspendidos del agua cruda, mg / l

A = productos químicos adicionales agregados tales como polímero, arcilla, carbón activado, mg / l

86.4 = factor de conversión

[19]

La relación entre turbiedad y sólidos suspendidos se debe determinar para cada agua cruda en particular (casos individuales. Para agua con turbiedad y bajo color la relación de sólidos suspendidos a turbiedad varía de 0.7 a 2.2 veces la turbiedad. Esta relación puede variar estacionalmente en la misma fuente de abastecimiento. La correlación se debe obtener mediante muestras semanales. Una vez establecida se debe revisar por lo menos cada mes. Como los sólidos considerados se deben remover en la coagulación y sedimentación, la determinación de los sólidos suspendidos debe hacerse utilizando papel filtro de 0.45 µ. Como en algunas aguas la concentración de sólidos es muy baja (<5 mg/I) para obtener un valor adecuado se debe tomar muestras de varios litros de agua [19].

Cuando el agua cruda tiene color en cantidades significativas, este puede contribuir a la producción de lodos. Sin embargo en la mayoría de las aguas el color pasa por los filtros de 0.45 µ y no se puede medir en la prueba de sólidos suspendidos. Por esta razón la relación sólidos-turbiedad en aguas con color puede llegar a 20, además, a no ser que la turbiedad y el color varíen juntos, no se podrá obtener una correlación entre turbiedad y sólidos. [19].

3.5 Volumen de los lodos

Los volúmenes y la concentración de sólidos en suspensión de los lodos que salen de los tanques de sedimentación son una función de la calidad del agua cruda, tratamiento y del método de remoción de lodo. Por su parte, los de lavado de filtros son función de la eficiencia de la coagulación y sedimentación, y de la operación de cada filtro.

Las ecuaciones y procedimientos anteriores permiten la estimación del peso seco de lodo producido, pero en general no permiten la estimación de su volumen, dato muy importante para fines del diseño y de operación de la planta.

Los lodos a los cuales se les permite concentrarse en los tanques, tienden a compactarse y espesarse en el fondo de los mismos dando lugar generalmente a una estratificación no bien definida de sólidos, con las partículas más pesadas en el fondo y las más ligeras en la parte superior [16][19]

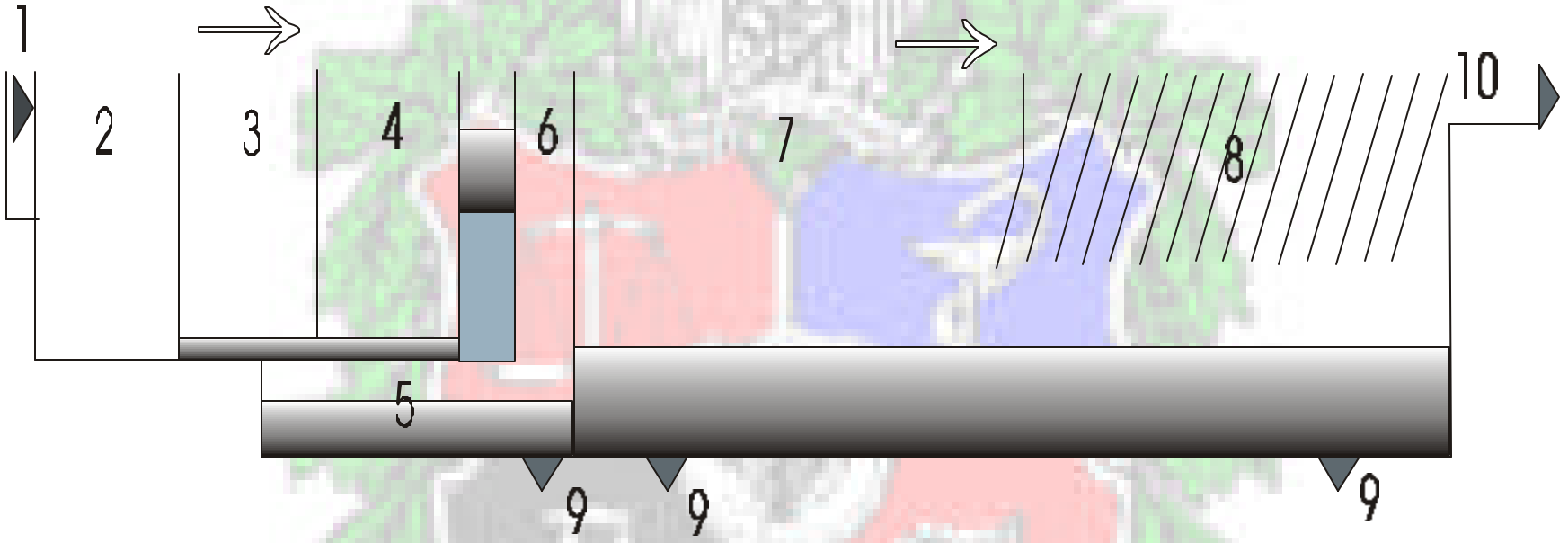
Esta es una de las razones por las cuales es difícil obtener muestras representativas de lodo de un tanque. Sin embargo, la concentración real producida depende de la cantidad de agua usada para empujar los sólidos hacia afuera del tanque durante la operación de extracción.

La concentración de sólidos producidos con coagulantes de aluminio para turbiedades de bajas a moderadas, será de 0.1 a 1.0%. En general, entre más alta sea la relación entre la dosis de coagulante y la concentración de sólidos del agua cruda, menor será la concentración de sólidos y mayor el volumen de lodo. La concentración de sólidos en los lodos de coagulación de aguas con alta turbiedad se encuentra en el ámbito de 2 a 4% y ocasionalmente más alta. Los volúmenes de lodo se encuentran entre el 0.1 y 3% del gasto de agua cruda, con un promedio de alrededor de 0.6%. [19]

En la figura 3 se aprecian los sitios en los cuales se presenta la mayor formación de lodos. Floculadores, los cuales presentan un falso fondo para evitar la acumulación de estos y sedimentadores, son las unidades que albergan el mayor volumen de lodos.

CONTENIDO

Figura 3. Zona de formación de lodos



1 Entrada de agua coagulada
2, 3, 4 Floculadores con agitación mecánica
5 Falso fondo de los floculadores 3 y 4 y de la zona de pantalla
6 Pantalla entre floculadores y sedimentadores
7 Sedimentador por gravedad
8 Sedimentador de placas inclinadas
9 Desagüe de los lodos
10 Salida del agua hacia los filtros

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 Muestreo de agua cruda

Para conocer las cantidades de lodos producido durante un intervalo de tiempo determinado es necesario al análisis del agua cruda que entra a la planta. En este caso se hace necesario conocer los valores de turbiedad vs sólidos totales y suspendidos tomados a través de un periodo de tiempo, el cual garantice que se abarcan todos los parámetros que afecten esta medida. Se determino que un año es tiempo adecuado ya que incluye las diferentes condiciones climáticas que es el factor que determina los limites de la turbiedad.

Dado que las condiciones climáticas de la región no varían considerablemente en cortos periodos de tiempo, la toma de datos se realizo semanalmente. Por ejemplo, en los periodos de verano la turbiedad presenta variaciones leves lo cual permite que la planta maneje condiciones similares diariamente. Estas condiciones hacen referencia a la dosis de sulfato adicionado. Esta relativa estabilidad en la turbiedad permite que el numero de muestras pueda ser reducido en comparación a la realización de un muestreo diario. Además el muestreo de agua cruda en época de invierno se realizo partiendo del valor máximo de turbiedad mediante un seguimiento a medida que este iba disminuyendo hasta llegar a un punto estable. Pero no todos los valores en épocas de invierno presentaban estas características, en muchos casos la turbiedad, aunque un poco alta, se mantenía por periodos prolongados, donde igualmente las condiciones de dosificación eran similares.

Ya que el objetivo principal es el análisis de los lodos y no el agua cruda, la cantidad de datos obtenidos es suficiente para el propósito inicial, como son los limites de turbiedad manejados en la planta.

4.2 Pruebas para agua cruda

Para la realización de pruebas al agua cruda se utilizaron los siguientes equipos:

- Turbidimetro 2100 AN (Hach)
- Cápsulas de porcelana (25 ml)
- Crisoles tipo Goosh (20 ml)
- Papel filtro tipo cualitativo
- Horno 0 – 200 ºC
- Mufla 0 – 700 ºC

Para la determinación de sólidos suspendidos y totales se siguió el método de sólidos del manual de análisis de aguas [10]. El método se describe en el anexo 2.

4.3 Muestreo de lodos

La toma de muestras de lodos se realiza directamente del fondo de los sedimentadores, después de tener en cuenta factores tales como:

1. Caudal de entrada de agua a la planta.
2. Turbiedad del agua.
3. Sólidos suspendidos y totales presentes en el agua de entrada a la planta.
4. Dosis de sulfato de aluminio aplicado en la coagulación al agua.
5. Tiempo de residencia del agua tanto en floculadores como en sedimentadores.

Todos estos factores nos determinan el tipo de muestra a tomar y el tiempo en el cual debe ser recolectada. Las muestras fueron tomadas siguiendo como parámetro principal las variaciones en la turbiedad en las diferentes condiciones climáticas.

Las 2 formas utilizadas para la toma de muestras fueron:

4.3.1 Toma del fondo del sedimentador

Básicamente consiste en la obtención de los lodos por medio de un recipiente el cual se introduce en el fondo del tanque, y con el cual, por medio de el desplazamiento del agua por parte de los lodos, o bien por un sistema de orificios de evacuación se obtiene la muestra. De esta forma se pueden obtener muestras determinadas y acordes a los factores antes mencionados. El principal factor aquí aplicado es el tiempo de residencia del agua en los floculadores, que es de aproximadamente 30 minutos, y aproximadamente 4 horas de sedimentación al fondo del tanque. Este tiempo esta dado por pruebas de sedimentación realizadas al floc formado, el cual arrojo valores promedio de 4 ml / hora. litro.

4.3.2 Toma por evacuación de lodos por el sistema de desagüe

Consiste en obtener la muestra a través del sistema de evacuación por medio de un balde, previamente abierta la válvula de salida. Se da un tiempo de purga de aproximadamente 10 minutos, tiempo en el cual se evacuan los lodos del fondo y comienza a salir lodos depositados recientemente. El problema de este muestreo es la cantidad de lodos a tomar y el tiempo de decantación necesario para la obtención del lodo deseado.

Sea cual sea la forma de toma de los lodos, estos se deben dejar decantar por aproximadamente 2 hora, tiempo en el cual el agua en exceso sobrenada y se puede eliminar por un sistema de sifón [19] y así obtener la muestra deseada.

4.4 Caracterización de los lodos

DBO: se siguió el *método de incubación* de acuerdo al manual de análisis de aguas [10], además, por recomendación de la bibliografía se tuvo en cuenta las diluciones a realizar dado los altos valores registrados. De igual forma se contó con equipos adicionales para la determinación de la DBO, los cuales permitieron realizar una comparación al momento de obtener los resultados (ver anexo 2).

DQO: para esta prueba se utilizo el *método de colorimetría* (método del dicromato) aplicando un oxidante fuerte y por medio de digestión [12]. Para la realización de esta prueba se tuvo en cuenta el numero de diluciones hechas con el fin de obtener el resultado final ya que estas muestras arrojan resultados muy altos. (ver anexo 2).

Sólidos suspendidos y sólidos totales (SS y ST): se siguió el método de sólidos de acuerdo al manual de análisis de aguas [10], teniendo en cuenta los volúmenes óptimos de muestra para obtener resultados coherentes (ver anexo 2)

Humedad a 110 º C: se determina la humedad por perdida de peso de la muestra secada en el horno a 110 º C usando cápsulas de porcelana previamente secadas y pesadas (ver anexo 2)

Determinación de metales y sulfatos: para la determinación de los metales se usara un espectrofotómetro marca HACH, referencia DR2000, en el cual varia el programa en el cual se hace el análisis, de igual forma varia la longitud de onda y claro esta, los reactivos necesarios para cada prueba. Cada prueba presenta un numero de programa en el equipo, un rango de operación, una longitud de onda y la serie de reactivos usados con el fin de obtener los resultados de los metales deseados. Estos metales son: aluminio, cobre. Cromo, hierro, manganeso, zinc. Y con este mismo equipo se llevaron a cabo pruebas para sulfatos y DQO los cuales operan de la misma forma que los metales.

Pruebas para coliformes: para la determinación de coliformes totales se cuenta con el método de membrana filtrante usando como medio de cultivo al agar cromocul, previa mente preparado. La muestra se deja reposar por 18 horas tiempo en el cual presentara una serie de colores, los cuales son leídos en un cuenta colonias así:
Puntos de color rojo, corresponde a colonias de coliformes totales y de color violeta a colonias de coliformes fecales. Obtenido este dato se procede a multiplicar por la fracción de la dilución hecha para obtener el valor real de las coliformes presentes en 100 mililitros de agua.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Variaciones de la turbiedad

Como las principales variaciones de la turbiedad se deben exclusivamente al factor clima, es necesario hacer un recuento de todos los meses del año, durante varios periodos, para determinar el comportamiento de este parámetro y mostrar si existe alguna constante entre estos valores, o por el contrario, este varía sin seguir ningún patrón. En la figura 4, se puede apreciar las variaciones de la turbiedad en los últimos 3 años.

En estos gráficos se puede apreciar como la turbiedad varia en los diferentes meses del año, sin seguir ningún patrón. el año 2000 se muestra como un año atípico en cuanto a las variaciones del clima, ya que en los años siguientes se muestra un comportamiento muy similar. En la mayoría de meses, el año 2000 mostró grandes variaciones en cuanto a las turbiedades registradas; meses como enero, febrero o noviembre, que son denominados de verano aparecen aquí dando muestras de fuertes elevaciones en la turbiedad, evento que se aprecia de forma menos fuerte, pero en casi todos los meses, en otros años.

Dentro de estas variaciones de la turbiedad hay que aclarar que todos los eventos ocurrido no se deben en su totalidad al clima. Un pequeño porcentaje de estas variaciones se debe a sucesos aislados en ocasiones causaos por el hombre; derrumbes y represamientos sobre la cuenca son muestra de ello.

Dado todos estos cambios registrados diariamente se puede concluir que la turbiedad no es un parámetro que se puede correlacionar y es poco probable que se pueda obtener algún modelo matemático de este.

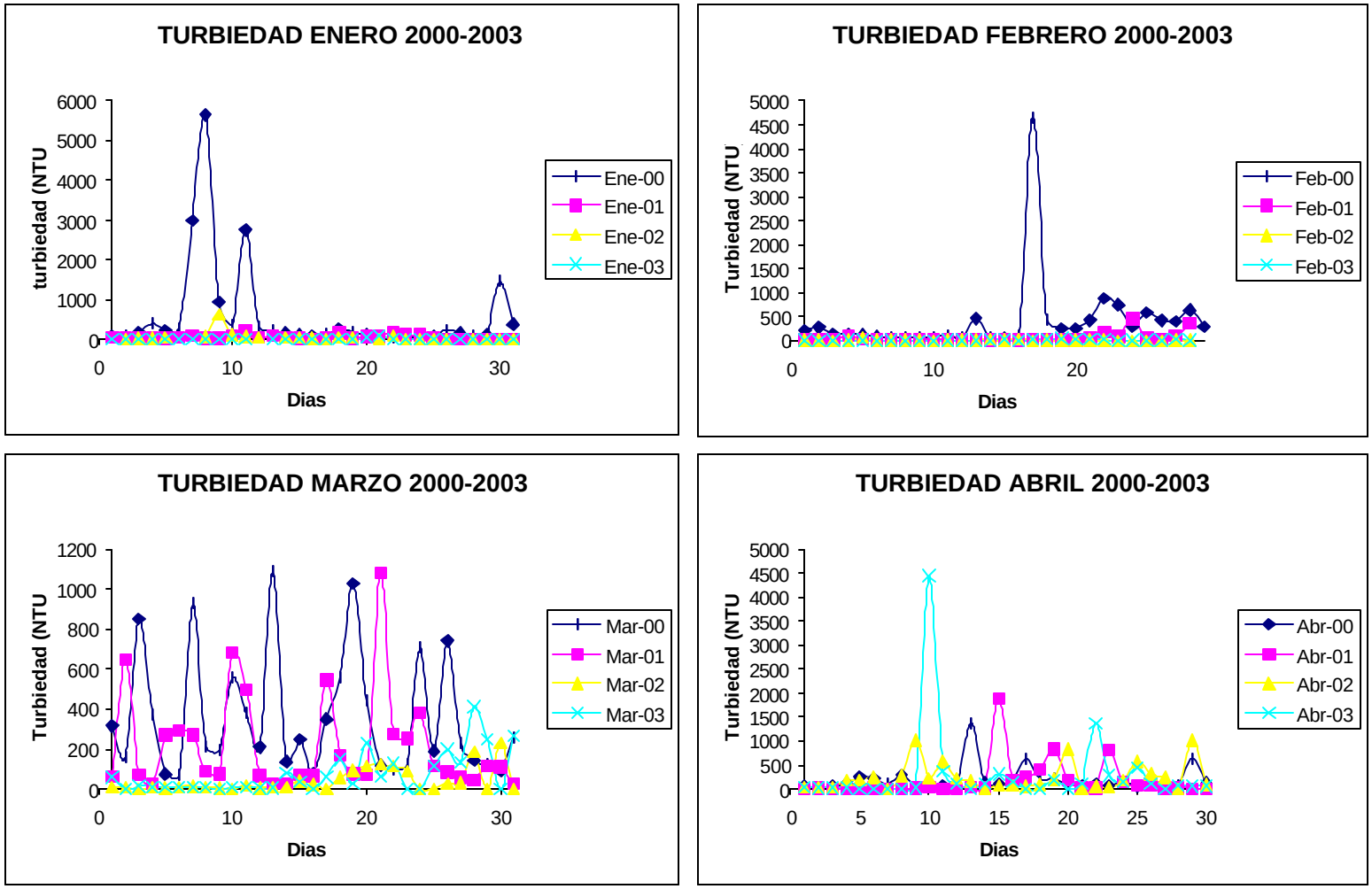


Figura 4. a. Comparación de turbiedades (enero a abril)

