EVALUACION DE LA PLANTA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO VALLE DE SAN JUAN (TOLIMA)

NIDIA VICTORIA CASTILLO GONZALEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIRIA QUÍMICA
MANIZALES

2004

EVALUACION DE LA PLANTA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO VALLE DE SAN JUAN (TOLIMA)

NIDIA VICTORIA CASTILLO GONZALEZ

Modalidad PROYECTO FINAL

Trabajo de Grado presentado para optar el título de

Ingeniero Químico

Director

GONZALO MORANTE G.

Ingeniero Químico

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA QUÍMICA

MANIZALES

2004

Nota de aceptación:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

Manizales, febrero de 2004

DEDICATORIA

A Dios por permitirme cumplir mis metas;

A mis padres, por su apoyo y amor incondicional;

A mis hermanos por ser mis amigos y contribuir a hacer realidad este sueño;

A Christian Daniel por la fuerza que me dio en los momentos difíciles;

A Alvaro y familia por su gran ayuda;

A mis amigos por todo lo que compartimos, y

A mis maestros por su paciencia y dedicación.

VICTORIA

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa los agradecimientos a:

Alcaldía del municipio Valle de San Juan especialmente al Doctor Gonzalo García y al personal de la planta.

Ingeniero químico Gonzalo Morante G., director del trabajo de grado por su disposición y su valiosa orientación.

Los ingenieros Oscar Giraldo y Nelson de Jesús González, por su gran colaboración.

Universidad Nacional de Colombia, personal administrativo y docente.

Sus padres, hermanos, Alvaro, Christian Daniel, familia, amigos y compañeras de Residencias Antonia Santos, quienes me brindaron todo su apoyo y colaboración para sacar adelante esta importante meta en mi vida.

CONTENIDO

Pág.

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

1. INFORMACIÓN GENERAL. DESCRIPCIÓN 2

1.1 DESCRIPCION DE LA LOCALIDAD 2

1.1.1 Localización geográfica 2

1.1.2 División política y administrativa 2

1.1.3 Población 2

1.1.4 Clima 2

1.1.5 Topografía 3

1.1.6 Hidrografía 3

1.1.7 Geología 3

1.1.8 Aspectos socio-económicos 3

1.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTIO Y LA PLANTA 4

1.2.1 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO 4

1.2.1.1 Bocatoma 4

1.2.1.2 Aducción 4

1.2.1.3 Desarenadores 4

1.2.1.4 Conducción 4

1.2.2 SISTEMA DE POTABILIZACION 5

1.2.2.1 Llegada 5

1.2.2.2 Filtros 5

1.2.2.3 Unidad de desinfección 5

1.2.3. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE 6
1.2.3.1 Tanques de almacenamiento 6
1.2.3.2 Red de distribución 6
2. MARCO LEGAL Y CONSTITUCIONAL [10] 7
3. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA 9
3.1 RESULTADOS EXPERIMENTALES 10
3.2 ANALISIS DE RESULTADOS 17
4. ASPECTOS TEÓRICOS 18
5. DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LA PLANTA 24
5.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES 24
5.1.1 Información Preliminar 24
5.1.2.1 Inspección preliminar 24
5.1.2.2 Mediciones de las unidades de la planta 24
5.3 EVALUACION DE LAS UNIDADES EXISTENTES 24
5.3.1 Bocatoma 24
5.3.2 Rejilla 25
5.3.3 Desarenadores 25
5.3.4 Conducción 27
5.3.5 Filtros 28
5.3.6 Sistema de desinfección 29
5.3.7 Tanques de almacenamiento 29
5.4 PRUEBA DE JARRAS 32
5.4.1 Dosis optima de coagulante 33
5.4.2 Velocidad de sedimentación 33
5.4.3 pH óptimo 33
5.4.4 Gradiente y tiempo óptimo de coagulación 34
5.4.5 Gradiente y tiempo optimo de floculación 34
5.5 Resultados 34
5.5.1 Análisis de los resultados de las pruebas de jarras 39
6. SELECCION DE LA ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO 41

6.1 PROPUESTA DE LAS UNIDADES ADICIONALES, TRATAMIENTO QUÍMICO Y RECOMENDACIONES 42
7. PLANTA DE TRATAMIENTO PROPUESTA 45
8. CONCLUSIONES 53
BIBLIOGRAFÍA 54
ANEXOS

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Criterios de calidad organoléptica y física del agua 7

Tabla 2. Criterios químicos de calidad del agua potable 7

Tabla 3. Criterios microbiológicos de calidad de agua 8

Tabla 4. Análisis fisicoquímico muestra No 1 10

Tabla 5. Análisis fisicoquímico muestra No 2 11

Tabla 6. Análisis fisicoquímico muestra No 3 12

Tabla 7. Análisis fisicoquímico muestra No 4 13

Tabla 8. Análisis fisicoquímico muestra No 5 14

Tabla 9. Análisis fisicoquímico muestra No 6 15

Tabla 10. Granulometría del medio filtrante 29

LISTA DE GRAFICOS

Pág.

Gráfico 1. Sistema de captación 4

Gráfico 2. Planta de tratamiento 5

Gráfico 3. Caudal, pH y Temperatura Vs Vs Hora (muestreo 1) 16

Gráfico 4. Caudal, pH y Temperatura Vs Vs Hora (muestreo 2) 16

Gráfico 5. Esquema de la bocatoma 25

Gráfico 6. Esquema de los desarenadores 25

Gráfico 7. Esquema de la conducción 27

Gráfico 8. Esquema de los filtros gruesos 28

Gráfico 9. Esquema de los filtros lentos 28

Gráfico 10. Esquema del sistema de desinfección 30

Gráfico 11. Esquema tanques de almacenamiento 30

Gráfico 12. Concentración y dosis de coagulante $Al_2(SO_4)_3$ 34

Gráfico 13. Variación de la turbidez residual con el tiempo $Al_2(SO_4)_3$ 35

Grafico 14. Influencia del pH en la coagulación $Al_2(SO_4)_3$ 35

Grafico 15. Influencia del tiempo y el gradiente de mezcla rápida $Al_2(SO_4)_3$ 36

Grafico 16. Influencia del tiempo y el gradiente de floculación $Al_2(SO_4)_3$ 36

Grafico 17. Concentración y dosis de coagulante $FeCl_3$ 37

Grafico 18. Variación de la turbidez residual con el tiempo ($FeCl_3$) 37

Grafico 19. Influencia del pH en la coagulación ($FeCl_3$) 38

Grafico 20. Influencia del tiempo y el gradiente de mezcla rápida ($FeCl_3$) 38

Grafico 21. Influencia del tiempo y el gradiente de floculación ($FeCl_3$) 39

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Esquemas generales y planta actual.

Anexo B. Estudio fotográfico.

Anexo C. Resultados de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.

Anexo D. Resultados de la prueba de jarras.

Anexo E. Manual de operación y mantenimiento de la planta propuesta.

Anexo F. Resumen seguimientos del Cinara.

RESUMEN

El siguiente documento contiene la evaluación de la planta de tratamiento de aguas para consumo humano del municipio Valle de San Juan – Tolima.

Con la colaboración del municipio se recopilo la información preliminar necesaria. Partiendo de un trabajo de campo basado en muestreos se determinó la calidad del agua que abastece el municipio, posteriormente se realizaron inspecciones a la infraestructura actual con el fin de determinar fallas y en caso de presentarse, proponer soluciones.

Con base en los datos existentes y en los datos obtenidos durante el desarrollo de este trabajo, se evaluaron las diferentes propiedades del agua que surte la población, comparándolas con las estipuladas en el decreto 475 de 1998.

De este análisis comparativo surgen importantes recomendaciones para mejorar la eficiencia de la operación y la calidad del agua servida.

ABSTRACT

The next document contains the evaluation of the plant of treatment of waters for human consumption of the municipality of Valle de San Juan - Tolima.

The necessary preliminary information was gathered with the collaboration of the municipality. Starting from a sampling based work field the quality of the water that supplies the municipality was determined, then, inspections to the current infrastructure were taken with the purpose of determinate the fails and in the event of being presented, to propose solutions.

Based in the existent and obtained data during the development of this work, the different properties of the water that supplies the population were evaluated, comparing them with those specified in the ordinance 475 /98.

From this comparative analysis important recommendations arise to improve the efficiency of the operation and the quality of the served water.

INTRODUCCION

La oferta hídrica del país, en términos de calidad y cantidad del recurso, se esta viendo amenazada por el impacto de actividades industriales y domesticas. Valle de San Juan es un municipio con gran proyección turística no solo por su agradable clima sino por la riqueza hídrica que representa.

Valle de San Juan, como la mayoría de los municipios del Tolima, posee un sistema de tratamiento de agua potable deficiente. Teniendo en cuenta que debe acogerse a las normas ambientales impuestas en el país por el ministerio del Medio Ambiente, debe planificar la adecuación del tratamiento de las aguas que abastecen la población.

La decisión de poner en funcionamiento esta planta, no es solo una necesidad sino también una obligación de la administración con la comunidad, al comprender que se deben realizar cambios que permitan una adecuada operación en busca de eliminar los problemas de salubridad que lo afectan actualmente.

En el momento de definir el tratamiento que se va a seguir, se deben contemplar varios aspectos que determinaran su selección, como se observara en este documento.

Inicialmente es importante resaltar, la infraestructura existente de la planta, corresponde a un tratamiento por filtración que sigue los siguientes pasos: Fuente, Bocatoma, Desarenadores, conducción, filtración (filtro grueso y filtro secundario con arena), cloración, almacenamiento y distribución.

En el desarrollo de este trabajo se realizo un análisis de carácter evaluativo para definir el estado actual de la planta. Para esto se tuvo en cuenta, las condiciones físicas de funcionamiento actual de cada uno de los componentes de la planta y se tomaron las muestras necesarias para conocer las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua.

Este trabajo pretende ser una base para la administración municipal, para quienes es necesario conocer más a fondo las limitaciones de su planta de tratamiento con el fin de estudiar la solución más viable de acuerdo a su baja condición económica.

INTER-AULAS · ACADEMIA · QUAERE · VERUM

1. INFORMACIÓN GENERAL. DESCRIPCIÓN

1.1 DESCRIPCION DE LA LOCALIDAD

1.1.1 Localización Geográfica

Valle de San Juan, municipio del departamento del Tolima, se encuentra ubicado sobre el piedemonte oriental de la cordillera central y el Valle superior del Magdalena, tiene una extensión de 198 Km^2, una altura promedio de 666 m sobre el nivel del mar. Limita por el este y al norte con el Municipio de San Luis, por el sur con el municipio de Ortega, y por el oeste con el municipio de Rovira.

Sus tierras son bañadas por los ríos: Luisa, Cucuana, y las quebradas La Liga, El Pajarito y Seca.

El perímetro urbano ocupa actualmente un área de 0,48 km^2 y esta conformada por tres barrios (según planeación municipal) y los 197,52 km^2 restantes son de área rural.

1.1.2 División política y administrativa

La superficie total del municipio es de 198 Km^2. Políticamente esta dividido en 19 veredas: Aguas Claras, Alegría, Buenavista Alta, Buenavista Baja, El Cabuyal, El Dinde, El Imán, El Neme, Guasimito, El Capote, Hijo del Valle, San Jacinto, La Manga, Santa Rosa, Sedalia, Tasajeras, Tierras Blancas, Vallecito y Zona Urbana.

1.1.3 Población

De acuerdo con los estudios censales del DANE, el municipio del Valle de San Juan presenta para este año una población de 7200 personas, de las cuales el 35 % (2520 personas) viven en el casco urbano y el 65 % residen en el área rural del municipio (4680 personas), esta distribución le da características poblacionales mayoritariamente rurales.

1.1.4 Clima

La precipitación total anual oscila alrededor de 1600 mm. El régimen de lluvias es bimodal es decir, la zona presenta dos épocas de invierno y dos de verano durante el año hidrológico y esta definido por un periodo lluvioso entre los meses de marzo, abril y mayo, en el primer semestre y los meses de octubre y noviembre en el segundo semestre. La temporada seca o de verano, se registra entre los meses de diciembre y enero para el comienzo del año hidrológico y julio y agosto durante el período de

mitad de año, siendo el verano de mitad de año el más fuerte. Los meses de febrero y septiembre se pueden considerar como de transición entre el verano a invierno.
El clima del municipio es cálido y húmedo, la temperatura predominante es de 26°C con valores máximos registrados de 29ºC y mínimos de 24,7ºC. (Datos tomados del POT 2001).

1.1.5 Topografía

La mayor parte del territorio es plano o ligeramente ondulado (existiendo 133 Km^2 de terrenos quebrados y 57 Km^2 de terrenos planos); se presentan algunos accidentes orográficos, entre ellos las Cuchillas de: Michu, Monteredondo, Motual y Pitahayo, y los Cerros de: Buenavista, el Corozo, los Colorados, Pan de Azúcar y Santo Domingo.

1.1.6 Hidrología

Entre las principales fuentes hídricas se encuentran las siguientes: Quebrada Guarrucera, Quebrada Lavapatas y Quebrada Valle que son afluentes del Río Luisa, el Río Cucuana, la Quebrada La Liga, la Quebrada El Pajarito y la Quebrada Seca.

La Quebrada La Liga es la principal fuente de abastecimiento del acueducto del municipio.

1.1.7 Geología

En la zona se encuentran rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas de diferentes edades. Son más abundantes las formaciones sedimentarias, ocupando un 90% del área. Las rocas metamórficas presentes se originan por fenómenos de contacto asociados a intrusiones.

En forma general, las rocas más antiguas, ocupan la parte occidental del municipio hacia la cordillera, y las más recientes, se encuentran en la parte central y oriental hacia el valle del Magdalena.

1.1.8 Aspectos socio-económicos

Valle de San Juan fue fundado en 1702. La mayor parte de la población pertenece a los estratos 1 y 2. La cabecera municipal tiene un cubrimiento del 100% en los servicios de agua, luz, teléfono y alcantarillado, Posee una planta de tratamiento de agua potable y una planta de tratamiento para el 40 % de las aguas residuales que no se encuentran funcionando.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y LA PLANTA

1.2.1 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO.