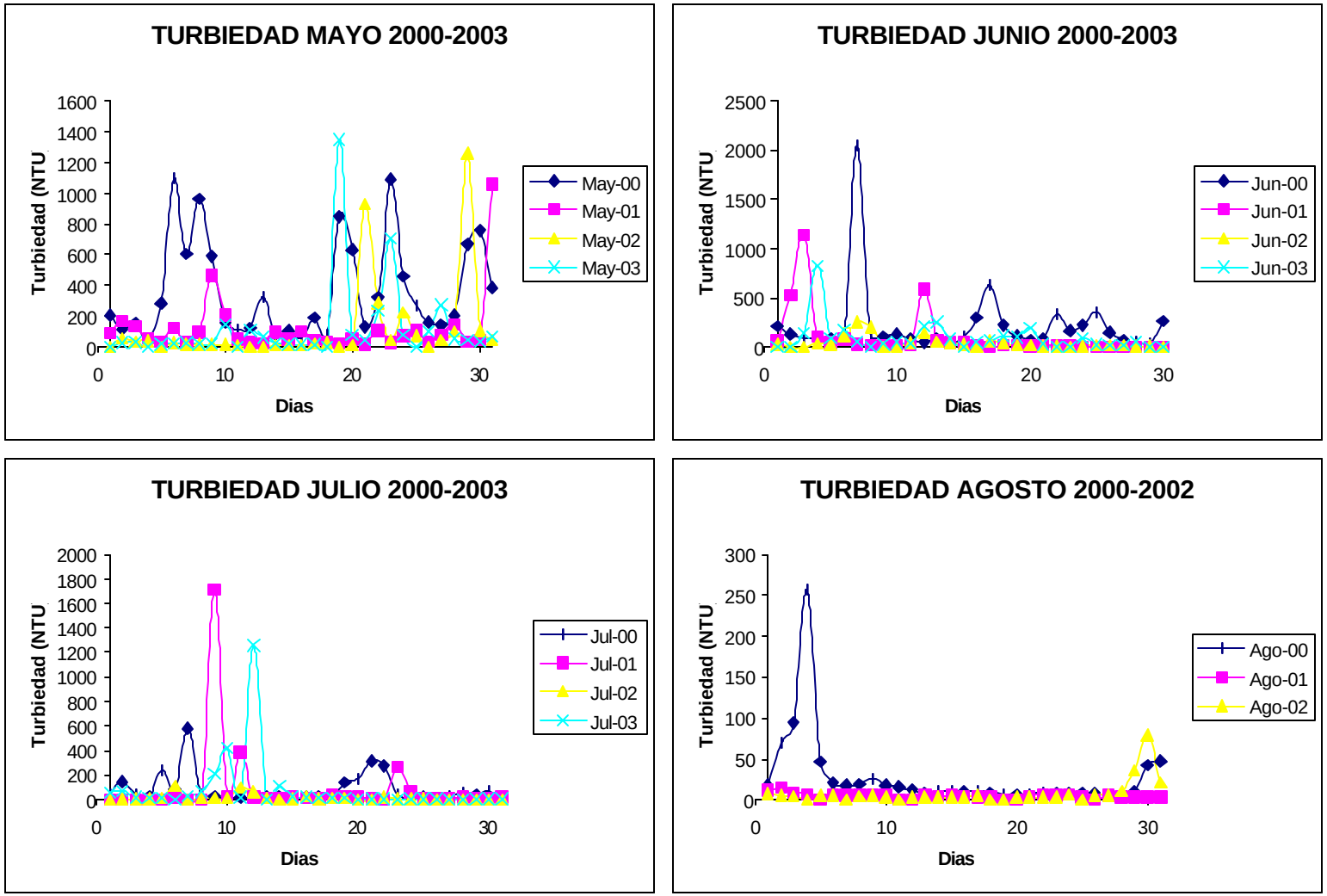


Figura 4. b. Comparación de turbiedades (mayo a agosto)

CONTENIDO

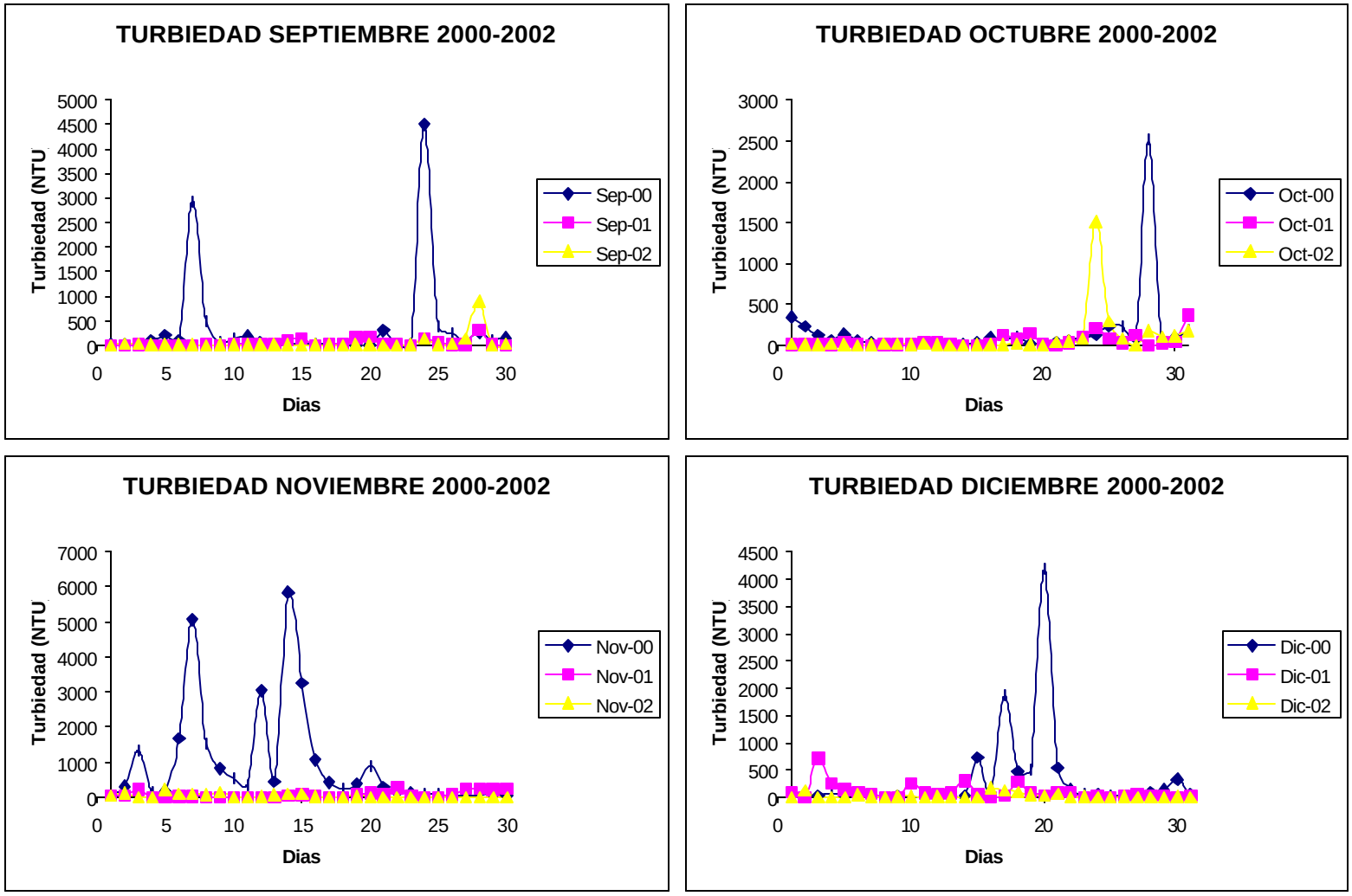


Figura 4. c. Comparación de turbiedades (septiembre a diciembre)

5.2 Turbiedades Máximas y mínimas

Para tener un mejor criterio acerca del comportamiento de la turbiedad en las diferentes épocas del año se hace necesario un recuento histórico, tal como se hizo anteriormente, el cual muestra todas las variaciones que se pueden presentar a la hora de clasificar la turbiedad y las cantidades de sólidos a la entrada de la planta. En las tabla 4 se puede apreciar una breve reseña en cuanto a los valores de turbiedades altos y bajos, de acuerdo a meses y años anteriores.

Tabla 4: Turbiedades máximas y mínimas.

Mes	Turbiedad	Año 2000		Año 2001		Año 2002	
		Turbiedad NTU	Dosis Sulfato Kg / día	Turbiedad NTU	Dosis Sulfato Kg / día	Turbiedad NTU	Dosis Sulfato Kg / día
Enero	Máxima	5650	2600	626	1150	214	1100
	Mínima	58	750	8,5	400	12	950
Febrero	Máxima	4670	1750	68	700	449	1150
	Mínima	46	750	4,8	800	6,5	800
Marzo	Máxima	1090	1500	234	900	1082	1800
	Mínima	74	1000	5,6	900	24,3	900
Abril	Máxima	1375	1600	1020	1550	1883	2200
	Mínima	48	750	30,9	950	10,8	850
Mayo	Máxima	1100	2000	1260	1800	1060	1450
	Mínima	54	700	10,2	800	22,8	950
Junio	Máxima	2050	1950	260	1200	1138	1700
	Mínima	40	650	11,2	750	5,4	850
Julio	Máxima	584	1050	110	850	1715	2100
	Mínima	19	800	4,6	750	4,8	650
Agosto	Máxima	257	1100	79,3	1000	15,2	700
	Mínima	4,5	1000	3,3	850	3,4	800
Septiembre	Máxima	4500	2400	900	2050	313	1300
	Mínima	8,3	950	4,7	850	3,7	850
Octubre	Máxima	2513	1650	1515	1600	370	1050
	Mínima	8,4	1000	6,1	750	6,4	650
Noviembre	Máxima	5840	2550	220	1100	285	1150
	Mínima	48,5	900	10,5	700	14,8	700
Diciembre	Máxima	4185	1650	168	1000	715	1250
	Mínima	14,5	900	9,8	700	25,8	850

Fuente: Planta de tratamiento de agua potable, planta 2. Empresas Municipales de Cartago.

Cabe anotar que los valores máximos no son necesariamente permanentes o estables, es decir, valores como estos pueden durar solo unas horas, incluso solo unos minutos. Pasado este tiempo la turbiedad desciende lentamente hasta alcanzar valores mas estables, en los cuales la remoción de los sólidos es mas viable.

Los valores mas altos de turbiedad se pueden presentar no solo en épocas de invierno, como es habitual, si no también por eventos aislados, como por ejemplo lluvias intempestivas rió arriba, lo cual sucede en los veranos mas fuertes, tiempo donde predominan las turbiedades mas bajas.

5.3 Turbiedad y sólidos en el agua cruda

Mediante el seguimiento realizado a través de un año, durante las diferentes condiciones climáticas y realizando un análisis histórico en los archivos de la planta se obtuvieron valores de turbiedad y la relación de estos con la cantidad de sulfato de aluminio consumido diariamente. En la tabla 5 se pueden apreciar los diferentes valores de turbiedad, caudal de entrada de agua a la planta, consumo de sulfato expresado en la escala del dosificador y la relación de los sólidos totales y suspendidos.

Esta relación entre turbiedad y sólidos da una idea del comportamiento ascendente que se presenta globalmente, a mayor turbiedad, mayor cantidad de sólidos. Pero por otra parte, en la tabla se aprecian las variaciones que se presentan en esta relación en condiciones similares. Turbiedades casi iguales con valores de sólidos muy diferentes entre si, en otros casos valores de turbiedad similares a los cuales se les debe aplicar dosis de sulfato diferentes. Estas variaciones se deben en muchos casos a la presencia de color en el agua, factor que afecta directamente el consumo de coagulante ya que presenta partículas sólidas muy pequeñas no perceptibles o sustancias que afectan los valores de turbiedad y que en ocasiones es el causante de un alto consumo de este para lograr su remoción.

Tabla 5. Caudal, turbiedad, dosis de sulfato y sólidos presentes agua de entrada a la planta.

Caudal (l / seg)	Turbidez (NTU)	Dosis (coagulante)	Sólidos Totales (mg/l)	Sólidos Susp (mg/l)	Sol. Susp (% Sol. Tot.)
290	5,3	20	132	40	30,30%
290	5,5	20	156	37	23,72%
290	6,3	20	168	65	38,69%
290	6,64	20	136	34	25,00%
290	6,9	20	44	4	9,09%
290	7,5	20	184	83	45,11%
290	8,3	20	184	65	35,33%
290	11,4	20	116	26	22,41%
290	13,5	20	60	4	6,67%
290	17,7	20	180	57	31,67%
290	20,8	20	144	88	61,11%
290	24,6	20	210	80	38,10%
290	24,6	20	108	50	46,30%
290	25,3	20	124	32	25,81%
290	26,2	20	168	51	30,36%
290	26,2	20	180	44	24,44%
290	27,4	20	148	60	40,54%
290	33,1	20	312	86	27,56%
290	39,2	20	92	84	91,30%
290	40,7	20	76	34	44,74%
290	41,1	20	220	109	49,55%
290	47,6	20	152	59	38,82%
290	64,6	20	216	106	49,07%
290	69,7	20	108	90	83,33%
290	76,1	25	168	61	36,31%
290	76,1	25	264	100	37,88%
290	85,7	25	284	44	15,49%
290	89,4	25	216	98	45,37%
290	102	25	156	58	37,18%
290	106	30	290	180	62,07%
290	110	30	192	110	57,29%
290	130	35	264	125	47,35%
290	152	35	384	196	51,04%
290	173	35	312	171	54,81%
290	212	35	352	222	63,07%
290	227	35	492	230	46,75%
290	240	35	468	223	47,65%
290	285	40	360	229	63,61%
290	307	40	640	180	28,13%

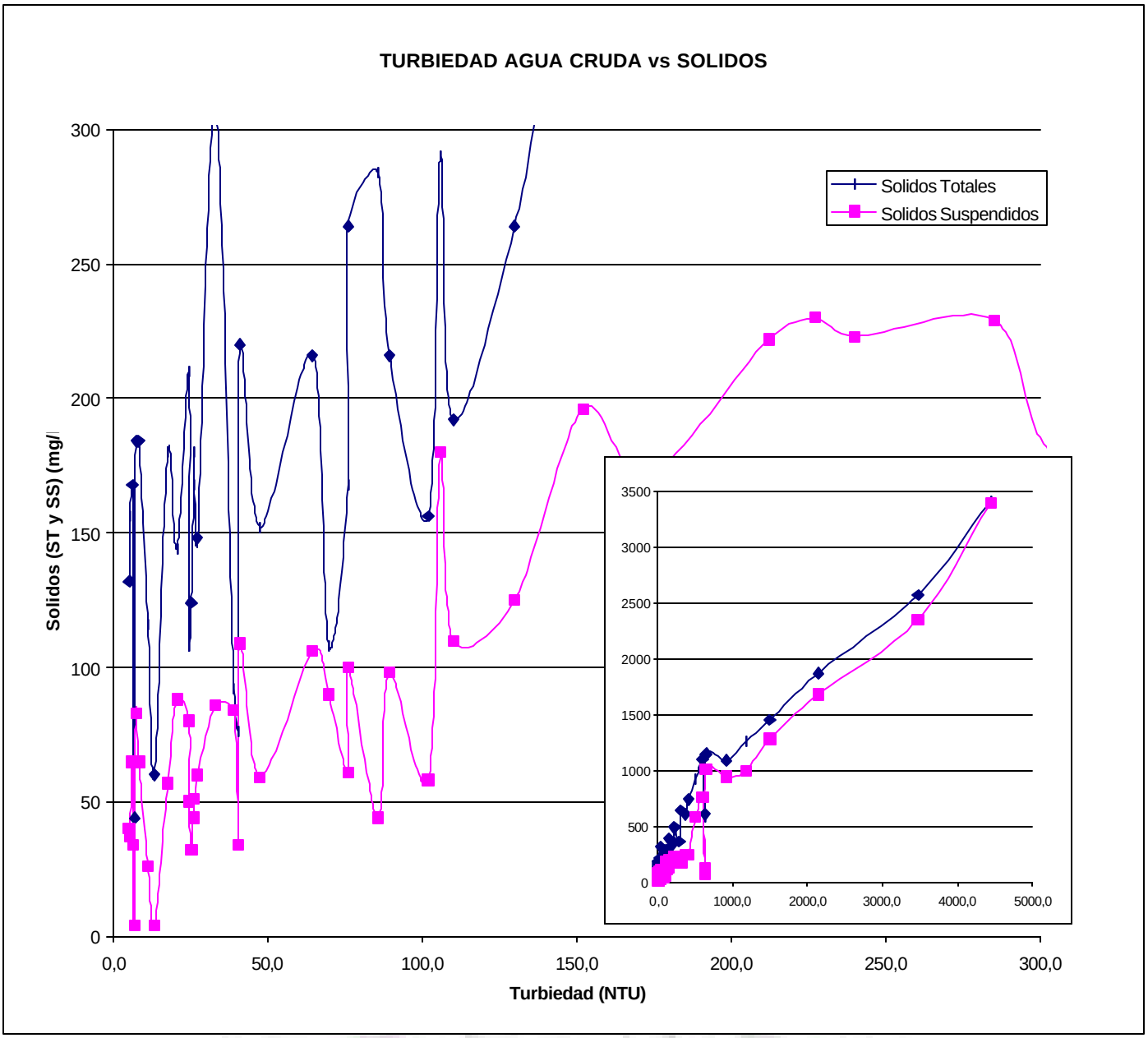
290	363	45	608	245	40,30%
290	410	45	740	240	32,43%
290	509	55	920	580	63,04%
290	596	60	1100	760	69,09%
290	626	50	584	76	13,01%
290	626	55	608	128	21,05%
290	646	65	1150	1010	87,83%
290	922	55	1090	940	86,24%
290	1177	55	1260	1000	79,37%
290	1495	60	1450	1280	88,28%
290	2140	60	1870	1680	89,84%
290	3475	65	2570	2350	91,44%
290	4442	65	3410	3390	99,41%

Fuente: laboratorio planta de tratamiento de agua potable, planta 2. Empresas Municipales de Cartago. Periodo 2002 – 2003.

A partir de los datos recolectados en este periodo: turbiedad, sólidos suspendidos y sólidos totales en el agua cruda, se obtuvo la figura 5.

En esta se puede apreciar como la mayoría de datos (79 %) se encuentra entre los 0 y 300 NTU y solo un poco porcentaje (9%) es para datos que correspondes a turbiedades mayores de 1000 NTU. En esta misma se aprecia el comportamiento ascendente de los sólidos en función de la turbiedad (recuadro) , pero de igual forma se muestra que no existe alguna correlación entre estos datos, sobre todo en los datos por debajo de 300 NTU.

Figura 5: Comportamiento de la turbiedad contra los sólidos totales y suspendidos



5.4 Cargas y producción de lodos

Partiendo de la ecuación 1, se pueden calcular los máximos y mínimos generados en la planta. De igual forma se pueden obtener valores representativos de la producción de lodos en épocas de invierno y verano.

Tomando un valor muy bajo de turbiedad obtenido durante un periodo de tiempo seco (turbiedad mínima obtenida) se calcula la producción de lodo, así:

Para una turbiedad de 5,3 NTU, con un caudal de entrada de 290 l / seg (1044 M^3 / hora), el dosificador muestra un valor en la escala de 20.0, la cual, según la tabla 1, corresponde a un valor de 460 g / min (aproximadamente 660 Kg / día, máximo), que para este caudal representa 26.4 ppm. Tomada una muestra de agua cruda obtenemos el siguiente resultado: 40 mg / l de sólidos suspendidos (tabla 5). Con estos valores y la ecuación 1 tenemos:

Q = 0.29 m^3 / seg

Al = 26.4 mg / l

SS = 40 mg / l

A = 0

Con estos datos tenemos que la carga mínima aproximada de producción de lodos es de 1293 Kg / día, en base seca, en caso que la turbiedad fuera una constante durante las 24 horas.

De igual manera, si tomamos un valor representativo, para hallar carga máxima tenemos:

Para una turbiedad de 4442 NTU, con un caudal de 290 l /seg, el dosificador nos da un valor en la escala de 85.0, el cual equivale a 2270 g / min (aproximadamente 3200 Kg / día), que para el caudal de entrada representa 130.4 ppm. Tomando una muestra de agua de entrada tenemos que esta presenta 3390 mg / l se sólidos suspendidos. Retomando la ecuación 1 hallamos:

Q = 0.29 M^3 / seg

Al = 130.4 mg / l

SS = 3390 mg / l

A = 0

Estos datos equivalen a la máxima producción de lodo en la planta. La carga máxima entonces será de aproximadamente 86377 Kg / día, si esta valor de turbiedad fuese constante durante la 24 horas. Pero como se menciono anteriormente estas turbiedades tan altas no son representativas.

En casos en los cuales las turbiedades muy altas persisten, el jefe de planta evalúa si se debe continuar con el proceso o por el contrario es necesario suspender el bombeo de agua a la planta. Estos casos son muy aislados, ya que estas turbiedades son poco frecuentes, como se aprecia en la grafica anterior, donde solo el 9 % de los datos corresponde a turbiedades por encima de los 1000 NTU.

Para los tiempos de invierno los valores de turbiedad oscilan entre 100 y 500 NTU (26 % de los datos obtenidos). Por tal motivo se tomo un valor promedio de 300 NTU (307 NTU obtenido en el estudio) para la obtención de los lodos producidos. De acuerdo a la tabla 5 y usando la ecuación 1 se tiene una producción de lodos de 5157 kg / día, en promedio para las épocas de invierno.

5.5 Caracterización de los lodos

Las características de los lodos en plantas de tratamiento varían en función de la calidad del agua, tipo de proceso, cantidad y clase de coagulante utilizado y de los compuestos adicionales para el tratamiento. Estos factores son los que condicionan la clase de lodo y los problemas de orden ambiental que estos generan. En la tabla 6 se muestran los resultados de las pruebas físico – químicas realizadas a los lodos producidos en la planta 2.

En esta se aprecian los valores de DBO y DQO, así como sólidos, humedad y pH. Según la tabla los valores de DQO son mucho mas altos que los de DBO, y esto se debe especialmente a la cantidad de materia inorgánica presente en los lodos, tales como limos, arcillas y sulfato de aluminio, además de los altos valores de sólidos totales y suspendidos que se registran.

Tabla 6. Análisis físico – químico de los lodos.

Turbiedad	DBO	DQO	ST	SS	SS(%ST)	Humedad	pH
118	118,53	22115	113280	99950	88,23%	90,37%	6,87
	199,8	21430	103400	97450	94,25%	89,24%	
32,6	150,5	23500	186550	152150	81,56%	90,96%	6,46
	142,3	19350	164875	141950	86,10%	90,10%	
14,6	74,4	16600	155320	129242	83,21%	92,13%	6,8
	104,26	15850	161270	143079	88,72%	91,74%	
10,2	203,25	7575	118200	113100	95,69%	89,53%	6,76
	387,52	8200	127800	114000	89,20%	91,16%	
25,3	126,8	19900	90450	85400	94,42%	90,16%	6,52
	121	18700	97350	88413	90,82%	91,23%	
275	776	32050	160750	143276	89,13%	87,75%	6,43
	764,4	31400	165100	150654	91,25%	88,91%	
90,7	392	38175	187300	145300	77,58%	82,72%	5,87
	494	44000	189750	177400	93,49%	85,15%	
101	172,48	28000	141850	130800	92,21%	86,84%	6,21
	242,8	32350	145000	130700	90,14%	89,74%	
19,7	129,44	23225	171350	140730	82,13%	89,90%	6,59
	209,8	20450	163800	138116	84,32%	90,50%	
10,3	117,6	35775	160200	129100	80,59%	84,75%	6,24
	68,6	31150	164600	148100	89,98%	86,92%	

En la tabla 7 se aprecian los valores de sulfatos y metales pesados presentes en los lodos. En esta tabla encontramos valores tales como sulfatos, hierro, zinc, manganeso, aluminio, entre otros.

Tabla 7. Concentración de sulfatos y metales en los lodos (mg / l)

turbiedad	sulfatos	hierro	aluminio	Fe total	Zinc	Mn	Cobre	Cromo
47,7	2000	137,1	1200	1762,5	2,75	75	8,5	0
19,7	2000	91,2	960	3387,5	2,78	25	11	0
74.7*	2790	136	1350		3,8	58	2,3	1
27,8	4000	157,4	1160	3140	1,34	25	16,7	0
6,65	4000	179,8	1040	3060	2,8	25	10,5	0
7,67	2000	83	920	1800	3	25	8,25	0

*** prueba realizada en la Universidad Nacional de Colombia, por el método de absorción atómica para metales y gravimetría para sulfatos**

Valores tan altos se deben especialmente a que estos metales son removidos del agua y se concentran en los lodos, casos tales como el hierro o el cobre, y en otros casos, como el aluminio, se debe al hecho de la alta concentración de este metal en el coagulante y a cantidades que llegan en el agua cruda.

De acuerdo a lo mostrado por la guía para el manejo de lodos [19] y por Penalva [16] estos valores no pueden ser tomados como puntuales, por el contrario, se deben ubicar en rangos en los cuales estos oscilan conforme a las condiciones existentes en el momento de su lectura.

En la tabla 8 se muestran los datos de forma unificada y se presenta una comparación con los datos obtenidos en la bibliografía, por sus diferentes autores.

Tabla 8. Características de los lodos producidos en la planta potabilizadora de Cartago, planta 2, en el periodo 2002 - 2003

Parámetros	Planta 2, Cartago	México*	Brasil**
DBO (mg / l)	50 a 800	30 a 300	100 a 232
DQO (mg / l)	7000 a 45000	30 a 5000	669 a 1100
Sólidos Totales (mg / l)	90000 a 200000	0.1 a 4 %	4300 a 14000
Sólidos Suspendidos (mg / l)	80000 a 180000	------	------
Sólidos suspendidos (%ST)	75% a 97%	------	80 %
Humedad (%)	82% a 95%	------	------
pH	5.8 a 6.9	6 a 8	7
Sulfatos (mg / l)	2000 a 4000	------	------
Hierro (mg / l)	80 a 180	33	------
Hierro total (mg / l)	1700 a 3500	100 a 222	3381
Aluminio (mg / l)	900 a 1400	850	3965
Zinc (mg / l)	1 a 4	0.11	2.13
Manganeso (mg / l)	20 a 80	0.34	1.86
Cobre (mg / l)	2 a 17	0.45	1.47
Cromo (mg / l)	0 a 1	0.35	3.82
Plomo (mg / l)	< 1	0.5	------

Fuente: * [19], adaptada.
**** Cordeiro [6], citado por Penalva [16], adaptada.**

Por otra parte, los lodos son en ultimas materia concentrada, en la cual podemos encontrar desde metales hasta bacterias de todas las clases, que se han aglomerado allí. Es por esto que adicionalmente se realizaron pruebas bacteriológicas con el fin de determinar aproximadamente que y cuantas colonias viven en los lodos. en la tabla 9 se pueden observar algunos valores relacionados con las bacteria encontradas en los lodos.

Tabla 9: Bacterias presentes en los lodos

Bacterias	Valores Registrados (UFC)	Dilución optima
Coliformes fecales	$8.1x10^{5}$ a $2x10^{6}$	$1x10^{-6}$
Coliformes totales	$3.72x10^{6}$ a $1x10^{7}$	$1x10^{-6}$
Mesófilos	$1.7x10^{6}$ a $2x10^{6}$	$1x10^{-6}$

Nota:

Todos los análisis efectuados a los lodos fueron realizados en el laboratorio de la planta de tratamiento, planta 2, la cual cuenta con el aval del ministerio de salud por medio de su programa PICCAP, para dichos analisis (ver anexo 3).

Propiedades físicas:

Por ultimo, a los lodos obtenidos en la planta de tratamiento de agua potable, planta 2, se le realizaron pruebas para la obtención de 2 propiedades físicas, las cuales serán de gran importancia para el dimensionamiento de equipos que ayuden a su tratamiento:

Los datos que a continuación se muestran fueron determinados para lodos con una humedad promedio del 90%:

Viscosidad: 2666 centipoises a 24 º C

Densidad : 1.04 g / ml o 1040 kg / m^3

Pruebas realizadas en los laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.

6. DIMENSIONAMIENTO DE UNIDADES

Se realizo la caracterización del agua cruda de entrada a la planta y de los lodos que en esta se producen, durante el periodo 2002 – 2003. A partir de los resultados que se muestran en las tablas 5 y 8 respectivamente, se tomaron dos periodos promedio, durante el invierno y el verano como base para la producción de lodos y por consiguiente para el dimensionamiento de las unidades que van a tratar y disponer los mismos:

Para lo anterior se presentan los valores propios de operación de la planta:

La planta potabilizadora cuenta con un tren que consiste en mezcla rápida, 2 módulos que constan de floculadores agitados mecánicamente, sedimentador por gravedad y sedimentador de placas inclinadas, y por ultimo una galería de filtros común para ambos módulos los cuales tienen una capacidad de 320 l /s (160 litros por módulo).

La galería de filtros alberga 4 filtros comunes para los 2 módulos. Estos filtros son de sección rectangular de 3 metros de ancho y 5 metros de largo, en total 15 m^2 de área de filtración.

El lavado de los filtros se realiza con agua tratada en la planta (agua clarificada) con una tasa de lavado de 100 m^3 / 12 min. (8.33 m^3 / min.) o bien 0.55 m / min.

En condiciones normales la carrera del filtro es de 48 horas. En condiciones criticas, cuando el sistema de bombeo proporciona mucho aire al sistema o se presenten anormalidades tales como cambios bruscos en la turbiedad del agua de entrada, la carrera de filtración disminuirá a 24 horas.

Datos de la planta para invierno

Caudal de la planta:

Numero de módulos	2
Caudal total	290 l / s (promedio)
Caudal por modulo	145 l / s
Caudal total diario	25056 m^3 / día
Turbiedad del agua	300 NTU (valor promedio en invierno)

Proceso:

Dosis de sulfato de aluminio	1022 g / min.
Para un caudal de 290 l / s	58.7 mg / l
Ayudante de coagulación	0

Producción de lodos en sedimentadores:

Sólidos suspendidos totales en el agua 180 mg / l

(promedio de SST a una turbiedad de 307 NTU)

Utilizando la ecuación 1: $S = 86.4\ Q\ (0.44Al + SS + A)$

Los sólidos producidos por el sulfato de aluminio

0.44 x 58.7	25.83
SST	180 mg / l
Sólidos producidos en el sedimentador	**5157.23 Kg / día (base seca)**

De igual manera, con la densidad se determina el volumen de lodo producido

Densidad del lodo 1040 kg /m^3 (90% de humedad)

Volumen de lodos producidos **44.6 m^3 / día**

Valor que representa el lodo producido en épocas de invierno. De igual forma se calculan las cargas para un valor promedio de turbiedad en época de verano

Turbiedad del agua 8 NTU (valor promedio en verano)

Proceso:

Dosis de sulfato de aluminio 460 g / min.

Para un caudal de 290 l / s 26.4 mg / l

Ayudante de coagulación 0

Producción de lodos en sedimentadores:

Sólidos suspendidos totales en el agua 65 mg / l

Utilizando la ecuación 1:

Los sólidos producidos por el sulfato de aluminio

0.44 x 26.4 11.62

SST 65 mg / l

Sólidos producidos en el sedimentador **1919.69 Kg / día (base seca)**

De igual manera, se determina el volumen de lodo producido

Densidad del lodo 1040 kg /m^3 (90% de humedad)

Volumen de lodos producidos **16.6 m^3 / día**

A partir de los valores obtenidos en la producción de lodos, capitulo 5.4 (máximos y mínimos) y los valores anteriormente obtenidos, verano e invierno promedio se obtiene un amplio panorama de la producción de lodos en la planta de tratamiento de agua potable, planta 2, durante el periodo 2002 – 2003. Estos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 10: Producción de lodos

	Turbiedad agua cruda (NTU)	SST (mg / l)	Sulfato de aluminio (PPM)	Kg / día	m^3 / día
Mínimo	5	40	26.4	1293	11.19
Verano (promedio)	8	65	26.4	1919.69	16.6
Invierno (promedio)	300	180	58.7	5157.23	44.6
Máximo	4442	3390	130.4	86377	747.49

De acuerdo a las cargas de bdos obtenidas para verano y para invierno se tiene que por cada metro cúbico o por cada kilogramo de lodo producido en verano se producen 2.68 metros cúbicos o kilogramos de lodo en invierno. Por lo tanto se toma este valor para determinar la producción de lodos en espacios de tiempo determinados.

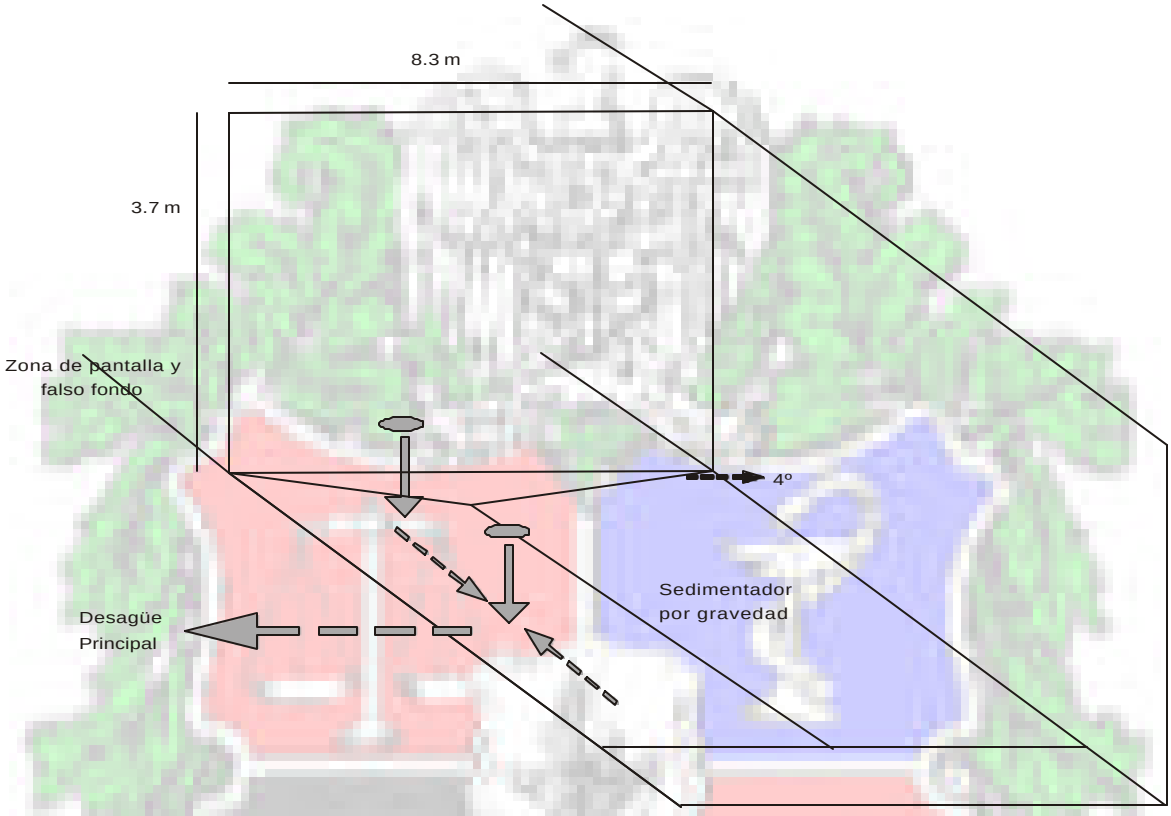
De acuerdo a los tiempos de lavado que se realizan actualmente, en invierno cada 30 días y en verano cada 40 días, en promedio. En invierno, en un periodo de 10 días se formaran aproximadamente 49.6 m^3 de lodos, por el contrario se necesitaran de 27 días en época de verano para obtener igual cantidad de lodo. Esta cantidad de lodo generado es la que se debe evacuar de la unidad de sedimentación, la cual genera la mayoría de lodos a tratar.

Como parte final del trabajo se hace necesario el dimensionamiento de ciertas unidades, las cuales harán parte del proceso y su objetivo será reducir el volumen del lodo producido en la planta y producir un material que sea apropiado para su disposición final o la recuperación de coagulante.

Dadas la condiciones de trabajo en la planta, el costo de la inversión y las posibles soluciones al problema, en este trabajo se plantearan alternativas para la solución de este, con el fin que la empresa pueda tomar una decisión de acuerdo a sus necesidades y / o capacidades.

Para la evacuación de estos lodos se hace necesario detener la planta lo cual genera perdidas por concepto de agua tratada ya que todo el contenido de cada uno de los dos módulos es desechado por medio de tres sifones en cada modulo, además del agua bombeada para el arrastre de los mismos hasta sus disposición actual en la quebrada Ortez, como se muestra en la figura 6. Se plantea entonces la evacuación de estos de forma tal que la planta siga operando normalmente con el fin de minimizar estas perdidas. Las dos soluciones a tratar son: evacuación de los lodos por gravedad aprovechando la presión ejercida por el agua y un desnivel entre el tanque de sedimentación y un terreno alterno a la planta. Por bombeo, en caso que no se pueda adquirir el terreno aledaño.

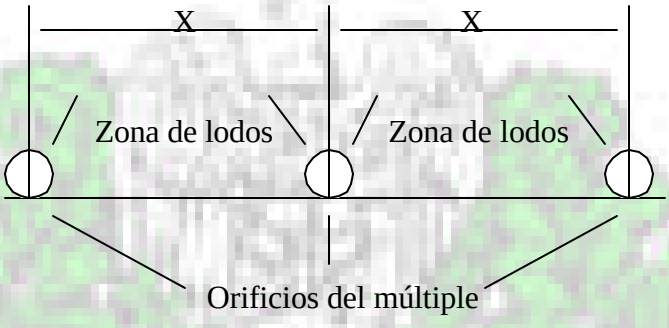
Figura 6: Descarga actual de lodos



6.1 Evacuación de los lodos por gravedad

Utilizando el sistema actual de la tubería de desagüe de lodos del tanque de sedimentación se plantea realizar unos cambios como es el incremento de sifones a través de toda la zona de sedimentación lo que permitiría en ese caso retirar volúmenes de lodos por determinada área sin necesidad de parar la planta. Esto se podría llevar a cabo ya que este sistema estaría conectado al desagüe principal. Este diseño tiene como fin evitar los caminos preferenciales formados por la deposición actual de los lodos, lo que hace necesario el uso de corrientes de agua de lavado a presión. El punto final de convergencia de estas tubería llevaría directamente, por la presión del agua en los sedimentadores y por la diferencia de altura entre el lecho y los módulos a los lechos de deshidratación.