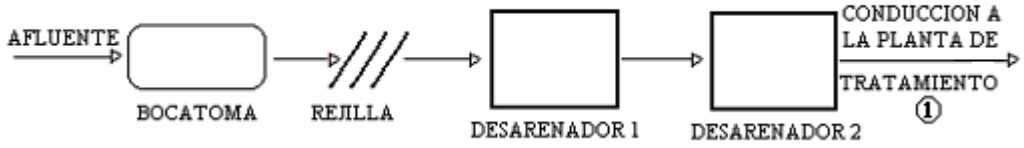


Grafico 1. Sistema de Captación

El acueducto del Valle de San Juan, tiene su bocatoma en la vereda Tierras Blancas, surtido por la quebrada la Liga; abastece las veredas la Manga, el Dinde, Caracolí, la Flor, Jagua y el Casco Urbano (aproximadamente 4500 habitantes).

1.2.1.1 Bocatoma: El sistema de captación se compone de una bocatoma superior de tipo lateral con una rejilla, la cual evita el paso de material grueso a los desarenadores. La bocatoma tiene un ancho de vertedero de aproximadamente 2 m y una profundidad en la represa de aproximadamente 1,5 m.

1.2.1.2 Aducción: La aducción entre la bocatoma y los desarenadores es una tubería de PVC de 6” de diámetro.

1.2.1.3 Desarenadores: existen 2 desarenadores conectados en serie; sus dimensiones son 5,5 m de largo, 2 m de ancho y 2 m de profundidad, en uno de sus laterales poseen una salida hacia la quebrada a 0,2 m del borde superior a través de una tubería de 6”.

El lavado de los desarenadores se realiza cada quince días en periodos de tiempo seco y semanalmente en los periodos de lluvia.

1.2.1.4 Conducción: La línea de conducción entre el segundo desarenador y la planta, es una tubería de PVC de 6” con 5,5 Km. de longitud total que se abastece por gravedad.

1.2.2 SISTEMA DE POTABILIZACION

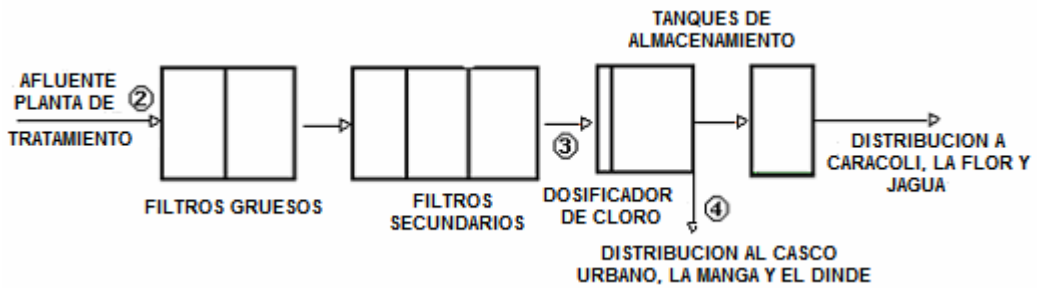


Grafico 2. Planta de Tratamiento

La planta tratamiento del municipio Valle de San Juan es una planta por filtración, que consta de dos cámaras de filtros gruesos, tres cámaras de filtros secundarios con arena y un sistema para dosificación de cloro (No Se Encuentra Funcionando). A continuación se describe cada uno de los procesos que se llevan a cabo en la planta:

1.2.2.1 Llegada: A la entrada de la planta se encuentra una cámara de distribución que tiene 6,4 m de largo, 0,7 m de ancho y 1 m de profundidad.

1.2.2.2 Filtros: La planta tiene dos cámaras de filtros gruesos de 3,2 m de ancho, 3,75 m de largo y 1 m de profundidad, que incluyen varias capas de grava con los siguientes diámetros 1", ¾", ½", ¼" y 1/8", aproximadamente, las cuales no se encuentran estratificadas. La estructura de salida es común a las dos unidades y comprende una caja de desagüe para el lavado, de aproximadamente 1,4 m de ancho, 1,5 m de largo y 1,95 m de alto.

Luego se encuentran tres cámaras de filtros secundarios con arena de 6,95 m de largo, 4,05 m de ancho y 1,5 m de profundidad, que contienen grava de 1", ½", ¼" y capa de arena entre 0,15 y 0,2 mm de diámetro; este lecho no se encuentra estratificado. Existen dos salidas, una de ellas común a dos de estas unidades y sus dimensiones son 2,6 m de largo, 1,1 m de ancho y 0,6 m de profundidad, la otra salida tiene 1,1 m de ancho, 1,1 m de largo y 0,6 m de profundidad; en los dos casos el agua filtrada pasa a cámaras de recolección provistas de válvulas que se encuentran deterioradas. Todo el sistema de filtros esta elaborado en concreto reforzado.

El lavado de los filtros y los lechos filtrantes se realiza manualmente.

1.2.2.3 Unidad de desinfección: La unidad de desinfección cuenta con una estructura para la disposición de los cilindros. Cuenta con un clorador, el cual NO SE ENCUENTRA FUNCIONANDO, por que le falta el venturi, una perilla de control y el rotametro esta dañado.

1.2.3 SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE

Tanques de almacenamiento: El municipio cuenta con 2 tanques de almacenamiento de agua tratada, con un volumen total aproximado de 400 m^3 c/u; uno que abastece 3 veredas del municipio de San Luis que son: Caracoli, La Flor y Jagua (1000 habitantes aproximadamente) y otro para la cabecera municipal y 2 veredas de Valle de San Juan llamadas La manga y El Dinde (3500 habitantes aproximadamente).

Red de conducción: la conducción hacia la cabecera municipal se realiza a través de tubería de PVC que inicia con un diámetro de 4" y luego cambia a 6", con una longitud de 3,5 Km.

2. MARCO LEGAL Y CONSTITUCIONAL [10]

Con el decreto 475 del 10 de marzo de 1998, el ministerio de salud, expide las normas técnicas de calidad del agua potable, que rigen para todo el territorio nacional y que deben cumplirse en cualquier punto de la red de distribución de un sistema de suministro de agua potable. Según este decreto, los criterios organolépticos y físicos, químicos y microbiológicos de la calidad del agua potable son los siguientes:

Tabla 1. Criterios de calidad organoléptica y física del agua

Parámetro	Expresada en	Valor admisible
Color	Unidades de platino cobalto	≤ 15
Olor y Sabor		Aceptable
Turbiedad	Unidades nefelometricas de turbidez	≤ 5
Sólidos totales	mg/L	≤ 500
Conductividad	Micromhos/cm	50 – 1000
Sustancias Flotantes		Ausentes

Tabla 2. Criterios químicos de calidad del agua potable

Característica	Expresada en	Valor admisible	Característica	Expresada en	Valor admisible
Aluminio	Al	0.2	Plomo	Pb	0.01
Antimonio	Sb	0.00	Selenio	Se	0.01
Arsénico	As	0.01	Sust activas al azul de metileno	ABS	0.5
Bario	Ba	0.5	Grasas y aceites		ausentes
Boro	B	0.3	Trihalometanos totales	THMs	0.1
Cadmio	Cd	0.003	Calcio	Ca	60
Cianuro libre y disociable	CN^-	0.05	Acidez	$CaCO_3$	50
Cianuro total	CN^-	0.1	Hidroxidos	$CaCO_3$	<LD
Cloroformo	$CHCl_3$	0.03	Alcalinidad total	$CaCO_3$	100
Cobre	Cu	1	Cloruros	Cl^-	250
Cromo hexavalente	Cr^{-5}	0.01	Dureza total	$CaCO_3$	160

Fenoles totales	Fenol	0.001	Hierro total	Fe	0.3
Mercurio	Hg	0.001	Magnesio	Mg	36
Molibdeno	Mo	0.07	manganeso	Mn	0.1
Niquel	Ni	0.02	Sulfatos	SO_4^{-2}	250
Nitritos	NO_2	0.1	Zinc	ZN	5
Nitratos	NO_3	10	Fluoruros	F^-	1.2
plata	Ag	0.01	Fosfatos	PO_4^{-3}	0.2

LD = limite de detección del método analítico. Valor admisible en mg/l.

Tabla 3. Criterios microbiológicos de calidad de agua

Técnica utilizada Microorganismos indicadores	Filtración por membrana	Sustrato definido
Coliformes Totales	0 UFC / 100 cm^3	0 microorganismos / 100 ml
Escherichia Coli	0 UFC / 100 cm^3	0 microorganismos / 100 ml

La concentración de plaguicidas en el agua para consumo humano debe ser < 0.001 mg/l.

3. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

Para determinar la calidad del agua, se comparan las características fisicoquímicas y bacteriológicas analizadas en el afluente con los valores admisibles para agua potable del decreto 475 de 1998 [10].

Todos los muestreos realizados fueron de tipo compuesto de 6 horas/día, y los resultados se encuentran en el anexo C.

Para tener un registro del comportamiento del agua cruda en la época de lluvias, fue necesario adelantar un muestreo de acuerdo al cronograma de actividades, ya que cuando la propuesta fue aprobada el periodo de invierno estaba por finalizar.

Con el fin de determinar las características de la quebrada La Liga y conocer si la infraestructura actual tenía algún efecto sobre el afluente, se realizo un segundo muestreo, tomando como puntos la entrada y salida de la planta de tratamiento, (ver puntos ② y ④ Grafico 2); siguiendo los parámetros para la toma y preservación de muestras, según el ministerio de salud.

Después se realizo un nuevo muestreo, ya que en una inspección preliminar se conoció que el lecho de los filtros no funcionaba adecuadamente, por lo tanto fue necesario verificar su gradación y realizar la estratificación correspondiente, para estudiar el comportamiento del agua con este cambio, tomando como puntos la entrada a la planta y la salida de los filtros de arena. (Ver puntos ② y ③ Grafico 2).

Los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del agua cruda fueron realizados en la secretaria de salud en la ciudad de Ibagué, de acuerdo a los procedimientos estándar y teniendo en cuenta los siguientes parámetros: pH, color, turbiedad, conductividad, dureza, metales, acidez, alcalinidad, no metales, sólidos suspendidos y coliformes (totales y fecales).

La medición del caudal se realizo por el método volumétrico. La temperatura y el pH se realizaron con termómetro y pH metro digital respectivamente. Para estudiar el comportamiento de estas variables se realizaron dos muestreos compuestos tomando como referencia la salida del segundo desarenador. (Ver punto ① Grafico 1).

3.1 RESULTADOS EXPERIMENTALES

A continuación se presentan los valores obtenidos del análisis fisicoquímico realizado a una muestra compuesta de 6 horas/día, de la quebrada La Liga, en época de lluvia. (Los otros datos de la muestra compuesta se encuentran en el anexo C).

Fecha: Octubre 31 de 2003 Lugar: Salida Tanque de Almacenamiento

Tabla No 4. Análisis fisicoquímicos muestra No 1

Variable	Valor	Unidades	Método	Observaciones Cumple con el Dec 475/98
PH	7.6		método electrodo	Si
Color	38	UPC	Método colorimetrico	No
Turbiedad	167	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	25	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	116	$mgCaClO_3/l$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	85	$mgCaClO_3/l$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	<0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	29.8	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	4.7	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	<0.01	$mgCaClO_3/l$	Método Titulometrico	Si
Alcalinidad total	80.4	$mgCaClO_3/l$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	9	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	4.08	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	27.6	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	39	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	360	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sedimentables	1.0	mg/l*h	Método Cono imhoff	No

De estos resultados podemos concluir que en época de lluvia los parámetros que incumplen la normatividad para agua potable son: turbidez, color, sólidos sedimentables, coliformes fecales y totales, lo cual es concordante con los valores registrados por la secretaria de salud en el periodo de invierno inmediatamente anterior a la iniciación de esta evaluación, como se muestra a continuación. (Ver tabla No 5).

RESULTADOS OBTENIDOS EN EPOCA DE LLUVIAS ♣

Fecha: Marzo de 2003 Lugar: Salida Tanque de Almacenamiento

Tabla No 5. Análisis fisicoquímicos muestra No 2

Variable	Valor	Unidades	Método	Observaciones Cumple con el Dec 475/98
PH	7.8		método electrodo	Si
Color	32	UPC	Método colorimetrico	No
Turbiedad	163	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	27.1	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	138	$mgCaClO_3/l$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	93	$mgCaClO_3/l$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	<0.015	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	34.9	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.0	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	<0.01	$mgCaClO_3/l$	Método Titulometrico	Si
Alcalinidad total	82.1	$mgCaClO_3/l$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	10	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	4.25	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.03	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	31.4	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	40	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	382	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.8	mg/l*h	Método Cono imhoff	No

♣ Fuente: Secretaría de salud del departamento del Tolima

Los resultados de la primera muestra compuesta promedio para caudal, temperatura y pH fueron los siguientes:

Fecha: Diciembre 15 de 2003 Lugar: Salida 2do Desarenador

Caudal l/s	pH	Temperatura
22.63	7.5	18

Los demás resultados se encuentran reportados en el anexo C.

A continuación se muestran los datos tomados a la entrada y salida de la planta, con el fin de determinar si el paso del agua a través de la infraestructura existente tenía algún efecto sobre las características fisicoquímicas del agua.

Fecha: Diciembre 16 de 2003 Lugar: Entrada planta

Tabla No 6. Análisis fisicoquímicos muestra No 3

Variable	Valor	Unidades	Método	Observaciones Cumple con el Dec 475/98
PH	7.16		método electrodo	Si
Color	8.15	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	5.4	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	34.6	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	132	$mgCaClO_3/l$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	95	$mgCaClO_3/l$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atómica	Si
Cobre	<0.015	mg/l	Absorción Atómica	Si
Calcio	37.9	mg/l	Absorción Atómica	Si
Magnesio	5.41	mg/l	Absorción Atómica	Si
Acidez total	<0.015	$mgCaClO_3/l$	Método Titulométrico	Si
Alcalinidad total	74.2	$mgCaClO_3/l$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	14	Ppm Cl^-	Método Argentométrico	Si
Nitratos	1.05	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.03	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	13.7	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes Fec	37	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes Tot	350	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.2	mg/l*h	Método Cono imhoff	Si

Fecha: 16 diciembre 2003 Lugar: Salida Tanque de Almacenamiento

Tabla No 7. Análisis fisicoquímicos muestra No 4

Variable	Valor	Unidades	Método	Observaciones Cumple con el Dec 475/98
PH	7.28		método electrodo	Si
Color	8.1	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbiedad	5.2	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	38.5	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	132	$mgCaClO_3/l$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	95	$mgCaClO_3/l$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	<0.015	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	37.9	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.41	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	<0.015	$mgCaClO_3/l$	Método Titulometrico	Si
Alcalinidad total	74.2	$mgCaClO_3/l$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	14	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.05	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.03	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	13.7	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	32	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	328	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sedimen	0.2	mg/l*h	Método Cono imhoff	Si

Comparando los valores de las tablas No 6 y 7 podemos decir que la infraestructura existente no tiene efectos que mejoren las características fisicoquímicas del agua, y de acuerdo con la normatividad incumple los parámetros de turbidez, coliformes fecales y totales.