Dada la necesidad de incrementar los desagües se plantea el siguiente sistema denominado múltiple recolector de lodos (Miller, citado por Arboleda Valencia):



El diseño del múltiple se realizo con base en las medidas de la zona de producción de lodos, 8.3 metros de ancho, 40.5 metros de largo y 4 metros de profundidad, además de las condiciones de salida de los lodos (ver figura 3) y claro esta, las características de los lodos mismos.

De acuerdo a la literatura se deben tener en cuenta ciertas características de los lodos tales como:

Diámetro de partícula:	1 mm (aprox.)
Peso especifico:	entre 0.01 y 0.001
Variación de la velocidad de arrastre:	entre 1 y 3 cm / s

Partiendo de los parámetros antes mencionados se procede a calcular las distancias entre los orificios:

$Vo = cd\sqrt{2gh}$ donde: cd = coeficiente de descarga para los orificios = 0.5

Vo = velocidad del lodo en los orificios

g = gravedad

h = altura del agua

$Vo = 0.5\sqrt{2*9.8*4}$ Vo = 4.4 m /s

tomando la velocidad mínima de arrastre, Va = 1 cm / s, y con un diámetro de orificio de 12 pulgadas, se tiene:

d = 12'' = 0.3048 m

de acuerdo a la ecuación:

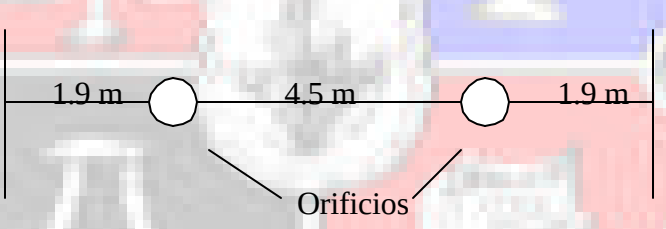
$$X = d\sqrt{\frac{cd}{2*Va}(2gh)^{1/2}}$$ o de otra forma, $$X = d\sqrt{\frac{Vo}{2*Va}}$$

se tiene que X = 4.5 m, que es la distancia entre los orificios

por lo tanto tenemos que el radio de la esfera de influencia de los orificios será de 2.25 m.

para las medidas del sedimentador se tiene que:

a lo ancho del sedimentador (8.3 m) estarán ubicados 2 sifones a una distancia de 4.5 m entre si, y de igual manera a una distancia de 1.9 m de las paredes laterales, así:



Y a lo largo de la unidad:

n = L / X = 40.5 / 4.5

n = 9 orificios

en total se ubicaran 18 orificios a través del sedimentador de la siguiente forma:

4 sifones para el falso fondo y zona de pantalla

6 sifones para el sedimentador por gravedad

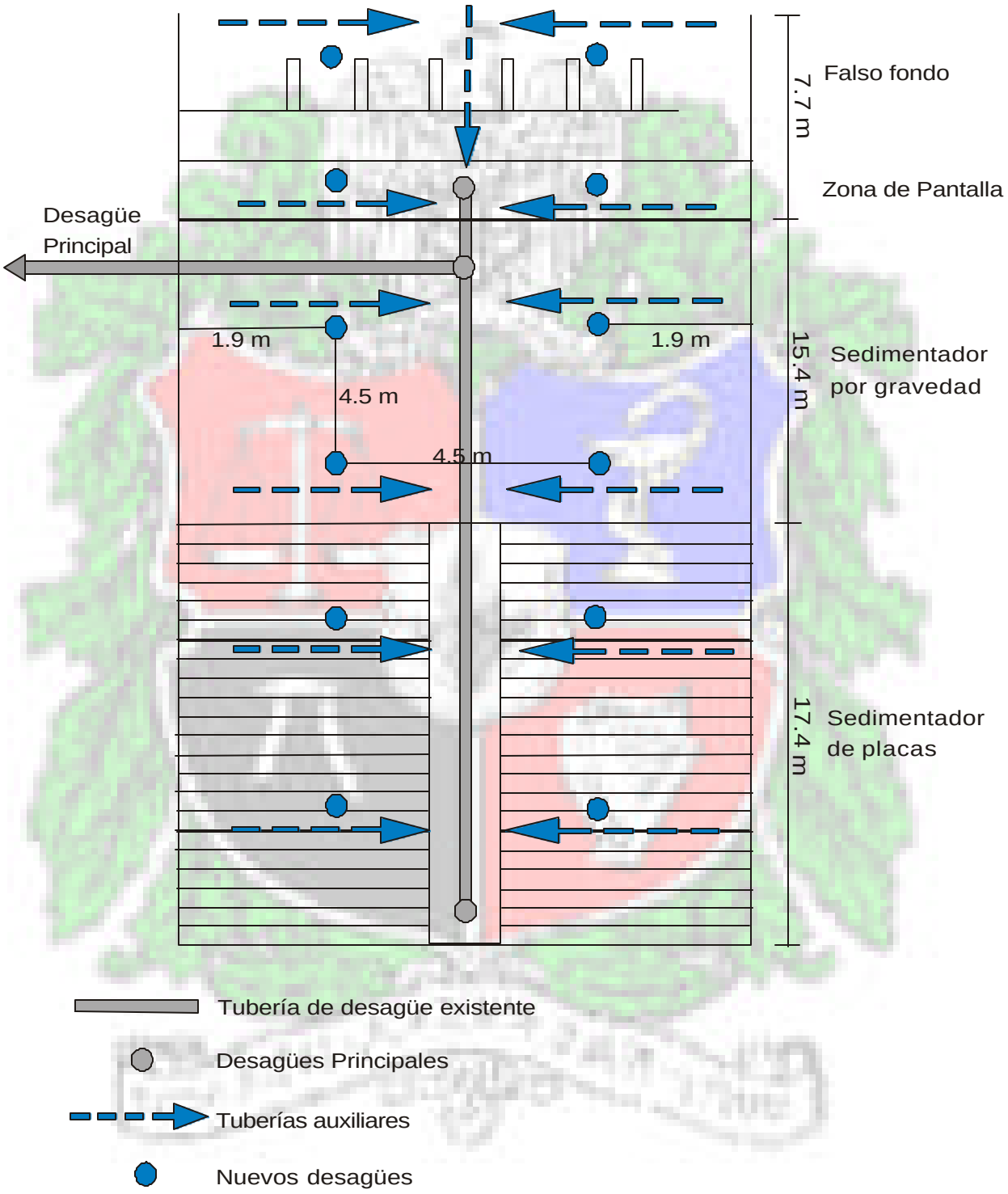
8 sifones para el sedimentador de placas inclinadas

En la figura 7 se puede apreciar en forma clara la distribución planteada para este sistema de desagüe.

La tubería principal existente presenta un diámetro interno de 14 pulgadas y esta ubicada a una profundidad de 0.5 metros bajo el piso del modulo. La tubería que se usara como parte del desagüe debe cumplir estos requisitos, además de ser del mismo materia usado actualmente, tal como el acero galvanizado.

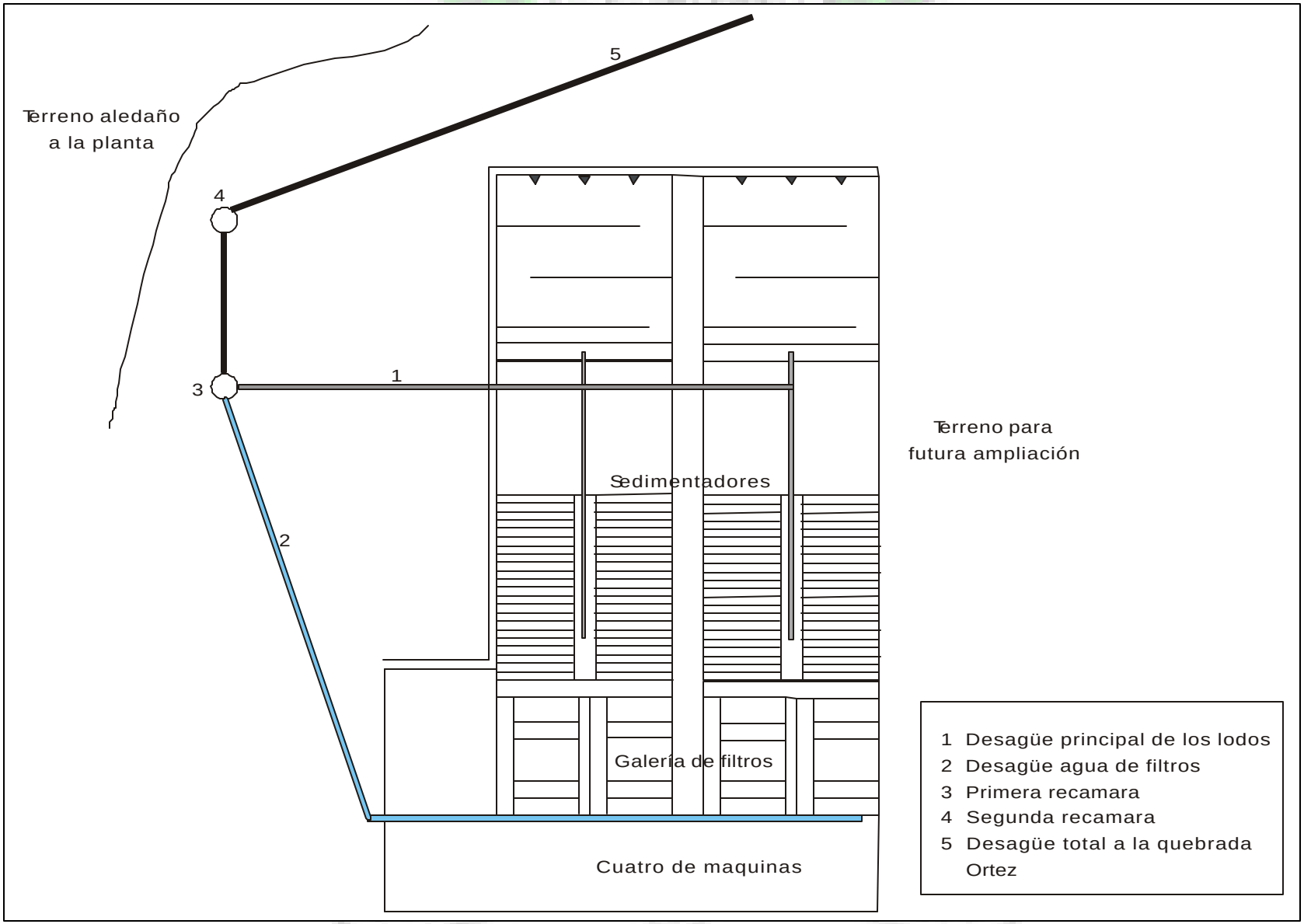
Actualmente el desagüe se realiza por los 3 sifones mencionados, los cuales poseen, cada uno, una válvula. Con este sistema se propone una sola válvula de salida la cual estaría ubicada en la tubería principal antes del primer colector. En la figura 8 y 9 se pueden apreciar los sistemas de salida de los lodos actualmente.

Figura 7: Nuevo sistema de evacuación de lodos



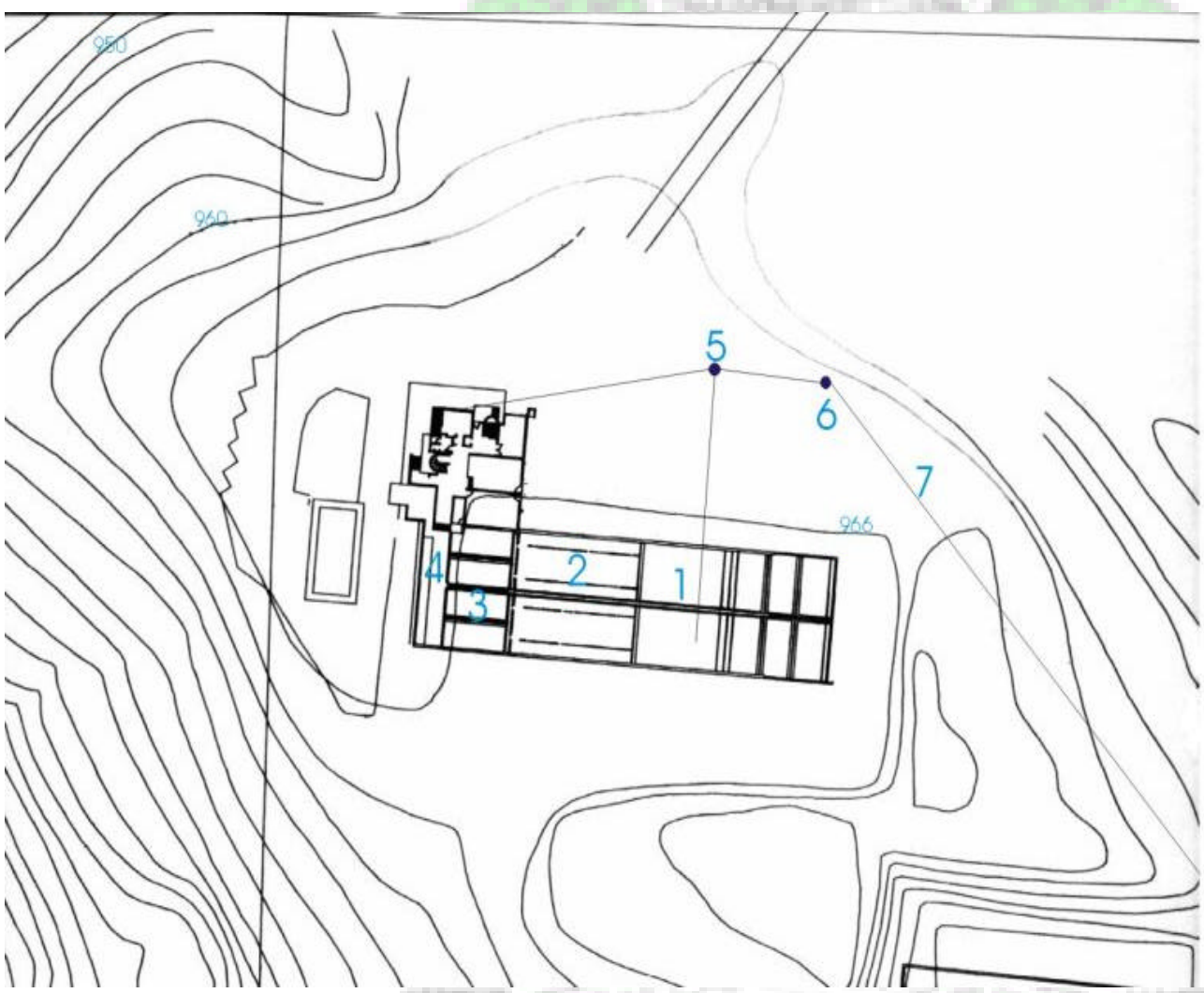
CONTENIDO

Figura 8: vista superior de la planta y sistemas de desagüe



CONTENIDO

Figura 9. Plano, localización general planta de tratamiento de agua potable, planta 2



1 Sedimentadores por gravedad
2 Sedimentadores de placas
3 Galería de filtros
4 Cuarto de maquinas
5 Primera recamara
6 Segunda recamara
7 Desagüe a la quebrada Ortez

Con el fin de aprovechar estas ventajas de presión del agua y desniveles entre los terrenos se hace necesario la compra de 2 “cuadras” de terreno aledaño a la planta, con un valor aproximado de $ 3.000.000 por “cuadra”, con un total de $ 6.000.000 para todo el terreno.
La compra de este permitirá el desagüe normal que hoy en día se realiza en la planta y de esta forma se aprovechara la gravedad y la presión ejercida por el agua en los sedimentadores, para así obviar costos de operación y de equipos, construyendo allí los lechos de secado, en terrenos mas amplios que los de la misma empresa.

6.2 Evacuación de los lodos por bombeo

El sistema de evacuación de lodos por gravedad esta condicionado a la compra de un terreno aledaño a la planta de tratamiento. Como es un sistema económico es posiblemente el que sea escogido como solución final,. Como se dijo anteriormente, si no se puede adquirir el terreno se hace necesario utilizar los terrenos propios de la planta. En este caso la diferencia de niveles no existe, por lo tanto se hace necesario el bombeo se los lodos al terreno contiguo a los módulos.
El sistema actual de desagüe de lodos termina en una recamara principal la cual esta ubicada a 20 metros de los módulos, dentro de los terrenos propios de la planta. Este punto se tomaría con mínimos cambios como estación de bombeo para el sistema de sifones ampliados, planteados anteriormente. En este punto se hace necesaria la utilización de un bomba , la cual tomaría estos lodos y los desplazaría hasta los lechos de deshidratación que en esta ocasión estarán ubicados en los terrenos propios de la planta.
Dado que la planta cuenta con bombas para este fin, se propone el uso de una bomba centrífuga, de 100 HP, la cual podrá evacuar lodos a una velocidad promedio de 0.1 m^3 / s.

A pesar que la unidad de sedimentación es la que produce la mayor parte de lodos se pretende también en este trabajo recuperar el agua de lavado de filtros y disponer de igual forma los lodos producidos en los mismos.

6.3 Agua de lavado de los filtros

El objetivo del manejo del agua de lavado de los filtros tiene un doble propósito, por una parte reducir el problema de disposición de agua más los lodos que esta presenta, y por otra, aprovechar al máximo el agua misma. En la planta 2, el consumo de agua por concepto de lavado de filtros varia entre 100 y 400 m^3 por dia, dependiendo de la eficiencia de estos y las condiciones climáticas existentes.

Agua de lavado de filtros:

Características de los filtros en condiciones normales

Carrera de filtros	48 horas
Numero de filtros	4
Tasa de filtración	140 l / s
Colmatación del filtro	cuando disminuye la tasa a 70 l / s
Área de filtración	15 m^2
Tasa de lavado	8.33 m^3 / min. o 0.55 m / min.
Duración del lavado	12 minutos
Volumen de agua de lavado	100 m^3 / filtro (incluye lavado superficial)

Ya que la carrera de filtros es de 48 horas tenemos que en un día se lavan 2 filtros y al día siguiente los 2 restantes, y así sucesivamente.

Por condiciones criticas se puede presentar el lavado de los 4 filtros en un día, lo que reduce la carrera de filtración a 24 horas.

El agua de lavado debe tratarse de manera separada del agua de los sedimentadores ya que, las concentraciones de sólidos en estas son muy diferentes.

El agua de lavado de filtros presenta una concentración entre 0.01% a 0.05%, mientras que en los sedimentadores la concentración puede ser mayor al 1%, por lo que si llegasen a mezclarse; el agua de lavado diluiría el lodo de los sedimentadores. [19]

El diseño del sistema de recuperación del agua de lavado de los filtros consiste en un tanque de balance [19] de un volumen determinado, de acuerdo al consumo de agua en esta operación. Además, se debe contar con un sistema de bombeo para agua a recuperar y los sistemas de desagüe correspondiente.

Para calcular el volumen de agua consumida a diario en el lavado de los filtros, se hizo necesario una revisión de los archivos de la planta con el fin de obtener un dato promedio. Este valor fue de 2 filtros lavados diariamente en condiciones normales de operación, lo cual nos da un valor de 200 m^3 de agua consumida. En ocasiones la cantidad de filtros lavados aumenta hasta 4, lo cual aumenta el volumen de agua a 400 m^3.

Volumen de diseño 400 m^3

Considerando un tanque cilíndrico, con una profundidad de 4 metros, tenemos que este debe ser de 5.64 m de radio o 11.28 m de diámetro.

El sistema de evacuación de los lodos estará ubicado en la parte inferior del tanque y deberá estar conectado con el sistema de tuberías que desembocan en los lechos de secado. Ambos proceso, evacuación de lodos y recirculación del agua de lavado a la entrada de agua cruda, se harán por gravedad, con el fin de evitar costos de operación.

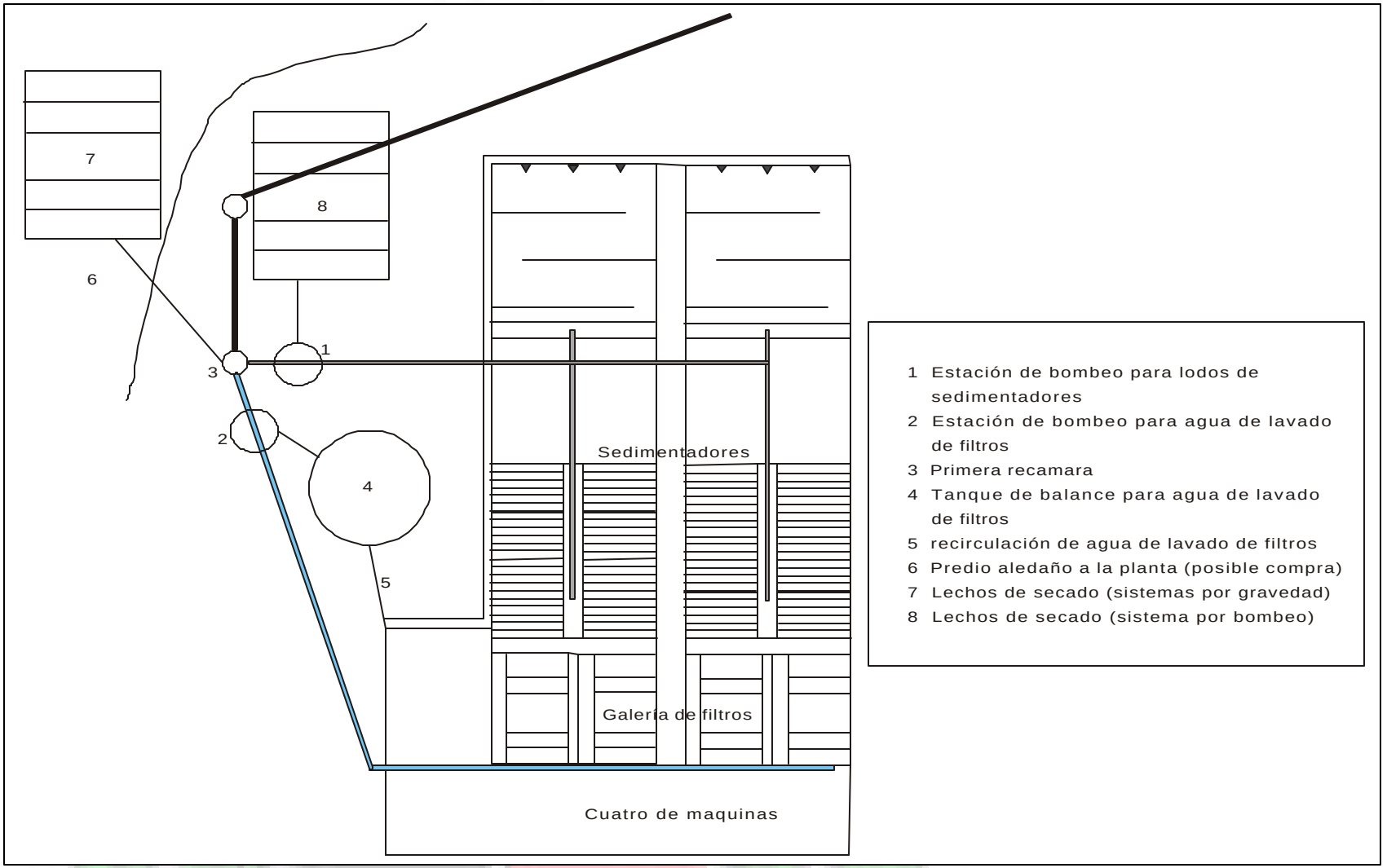
6.3.1 Bombeo del agua de lavado de los filtros

El agua proveniente del lavado de filtros tiene un caudal de 100 m^3 en 12 minutos (138 l/s). y es realizado por una bomba de 50 HP. Este caudal se captara en la primera recamara con una bomba de igual caballaje a la anterior. Esta bomba tiene por objeto la elevación del agua de lavado al tanque de balance en el cual se tratara esta, para su recuperación y recirculación a la planta. El tiempo de permanencia en este tanque no será superior a 6 horas, tiempo en el cual y con ayuda del sulfato de aluminio presente en los lodos producidos, estos precipitaran al fondo y el agua clarificada será recircula a la entrada de la planta. Por otro lado los lodos producidos en esta parte serán conducidos desde el tanque hasta los lechos de secado por gravedad dada su consistencia y humedad.

En la figura 10 se pueden aprecia las ubicaciones de los diferentes equipos o montajes a realizar, tanto para los lodos de sedimentadores, como para el agua de lavado de los filtros.

CONTENIDO

Figura 10: vista superior del sistema de tratamiento de lodos



6.4 Pagos por concepto de tasa retributiva

El pago de la tasa retributiva esta dado por los valores de DBO_5 y SST presentes en los desechos que cada empresa produce. Los valores registrados por los lodos producidos en la planta de tratamiento se pueden apreciar en la tabla 6. Con base en estos valores la Corporación Regional Autónoma del Valle del Cauca (C.V.C.) realiza estos cobros semestralmente. Con base en los datos obtenidos se pueden establecer los valores a pagar por este concepto. Tomado como base el primer semestre de 2003 se obtuvo un valor aproximado de $ 10.361.046 como concepto de tasa retributiva.(en el anexo 4 se explica detalladamente el uso del formato).

Es de aclarar que las tarifas fijadas para el cobro de la DBO_5 y SST tienen un incremento anual fijado por el IPC (índice de precio al consumidor) el cual es del 6.99%. Valor fijado para el año 2003.

Todos los proceso mencionados anteriormente representan costos los cuales deben ser asumidos por la empresa. A continuación se bosquejan estos con el fin de determinar su viabilidad:

Evacuación por gravedad:

Este planteamiento esta sujeto a la compra de un terreno, su valor, como se menciono anteriormente es de $ 6 000 000 (seis millones de pesos).

Evacuación por bombeo:

La bomba requerida para este fin consume en promedio 74.6 KW / hora. Con un valor de $200 por KW / hora, se tiene que el costo de operación de la bomba por hora de operación es de $15000. En promedio la bomba se usara como máximo 4 veces por mes, alrededor de 30 minutos por uso, para la evacuación de los lodos de los 2 módulos.

Bombeo del agua de lavado de filtros:

Esta bomba consume un promedio 37.3 KW / hora. Con el mismo valor de $200 por KW / hora, se tiene que el costo de operación de la bomba por hora es de $7500. Esta bomba funcionara máximo 4 veces por día lo que da un tiempo total de aproximadamente una hora.

En la tabla 11 se muestran los costos de cada una de la opciones planteadas anteriormente.

Tabla 11: Costos de operación

Operación	Costo semestral ($)	Costo fijo ($)
Compra de terreno (evacuación por gravedad)		6.000.000
Evacuación por bombeo	180.000	
Bombeo agua de filtros	1.350.000	
Tasa retributiva	10.361.046	

Fuente: empresas municipales de Cartago

En este caso la empresa estará es libertad de elegir si implementa alguno de los proceso sugeridos en este trabajo, o por el contrario paga por concepto de tasa retributiva durante el tiempo que se crea necesario mientras se realizan las reformas correspondientes.

6.5 Deshidratación de los lodos

La remoción natural del agua presente en los lodos generados en la plantas de tratamiento de agua potable a sido utilizada desde hace muchísimos años. En regiones donde las condiciones climáticas favorecen la deshidratación por medio de métodos al aire libre, los lechos de secado son una alternativa propicia para tal fin, reduciendo el impacto ambiental, disminuyendo el volumen de los desechos y minimizando costos de operación.

Los lechos de secado al aire libre constituyen el método mas utilizado para la “deshidratación” de los lodos producidos en plantas de tratamiento de agua, en los Estados Unidos, donde, desde 1990 se utilizan lechos de secado para la deshidratación de los lodos producidos en estaciones de tratamiento de agua potable [16].

6.5.1 Lechos de Secado

Los lechos de secado operan bajo el principio simple de extender el lodo y dejarlo secar. Una gran cantidad de agua de remueve por drenado o decantación y el resto del agua debe evaporarse antes que se alcance la concentración final deseada de sólidos
Los lechos de secado se pueden agrupar en cuatro tipos:

1. Lechos rectangulares convencionales, con una capa de arena sobre grava, y con tuberías de drenaje subterráneas para recoger el agua. Se construyen con o sin instalaciones para la remoción mecánica del lodo seco, y con o sin cubierta.

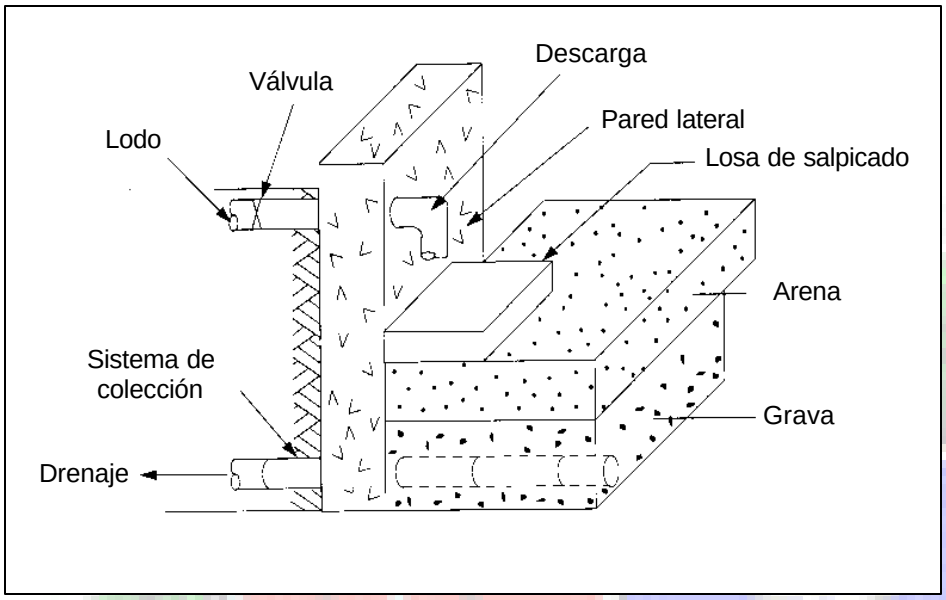
2. Lechos de secado pavimentados, con una faja central de arena para drenado y con o sin cubierta.

3. Lechos con malla de alambre, los cuales tienen un fondo de malla de alambre e instalaciones para inundarlos con una capa poco profunda de agua, seguida de la introducción del lodo líquido sobre la capa de agua.

4. Lechos rectangulares de vacío, con instalaciones para la aplicación de vacío a fin de acelerar el drenado por gravedad.

En la figura 11 se puede apreciar el corte transversal de un lecho de secado usado corrientemente para la deshidratación de los lodos

Figura 11: corte transversal de un lecho de secado



Fuente: [19]

Dadas las características de los lodos y determinados los volúmenes de producción se pasa a dimensionar los lechos de la siguiente manera:

Carga de lodos:

IA (kg / m^2) = 10 (%SS aplicado) (m de espesor)

Datos necesarios:

Tasa de evaporación anual:	1437.2 mm para el 2002 (fuente: C.V.C.)
Espesor del lodo aplicado: (D(i))	0.3 m (de acuerdo a [17])
Contenido de sólidos iniciales (DS(i))	4 % aproximado
Carga de sólidos deseada (DS(f))	15 a 30 % [17]
Carga inicial	12 kg / m^2

Profundidad final:

D(f) = D(i) DS(i) / DS(f) = 0.04 m

Cambio de profundidad:

DD = D(i) – D(f) = 0.26 m

Cantidad de agua drenada:

DD(u) = D(i) * P

Donde p es el porcentaje de perdida por drenaje y decantación, que de acuerdo a la bibliografía varia entre 40 y 50 % [19]

P = 50 %

DD(u) = 0.15

Cambio de espesor debido a la evaporación:

DD(e) = D(i) – DD(u) = 0.15 m

Tiempo necesario para evaporar el resto del agua:

T = DD(e) / E = 0.15 m / 1437.2 mm

T = 0.1044 años = 1.25 meses = 1 mes y 7 días

Lo que conlleva a un numero de aplicaciones por año:

AA = 12 / T = 9.6 aplicaciones por año

Rendimiento del lecho:

Y = IA * AA = 12 * 9.6 = 115.2 kg / m^2 * año

Con base en estos datos se determina el volumen de los lechos y la cantidad de estos que se debe construir:

Para una carga de 5127 kg / día

Un lecho de 20 * 40 * 0.3 = 240 m^3

Con un volumen de 50 m^3 aproximadamente

El lecho se llena en 5 días y se desocupa en 37 días

De igual forma, para una carga de 1919 kg / día

Con un volumen de 18.5 m^3 aproximadamente

El lecho, con las mismas especificaciones, se llenara en 13 días y se desocupara en los mismos 37 días.

Con los valores obtenidos, se tiene que se necesitan como mínimo 8 lechos mas uno de sobre diseño, para un total de 9 lechos, los cuales ocuparían un área aproximada de 2160 m^2.

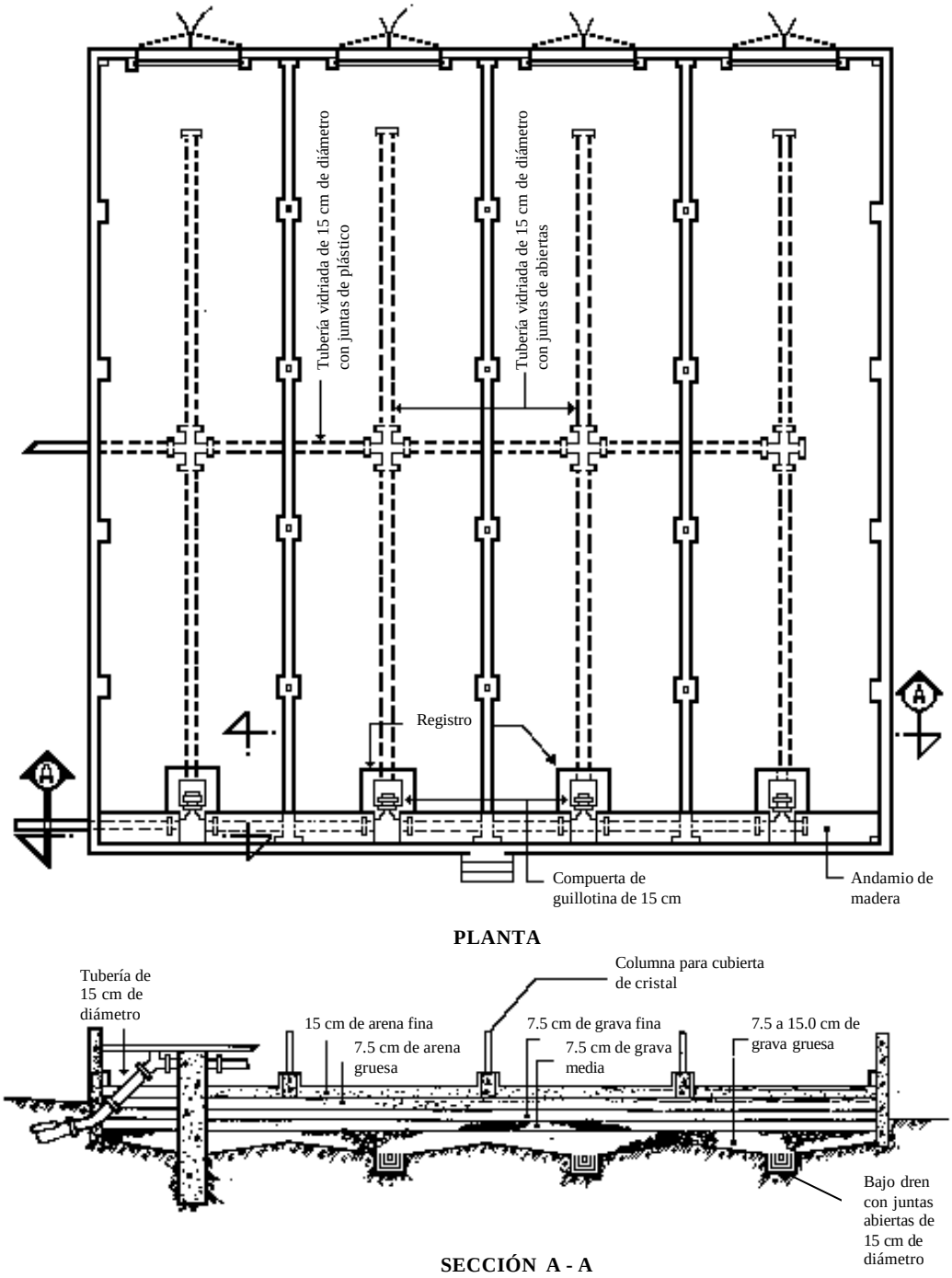
Con estos valores de diseño se procura llevar los lodos a las concentraciones deseadas, lo cual garantiza su transporte para su disposición, o su manipulación de forma segura y eficiente. Estos características son obtenidas a partir de las condiciones climáticas optimas de la zona para el buen desempeño de los lechos.

En la figura 12 se aprecia detalladamente la distribución de un lecho de secado, su forma y partes.