Luego de conocer que el lecho de los filtros no presentaba granulometría ni disposición adecuada, se procedió a realizar su estratificación, removiendo todo el lecho, tamizándolo y organizando sus capas con los siguientes diámetros: filtro grueso: 1", ¾", ¼", filtros secundarios: 1", ¾", ½", ¼", 1/8" retirando la capa superior de arena ya que estos filtros son de flujo ascendente y con el paso del agua se removía gran cantidad de arena que entraba a los tanques de almacenamiento, situación que se conoció cuando estos fueron lavados y se encontró gran cantidad de arena.

Después de organizar los lechos se tomo una nueva muestra compuesta a la entrada de la planta y a la salida de los filtros, con el fin de determinar si este cambio mejoraba en algún sentido las características del agua. Los resultados obtenidos fueron:

Fecha: Enero 19 de 2004 Lugar: Entrada Planta

Tabla No 8. Análisis fisicoquímicos muestra No 5

Variable	Valor	Unidades	Método	Observaciones Cumple con el Dec 475/98
PH	7.56		método electrodo	Si
Color	8.1	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbiedad	3.1	NTU	Método Nefelometrico	Si
Conductividad	27.6	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	139	$mgCaClO_3/l$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	91	$mgCaClO_3/l$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	<0.015	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	34.9	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.4	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	<0.015	$mgCaClO_3/l$	Método Titulometrico	Si
Alcalinidad total	76.4	$mgCaClO_3/l$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	13	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.05	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.03	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	13.7	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	45	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	378	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.1	mg/l*h	Método Cono imhoff	Si

Fecha: Enero 19 de 2004 Lugar: Salida Filtros Secundarios

Tabla No 9. Análisis fisicoquímicos muestra No 6

Variable	Valor	Unidades	Método	Observaciones Cumple con el Dec 475/98
PH	7.62		método electrodo	Si
Color	7.1	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbiedad	1.8	NTU	Método Nefelometrico	Si
Conductividad	25.8	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	135	$mgCaClO_3/l$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	90	$mgCaClO_3/l$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	<0.015	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	32.9	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.0	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	<0.01	$mgCaClO_3/l$	Método Titulometrico	Si
Alcalinidad total	78.1	$mgCaClO_3/l$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	13	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.05	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.03	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	11.4	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	28	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	312	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.1	mg/l*h	Método Cono imhoff	Si

Revisando las tablas No 8 y 9 se puede ver que los parámetros a la salida mejoraron un poco respecto a los valores registrados a la entrada de la planta, sin embargo la presencia de coliformes es preocupante, a partir de esto podemos decir que adicionalmente a la mala disposición del lecho filtrante, existen otras fallas en la operación de la planta, posiblemente por los problemas de diseño de los filtros.

Una vez se conoció la baja eficiencia de la infraestructura de la planta se tomaron nuevos valores de caudal, pH y temperatura, para revisar el comportamiento de estos parámetros, obteniéndose los siguientes resultados promedio:

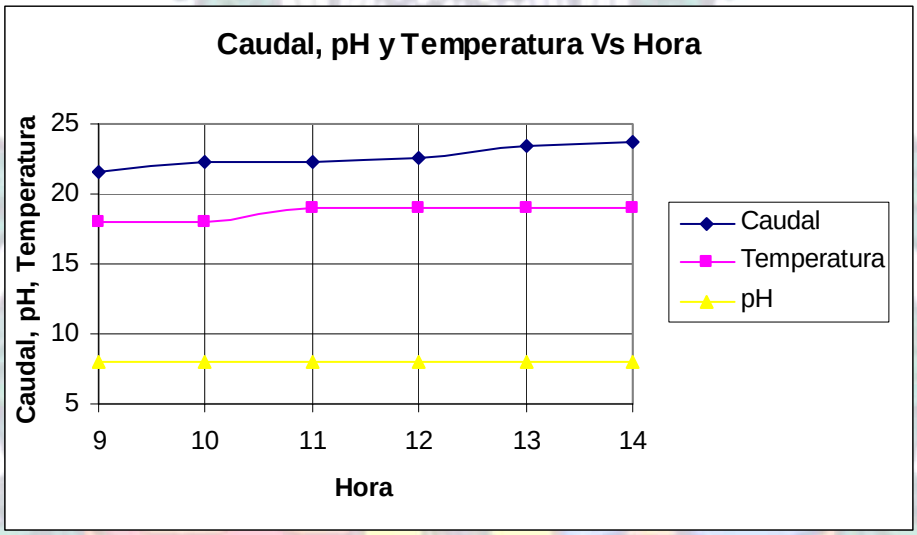
Fecha: Enero 20 de 2004 Lugar: Salida 2do Desarenador

Caudal l/s	pH	Temperatura
23.82	7.33	17.5

A continuación se muestra gráficamente el comportamiento del caudal, el pH y la temperatura respecto al tiempo, en los muestreos compuestos que se realizaron.

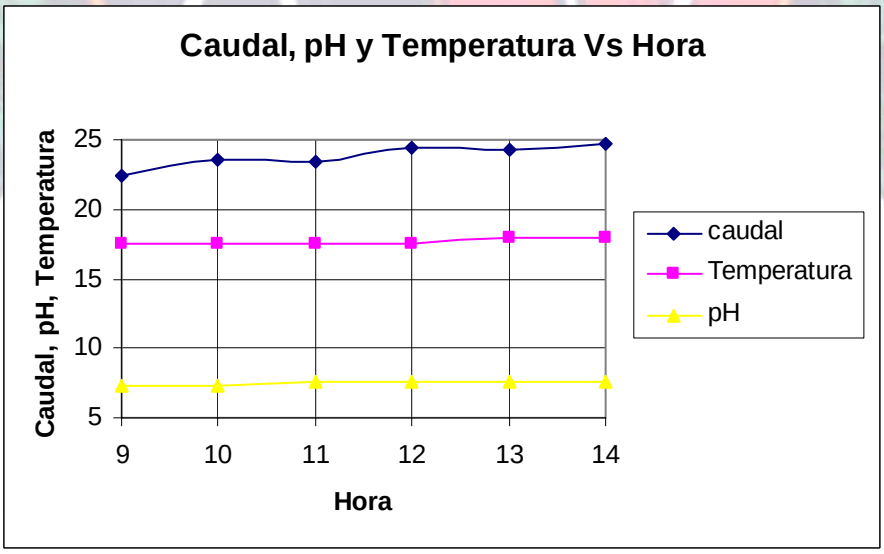
Muestreo Compuesto No 1
Fecha: Diciembre 15 de 2003

Grafico 3. Caudal, pH y Temperatura Vs Hora



Muestreo Compuesto No 2
Fecha: Enero 20 de 2004

Grafico 4. Caudal, pH y Temperatura Vs Hora



De acuerdo a estos gráficos, se observa un aumento del caudal con respecto al tiempo, es decir los caudales más bajos se presentan en horas de la mañana y los caudales más altos en las horas de la tarde. Los valores de pH oscilan entre 7.3 – 8.0 y la temperatura varía entre 17 y 19 ºC, e igualmente se registran los datos más bajos en horas de la mañana.

3.2 ANALISIS DE RESULTADOS

Los resultados de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos se encuentran en el anexo C. Por medio de estas tablas se puede observar que en cuanto a parámetros fisicoquímicos se cumple con los límites establecidos por la ley exceptuando los niveles de turbidez y color, sobretodo en época de lluvia; y para las pruebas bacteriológicas se sobrepasan de manera preocupante los valores admisibles para coliformes totales y para E. Coli durante todo el año de acuerdo a los registros entregados por la secretaria de salud al municipio. (Los registros bacteriológicos de los últimos meses se encuentran reportados en el anexo C)

Los valores promedio de las muestra tomadas en época de sequía en cuanto a turbidez y color son 4 NTU y 8.25 UPC y en época de lluvia 170.5 NTU y 43.8 UPC respectivamente; este aumento es debido al arrastre de partículas del suelo, ocasionadas por la erosión y al vertimiento incontrolable de descargas que se reciben aguas arriba.

La presencia de coliformes fecales y totales con promedios de 43 y 373 UFC/100ml, es constante todo el año, debido a los desechos que recibe la quebrada, producto de actividades domesticas y agrícolas.

Los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en general presentaron pocas variaciones entre las muestra tomadas; además se observo que parámetros como metales, dureza, conductividad, nitratos, nitritos, sulfatos, fosfatos se mantienen estables durante las diferentes épocas en que se realizaron estos muestreos.

Estos resultados fueron tenidos en cuenta para escoger el sistema de tratamiento más adecuado.

INTER-AULAS · ACADEMIA QUAERE · VERUM

4. ASPECTOS TEÓRICOS

Este ítem recopila los fundamentos relacionados con la filtración en múltiples etapas:

Este sistema contiene tres pasos básicos. El primero es denominado "filtro dinámico" y consiste en introducir el agua por piedras de diferentes tamaños, las cuales cumplen con la tarea de" barrer" con las materias gruesas que trae el agua. El segundo paso para la purificación del agua es la filtración gruesa y consiste en "colar" el agua a través de piedras de diferentes tamaños, las cuales retienen todavía más partículas. La última etapa es de filtración lenta en arena. Aquí el agua se introduce en un cajón que contiene este elemento y es sostenido por una piedra fina, dentro de la cual unos tubos recolectan el líquido.

FILTRO DINAMICO

Descripción de operación

Esta unidad consta de compartimientos que operan en serie, con velocidades y tamaños de grava decrecientes entre el primero y el último.

El afluente ingresa a los compartimientos por vertederos ubicados por encima del nivel máximo de operación de la unidad.

Cada compartimiento consta de un tanque de sección rectangular lleno de grava de tamaño uniforme. La tasa de velocidad depende de la calidad del agua y del tamaño de grava seleccionado.

La estructura de salida de cada compartimiento consta de un canal que se comunica con el compartimiento de la grava a través del sistema de drenaje; de tal manera que el agua percola a través de la grava, pasa por el canal de drenaje y asciende por el canal de salida, hasta alcanzar el vertedero que comunica con el siguiente compartimiento de la unidad.

La limpieza completa es ágil, porque la altura de la grava es de sólo 60 cms.

Restricciones

Normalmente se pueden tratar turbiedades medias de 100 a 400 UNT, pudiendo tomar límites máximos de 500 a 600 UNT. Se pueden tratar turbiedades superiores a las 1,000 UNT, con velocidades bajas de filtración, intensificando las descargas hidráulicas y con supervisión constante. En caso contrario, debe consideranse un presedimentador para atenuar la turbiedad afluente a la unidad.

Criterios de diseño

Velocidades de 0.80 a 0.60 m/h y de 0.60 a 0.40 m/h, en cada capa.

Grava de ¾" a 1" y de ¼" a ½".

FILTRO GRUESO

Descripción

En unidades grandes, la tubería de agua cruda ingresa por el fondo de la unidad a una caja de distribución. De la caja de distribución parten tubos con perforaciones, que ingresan al falso fondo de los prefiltros.

En unidades pequeñas, la tubería ingresa por el eje del prefiltro hasta el fondo de la unidad, desde donde es distribuida uniformemente en toda el área mediante tuberías secundarias perforadas.

La zona de prefiltración está constituida por dos capas de grava y una capa de arena gruesa en la superficie del lecho.

El sistema de recolección de agua tratada está conformado por tuberías con orificios que conducen el efluente a una caja de recolección. Este sistema se ubica sobre la superficie del medio filtrante.

Cuando la planta se inicie con los prefiltros se deberá anteponer una caja de medición de caudal y distribución a las unidades. Como en este caso se proyectaran más de dos prefiltros, se diseñará un canal de distribución uniforme a todas las unidades ubicadas en paralelo.

Ventajas

- A partir de investigación efectuadas con este tipo de unidades operando en serie con filtros lentos se puede remover hasta 5.0 mg/l de fierro total, 0.5 mg/l de manganeso, 750 unidades de algas/ml, 2,000 coliformes fecales/100 ml de muestra y puede tratar aguas hasta con 5.0 mg/l de DBO_5.

- La remoción global de microorganismos vivos y partículas es superior a 80%, siempre que no se produzcan variaciones bruscas de la calidad del afluente.

Restricciones

- Turbiedades afluentes no mayores de 100 UNT.

- Poca capacidad de asimilación de variaciones repentinas de calidad de agua.

- Para la construcción de unidades grandes con drenaje de caja de repartición y troncos de cono, se requiere de mano de obra calificada.

Criterios de diseño

- Tasa o velocidad de filtración de 1.0 a 1.5 m/h
- Espesor del lecho filtrante de 1.20 m
- Velocidad de descarga de lavado de 1.0 m/min
- Velocidad en el canal de evacuación de 1.5 m/s
- La pérdida de carga durante la operación normal es de aprox. 0.20 m.

FILTRO LENTO

Descripción

Básicamente, un filtro lento consta de un tanque que contiene una capa sobrenadante de agua cruda, lecho filtrante de arena, drenaje y un juego de dispositivos de regulación y control. El filtro lento modificado se hará de acuerdo al que recomienda el CEPIS el cual tiene las siguientes características:

La estructura de ingreso consiste en una cámara de distribución con vertederos rectangulares para distribuir el caudal uniformemente a todas las unidades del sistema y válvula de limpieza.