Por ultimo, en la figura 13 se aprecia el diagrama de flujo al cual se pretende llegar. En este se aprecian las unidades aquí mencionadas y el proceso en general, partiendo del diagrama de flujo expresado en la figura 2.

CONTENIDO

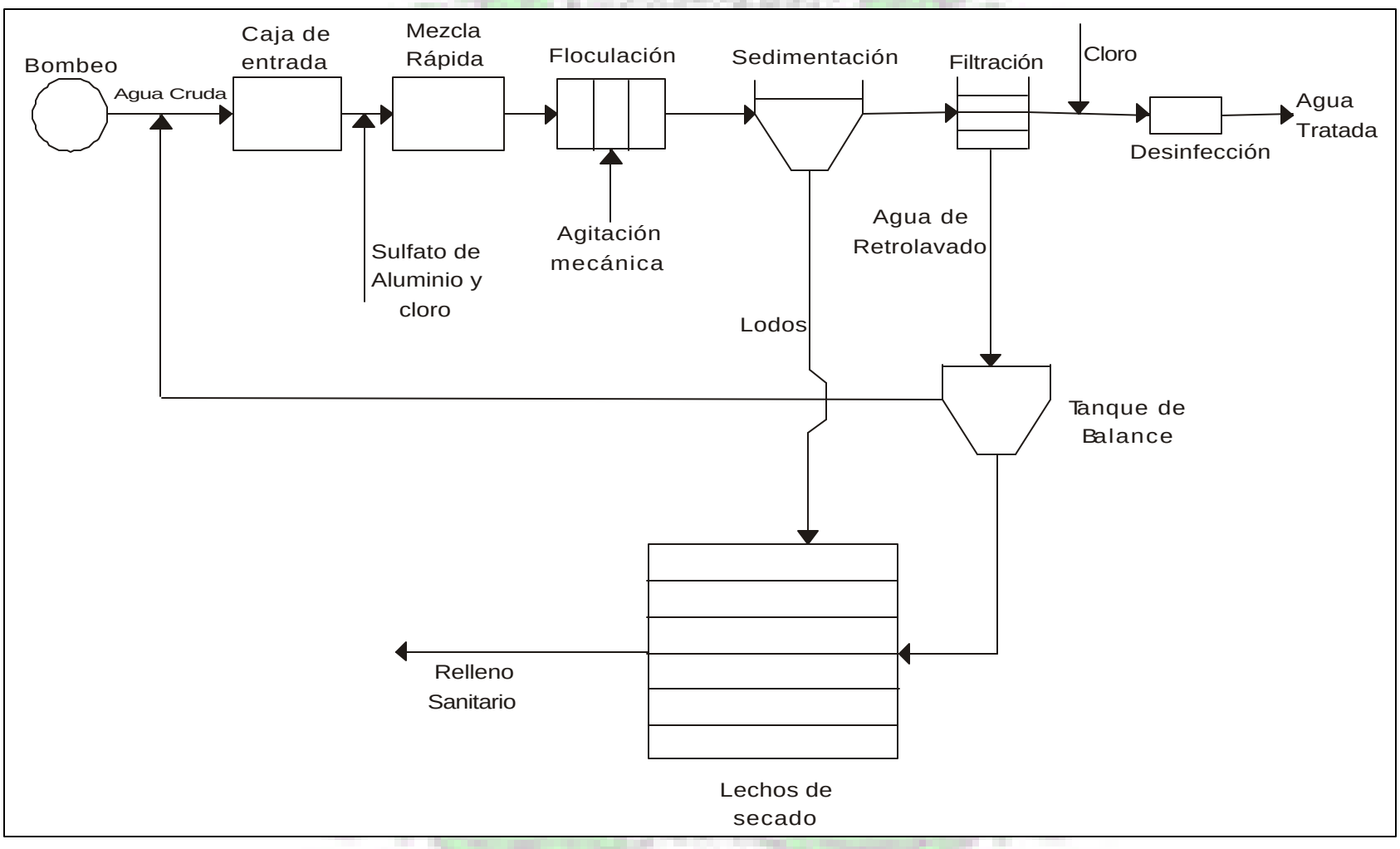
Figura 12: Lecho de secado



fuente: [19]

CONTENIDO

Figura 13: Diagrama de flujo planteado para la planta de tratamiento



7. DISPOSICIÓN FINAL

Actualmente la planta de tratamiento de agua potable, planta 2, descarga todos sus lodos a la quebrada Ortez, afluente directo del río la vieja. De acuerdo a la tabla 3, aproximadamente cada 40 días se efectúa el lavado de esta, en donde alrededor de 3500 m^3 de agua y lodos van a parar al río. Según la misma tabla, un promedio de 33700 kg de sulfato de aluminio es consumido entre lavado y lavado. La totalidad del coagulante va a parar a estos lodos, teniendo en cuenta que el resto de los lodos son las partículas que este a aglomerado en su reacción. Por tal motivo se presenta el problema de la disposición segura de estos lodos.

Los lodos ya tratados y deshidratados deben ser dispuestos en lugares donde no representen ningún riesgo, como es la contaminación de las fuentes o el ambiente en general. Se presentan entonces opciones para tal fin, tales como:

- Disposición en un relleno sanitario (disposición en la escombrera municipal)
- Recuperación de subproductos

7.1 Disposición en un relleno sanitario

El primer aspecto a considerar para este método de disposición, es el traslado de los lodos de la planta a las instalaciones del relleno sanitario. Para poder transportarse en camiones el lodo de sulfato de aluminio debe tener una consistencia semisólida, la cual se alcanza con un contenido de sólidos mayor al 20%. [19]

Para la aceptación de los lodos de la planta en un relleno sanitario municipal de residuos sólidos, deberá demostrarse que dichos lodos no representan ningún peligro para este.

En un relleno específico para lodos de la planta potabilizadora, los dos principales métodos de disposición en rellenos sanitarios son rellenado por trincheras o por área. El relleno por trincheras se puede subdividir en trincheras angostas o anchas. El relleno por área se divide en tres diferentes tipos por montículos, por capas o por diques. El método seleccionado se determina por el contenido de sólidos del lodo, la estabilidad del lodo, pendiente del terreno y disponibilidad de terreno.

7.1.1 Relleno por trincheras

En los rellenos por trincheras, los lodos se acomodan completamente por debajo del nivel del suelo. La profundidad de las trincheras depende de la profundidad del manto freático y del mano rocoso; se debe mantener una distancia mínima, con una capa de suelo que sirva de amortiguador, entre los lodos y el substrato. La profundidad de las trincheras depende también de la estabilidad de las paredes de las trincheras y de las limitaciones de equipo.

Las trincheras angostas, de menos de 3 m de ancho, se utilizan generalmente para lodos con bajas concentraciones de sólidos que no podrían soportar ningún tipo de manejo con equipo pesado, es decir, las trincheras angostas proveen un método económico para la disposición de lodos muy húmedos. sin embargo los requerimientos de terreno y la pobre utilización del mismo, así como la cantidad de espacio entre cada una de las trincheras, son las principales desventajas que presenta este método.

Las trincheras anchas, hasta de 15 m de ancho, se usan para lodos con concentraciones de sólidos lo suficientemente altas como para soportar el manejo con equipo pesado. La principal ventaja de las trincheras anchas sobre las trincheras angostas es el mejor aprovechamiento del terreno, ya que se requiere un menor número de trincheras para manejar la misma cantidad de lodo. Una desventaja es que los lodos deben ser descargados directamente sobre el suelo de la trinchera, por lo que se requiere acceso para los camiones.

La disposición en rellenos de trincheras tiene la ventaja que los camiones pueden descargar los lodos desde terreno firme, mientras que una excavadora hidráulica que se encuentre dentro de la trinchera lo acomoda y compacta. Las trincheras son relativamente rápidas y fáciles de construir, lo que minimiza los costos de construcción. [19]

La planeación y diseño de un relleno de lodo por trincheras requiere que se determinen los siguientes parámetros para poder predecir el área requerida para un plan de disposición a largo plazo:

- Espesor de la cobertura
- Profundidad de la excavación
- Longitud de la trinchera
- Orientación
- Profundidad del relleno de lodo
- Espaciamiento
- Ancho de la trinchera

El espesor de la cobertura final depende del ancho de la trinchera y del tipo de equipo que se utilizará en las operaciones de cubierta. Se debe hacer notar que no se requiere una cobertura diaria para el control de olores cuando se está rellenando con lodos de plantas potabilizadoras. La longitud de las trincheras está limitado por el contenido de sólidos del lodo y por la pendiente del terreno, se deben construir trincheras cortas o con diques para retener los lodos cuando tienen muy bajo contenido de sólidos. Para una utilización óptima del terreno, las trincheras deben estar orientadas paralelamente una de la otra. La estabilidad de las paredes del relleno, además de controlar la profundidad de las trincheras, ayuda a determinar el espaciamiento entre cada una de ellas. [19]

7.1.2 Relleno por área

A diferencia del relleno por trincheras, donde el lodo se dispone debajo del nivel del suelo, en el relleno por área los lodos se disponen sobre el nivel del suelo. El relleno por área se puede llevar a cabo por tres formas diferentes:

- Montículos, donde los lodos se mezclan con tierra para que esté lo suficientemente estable como para formar montículos. Después de haber apilado el lodo en montículos de aproximadamente 1.80 m, se cubren con por lo menos 1 m de material de cobertura.

- Capas, donde los lodos se esparcen en capas de aproximadamente 15-30 cm sobre una gran superficie de terreno, lo que proporciona secado adicional de los lodos y ayuda a obtener una concentración más alta de sólidos, este método es favorable para aquellos lodos que no se pueden deshidratar fácilmente.

- Diques, donde se construyen paredes con tierra para formar diques de contención que puedan almacenar el lodo. Los diques se pueden rellenar utilizando el método de montículos o el de capas. Se deben construir caminos de acceso para que los camiones puedan descargar los lodos directamente en los diques.

Aunque el contenido de sólidos no está limitado para las rellenos por área, el requerimiento es que el lodo sea capaz de soportar el manejo con equipo pesado debido a que no se tienen medios para contener lodos poco estables. Estas características se pueden adquirir mediante un buen desaguado de los lodos.[19]

7.1.3 Consideraciones Ambientales

La contaminación del agua subterránea es una de las principales preocupaciones para la determinación del sitio adecuado para el relleno, es por eso que se requieren líneas bajo el relleno para llevar un control de los escurrimientos del relleno.
Los controles de diseño pueden prevenir los impactos adversos ocasionados al ambiente por el lixiviado de substancias contaminantes y por la generación de gas metano. Otras preocupaciones, como la generación de olores y polvos, se pueden controlar mediante estrategias de operación, más que de diseño.
Se pueden minimizar la generación de lixiviados mediante un diseño adecuado de drenajes. La pendiente del relleno debe ser suficiente como para drenar adecuadamente el agua de lluvia y los escurrimientos de lluvia deben ser colectados y desviados alrededor del relleno mediante tuberías y diques.

Se puede controlar la contaminación con lixiviados del agua, ya sea subterránea o superficial, mediante la implementación de las siguientes estrategias de diseño.

- Evaluar las condiciones hidrogeológicas y topográficas naturales y analizar las probabilidades de atenuar la contaminación
- Uso de suelos importados
- Uso de cubiertas
- Uso de sistemas de colección de lixiviados y sistemas de tratamiento

La profundidad del manto freático y la conductividad hidráulica del suelo subterráneo son las principales características hidrogeológicas del sitio que afectan la retención de los lixiviados.

En general, unas características favorables del suelo son: un alto contenido de arcilla, una alta capacidad de intercambio canónico y un pH relativamente alto.

7.2 Recuperación de subproductos

Dentro de las practicas relacionadas con la disposición de los lodos se encuentra la recuperación del coagulante a partir de los lodos producido, como una practica de reciclaje, la cual permite minimizar los costos y los problemas asociados con la disposición final.[19] Las ventajas y desventajas de la recuperación del coagulante se resumen a continuación:

Tabla 12: Ventajas y desventajas de la recuperación del coagulante.

Ventajas	Desventajas
1. Disminución del volumen del lodo 2. Recuperación del coagulante 3. Disminución de la concentración de metales pesados en los lodos 4. Mayor facilidad en la deshidratación de los lodos	1. Consumo extra de productos químicos 2. Necesidad de unidades adicionales en las plantas de tratamiento 3. Aumento de los servicios de operación

Fuente: Penalva [16]

Las sales de aluminio e hierro que se utilizan como coagulantes en la potabilización del agua forman, a pH cercano al neutro, partículas de material polimérico de hidróxidos de los metales, que una vez sedimentados, producen unas suspensiones de lodo gelatinoso las cuales son difíciles de espesar y desaguar. Esta dificultad estriba en que los hidróxidos de los metales tienen una gran cantidad de agua atrapada dentro de la matriz de hidróxido.

Por otra parte estos hidróxidos tienen una gran solubilidad en condiciones alcalinas y ácidas fuertes. Esta situación tiene el potencial de remover los polímeros de hidróxido de las suspensiones de lodo con dos efectos benéficos:

- Reducción del volumen y de la masa de lodo producido en la potabilizadora
- Uso benéfico del metal del coagulante

La recuperación de coagulante se puede ver, por lo tanto, desde dos puntos de vista. El primero es considerar la adición de ácido o álcali como una técnica de acondicionamiento del lodo para mejorar sus características de espesamiento, desaguado y reducción de los residuos. Otro enfoque es el de maximizar la recuperación y re-uso del metal del coagulante presente en los lodos.

El método usado para la extracción de los coagulantes del lodo es la aplicación de ácido sulfúrico. La cantidad de ácido requerida para la extracción es función de la concentración del metal en el lodo, la concentración de sólidos en suspensión y la concentración de otros componentes del lodo que demandan ácido, incluyendo la materia orgánica.

El pH de la extracción varía de 2 a 3 cuando se pretende recuperar el coagulante. Cuando la adición del ácido es con fines de acondicionamiento del lodo el pH es de alrededor de 4. El tiempo de retención de la extracción es de 10 a 20 minutos.

La calidad del coagulante recuperado depende de la calidad del coagulante de primer uso. Los compuestos que se presentan con mayor frecuencia en el coagulante recuperado incluyen manganeso, hierro (en el de aluminio) y carbón orgánico soluble.

La recirculación de los contaminantes del coagulante extraídos junto con el metal deseado son motivo de preocupación, aún cuando en las plantas en operación no se han presentado este tipo de problemas.

De cualquier manera si se pretende recircular el coagulante se debe tener cuidado con los trihalometanos, el color residual, los compuestos orgánicos, y los metales pesados.

La viabilidad económica de la recuperación de coagulante, no se ha demostrado en forma concluyente, razón por la cual su práctica no se ha extendido, y debe estudiarse en cada caso en particular ya que depende de la composición del agua cruda, la dosis relativa de coagulante, y los costos de tratamiento y disposición de los lodos. Este último costo depende, sobre todo, de las normas que se tengan que cumplir para la disposición de los lodos. [19]

8. CONCLUSIONES

- La producción de lodo se debe principalmente a la cantidad de sólidos suspendidos en el agua, pero esta no es la única causa. En ocasiones cuando la turbiedad es muy baja (periodos de verano) las cargas de sólidos suspendidos son bajas; los lodos formados se deben en gran parte al sulfato de aluminio utilizado ya que se necesitan grandes cantidades de este para remover los pocos sólidos presentes en el agua, formando así los lodos por la aglomeración del químico.

- La turbiedad del agua de entrada a la planta fue la variable con la cual se relaciono las cantidades de sólidos, teniendo en cuenta que esta depende principalmente de las condiciones climáticas y en menor proporción con eventos ajenos al clima, por esto esta causa se hace necesario ampliar el estudio y proponer modelos estadísticos, con el fin de obtener datos mas precisos.

- Existen muchas formas de eliminación de los lodos. Las formas aquí propuestas son apenas una de ella, o la combinación de varias. Estas propuestas son el resultado de una revisión bibliografica corta, pero acertada, la cual plantea una metodología de trabajo que supone la eliminación del problema planteado, como es la contaminación con lodos por parte de la planta de tratamiento de agua potable, planta 2.

- Las propuestas planteadas, proponen principalmente el tratamiento de los lodos producidos en la planta, pero adicionalmente se propone un ahorro significativo en el desperdicio de agua, al pasar de lavados cada 40dias a lavados con mayor tiempo entre si, teniendo en cuenta que los lavados de la planta se efectúan exclusivamente por la producción de lodo.

- El manejo de los lodos por gravedad presenta ventajas como son menores costos en equipos y su equivalente en manejo y mantenimiento, ya que se estaría aprovechando la gravedad y la presión ejercida por el agua y los costos por concepto de energía serian nulos.

9. RECOMENDACIONES

- Para llevar a cabo el diseño de todo el montaje aquí planteado es necesario una revisión exhaustiva y / o evaluación de toda la planta, para así corregir problemas que se presentan en este momento, con el fin de poder determinar de forma mas precisa la producción de lodos.

- Uno de los principales problemas con la compra del terreno y su adaptación radica en la clase de suelo que este presenta, para este caso se propone un estudio geológico para así determinar la viabilidad del proyecto y los posibles problemas que se puedan presentar. Problemas tales como posibles erosiones, permeabilidad del terreno y estabilidad del mismo al momento de la construcción de la unidad y claro esta, en el tiempo de funcionamiento de esta.

- Al pago de la tasa retributiva puede ser visto como una opción mas, ya que este pago puede ser viable mientras se pone en funcionamiento alguna de la propuestas planteadas en el trabajo, por tal motivo se hace necesario ampliar los conocimiento sobre este tema para la emisión de un posible concepto.

BIBLIOGRAFIA

[1] AMERICAN WATER WORK ASSOCIATION – AWWA. Research needs of alum sludge discharge. Journal AWWA. Vol. 79. Denver. Jun. 1987.

[2] ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y practica de la purificación del agua. McGraw Hill. 3ª Edición. Bogota 2000.

[3] BOURBIGOT, M. M; PAGLIARDINI, A. P. Etude des facter determinant lafuite en aluminun dans les eaux potables – Cas de l`usine de super rimiez. Techiniques Science Methods. Paris. 1988.

[4] CASAS REYES, José Vicente. Coagulación – Floculación. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ingeniería. Bogota 1992

[5] CASTAÑEDA, Onia. Efecto tóxico del Aluminio presente en los lodos generados por la Planta Potabilizadora Los Berrros. Tesis maestría en ingeniería ambiental. Universidad Nacional de México. México 2001.

[6] CORDEIREO, J.S. O problema dos lodos gerados em decantadores de estações de tratamento de agua. Doutorado em hidráulica e saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

[7] Decreto numero 1594. 26 de junio de 1984. Ministerio de salud. Republica de Colombia.

[8] Decreto numero 475. 10 de marzo de 1998. Ministerio de salud. Republica de Colombia.

[9] DRISCOLL Jr, C.T.; LETERMAN, R.D. Residual Aluminum in filtered water. AWWARF. Denver 1987.