Las cajas de los filtros para este caso serán 2 y estarán compuestas de un sistema de drenaje, una capa de grava graduada, una capa de arena, una capa de agua y el borde libre.

Las estructuras de salidas serán dos una común a dos unidades y otra independiente y tendrán una caja de desagüe, dos cámaras de salida cada una con un vertedero de control de nivel mínimo, una válvula para comunicar la cámara de salida con la de desagüe, una válvula para intercomunicar las cámaras de salida, una cámara de reunión del efluente y dos válvulas para eliminar el efluente inicial.

Ventajas

La mayor ventaja de esta unidad reside en su simplicidad. Este filtro sin controlador de velocidad y con controles de nivel mediante vertederos es muy sencillo y confiable de operar con los recursos disponibles en el medio rural de los países en desarrollo.

Restricciones

El filtro lento solo no debe operar con aguas con turbiedades mayores a 20 ó 30 UNT, esporádicamente se pueden aceptar picos de 50 a 100 UNT.

La eficiencia de esta unidad se reduce a temperaturas inferiores a los 4ºC.

La presencia de biocidas o plaguicidas en el afluente pueden modificar o destruir el proceso microbiológico que sirve de base a la filtración lenta.

Criterios de diseño para filtro lento

El medio filtrante debe estar compuesto por granos de arena duros y redondeados, libres de arcilla y materia orgánica. La arena no debe contener más de 2% de carbonato de calcio y magnesio. Experimentalmente se ha encontrado que el diámetro efectivo de la arena debe ser del orden de 0.15 a 0.35 mm. La profundidad del lecho puede variar entre 0.50 y 1.00 m, pudiendo el filtro operar con un espesor mínimo de 0.30 m. El coeficiente de uniformidad se recomienda en un rango de 1.8 a 2.0.

La capa soporte debe reunir características similares a las indicadas para la arena. Debe considerarse una altura mínima de 0.30 m de grava dispuesta en tres capas de diferente granulometría. La grava más fina debe seleccionarse, teniendo en cuenta el tamaño de los granos de arena y la más gruesa de acuerdo al tamaño de los orificios del drenaje.

El drenaje puede estar conformado por drenes o por ladrillos de construcción. Los tubos de drenaje están compuestos de un dren principal y ramificaciones o drenes laterales. Los drenes laterales se unirán al principal mediante tees o cruces y podrán ser de concreto, de cerámica o de PVC. Los drenes laterales se instalarán dejando orificios de 2 a 4 mm de diámetro, separados de 0.10 a 0.30 m centro a centro y dispuestos en la parte inferior de los drenes. La separación entre los drenes laterales debe ser de 1/16 de su longitud o como máximo de 2.5 m. Con respecto a la pared, se considerará una separación de 1/32 de su longitud o como máximo de 1.25 m.

El dimensionamiento de los drenes se efectuará con el criterio de que la velocidad límite en cualquier punto de estos no sobrepase de 0.30 m/s. La relación de velocidades entre el dren principal (Vp) y los drenes secundarios (Vs) debe ser de: $Vp/Vs < o = 0.15$, para obtener una colección uniforme del agua filtrada. La pérdida de carga producida por los drenes no debe exceder de un 10% de la pérdida de carga del medio filtrante, cuando la arena está limpia y su altura es mínima. Puede estimarse mediante la siguiente ecuación:

$$h = 0.33\ l\ 1/dh\ .v^2/2g$$

Siendo (l) el coeficiente de friccion de Colebrook, (dh) el diámetro hidráulico y (v) la velocidad del dren, (dh= 4Ad/p). En los drenajes de ladrillo, los bloques que van sobre el fondo de la caja del filtro deben asentarse con mortero y los que techan los canales se colocáran dejando separaciones o aberturas de 2 cms para que pase el agua filtrada. Se deben proyectar, por lo menos, dos unidades funcionando en paralelo, para poblaciones de menos de 2,000 habitantes. En poblaciones mayores se decidirá el número de unidades, teniendo en cuenta el tamaño máximo de 50 m^2 para que sea factible completar el mantenimiento en 24 horas.

La velocidad de diseño también es importante al decidir el número de unidades. Con velocidades mayores de 0.30 m/h deberá considerarse un mínimo de tres unidades.

El área de cada unidad (As) es una función de la velocidad de filtración (Vf), del caudal (Q), del número de turnos de operación (C) y del número de unidades (N). As= Q. C/N.Vf. Con operación continua el área de la unidad será igual a As= Q/N. Vf.

Cuando el filtro lento es la única unidad de tratamiento, la velocidad será de 0.10 m/h. Se podrán considerar velocidades mayores, cuando se consideren otros procesos preliminares (Ver Cuadro 4.4.2).

Velocidad de filtración de acuerdo al número de procesos preliminares

Procesos	**Vf (m/h)**
Filtración lenta (FL)	0.10 - 0.20
Sedimentación (S) o prefiltración (PF) + FL	0.15 - 0.30
S + PF + FL	0.30 - 0.50

La altura del agua sobre el lecho filtrante puede variar entre 1.0 y 1.50 m.

Se interconectaran las unidades a través de la cámara de salida para efectuar el llenado ascendente del filtro.

Cuando se tenga suficiente presión en el afluente al filtro, se podrá implementar la limpieza por el método de "trillado". Para esto, deberá considerarse un ingreso de agua tratada (o por lo menos prefiltrada) por el fondo de la unidad, un canal de recolección de agua de limpieza y su correspondiente válvula de evacuación.

Las paredes interiores de la caja, en el tramo ocupado por el lecho filtrante, deberán presentar acabado rugoso para impedir la producción de cortocircuitos.

El nivel mínimo del filtro se controla mediante el vertedero de salida, el cual se debe ubicar en el mismo nivel o por encima de la superficie del lecho filtrante.

El control de nivel máximo dentro de la caja del filtro se efectúa mediante un vertedero de alivio ubicado sobre la cámara de desagüe.

Deberá considerarse una unidad para lavar la arena y un depósito techado para guardar la arena embolsada y las herramientas.

Cercar las instalaciones de la planta para evitar el acceso a niños y animales.

Criterios de operación y mantenimiento

Las tareas rutinarias de operación se limitan a ajustes y medición del caudal, monitoreo de la calidad del agua producida, limpieza de la superficie de la arena, lavado y almacenamiento de la arena y la reconstrucción del lecho filtrante.

La limpieza del lecho filtrante debe iniciarse cuando el nivel del agua en la caja del filtro llega al máximo y el agua empieza a rebosar por el aliviadero.

Para la limpieza de la superficie del lecho filtrante hay dos métodos manuales disponibles, que son aplicables al medio rural: "raspado"y "trillado".

El primero es el método convencional que consiste en retirar una capa superficial de alrededor de 2 cms de espesor, cada vez que la carrera del filtro ha llegado a su fin.

El método de "trillado" normalmente se puede aplicar a cada filtro varias veces al año, en la medida en que sea necesario, cada vez que el filtro alcance su valor límite de pérdida de carga.

Por lo menos, cada cinco años se realizará el lavado completo del filtro. Se retiran con mucho cuidado la arena y la grava para no mezclarlas y se lavan, se cepillan las paredes de la caja del filtro, se reacomoda el drenaje y se vuelve a colocar el lecho de arena y grava. Si ha habido pérdidas de arena y grava será necesario reponerla. Si hay grietas en las paredes o en el fondo, deberán reponerse antes de colocar el lecho filtrante [3].

INTER-AULAS · ACADEMIA · QUAERE · VERUM

5. DESCRIPCION DE LA EVALUACION DE LA PLANTA

5.1. ACTIVIDADES PRELIMINARES

5.1.1. Información preliminar.

Antes de realizar la evaluación se hizo necesario recopilar información relacionada con la planta y otros aspectos del sistema. Parte de esta información se obtuvo de los planos y de las memorias descriptivas de la planta, otra parte se obtuvo mediante la inspección preliminar, la cual incluye una observación detallada de sus instalaciones, la toma de la mediciones y la realización de los análisis correspondientes, además de la revisión de algunos registros que se tienen por parte de la secretaria de salud del departamento.

Se encontró que la mayor parte de la información no está registrada de forma escrita ni en medio magnético, siendo el más cercano un estudio realizado a la planta en 1998, el cual es poco claro por que esta deteriorado y desorganizado. Los planos están desactualizados y son poco precisos, ya que los más recientes apenas incluyen los mejoramientos mencionado en este estudio y las dimensiones no coinciden con las de la planta actual de acuerdo a las medidas tomadas en una inspección.

5.1.2.1 Inspección preliminar.

Se identificaron los recursos físicos y humanos con los que cuenta la planta y las características y dimensiones de la misma, con el cual se planeó el sistema de evaluación. Mediante esta inspección se determinó la existencia y el tipo de problemas que tiene la planta, por medio de algunos signos característicos.

5.1.2.2 Mediciones de las unidades de la planta.

Se realizaron cuando las unidades se encontraban desocupadas, para garantizar la precisión de dichas medidas. Las dimensiones se encuentran detalladas al inicio de la evaluación de cada unidad.

5.3. EVALUACIÓN LAS UNIDADES EXISTENTES

5.3.1 Bocatoma: Presenta una captación superior en forma lateral y conduce el agua a través de la rejilla, donde inmediatamente se realiza el tratamiento primario con los dos desarenadores.

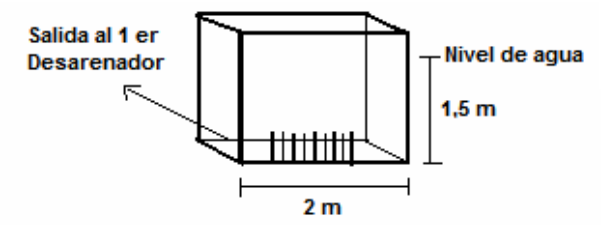


Grafico 5. Esquema de la Bocatoma

5.3.2 Rejilla: La rejilla es de varillas redondas de 1/2", y la separación entre barrotes es aproximadamente de 5 cm.; y según las recomendaciones del libro Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados [8] cumple con los parámetros de diseño, los cuales son descritos a continuación:
Ancho > 40 cm, Largo > 70 cm, 5 cm < separación entre barrotes < 10 cm, Diámetro de los barrotes: ½", ¾" o 1"

5.3.3 Desarenadores:

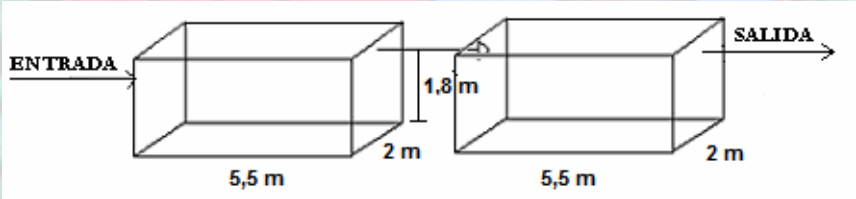


Grafico 6. Esquema de los Desarenadores

Los desarenadores tiene las siguientes dimensiones: 5,5 m * 2 m * 2 m, en la parte lateral de cada desarenador, a 0,2 m del borde superior se encuentra una tubería de 6" de diámetro que se encarga de mantener el nivel y llevar el caudal sobrante a la quebrada. A la salida del segundo desarenador el agua entra a una tubería de hierro de 6" que la conduce hacia la planta de tratamiento.

Los desarenadores fueron revisados sobre las recomendaciones del libro Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados [8]

A una temperatura promedio T = 18º C
Datos:
Viscosidad cinemática del fluido [8]: $\mu = 0.01059\ cm^2/s$ (tabla 9.2)
Peso especifico de la partícula: para la arena $\rho_s = 2.65$ aprox.
Peso especifico del fluido: para el agua $\rho = 1.0$ aprox.

Asumiendo los siguientes valores:
k = 0.04 para arenas.
f = 0.03 para sedimentación por gravedad.

Grado del desarenador: n=3 (deflectores buenos)

Relación longitud (L) a ancho (B): $3/1 \leq L/B \leq 5/1$

Para los desarenadores: L/B = 5.5 m / 2 m = 2.75 m (No cumple)

Profundidad (H) mínima y máxima: 1.5 m < H < 4.5 m
Profundidad de almacenamiento de lodos: Hmax = .04 m
1%< pendiente < 8%
Para los desarenadores: H = 2 m (Cumple)

Periodos de retención hidráulicos: 0.5 h < θ < 4 h

Area superficial (As): As = L * B = 5.5m * 2m = 11 m^2

Volumen: se tuvo en cuenta la altura de la tubería de conducción hacia la quebrada
V = As * H = 11 m^2 * 1,8m = 19,8 m^3

Para desarenadores: θ = V/Q = 19800 l / 22.63 l/s = 874,94 s = 0.24 h No cumple

Carga hidráulica superficial: 15 $m^3/m^2.d$ < q < 80 $m^3/m^2.d$

q = Q/As = 0.02263 m^3/s / 11 m^2 = 2.05 E –0.3 $m^3/m^2.s$ = 177,8 $m^3/m^2.d$ (No cumple)

Relación velocidad horizontal (Vh) y velocidad de sedimentación (Vs):

Vh < 20Vs; Numero de Hazen (Vs/Vo): con n =3 y tomando una remoción de partículas del 87.5%, θ /t = 2.75

Tiempo que tarda la partícula en llegar al fondo: t = 0,24 h /2.75 = 0,087 h = 314,2 s

Velocidad de sedimentación: Vs = H/t = 180 cm / 314,2 s = 0.57 cm/s

Diámetro de partícula: $d = \sqrt{\frac{18\mu Vs}{g(\rho s - \rho)}} = 0.0082cm = 0.08mm$ (ec. 1)

g = aceleración de la gravedad = 981 cm/s^2

Velocidad de sedimentación de la partícula critica en condiciones teóricas:
Vo = q = 2,05 $m^3/m^2.s$ = 0.205 cm/s

Diámetro de la part. crítica: $do = \sqrt{\frac{18\mu Vo}{g(\rho s - \rho)}} = 4.9091E-3cm = 0.049mm$ (ec. 2)

Para los desarenadores: Vel. h $= Vh = \frac{Vo * L}{H} = (0.205 * 5.5)/2 = 0.563 cm/s$ (ec. 3)

Vel. Horizontal máx: $Vh\max = 20Vs = 20 * 0.57 cm/s = 11.4 cm/s$ (ec. 4)

Relación velocidad horizontal y velocidad de arrastre: Vh < Vr

Velocidad de resuspensión: $Vr = \sqrt{\frac{8kgd(\rho s - \rho)}{f}} = 11.75 cm/s$ (ec. 5)

Para los desarenadores: 0.563 cm/s < 11.75 cm/s (Cumple)

Diámetros de la tubería de excesos y lavado: Dmin = 6" (15 cm)
Las tuberías de excesos y lavado son de 6". (Cumple)

Eficiencia de los desarenadores: De acuerdo a los datos obtenidos de sólidos sedimentables a la entrada (1.5 mg/l) y salida (1.0 mg/l) de los desarenadores (Ver anexo C), se calcula que la remoción es aproximadamente del 33 %.

5.3.4 Conducción:

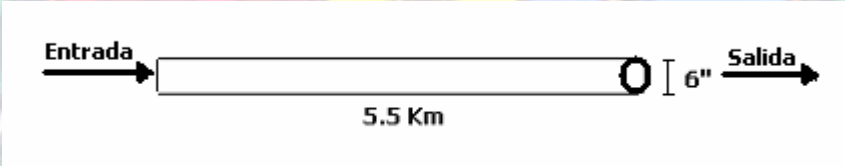


Grafico 7. Esquema de la conducción

La línea de conducción consiste en una tubería de hierro y PVC que comienza en 6" de diámetro y luego se reduce a 4" con una longitud total de aproximadamente 5.5 Km, la cual se ha tenido que reparar en varias ocasiones por fugas.

En la evaluación del sistema de captación se encontró lo siguiente:

En cuanto a la estructura de la bocatoma y la rejilla se puede decir que se encuentran en buen estado y que cumplen sus funciones de manera eficiente.

Los desarenadores se encuentran en buen estado pero presentan fallas operativas por no contar con el personal permanente para un mantenimiento adecuado. Las válvulas de lavado presentan dificultad para abrir y para cerrar, por que se encuentran deterioradas.

Debido a que la cantidad de sólidos sedimentables presentes en época de sequía fue muy baja, pues oscilaba entre 0.1 y 0.2 la remoción de sólidos en estas unidades no tenia mucha significación por lo cual se omitió este procedimiento y para la época de lluvia de acuerdo a los datos obtenidos se calculo una eficiencia de remoción aproximada al 33%, así:

1.5 mg/l = sólidos sedimentables a la entrada de los desarenadores
1 mg/l = sólidos sedimentables a la salida de los desarenadores

(1.5 mg/l – 1 mg/l) / 1.5 mg/l = 0,333 = 33,33 % sólidos sedimentables removidos en los desarenadores

Al realizar la inspección de la conducción se encontró una perdida considerable de caudal entre el Km 2 y la entrada a la planta, tramo que continuamente es reparado por fugas, generando cortes permanentes del servicio.

5.3.5 FILTROS

Filtros Gruesos:

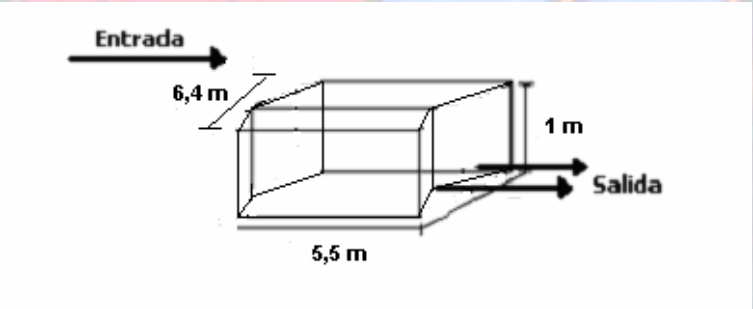


Grafico 8. Esquema de los Filtros Gruesos

Filtros Secundarios:

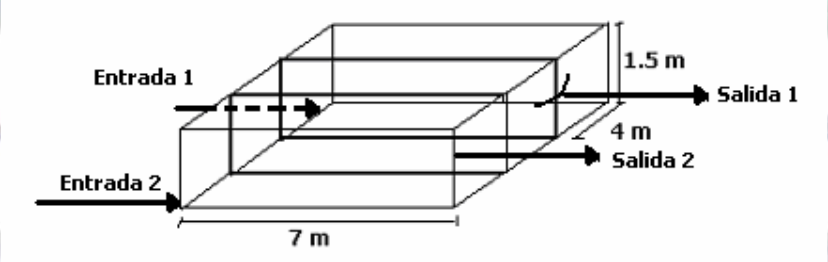


Grafico 9. Esquema de los Filtros con Arena

Las características del lecho proporcionan una base para conocer si el lecho existente es el adecuado y si corresponden a las características del diseño, para este caso se encontró que los filtros tienen problemas en la gradación del lecho filtrante por que no estaban estratificados y por que los filtros secundarios (flujo ascendente) tenían una capa de arena que en vez de cumplir su papel de filtración, removía partículas de arena hacia los tanques de almacenamiento.

Con los filtros desocupados, se removió cada lecho y se determino su profundidad con ayuda de una varilla y una pala. En los filtros gruesos la profundidad del lecho de grava fue de 1 m y en los filtros secundarios se encontró que contienen 1,5 m de grava revuelta con una capa de arena, y como la dirección del flujo es ascendente hay arrastre partículas de arena hacia los tanques de almacenamiento.

El sistema de drenaje es a través de tuberías perforadas ubicadas perpendicularmente al sentido del caudal a 10 cm de la base del los filtros. Este tipo de drenaje que es igual en todos los filtros, consta de un múltiple de 4" con laterales de 3" de diámetro.

Para determinar la velocidad de filtración y las perdidas de carga se procedió a cerrar la válvula de ingreso del agua con el fin de medir el tiempo que demoraba el agua en descender pero debido a la reducción del caudal de entrada a la planta, por pérdidas en la tubería de conducción, el agua que pasa por el filtro grueso utilizo una superficie mínima del lecho, impidiendo la formación de la capa de agua necesaria para determinar estos parámetros.

Al realizar la estratificación de los lechos filtrantes ya que por inspección se conoció que se debían separar adecuadamente sus capas, se analizo una nueva muestra que mostró algunos cambios en el agua, lo cual demuestra que además del mal estado que tenia el lecho filtrante existen otros problemas de operación en los filtros.

Los valores de la granulometría al modificar el medio filtrante se muestran a continuación:

Tabla 4. Granulometría del medio filtrante

Parámetro / barrera de tratamiento	Filtración gruesa	Filtración secundaria
Unidades de tratamiento	2	3
Medio filtrante (de abajo hacia arriba)	Tamaño grava: 1", ¾", ¼", Longitud del lecho: 1 m	Tamaño grava: 1", ¾", ½", ¼", 1/8" Altura del lecho: 1,5 m

El mantenimiento de los filtros se realiza manualmente, lavando la grava con manguera a presión.

En la planta también se pudo notar que los controladores de caudal no se encuentran funcionando por que están oxidados y les falta el acrílico y los vertederos se encuentran rotos. Además se observa que las tapas de las cámaras de lavado son poco prácticas ya que son de concreto y esto dificulta la manipulación del operario.

En cuanto a la eficiencia del proceso podemos decir que es muy baja y que los mayores problemas se encuentran en las épocas de lluvia cuando los niveles de turbiedad se elevan. Por esto la importancia de tomar medidas que permitan controlar estos picos de turbidez y color, y los de coliformes fecales y totales, que presenta el afluente durante todo el año, de acuerdo a la secretaría de salud quienes han realizado un seguimiento mas detallado durante varios años.

5.3.6 Sistema de desinfección:

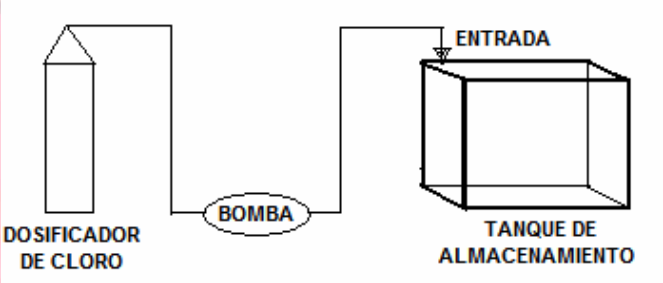


Grafico 10. Esquema de sistema de desinfección

El sistema de desinfección no ha funcionado desde la construcción de la planta, y esta compuesto por un tanque para cloracion por inyección que pasa por una tubería de 6" y llega a un extremo del tanque que abastece el casco urbano y las veredas del municipio, no cuenta con un sistema de distribución uniforme de cloro dentro del tanque, situación que dificultaría en caso de usarse cloro, que este tuviera un contacto suficiente y uniforme con el agua para luna correcta desinfección del agua.

5.3.7 Tanques de almacenamiento:

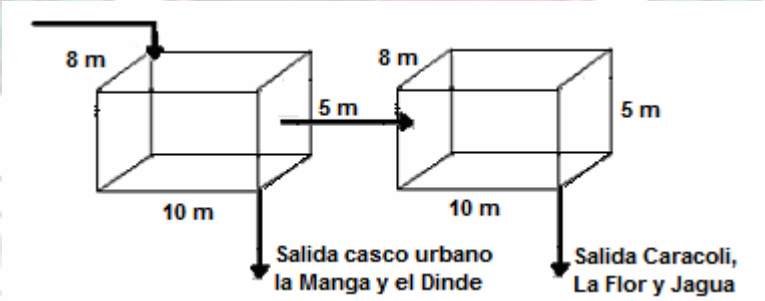


Grafico 11. Esquema tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento presentan algunos inconvenientes de fugas por la existencia de grietas.

A través de una inspección visual, de medición de caudales a la salida de los tanques de almacenamiento y al primer punto de abastecimiento a la población, se encontró que existen fugas en la red de distribución. Los resultados de caudal obtenidos fueron los siguientes:

A	15,7	16,34	15,67	16,16	16,67	15,79	15,57	16,21	15,49	17,28
B	11,03	10,16	9,74	10,48	9,25	9,66	10,56	9,49	9,54	10,16
C	2,70	3,14	3,26	2,88	3,13	2,95	3,16	3,23	3,08	3,10

A (l/s): Salida de los tanques de Almacenamiento
B (l/s): Final red de distribución hacia casco urbano, la Manga y el Dinde (3500 hab.)
C (l/s): Final de la red de distribución hacia Caracoli, la Flor y Jagua. (1000 hab.)

- El caudal promedio en la salida de los tanques de almacenamiento: 16,08 l/s
- El caudal promedio al final de la red de distribución hacia el casco urbano, la Manga y el Dinde: 10,01 l/s.
- El caudal promedio al final de la red de distribución hacia Caracoli, la Flor y Jagua: 3,06 l/s

Perdidas en la red de distribución:

16,08 l/s – (10,01 + 3,06) l/s =16,08 l/s - 13,07 l/s = 3,01 l/s = 260 m^3/d

CALCULO PARA DETERMINAR EL ABASTECIMIENTO TENIENDO EN CUENTA LAS PERDIDAS ACTUALES [8]:

Consumo Futuro

$$\text{Consumo futuro(L/hab.d)} = \frac{LogP - 1.8}{0.014} = \frac{\log 4500 - 1.8}{0.014} = 132.4 l / hab.d$$

Donde:

P = población actual o futura

Caudal Promedio

$$\text{Caudal promedio} = \frac{\text{consumo(L/hab.d)} * \text{poblacion(hab)}}{86400} = \frac{132.4 * 4500}{86400} = 6.9 l / s$$

Caudal Máximo Diario

$$\text{Caudal maximo diario} = 1.2 * Q_{promedio} = 8.3 l/s$$

Caudal Máximo Horario

$$\text{Caudal maximo horario} = 1.5 * Q_{\max imo diario} = 12.4 l/s$$

A partir de estos valores podemos decir con el caudal máximo horario (12,4 l/s) y con los datos obtenidos de los muestreos de caudal (13.07 l/s), que a pesar de las considerables perdidas de agua desde la captación hasta el inicio del abastecimiento a la población, el agua alcanza a abastecer en todo momento a la comunidad.

Caudal de diseño < caudal actual

12.4 l/s < 13.07 l/s

Perdidas de caudal desde la captación hasta el inicio del abastecimiento a la población:

Caudal promedio en la captación: 23 l/s
Caudal promedio al inicio del abastecimiento a la población: 13,07 l/s

23 l/s – 13,07 l/s = 9,93 l/s =857,952 m^3/d

Este valor nos muestra la importancia de arreglar los problemas de fugas que se presentan en el trayecto de la captación y el inicio del abastecimiento a la comunidad.

5.4 PRUEBA DE JARRAS

Este sistema consiste en simular el proceso que ocurre en la planta de tratamiento y evaluar distintos parámetros que caracterizan su funcionamiento.

Materiales:

- El equipo de prueba de jarras Philipps & Bird Stirrer model 7790-400, contiene un motor de velocidad variable que permite el movimiento de seis paletas ubicadas sobre ejes verticales; tacómetro que indica el numero de revoluciones por minuto (0 - 300); sistema de iluminación en la parte inferior sobre la que se colocan los vasos de precipitado; 6 vasos de precipitado de 2 litros; sistema para dosificar el coagulante.
- Turbidímetro HACH 2100 A.
- pHmetro HACH EC10, soluciones buffer pH 4.0 y buffer pH 7.0.
- Balón para aforar SCHOTT 1000 ml.
- Agua destilada.

Método: Para la realización de estos ensayos se tuvo en cuenta solo la época de sequía, ya que el laboratorio de la secretaria de salud, no tuvo disponibilidad para prestar el equipo cuando fue tomada la muestra de la época de lluvia.

El equipo utilizado fue prestado por el laboratorio de Bromatología del Hospital Federico Lleras de Ibagué.

Los coagulantes utilizados fueron: el sulfato de aluminio y el cloruro ferrico, y se uso ácido sulfúrico e hidróxido de sodio 4 N para ajustar pH.