[10] GIRALDO G. Gloria Inés. Manual de análisis de agua. Universidad Nacional de Colombia. Manizales 1995.

[11] KEMMER, Frank N. Manual del agua. Nalco chemical company. Tomo I. McGraw Hill. México. 1989.

[12] manuales de operación de:

Espectrofotómetro HACH DR 2000
Turbidimetro HACH 2100 AN
Multilevel 1 inolab WTW (oxigeno disuelto, pH)
Digesdahl HACH (metales)
COD reactor HACH

[13] Manual técnico del agua. 4ª edición. Degrémont. 1979.

[14] MASKEW, Gordon. GEYER, John C. OKUN, Daniel A. Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. Editorial Limusa – Wiley, S.A. México 1971.

[15] MCCABE, Warren. SMITH, Julian. HARRIOTT, Peter. Operaciones unitarias en ingeniería química. Cuarta edición. McGraw Hill. España 1991.

[16] PENALVA REALI, Marco Antonio. Noções gerais de tratamento e dispoção final de lodos de estações de tratamento de agua. PROSAB. 1999 ABES – RJ.

[17] Republica de Colombia. Ministerio de Desarrollo Económico. Resolución Nº 1096 17 de noviembre de 2000. Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico. RAS – 2000.

[18] Water treatment plant design. American society of civil engineers. American water work association. 2nd edition. Mc Graw Hill. 1990.

[19] www.cepis.ops-oms.org

lucsand@tlaloc.imta.mx (Ingeniero Químico Luciano Sandoval)
Manual de agua potable y alcantarillado. Libro II. Proyecto. 3ª sección: Potabilización y tratamiento. Guía para el manejo, estabilización y disposición de lodos químicos. Comisión nacional del agua. México. Noviembre de 1994.

CONTENIDO

ANEXOS

CONTENIDO

ANEXO 1

CONTENIDO

DERIVADOS INDUSTRIALES DEL VALLE LTDA.
NIT 890.315.467-8

CERTIFICADO DE CALIDAD

NOMBRE QUÍMICO: SULFATO DE ALUMINIO

TIPO: B Granulado

LOTE: 08-04

FECHA: 27 de Agosto del 2003

CLIENTE:

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	NTC 531 5ª REVISIÓN	ANÁLISIS
% ALUMINIO COMO % Al_2O_3	Mínimo 15.2	15.2
% HIERRO COMO % Fe_2O_3	Máximo 2.0	1.77
% INSOLUBLES	Máximo 8.0	8.0
BASICIDAD	Mínimo 0.05	0.05

OBSERVACIONES:

Nuestro producto conserva sus propiedades físicas y químicas por un periodo estimado de ocho meses siempre y cuando su almacenamiento y bodegaje se realice bajo las normas y requerimientos en lugar seco, libre de humedad.

Nydia Fernanda Ramos Q.

CONTROL CALIDAD

Planta y Oficinas Carrera 1D No. 46-05 Barrio Manzanares
Teléfonos (092)4464274 Telefax 4466679 E-mail: derivalle@emcali.net.co

CONTENIDO

DERIVADOS INDUSTRIALES DEL VALLE LTDA.

Santiago de Cali, Agosto 16 del 2001

Señores
EMPRESAS MUNICIPALES DE CARTAGO
Secretaria Gerencia General
Cartago

REF: LICITACION PUBLICA DA-01 –2001

Nuestro producto cumple las caracteristicas exigidas por EMPRESAS MUNICIPALES DE CARTAGO S.A. ESP y con la Norma Icontec 5ª revisión para tal efecto anexamos copia de Análisis quimicos de nuestro producto como tal y análisis de impurezas realizado por la UNIVERSIDAD DEL VALLE.

NOMBRE DEL PRODUCTO: SULFATO DE ALUMINIOTIPO B:

Granulometria	% que Pasa	No.tamis	No.malla
	100	4	4.76mm
Alumina soluble	AL_2O_3		15% - 16%
Hierro soluble como	Fe_2O_3		1.5% máximo
Insoluble en agua			7% - 8% máximo
Basicidad como	AL_2O_3		0,05% minimo

El ácido sulfúrico utilizado en la elaboración de nuestro producto es de alta calidad para tal efecto anexamos copia de certificado de calidad de nuestro proveedor INDUSTRIAS BASICAS DE CALDAS y QUIMICA BASICA DE CALDAS

Además remitimos muestra de nuestro sulfato de aluminio para que realicen el respectivo análisis y sea comprobado por ustedes la calidad del mismo el cual respaldamos con analisis realizado en nuestro laboratorio verificado por nuestra ingeniera quimica Nydia Fernanda Correa.

ORFA CRISTINA POLO O.
Gerenta General
Representante Legal

CONTENIDO

Universidad del Valle

Departamento de Química

LABORATORIO DE ANÁLISIS INDUSTRIALES

MÁS DE 40 AÑOS AL SERVICIO DE LA COMUNIDAD

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

N° Registro: 26401-b	Fecha de emisión: 11 de junio de 2001	
Empresa: DERIVADOS INDUSTRIALES DEL VALLE LTDA	Solicitado por: Dra. Orfa Cristina Polo Gerente General	
Dirección: Carrera 1ª D No. 46 - 05	Teléfono: 446 42 79	Fax N° 446 42 74

Nombre de la Muestra:
Sulfato De Aluminio Tipo B

Determinación	Resultado	Límite de Impurezas Específicas	Método utilizado
Arsénico como As, mg Kg	0,30	Máximo 30 mg Kg	Absorción Atómica Generación de Hidruros
Mercurio como Hg, en mg Kg	N.D < 0,05	Máximo 1 mg Kg	Absorción Atómica Vapor frío
Cadmio como Cd, en mg Kg	N.D < 1,1	Máximo 7 mg Kg	Absorción Atómica por llama
Cromo como Cr, en mg Kg	18,29	Máximo 30 mg Kg	Absorción Atómica por llama
Plomo como Pb, en mg Kg	N.D < 9,3	Máximo 30 mg Kg	Absorción Atómica por llama
Plata como Ag, en mg Kg	N.D < 2,7	Máximo 30 mg Kg	Absorción Atómica por llama

Observación: N.D. Significa No se detecta, su valor estaría por debajo del valor indicado.

Los anteriores análisis fueron elaborados por Absorción Atómica por llama el Tecnólogo Químico Yimmzon Palomeque Arias Para cualquier información adicional sírvase citar el N° 26401-b correspondiente a su muestra.

Nota: Resultados válidos únicamente para la(s) muestra(s) analizada(s) y no para otro(s) material(es) de la misma procedencia. La(s) muestra(s) analizada(s) se guardará(n) por el tiempo de dos meses a partir de la emisión de este informe, transcurrido este tiempo se desechará(n) o se devolverá(n) al cliente si éste lo solicita. El presente documento no posee validez alguna sin el sello del laboratorio y las firmas respectivas. Se prohibe su reproducción total o parcial, excepto con aprobación de la Universidad del Valle.

RUBEN A. SANCHEZ ANDICA - PQ1350
Jefe
Laboratorio de Análisis Industriales

YIMMZON PALOMEQUE ARIAS
Tecnólogo Químico

Universidad del Valle
Ciudad Universitaria Meléndez
Teléfono. 2 - 333 4920 – Telefax 2 - 321 2145
E-mail: labind@quimica.univalle.edu.co
Apartado Aéreo 25360
Cali - Colombia

CONTENIDO

Universidad del Valle

Departamento de Química

LABORATORIO DE ANÁLISIS INDUSTRIALES

MÁS DE 40 AÑOS AL SERVICIO DE LA COMUNIDAD

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

N° Registro: 19901	Fecha de emisión: 11 de junio de 2001	
Empresa: DERIVADOS INDUSTRIALES DEL VALLE LTDA	Solicitado por: Dra. Orfa Cristina Polo Gerente General	
Dirección: Carrera 1ª D No. 16 - 05	Teléfono: 146 12 79	Fax N° 146 12 74

Nombre de la Muestra:
Sulfato De Aluminio

Determinación	Resultado	Método utilizado
Material Insoluble, en %	5.29	NTC 531
Hierro como Fe_2O_3, en %	1.47	NTC 531
Aluminio como Al_2O_3, en %	16.09	NTC 531

Los anteriores análisis fueron elaborados por el Tecnólogo Químico Yimanzon Palomeque Arias
Para cualquier información adicional sírvase citar el N° 19901 correspondiente a su muestra.

Nota: Resultados válidos únicamente para la(s) muestra(s) analizada(s) y no para otro(s) material(es) de la misma procedencia. La(s) muestra(s) analizada(s) se guardará(n) por el tiempo de dos meses a partir de la emisión de este informe, transcurrido este tiempo se desechará(n) o se devolverá(n) al cliente si éste lo solicita.

El presente documento no posee validez alguna sin el sello del laboratorio y las firmas respectivas. Se prohibe su reproducción total o parcial, excepto con aprobación de la Universidad del Valle.

RUBEN A. SANCHEZ ANDICA - PQ1350
Jefe
Laboratorio de Análisis Industriales

YIMANZON PALOMEQUE ARIAS
Tecnólogo Químico

Universidad del Valle
Ciudad Universitaria Meléndez
Teléfono. 2 - 333 4920 – Telefax 2 - 321 2145
E-mail: labind@quimica.univalle.edu.co
Apartado Aéreo 25360
Cali - Colombia

324

CONTENIDO

ANEXO 2

CONTENIDO

ANEXO 2

Equipos para la caracterización del agua cruda y determinación de sólidos:

Prueba: turbiedad agua cruda

Turbidimetro 2100 AN, marca Hach

Rango de operación y precisión:

0 – 10000 NTU	± 2 % o ± 0.01 NTU
10000 – 40000 NTU	± 5 %
Resolución:	0.001; 0.1 % Tramitancia

Equipos para realizar los ensayos de laboratorio como caracterización de los lodos:

Prueba: DBO (demanda bioquímica de oxigeno)

Espectrofotómetro modelo Bod Trank, marca Hach.

Rango:

0 – 35 mg / l

0 – 70 mg / l

0 – 350 mg / l

0 – 700 mg / l

Temperatura de funcionamiento: 20 ºC, en equipo de ambiente controlado.

Funcionamiento:

Las bacterias de las muestras utilizan oxigeno para oxidar materia orgánica. El equipo esta herméticamente cerrado para impedir cambios en la presión atmosférica. Sensores de prueba ubicados en el equipo, controlan la presión de aire que existe en las muestras, cuando dicha presión desciende, el cambio de esta se convierte a mg / l de DBO.

Reactivos:

Solución tampón de nutriente.

Hidróxido de litio en polvo

Prueba: DQO (demanda química de oxigeno)

Espectrofotómetro modelo DR – 2000, marca Hach.

Rango:

0 –150 mg / l (baja)

0 – 1500 mg / l (alta)

Funcionamiento:

En el análisis DQO se calienta la muestra durante 2 horas, con un agente oxidante fuerte, dicromato de potasio. Los compuestos orgánicos oxidables reaccionan, reduciendo el ion de dicromato a ion crómico verde. Se mide colorimetricamente la cantidad de dicromato restante a la cantidad de ion crómico producido, para determinar la demanda química de oxigeno.

Reactivos:

Dicromato de potasio.

Viales digestión reactivo DQO para alta y baja resolución.

Prueba: Sólidos suspendidos y sólidos totales

Se tomaron muestras de entre 1 y 2 ml. Se aplica el método de sólidos totales y suspendidos a 103 - 105 ºC. Para los sólidos totales, los cuales abarca los sólidos suspendidos, se usan cápsulas de porcelana la cuales estarán previamente calcinadas a 550 ºC y pesadas para su uso.

$$\text{Sólidos totales, mg / l} = (B - A) \times 1000 \ / \ \text{ml de muestra}$$

Donde A = peso de la cápsula vacía en mg.

B = peso de la cápsula mas el residuo en mg.

Para la determinación de los sólidos suspendidos se procede con el mismo método usando crisoles de goosh y papel filtro previamente calcinados a 105 ºC y pesados para su uso:

CONTENIDO

Sólidos suspendidos totales, mg / l = (B – A) x 1000 / ml de muestra

Donde A = peso del crisol goosh mas filtro, calcinado, en mg.

B = peso del crisol goosh con filtro mas el residuo en mg.

Prueba: Humedad a 110 º C

se determino la humedad por perdida de peso de la muestra secada en el horno a 110 º C usando cápsulas de porcelana previamente secadas a 105 ºC y pesadas, así:

$$humedad\,(\%) = \frac{Wcm + Wf}{Wm} * 100$$

donde Wcm = peso cápsula mas muestra

Wf = peso final de la cápsula mas la muestra después de 110 º C por 1 hora

Wm = peso de la muestra

Pruebas: Metales, sulfatos y DQO

A continuación se muestra las pruebas de metales a realizar con sus especificaciones correspondientes:

Prueba	Programa en el equipo	Longitud de onda	Rango de operación	Reactivos
Aluminio	10	522 nm	0 a 0.8 mg / l	Ácido ascórbico Aluminio Aluver 3
Cobre	135	560 nm	0 a 5 mg / l	Cobre Cover 1
Cromo	90	540 nm	0 a 60 mg / l	Cromaver 3
Hierro	250	510 nm	0 a 63 ppm	Hierro Ferrrover
Hierro	260	562 nm	0 a 1300 mg / l	Ferrozina
Manganeso	300	525 nm	0 a 200 ppm	Periodato sodico
Zinc	780	620 nm	0 a 3 mg / l	Zincover Ciclohexamona
Sulfatos	680	450 nm	0 a 10 mg / l	Sulfaver 4
DQO	430 435	420 nm 620 nm	0 a 150 mg / l 0 a 1500 mg / l	Viales de digestión

CONTENIDO

Precisión y exactitud:

Todos los métodos descritos anteriormente y que implican el uso del equipo DR 2000 (colorimetría) cuentan con la aprobación de la EPA (Manuales de operación y garantía). Cada uno de los métodos cuenta con medidas de precisión para garantizar su veracidad y que los resultados sean acordes a las necesidades deseadas.

A continuación se muestran los rangos de precisión (como desviación estándar) y los métodos de los equipos que han sido aprobados por la EPA.

Prueba	Método (EPA)	Precisión (d.s.)	Digestión
Aluminio	Aluminon	± 0.016 mg / l	NO
Cobre	Bicinchoninato	± 0.007 mg / l	SI
Cromo	Oxidación hidrobromito alcalino	± 0.025 mg / l	SI
Hierro	Ferrover	± 0.009 mg / l	NO
Hierro	Ferrozina	± 0.0027 mg / l	SI
Manganeso	Oxidación periodato	± 0.06 mg / l	SI
Zinc	Zincon	± 0.008 mg / l	SI
Sulfatos	Sulfaver	± 0.9 mg / l	NO
DQO	Dicromato	0-150 ± 2.7 mg / l 0-1500 ± 18 mg / l	---------- ----------

Prueba: Viscosidad

Se determino la viscosidad de lo lodos por medio del equipo ViscoEasy, marca Schott, el cual se basa en el método reologico, para la obtención del valor. Para la muestra dispuesta, se uso el usillo L1, con un rango de 0 a 20000 cP a 2 rpm.

Se obtuvo 3 muestras y el valor final se hallo por promedio.

Prueba: Densidad

Este valor se determino por medio del areómetro, dispuesto en una muestra de 1000 ml en una probeta de igual volumen.

CONTENIDO

ANEXO 3

CONTENIDO

Instituto
Nacional de
Salud

Libertad y Orden

CONSTANCIA

LA JEFE DE LA DIVISIÒN DEL LABORATORIO NACIONAL DE REFERENCIA Y EL COORDINADOR RED DEL LABORATORIO SALUD AMBIENTAL DEL INSTITUTO NACIONAL DE SALUD, HACEN CONSTAR QUE **LAS EMPRESAS MUNICIPALES DE CARTAGO**, CON NIT NUMERO 836.000.349-8, SE INSCRIBIO EN EL PROGRAMA INTERLABORATORIOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA AGUAS POTABLES PICCAP PARA EL AÑO 2003, DANDO CUMPLIMIENTO AL ARTÍCULO 34 DEL DECRETO 475/98.

ANA LIDA MORENO
Jefe División LNR

JAIME EDUARDO ORTIZ
Coordinador Red Laboratorio
Salud Ambiental

Avenida calle 26 No. 51-60
Conmutador 220 7700
Apartados 80080 y 80334
Bogotá, D.C., Colombia
ins@hemagogus.ins.gov.co

CONTENIDO

Urgente

Libertad y Orden

Ministerio de la Protección Social
República de Colombia
Dirección General de Salud Pública
Grupo de Vigilancia en Salud Pública

13320
Bogotá, D.C., 9 de julio de 2003

Ingeniero
MARTÍN ALONSO ORTEGA
Gerente General
Empresas Municipales de Cartago S.A. – E.S.P.
Calle 13 No. 5A – 35
Cartago – Valle,

Julio 22/03
Remito para su conocimiento y pertinentes

Respetado Ingeniero Ortega:

Por su solicitud telefónica, adjunto remito fotocopia del acto administrativo, donde autoriza a los laboratorios que realizan análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua potable y que se encuentran participando en el Programa Interlaboratorio de Control de Calidad de Agua Potable PICCAP, Programa que lidera el Instituto Nacional de Salud, de fecha 12 de septiembre de 2.002.

Cordial saludo,

ANA CRISTINA GONZÁLEZ VÉLEZ
Directora General de Salud Pública

JUL. 23 2003
RECIBIDO

Anexo: Lo enunciado.

Proyectó: Jackeline Molina V./09-07-03/Word/JACMOVI/Jul03.
Revisó: Victor Hugo Alvarez, Coordinador Grupo de Vigilancia en Salud Pública.

CONTENIDO

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE SALUD

EL SUSCRITO MINISTRO DE SALUD

EN EJERCICIO DE SUS FACULTADES LEGALES

AUTORIZA

Conforme al artículo 34 del Decreto 475 del 10 de Marzo de 1998, a los siguientes Laboratorios para realizar los análisis de los parámetros básicos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos del agua potable.
Esta autorización tiene un (1) año de validez, a partir de la fecha de su expedición:

1. Laboratorio Departamental de Salud Pública del Atlántico.
2. Departamento Administrativo de Salud del Cesar.
3. Departamento Administrativo de Salud del Putumayo.
4. Secretaría de Salud del Guaviare.
5. Secretaría de Salud del Huila.
6. Secretaría de Desarrollo de Salud en la ciudad de Santa Marta.
7. Dirección Departamental de Salud del Cauca.
8. Secretaría de Salud del Amazonas.
9. Dirección Seccional de Salud de Caldas.
10. Laboratorio de Aguas y Alimentos del Risaralda.
11. Instituto Departamental de Salud del Quindío.
12. Instituto Departamental de Salud "IDESA", en la ciudad de Arauca.
13. Secretaría de Salud del Casanare.
14. Laboratorio de Salud Pública de Pasto.
15. Secretaría de Salud de Santander.
16. Dirección Seccional de Salud de Antioquia.
17. Secretaría Departamental de Salud del Meta.
18. Secretaría Departamental de Salud del Tolima.
19. Secretaría Distrital de Salud de Bogotá D.C.
20. Secretaría Departamental de Salud del Valle del Cauca.
21. Secretaría de Salud de Boyacá.
22. Departamento Administrativo de Salud de Bolívar.
23. Departamento Administrativo de Salud de Sucre.
24. Secretaría de Salud del Vaupés.
25. Secretaría Departamental de Salud de Cundinamarca.
26. Secretaría de Salud del Norte de Santander.
27. Secretaría de Salud del Guinía.
28. Departamento Administrativo de Salud de la Guajira.
29. Departamento Administrativo de Salud de Córdoba.
30. Departamento Administrativo de Salud del Chocó.
31. Secretaría Departamental de Salud del Vichada.
32. Instituto Departamental de Salud de Caquetá.