Para determinar los parámetros óptimos se siguieron los siguientes pasos:

5.4.1 Dosis optima de coagulante:

Los resultados obtenidos se analizan y se escoge la dosis optima como la que presenta menor turbidez y color residual, para cada concentración de coagulante. En esta prueba se tomaron concentración de 10%, 5%, 1% y 0,5% y se adiciono al agua la dosis de coagulante de 20 a 50 mg/l. también se determino la variación del pH respecto a la concentración y dosis de coagulante.

Los parámetros de operación para esta prueba:

Parámetro Operación	Velocidad	Gradiente	Tiempo
Mezcla rápida	200 rpm	180 s^{-1}	20 s
Mezcla lenta	30 rpm	15 s^{-1}	15 min
Sedimentación	No	No	15 min

5.4.2 Velocidad de sedimentación:

En esta prueba se observa el comportamiento de los flóculos producidos con respecto al tiempo de sedimentación, esto permite comparar entre valores óptimos no solo desde el punto de vista de la concentración y la dosis sino también el de la velocidad de sedimentación y así tener argumentos a la hora de escoger la mejor dosis que produjeron resultados positivos durante el ensayo de dosis optima; se tomaron muestras con diferentes tiempos de sedimentación y se evalúo la turbidez y el color residual.

5.4.3 pH óptimo:

El objetivo es determinar el rango de pH óptimo que caracteriza el agua a tratar, el cual varia según la muestra y los reactivos empleados, los valores por encima o por debajo de dicho rango producen efectos negativos en el tratamiento. Se ajusto el pH

inicial de cada jarra de manera que se cubriera un rango entre 5 – 9 unidades, y se determinaron los parámetros finales ya nombrados.

5.4.4 Gradiente y tiempo óptimo de coagulación:

La dispersión del coagulante en el agua es un factor muy importante cuando la desestabilización de las partículas coloidales se produce por efecto de adsorción – neutralización pero no afecta en gran medida si la coagulación se produce por barrido; el objeto de esta prueba es analizar de manera cualitativa la influencia de la intensidad y el tiempo de mezcla rápida en el proceso de coagulación. Las velocidades que se usaron fueron 280, 200 y 100 rpm, distribuyendo el coagulante en cada jarra cada 10 seg. Se analizo turbidez y color residual de las jarras.

5.4.5 Gradiente y tiempo optimo de floculación:

La finalidad es conocer la intensidad y el tiempo de contacto optimo que se le debe dar al proceso de floculación para que las partículas coloidales puedan adherirse y formar un material que sedimente rapadamente y que no se destruya al pasar por los filtros. El proceso seguido para realizar esta prueba consistió en realizar el proceso de mezcla rápida con los parámetros hasta ahora encontrado como óptimos, se deja que ocurra la floculación a la velocidad escogida (entre 20, 30, 40 y 50 rpm) hasta que se cumpla un tiempo determinado (7, 13, 20, 27, 33 y 40) y se observa la calidad del agua sedimentada.

5.5 Resultados

A continuación se relacionan gráficamente los resultados obtenidos durante estos ensayos, siguiendo el libro coagulación – floculación [4]

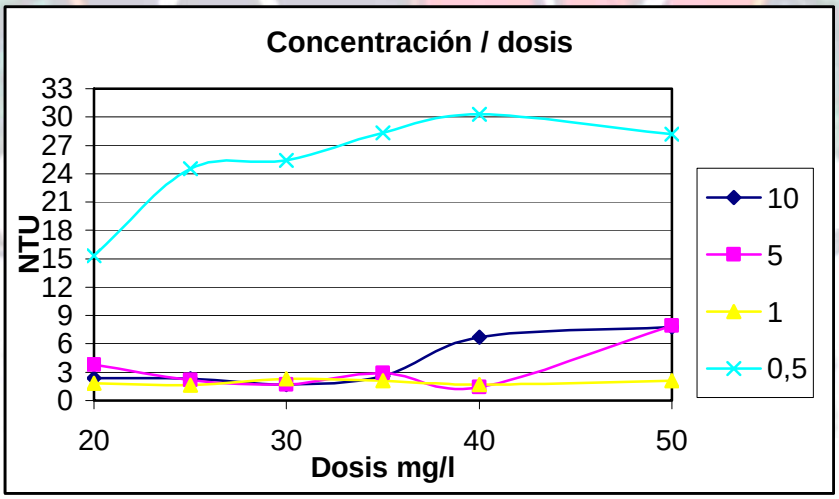


Grafico 12. Concentración y dosis de coagulante $Al_2(SO_4)_3$.

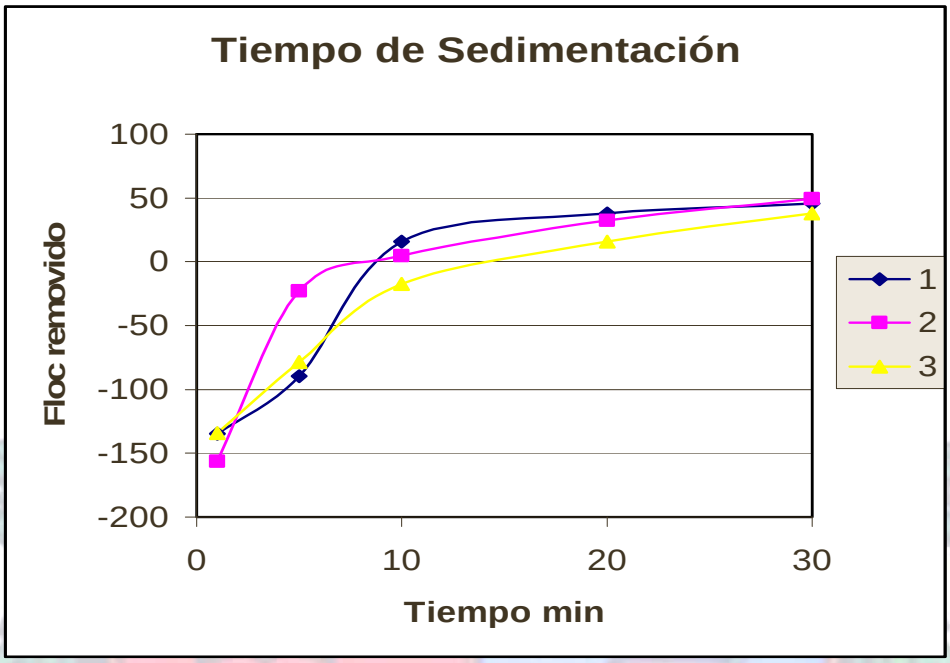


Grafico 13. Variación de la turbidez residual con el tiempo $Al_2(SO_4)_3$.

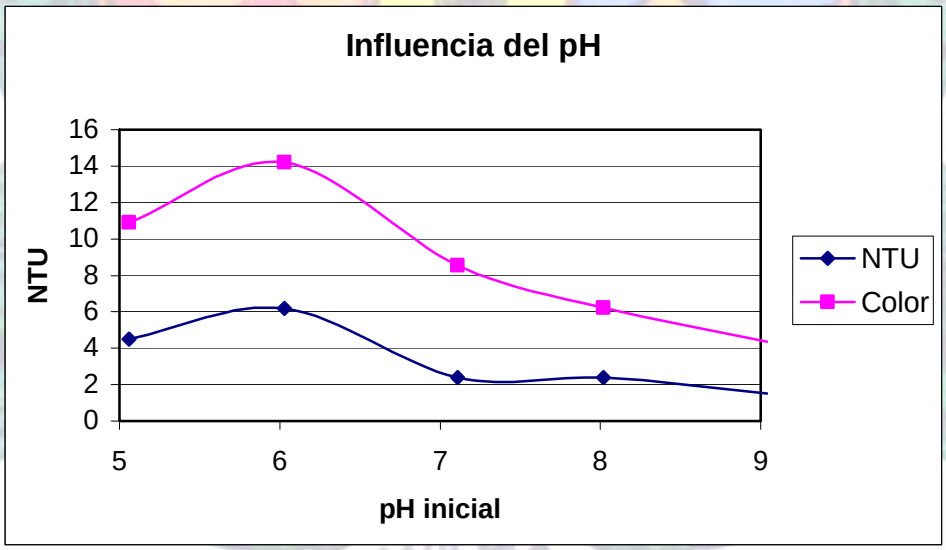


Grafico 14. Influencia del pH en la coagulación $Al_2(SO_4)_3$.

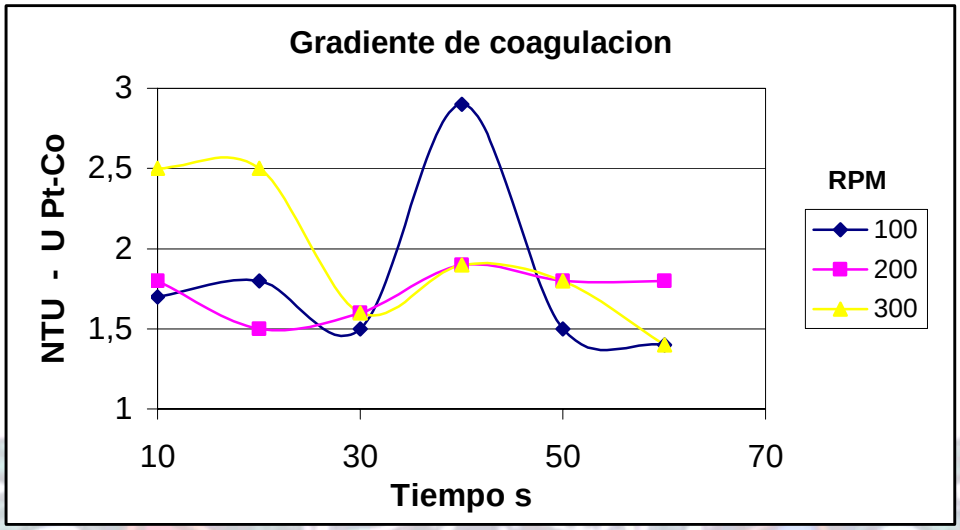


Grafico 15. Influencia del tiempo y el gradiente de mezcla rápida $Al_2(SO_4)_3$.

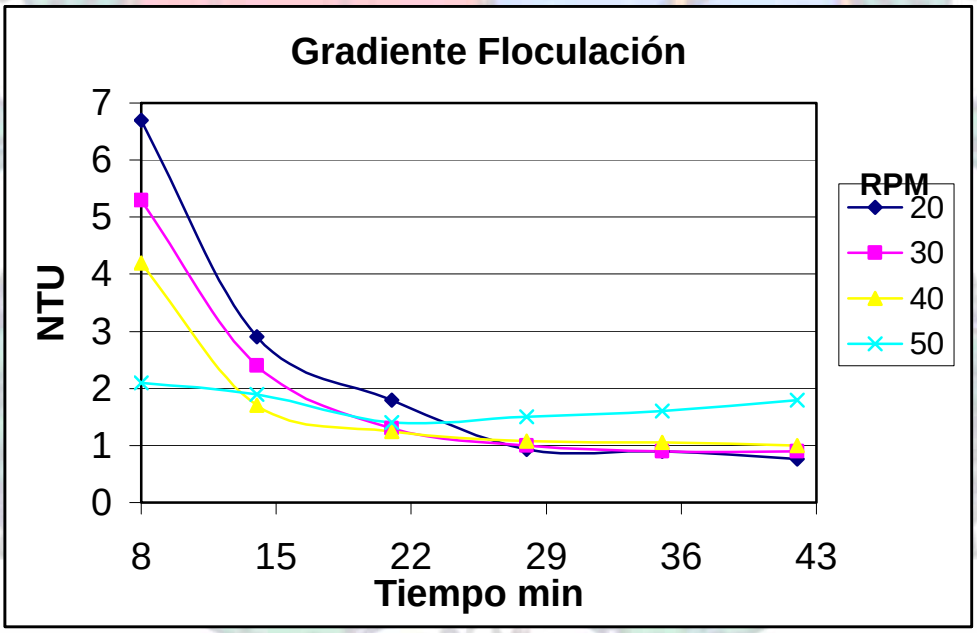


Grafico 16. Influencia del tiempo y el gradiente de floculación $Al_2(SO_4)_3$.

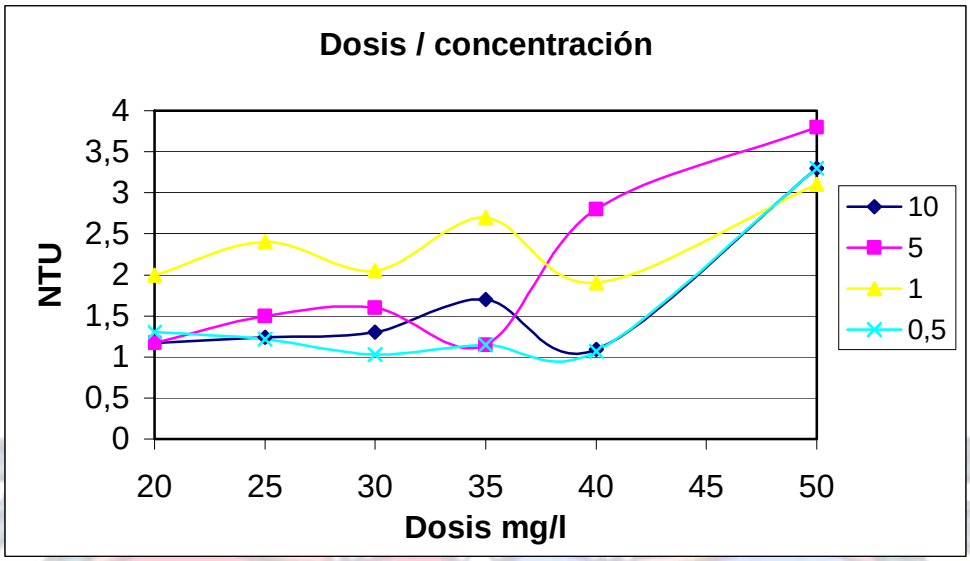


Grafico 17. Concentración y dosis de coagulante $FeCl_3$.

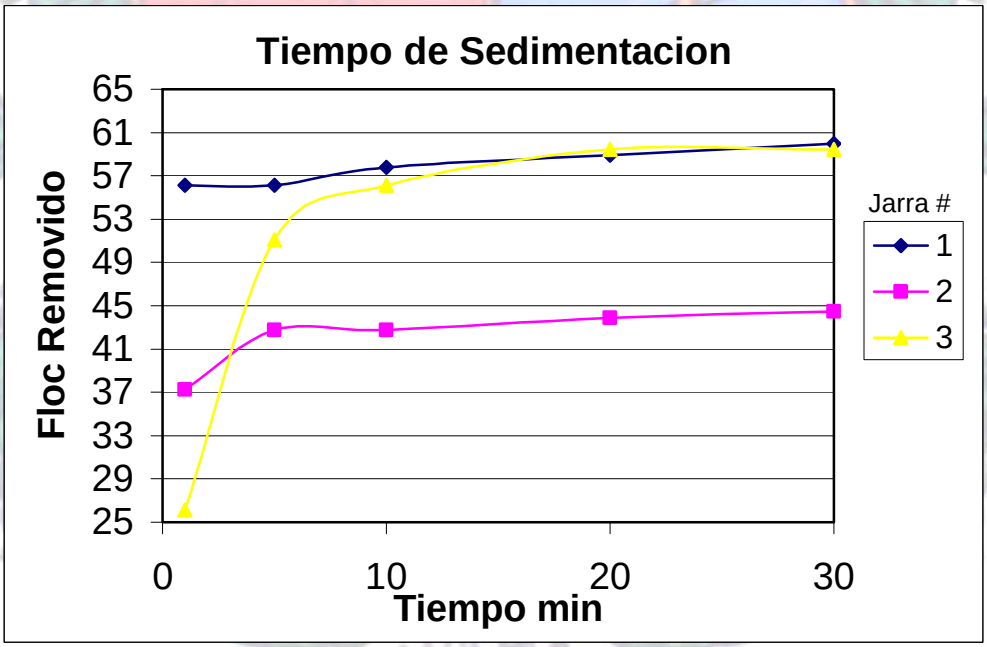


Grafico 18. Variación de la turbidez residual con el tiempo ($FeCl_3$).

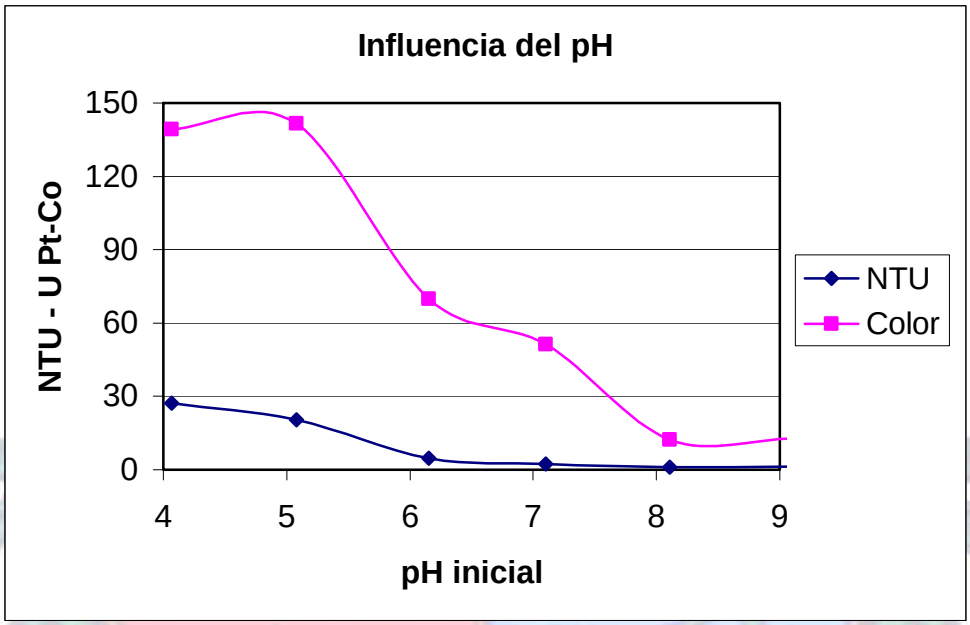


Grafico 19. Influencia del pH en la coagulación ($FeCl_3$).

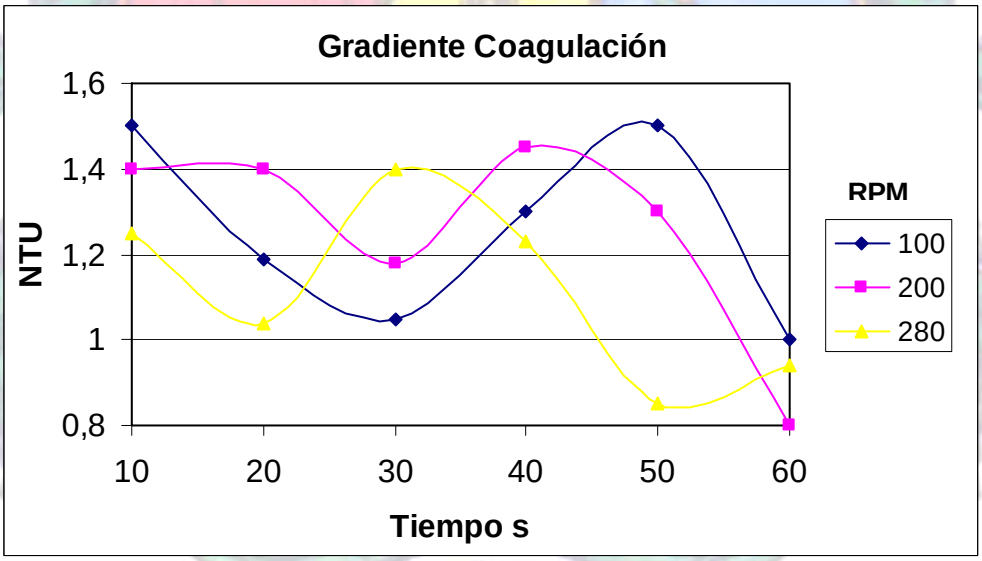


Grafico 20. Influencia del tiempo y el gradiente de mezcla rápida ($FeCl_3$).

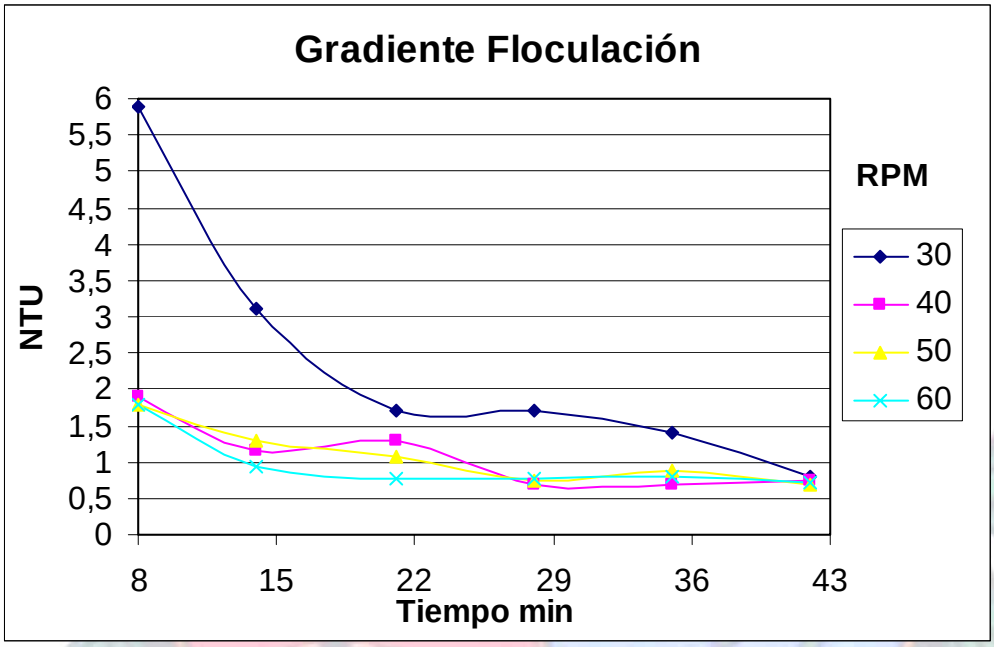


Grafico 21. Influencia del tiempo y el gradiente de floculación ($FeCl_3$).

5.5.1 Análisis de los Resultados de las Pruebas de Jarras

SULFATO DE ALUMINIO

En la determinación de la dosis y la concentración optima, se observa que los valores menores de turbidez son de 1,7, 1,4 y 1,6 cuando se utilizan las combinaciones de concentración dosis de 10%, 5% y 1%; para la concentración de 0,5% los resultados son desfavorables ya que causan un aumento sustancial de la turbidez; por lo tanto los primeros valores de concentración fueron los usados para realizar la prueba y la velocidad de sedimentación.

En la prueba de velocidad de sedimentación, se observa que al comienzo la turbidez ha aumentado, se empiezan a obtener los valores positivos de remoción a partir de los 10 minutos excepto para la jarra 3. Puede verse como la velocidad de sedimentación en cada jarra es diferente, la segunda es la mejor jarra con una dosis de 40 mg/l y una concentración de 5%. La mejor remoción de turbidez fue de 49.16% en 30 minutos.

El pH inicial del agua influye en el proceso de coagulación de manera tal que mientras mas alto sea, favorece la remoción de turbidez y color. El pH escogido para realizar las otras pruebas fue aproximadamente de 9.

La menor turbidez residual obtenida en la prueba y tiempo de mezcla rapida fue de 1.4 NTU en 60 min. Con velocidades entre 100 y 280 rpm; pero la velocidad óptima

escogida fue de 200 rpm con la cual se obtenía una turbidez residual de 1,5 NTU en 20 minutos.

En la prueba de gradiente y tiempo de detención se observa que a bajas velocidades Se obtienen mejores remociones de turbidez pero para esto se necesitan tiempos grandes; por el contrario, para velocidades altas pueden obtenerse una buena remoción en tiempos cortos, aunque para tiempos mayores, los valores de turbidez residual están por encima los obtenidos con velocidades de floculación bajas. El valor escogido como optimo fue de 20 rpm y un tiempo de 27 seg.

CLORURO FERRICO

En la prueba de concentración y dosis de coagulante solo se obtienen resultados óptimos para dosis al 10%, 5% y al 0,5%; para estas combinaciones, los valores de turbidez residual fueron de 1.09, 1.15 y 1.03.

En el ensayo de velocidad de sedimentación se utilizaron los valores que dieron buenos resultados en la prueba anterior. Al contrario de lo que pasa con el sulfato de aluminio, en esta prueba la turbiedad no aumentó, por lo que los resultados del porcentaje de remoción son positivos. Esta prueba arroja como resultado óptimo una dosis de 40 mg/L al 10% y un tiempo de sedimentación de 30 min.

Puede verse como la turbiedad residual aumenta a medida que el pH es más bajo, lo mismo sucede con el agua tratada. Se escogió como pH inicial óptimo un valor de 8 el cual produce un turbidez residual de 1.03 NTU.

El efecto que el gradiente de coagulación tiene en el proceso de purificación puede observarse en el gráfico 17, en el cual puede verse como para cada velocidad de coagulación se presentan dos mínimos de turbiedad residual. Se escogió como el mejor el valor de velocidad de 200 rpm y 60 segundos los cuales producen una turbidez residual de 0.8 NTU.

Al comienzo de la prueba que se hizo par evaluar la velocidad y el tiempo de coagulación, la turbiedad residual aumenta, a partir de los 27 minutos empieza a haber remoción de turbidez y por lo tanto se escogió una velocidad de 30 rpm y 27 minutos como la mejor combinación de gradiente-tiempo de floculación, esta configuración da como resultado una turbidez de 0.7 NTU.

INTER-AULAS · ACADEMIA QUAERE · VERUM

6. SELECCION DE LA ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO

La etapa de selección de la alternativa del tratamiento, parte de las características del agua y de los resultados obtenidos en sus respectivos análisis, los parámetros que se deben controlar son turbiedad, color, coliformes fecales y totales.

A partir de la revisión bibliogràfica y con la colaboración del Cinara, se analizaron varios seguimientos realizados por el instituto a poblaciones donde se ha implementado este tipo de tecnologías, los reportes mas significativos son los que se obtuvieron de las poblaciones de Mondomo (Santander de Quilichao - Cauca) y los de Mundo Nuevo (Risaralda); los cuales presentaban características del agua y aspectos generales muy similares a los Valle de San Juan. El resumen de estos resultados se encuentra en el anexo F.

A continuación se explican las ventajas que permitieron escoger la filtración lenta en múltiples etapas como sistema de tratamiento:

- El proceso de filtración lenta es uno de los procesos de tratamiento de agua más efectivos y simples por esto es considerado ideal en áreas rurales [15].

- Este sistema requiere de poco personal y sin capacitación especializada.

- La turbidez y el color del agua son bajos en época de verano por lo que no produciría problemas al tratarla y el incremento que sufre en invierno puede controlarse con las unidades de pretratamiento, quienes a su vez protegen el filtro lento de picos de turbidez en cualquier momento.

- La construcción de este sistema implica bajos costo al igual que su operación y mantenimiento.

- Este proceso es considerado muy eficaz en la remoción de organismos patógenos y virus [3], además de disminuir en alto grado la turbiedad que son los principales problemas en el agua del municipio Valle de San Juan.

De acuerdo a los valores de turbidez y color encontrados en época de invierno, podemos decir que se recomienda realizar la prueba de jarras para este periodo, con el fin de determinar la necesidad de incluir los pasos de coagulación - floculación al proceso.

El municipio no cuenta con este equipo y el laboratorio de la secretaria de salud del departamento tuvo inconvenientes para prestarlo. Por lo tanto se continúo el estudio buscando alternativas que en primera instancia pudieran ajustarse a las necesidades del municipio y por supuesto a sus limitaciones económicas, con el fin de la

administración pudiera usarlo en busca de solucionar los problemas de potabilización del agua de abastecimiento.

Teniendo estas ventajas podemos decir que la filtración lenta en múltiples etapas frente a otras alternativas de tratamiento, es el sistema mas apropiado seguido de una desinfección con hipoclorito de sodio para la destrucción total de organismos patógenos que pueden alterar la calidad del agua de consumo.