CONTENIDO

33. Secretaria Municipal de Salud pública de Cali.
34. Empresa de Servicios Públicos de Fusagasuga (EMSERFUSA)
35. Empresa de Obras Sanitarias de pasto (Empopasto).
36. Sociedad de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Barranquilla E.S.P.
37. Compañía de servicios Públicos de Sogamoso.
38. Empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado (IBAL).
39. ACUAVIVA S.A. E.S.P.
40. Fundación Universitaria de Boyacá, Laboratorio de Análisis Ambiental.
41. Laboratorio de Constaza Castillo Herrera.
42. ACUAGYR S.A. (Aguas de Girardot, Ricaurte y la región)
43. Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Madrid.
44. Empresa de Servicios Públicos de Ocaña, E.S.P.O.
45. Empresa de Servicios Públicos de Villa de Leyva.
46. AGUALIMSU LTDA.
47. ACUAMBIENTE LTDA.
48. Aguas de Manizales E.S.P.
49. Empresa de Servicios Públicos de Florencia S.A.
50. Analizar Laboratorio Fisicoquímico LTDA.
51. Aguas de Cartagena.
52. ANTEK S.A.
53. Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Mosquera.
54. Análisis Ambiental.
55. Ingeniería y Laboratorio Ambiental (ILAM).
56. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.
57. Acueducto de Popayán.
58. Empresas Públicas de Armenia.
59. Empresa de Servicios Públicos de Barbosa.
60. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Facatativa.
61. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Yopal.
62. Empochiquinquirá E.S.P.
63. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio.
64. Empresa de Servicios Públicos Aguas de Rionegro S.A.
65. Conhydra Chigorodó.
66. Conhydra Santa fe de Antioquia S.A.
67. Conhydra Puerto Berrio S.A.
68. Conhydra Marinilla S.A.
69. Conhydra Turbo S.A.
70. Conhydra Sonson S.A.
71. ASINAL LTDA.
72. Empresa de Servicios Públicos de Valledupar S.A. – EMDUPAR.
73. Empresa de Servicios Públicos de Santa Rosal de Cabal – EMPOCABAL.
74. ACUAVALLE.
75. Empresa Municipal de Cartago S.A. – E.S.P.
76. Universidad de Antioquia División Centro de Investigación Ambiental Facultad de Ingeniería.
77. Universidad de Antioquia – Departamento Ingeniería Sanitaria y Ambiental.
78. Empresa Municipales de Ipiales EMPOBANDO

CONTENIDO

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE SALUD

Esta autorización se imparte con base en la información suministrada por el Instituto Nacional de Salud, de los laboratorios que se encuentran participando en el PROGRAMA INTERLABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUA POTABLE, que lidera el Instituto en mención.

La presente autorización se expide a los dos 12 días del mes de septiembre de 2.002, con destino a cada uno de los representantes legales de los laboratorios que se autoriza en el presente acto administrativo.

JUAN LUIS LONDOÑO DE LA CUESTA
Ministro de Salud

CONTENIDO

ANEXO 4

FORMULARIO BASE PARA EL CALCULO DE LA TASA RETRIBUTIVA POR VERTIMIENTOS
PUNTUALES PARA EL SEMESTRE I DE 2003

CVC

A. NOMBRE DEL USUARIO: Empresas Municipales de Cartago

B. NIT o CC No.:

C. REPRESENTANTE LEGAL:

D. DILIGENCIADO POR: CARGO:

E. TEL: FAX:

F. DIRECCION CORRESPONDENCIA: CIUDAD:

G. CORREGIMIENTO Y/O VEREDA: PREDIO:

H. CUERPO DE AGUA EN EL QUE REALIZA LA CAPTACION: Rio la Vieja MUNICIPIO: Cartago

I. CUERPO DE AGUA EN EL QUE REALIZA EL VERTIMIENTO: Rio la Vieja MUNICIPIO: Cartago

PARA SECTOR AGROPECUARIO	
Numero de Animales	
Vacunos:	Porcinos:
Aves:	Otros:

I. CARACTERISTICAS DEL VERTIMIENTO

	MES 1	2	3	4	5	6
1. Caudal promedio vertido (l/s)	7,81	4,38	3,96	3,46	3,8	2,95
2. Concentración promedio del vertimiento						
2.1 DBO_5 (mg/l)	158	150	100	200	380	80
2.2 SST (mg/l)	101000	164000	93000	160000	188000	162000
3. Horas al día promedio durante las cuales se realiza el vertimiento (horas)	4,33	0,8	0,73	0,64	0,64	0,57
4. Numero de días del mes en el cual se realiza el vertimiento (días)	30	30	30	30	30	30
5. CALCULO DE LA CARGA CONTAMINANTE VERTIDA MENSUAL						
5.1 CARGA DE DBO_5 (Kg/mes) (No. 1) x(No. 2.1) x 0.0864 x (No. 3)/24 x(No. 4)	169,53	56,74	31,22	50,01	99,81	14,53
5.2 CARGA DE SST (Kg/mes) (No.1) x (No. 2.2) x 0.0864 x (No. 3)/24 x(No.4)	114810	62062	29035	40038	49319,3	29419,5

II. CARACTERIZACION DE LA FUENTE DE AGUA

6. Caudal promedio captado de la fuente(l/s)	290	290	290	290	290	290
7. Concentración promedio de la fuente en el sitio de captacion						
7.1 DBO_5 (mg/l)	6,9	7,44	3,84	4,5	6,3	5,8
7.2 SST (mg/l)	40	83	34	100	98	110
8. CALCULO DE LA CARGA EXISTENTE EN EL PUNTO DE CAPTACION						
8.1 CARGA DE DBO_5 (Kg/mes) (No.1) x (No. 7.1) x 0.0864 x(No.3)/24 x(No. 4)	7,4	2,81	1,199	1,13	1,63	1,05
8.2 CARGA DE SST (Kg/mes) (No.1) x (No. 7.2) x 0.0864 x (No.3)/24 x (No.4)	42,92	31,41	10,62	25,04	25,74	19,98

NOTA: Adjuntar las caracterizaciones que han servido de base para este reporte.
Si se tienen calculos presuntivos se anexa explicacion.

CONTENIDO

FORMULARIO BASE PARA EL CALCULO DE LA TASA RETRIBUTIVA POR VERTIMIENTOS
PUNTUALES PARA EL SEMESTRE ____ DE 199

CVC
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA

III. CALCULO DE LA CARGA NETA VERTIDA AL MES

9. CARGA NETA DE DBO_5(Kg / mes) (No. 5.1 - No. 8.1)	162,13	53,95	30,02	48,95	98,15	13,48
10. CARGA NETA SST (Kg / mes) (No. 5.2 - No. 8.2)	114767	62031	29024,6	40033	49353,6	29399,6

IV. FACTORES REGIONALES

11. F.R. PARA LA DBO_5 PARA EL CUERPO DE AGUA QUE RECIBE EL VERTIMIENTO	1
12. F.R. PARA LOS SST PARA EL CUERPO DE AGUA QUE RECIBE EL VERTIMIENTO	1

V. TARIFAS

13. TARIFA MINIMA FIJADA POR MINAMBIENTE PARA LA DBO_5 ($ / Kg DE DBO_5)	74,23
14. TARIFA MINIMA FIJADA POR MINAMBIENTE PARA LOS SST ($ / Kg DE SST)	31,47
15. TARIFA POR LA DBO_5 (No.9 x No.11 x No.13)	30195.
16. TARIFA POR LOS SST (No.10 x No.12 X No.14)	10330851
VALOR TOTAL A PAGAR (No. 15 + No. 16)	$ 10361046

YO, _____ Identificado con la Cédula de Ciudadanía número _____ expedida en _____ en calidad de representante legal de _____ en cumplimiento de lo estipulado en el Decreto 901 de Abril 01 de 1997 en su capitulo IV, Articulo 16, me permito presentar la autodeclaracion representativa de vertimientos liquidos generados en _____

FIRMA: _____ FECHA: _____

CONTENIDO

CONTENIDO

4

CVC
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA

Santiago De Cali, Enero 13 de 1998
DG.C.021

RECIBIDO - 9 FEB 1998

RECIBIDO - 9 FEB 1998
Rec 3:35 pm

Señor(es)
JAIRO GALINDO JIMENEZ
REPRESENTANTE LEGAL Y/O GERENTE GENERAL
EMPRESAS MUNICIPALES
CALLE 13 No. 5A-35 PLAZA DE MERCADO PISO 2
CARTAGO

Teniendo en cuenta lo establecido en el Decreto 901 de abril 1 de 1997, por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstas y la Resolución 0273 de abril 1 de 1997 por la cual se fijan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y Sólidos Suspendidos Totales (SST), envío a usted para su trámite, el formulario base para el cálculo de la tasa retributiva y el instructivo respectivo, el cual deberá ser remitido al Grupo Calidad Ambiental de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC ante de marzo 27 de 1998.

Este formulario fue discutido y analizado en reuniones de trabajo con representantes de la industria, la agroindustria y las municipalidades.

En caso de que la industria no presente dicho formulario, la Corporación realizará el cálculo y el cobro de la tasa retributiva teniendo en cuenta únicamente los resultados de las caracterizaciones existentes en nuestros archivos.

Cualquier explicación al trámite del formulario la puede solicitar a los teléfonos números 3396634 o al 3396671 extensiones 308 o 309.

Cordialmente,

OSCAR LIBARDO CAMPO VELASCO
Director General

Carrera 56 No. 11-36
Conmutador: 3396671
A.A. 2366 Cali Colombia

CONTENIDO

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA

SUBDIRECCION DE GESTION AMBIENTAL
GRUPO CALIDAD AMBIENTAL

INSTRUCTIVO PARA DILIGENCIAR EL FORMULARIO BASE PARA EL CALCULO DE LA TASA RETRIBUTIVA

INFORMACIÓN BÁSICA

NOMBRE DEL USUARIO. Industria, vereda, corregimiento, municipio o persona natural que realiza el vertimiento.

NUMERO DE NIT O CÉDULA DE CIUDADANÍA. Se debe indicar el Numero de Nit en caso de persona jurídica ó Cédula de Ciudadanía en caso de persona natural.

REPRESENTANTE LEGAL. Es el nombre del representante legal del Municipio, Industria, actividad productiva o comercial.

DILIGENCIADO POR. Indica el nombre de quien elabora el formulario y el cargo que desempeña dentro del establecimiento o Municipio.

DIRECCIÓN CORRESPONDENCIA. Indicar la dirección a la que se puede enviar la correspondencia, incluyendo la ciudad de destino.

CORREGIMIENTO Y/O VEREDA. En caso de que el establecimiento se encuentre en zona rural, indicar el Nombre del predio, vereda y/o corregimiento para envío de la correspondencia.

CUERPO DE AGUA EN EL QUE SE REALIZA LA CAPTACIÓN. Nombre de la quebrada, río, derivación, acequia, etc. donde se realiza la captación, indicar el nombre del Municipio al cual pertenece.

CUERPO DE AGUA EN EL QUE SE REALIZA EL VERTIMIENTO. Nombre de la quebrada, río, derivación, acequia, etc. donde se realiza el vertimiento, indicar el nombre del Municipio al cual pertenece.

GRUPO CALIDAD AMBIENTAL
Carrera 56 No. 11 - 36 - Tel. 339 66 34 Cali
E- mail: cvc_gestion@colnet.com.co

CONTENIDO

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA

I. CARACTERÍSTICAS DEL VERTIMIENTO

Se refiere a las características del agua residual que el usuario vierte a la corriente de agua.

1. **CAUDAL PROMEDIO VERTIDO (l/seg.)** Se refiere al flujo o caudal que la empresa vierte en promedio a la corriente de agua.

2. **CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL VERTIMIENTO** Se refiere a la caracterización del vertimiento mediante métodos analíticos o estimado por aportes presuntivos.

2.1. **DBO_5** Concentración en mg/l de DBO_5 (Demanda Bioquímica de Oxigeno) del agua vertida.

2.2. **SST** Concentración en mg/l de SST (Sólidos Suspendidos Totales) del agua vertida

3. **HORAS AL DÍA PROMEDIO DURANTE LAS CUALES SE REALIZA EL VERTIMIENTO** Indicar el numero de horas que se realiza el vertimiento por parte de la empresa.

4. **NUMERO DE DÍAS AL MES EN QUE SE REALIZA EL VERTIMIENTO.** Indicar el numero de días al mes en que se realiza el vertimiento.

5. **CALCULO DE LA CARGA CONTAMINANTE VERTIDA MENSUAL.** Se refiere al cálculo de cargas contaminantes vertidas.

5.1. **CARGA DE DBO_5 (Kg/mes).** Se refiere al cálculo de la carga de DBO_5 en el agua vertida realizando la siguiente operación: [(Caudal vertido (No.1) * Concentración de DBO_5 del agua vertida (No.2.1) * 0.0864 * Horas de vertimiento (No.3) / 24 * Numero de dias al mes de vertimiento (No.4)]

5.2. **CARGA DE SST (Kg/mes)** Se refiere al cálculo de la carga de SST en el agua vertida realizando la siguiente operación: Caudal vertido (No.1) * Concentración de SST del agua vertida (No. 2.2) * 0.0864 * Horas de vertimiento (No. 3) /24 * Numero de dias al mes de vertimiento (No. 4)

GRUPO CALIDAD AMBIENTAL
Carrera 56 No. 11 - 36 - Tel. 339 66 34 Cali
E- mail: cvc_gestion@colnet.com.co

CONTENIDO

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA

II. CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE DE AGUA

Se refiere a las características del agua que el usuario capta de la corriente de agua.

6. **CAUDAL PROMEDIO CAPTADO DE LA FUENTE (l/seg.).** Se refiere al flujo o caudal que la empresa capta en promedio de la corriente de agua

7. **CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE LA FUENTE EN EL SITIO DE CAPTACIÓN.** Se refiere a las características del agua captada realizado mediante métodos analíticos.

7.1. **DBO_5** Concentración en mg/l de DBO_5 (Demanda Bioquímica de Oxigeno) del agua captada.

7.2. **SST** Concentración en mg/l de SST (Sólidos Suspendidos Totales) del agua captada.

8. **CALCULO DE LA CARGA CONTAMINANTE DEL AGUA CAPTADA MENSUALMENTE.** Se refiere al cálculo de la carga contaminante del agua captada

8.1. **CARGA DE DBO_5 (Kg/mes)** Se refiere al cálculo de la carga contaminante de DBO_5 del agua captada al realizar las siguientes operaciones: Caudal vertido (No.1) * Concentración de DBO_5 del agua captada (No. 7.1) * 0.0864 * Horas de vertimiento (No.3) / 24 * Numero de días al mes de vertimiento (No.4).

8.2. **CARGA DE SST (Kg/mes)** Se refiere al cálculo de la carga contaminante de SST del agua captada al realizar las siguientes operaciones: Caudal vertido (No.1) * Concentración de SST del agua captada (No. 7.2) * 0.0864 * Horas de vertimiento (No.3) / 24 * Numero de días al mes de vertimiento (No.4)

GRUPO CALIDAD AMBIENTAL
Carrera 56 No. 11 - 36 - Tel. 339 66 34 Cali
E- mail: cvc_gestion@colnet.com.co

CONTENIDO

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA

III. CALCULO DE LA CARGA NETA VERTIDA AL MES

Se refiere al cálculo de la carga neta (Kg./mes) vertida, la cual se obtiene de tomar la carga vertida y restarle la carga del agua captada.

9. **CARGA NETA DE DBO_5 (Kg/mes)** Es la diferencia entre la carga DBO_5 del agua de vertimiento menos la carga DBO_5 del agua de captación. **(Restar Fila No. 5.1 - No. 8.1).**

10. **CARGA NETA DE SST (Kg./mes)** Es la diferencia entre la carga SST del agua de vertimiento menos la carga SST del agua de captación . **(Restar Fila No. 5.2 - No. 8.2).**

FACTORES REGIONALES

Es el factor establecido por la autoridad ambiental para el cobro de la tasa retributiva, este factor empezara con un valor igual a uno (1) y se incrementara 0.5 cada semestre si la meta no es alcanzada

11. El factor regional para la DBO_5 es uno (1) y se incrementara 0.5 cada semestre si la meta no es alcanzada.

12. El factor regional para la SST es uno (1) y se incrementara 0.5 cada semestre si la meta no es alcanzada.

13. **TARIFA MÍNIMA FIJADA POR MINAMBIENTE PARA LA DBO_5 ($/Kg DE DBO_5)** Es el valor establecido mediante resolución para la DBO_5 por el Ministerio del Medio Ambiente. **El valor es de $ 39.50 / Kg. DBO_5**

14. **TARIFA MÍNIMA FIJADA POR MINAMBIENTE PARA LOS SST($/Kg. DE SST)** Es el valor establecido mediante resolución para los SST por el Ministerio del Medio Ambiente. **El valor es de $ 16.90 / Kg. SST**

15. **TARIFA POR LA DBO_5** Es el resultado de multiplicar la carga neta de DBO_5 por el factor regional (1 para el primer semestre) por la tarifa mínima para la DBO_5 ($39.50 /Kg. DBO_5). **(Multiplicar fila No. 9 * No. 11 * No. 13)**

GRUPO CALIDAD AMBIENTAL
Carrera 56 No. 11 - 36 - Tel. 339 66 34 Cali
E- mail: cvc_gestion@colnet.com.co

CONTENIDO

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA

16. TARIFA POR LOS SST Es el resultado de multiplicar la carga neta de SST por el factor regional (1 para el primer semestre) por la tarifa mlnima para la SST. ($16.90 /Kg. SST).
(Multiplicar fila No.10 * No. 12 * No. 14)

VALOR TOTAL A PAGAR

Es la suma del valor de la tarifa por la DBO, mas el valor de la tarifa para los SST (Sumar fila No. 15 + No. 16)

GRUPO CALIDAD AMBIENTAL
Carrera 56 No. 11 - 36 - Tel. 339 66 34 Cali
E- mail: cvc_gestion@colnet.com.co