6.1 PROPUESTA DE LAS UNIDADES ADICIONALES, TRATAMIENTO QUÍMICO Y RECOMENDACIONES

Mediante la comparación del análisis fisicoquímico y microbiológico del agua cruda con el decreto 475 de 1998, se puede observar que en lo referente a parámetros fisicoquímicos el agua cruda cumple con los valores admisibles para agua potable excepto el color y la turbidez en época de lluvias y coliformes totales y fecales que excede los limites todo el año (ver registros anexo C);

Los altos valores de coliformes totales y fecales demuestran que en la cuenca se están vertiendo aguas residuales provenientes de actividades domésticas y/o pecuarias (piscicultura, porcicultura, ganadería, entre otros).

Es una obligación del municipio emprender acciones de cumplimiento a través de la corporación autónoma regional Cortolima para que se controlen dichos vertimientos y se mejore la calidad de la fuente.

Del estudio del comportamiento de parámetros como conductividad, hierro, cobre, calcio, magnesio, acidez, alcalinidad, cloruros, nitratos, nitritos y sulfatos, se puede observar que la fuente de abastecimiento es bastante estable porque sus valores se conservan en intervalos pequeños.

Como en el laboratorio de la planta no se cuenta con equipos suficientes para determinar la calidad del agua cruda, no es posible medir “in situ” algunas propiedades que influyen en la determinación de parámetros óptimos, por esto la necesidad de conseguir mas equipos que permitan conocer realmente las características del agua en cualquier momento.

Los filtros presentan grietas y sus lechos están muy desgastados lo cual genera inconvenientes en la velocidad de filtración y por la rápida colmatación de los filtros.

En cuanto al control de calidad que lleva el municipio, solo se toma una muestra mensual, para practicar los análisis fisicoquímicos, incumpliendo con lo estipulado en el artículo 20 del decreto 475 de 1998 para una población servida entre 2501 y 12500 habitantes donde se muestra que se deben analizar mínimo 8 muestras.

En general, la calidad del agua entregada por la planta requiere un buen tratamiento bacteriologico ya que la presencia de coliformes durante todo el año produce pone en riesgo la salud de la comunidad.

El tratamiento que se propone con el fin de abastecer de agua potable a la comunidad teniendo en cuenta las características del agua cruda, las limitaciones del uso máximo de la infraestructura actual y los escasos recursos del municipio se describe a continuacion:

Este sistema esta compuesto por filtro dinámico con flujo descendente, filtro grueso con flujo ascendente y filtro lento con flujo descendente.

El sistema de filtración debe ser realizado con base al caudal de diseño, ya que los filtros actuales presentan un sobrediseño que sumado a las grandes perdidas de en la conduccion solo utilizan una parte muy minima del área superficial de los lechos, también se debe organizar el sistema de drenaje, y tener en cuenta la importancia del estado del lecho filtrante en el proceso.

Para comenzar a adecuar la planta se recomienda dar solución al problema hidráulico que se presenta en la tubería de conducción para evitar perdidas de agua y determinar el caudal con el cual va a operar la planta; para realizar esto se requiere el levantamiento topográfico del terreno ya que planeación municipal no tienen ningún tipo de referencia al respecto.

Se deben cambiar la mayoría de las válvulas de lavado ya que se encuentran oxidadas por el abandono de la planta, y las tapas de las cámaras de lavado que al ser concreto dificultan la manipulación constante del operario.

Debido a las fugas en los tanques de almacenamiento y en algunos sectores de los filtros, se recomienda realizar un refuerzo al concreto y a la permeabilidad.

Es recomendable realizar un reconocimiento de la cuenca de la quebrada La Liga con el fin de que el municipio la proteja de las descargas que recibe, y que son causa de la presencia de coliformes fecales y totales.

Actualmente la planta no cuenta con un programa de mantenimiento que permita establecer el tratamiento que se le da a las unidades y equipos; Por lo tanto fue necesario elaborar un manual de funciones y un formato de control de calidad de agua, (ver anexo E); para los operarios que queden encargados del funcionamiento de la planta propuesta.

Las variaciones de la turbiedad en las fuentes de abastecimiento en el periodo de invierno se pueden reducir implementando un mecanismo de protección en estas

fuentes, especialmente en lo referente al control de la erosión y el vertimiento de desechos producidos en actividades agrícolas.

Se recomienda montar un laboratorio en la planta con equipos de medición, ya que el buen funcionamiento y la disponibilidad de estos equipos permiten que los operarios de la planta tengan un conocimiento oportuno de la calidad del agua y puedan actuar con mayor rapidez en caso de cualquier incidente.

En cuanto a equipos complementarios se sugiere instalar manómetros en las cajas de los filtros para medir la pérdida de carga, cuando estos se pongan en funcionamiento.

Para el control de calidad se deben programar más muestreos, con el fin de estudiar a fondo el comportamiento del agua durante todo el año y cumplir con la legislación (Art 20 Dec. 475 de 1998).

Como recomendaciones generales se plantea implementar un plan de educación e información al usuario para que conozcan la importancia de proteger las fuentes, de racionalizar el consumo, ya que la oficina de servicios públicos por medio del sistema de micromedidores, ha identificado exagerados consumos por parte de varios usuarios (hasta 250 m^3/mes), además de capacitaciones para los operarios.

Se debe realizar una actualización de los planos de la planta, haciendo las respectivas mediciones de las estructuras que componen el sistema de tratamiento.

7. PLANTA DE TRATAMIENTO PROPUESTA

A continuación se describe la planta propuesta tomando como base el caudal máximo diario calculado.

Caudal máximo diario para 4500 hab = 8,3 l/s =29880 l/h = 29,88 m^3/h

FILTRO DINAMICO

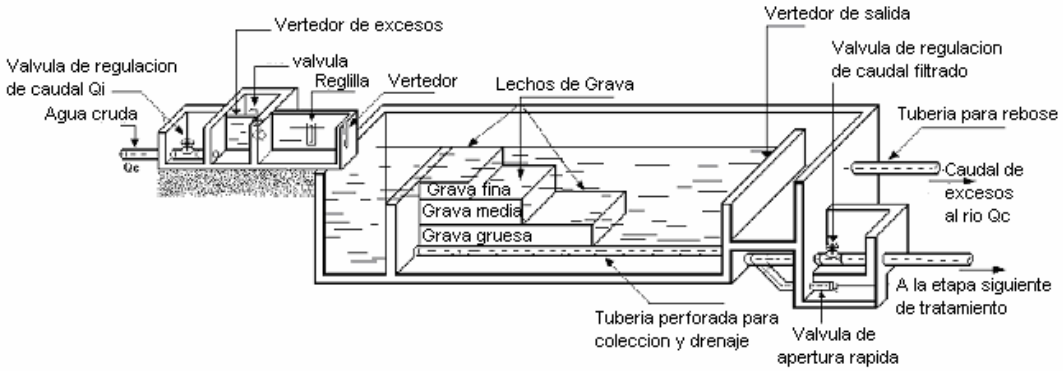


Figura A. Esquema de un filtro dinámico

Área del filtro:

Los criterios generales para el diseño de filtros dinámicos recomiendan una carga superficial entre 2 y 3 m^3/m^2 h, se tomara 3 m^3/m^2 h.

Sabiendo que la carga superficial es el cociente entre el caudal de entrada y el área superficial del lecho filtrante:

$$q_F = Q / A_F$$

Donde:
q_F = carga superficial Q = caudal que entra al filtro
A_F = área superficial

Entonces, el área superficial del filtro es aproximadamente 10 m^2.
De acuerdo al libro Teoría y Práctica de la Purificación del Agua [3], se recomienda que el área superficial máxima del filtro sea de 10 m^2, por lo tanto se tomara una unidad de filtración de esta medida.

Características del material del lecho filtrante:

El lecho filtrante tendrá una altura de 0.6 m distribuido en tres capas de 0.2 m cada una y con los siguientes tamaños de grava.

Capa superior	3 – 6 mm
Capa media	6 – 13 mm
Capa inferior	13 – 25 mm

La altura del drenaje será de 0.2 m incluyendo la capa de grava mas gruesa.

Caja del filtro:

La caja que contendrá la grava, el agua sobrenadante y el sistema de drenaje, tiene un área de 10 m^2, por lo tanto se propone construir un filtro de 2.5 m * 4 m.

La profundidad de la caja será de 0.85 m, de la cual 0.6 m corresponderán al medio filtrante 0.05 m a la capa de agua y 0.2 m de borde libre.

Esta profundidad debe estar entre 0.8 m y 1 m, por lo tanto cumple con esta recomendación [3].

Estructura de entrada:

El sistema de entrada se hace por medio de una sección difusora del flujo con paredes que se abren hacia los lados y desembocan en un tabique perforado con huecos u orificios cada 0.2 m de espaciamiento de centro a centro, los cuales producen una perdida de carga mayor de 0.1 m. la velocidad en los huecos será de 0.9 m/s. este tabique sirve para medir el flujo, determinado por la diferencia de nivel antes y después de el, y para distribuir uniformemente el caudal.

El área de esta estructura de entrada será de 0.6 m * 2.5 m, con un espesor de pared de 0.15 m.

Estructura de salida:

El sistema de salida del agua cruda para limpieza se hace por medio de vertederos de rebose colocados al final del canal filtrante, los cuales descargan el flujo en una cámara donde un tubo la recoge y la lleva a la quebrada.
El efluente filtrado, es extraído por el fondo por un sistema de drenes, hechos con tuberías perforadas de plástico, calculadas como múltiples, las que descargan el efluente en una cámara. El tubo final de salida de los drenes estará provisto de una válvula reguladora de flujo.

La altura del vertedero de salida será de 0.03 y las dimensiones de esta estructura será 0.6 m * 2.5 m.

Drenaje:

El objeto de colocar los drenes en el fondo del filtro es recolectar y extraer el agua filtrada y distribuir uniformemente el agua de lavado en el lecho filtrante, cuando estos quedan mal diseñados contribuyen a desestratificar la grava causando perdidas del medio granular y deficiente limpieza de los granos.

Se recomienda tomar tuberías perforadas ubicadas perpendicularmente al sentido del caudal en la base del filtro.

Los drenajes con tubería perforada consisten en un múltiple y varios laterales, las recomendaciones para su diseño son: [3]

Área total de los filtros / Área filtrante = 0.2 a 0.33 %
Área lateral / Área de orificios servida = 2 a 4
Área múltiple / Área lateral servida = 1.5 a 3
Los orificios y los laterales se colocan a distancias de 7.5 a 30 cm
El diámetro de los orificios varia entre 6.5 y 15.8 mm
La relación de longitud de los laterales a su diámetro no debe exceder de 60. Para una longitud de 1 m se usa un diámetro de 2 in, para 1.5 m, 2 ½ in; para 2 m, 3 in; y para 2.5 m, 3 in.
La velocidad del agua en el múltiple, no debe ser mayor de 2.5 m/s, y en los laterales de 1.8 m/s.

Los orificios se colocan por debajo de, desplazados 30° con la vertical, con los laterales soportados sobre bloques de concreto de 4 cm de altura sobre el fondo del filtro.

Basados en los datos encontrados en el libro "teoría y practica de la purificación del agua" [3] tabla IX-13, para filtros con un área de 10 m^2, se recomienda una tubería principal con un diámetro de 14 pulg. Se tomo este mismo valor llegándose a un área de la tubería principal de 0.096 m^2.

La longitud de los laterales será de 1 m aproximadamente, y su diámetro de 2 in. Así, el área de cada lateral es de $2.02 * 10^{-3}$ m^2. Para la longitud del múltiple de 4 m se instalaran 26 laterales, 13 a cada lado del múltiple, espaciados 0.3 m de centro a centro. El área total de los laterales es de $5.2 * 10^{-2}$ m^2.
Fijando una relación de área de laterales / Área de orificios = 2, el área total de los orificios será de $2.6 * 10^{-2}$ m^2. Para un total de 130 orificios, el área de cada orificio es de $2 * 10^{-4}$ m^2 y un diámetro de orificio de 0.625 in, separados 0.2 m centro a centro.

Comprobando:

Área total de los filtros / Área filtrante = 0.26 %
Área lateral / Área de orificios servida = 2
Área múltiple / Área lateral servida = 1.85
Longitud lateral / diámetro lateral = 19.68
Distancia entre laterales: 0.3 m.

Distancia entre orificios: 0.2 m
Diámetro orificios: 15.8 mm
Vel. en el múltiple: < 2.5 m/s
Velocidad en laterales: < 1.8 m/s

FILTRO GRUESO

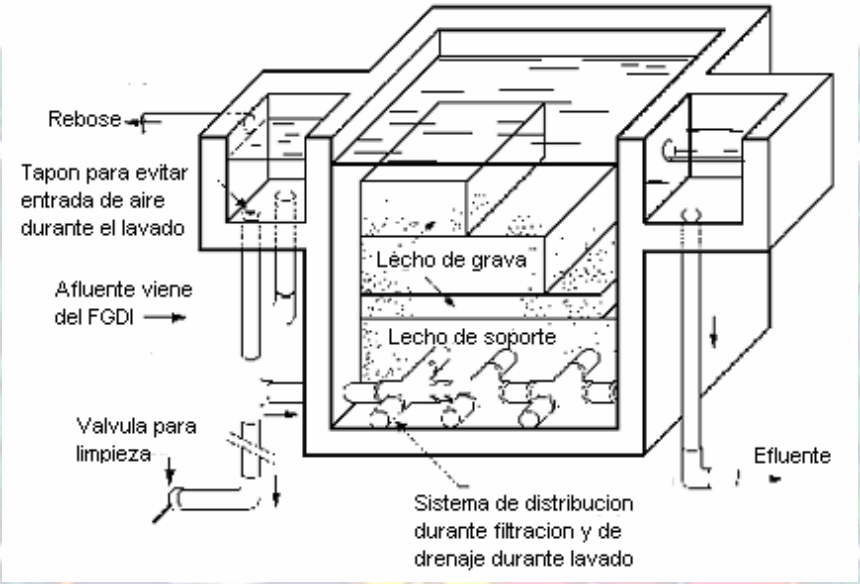


Figura B. Esquema de un filtro grueso

Área del filtro:

Se recomiendan una carga superficial entre 0.3 y 1 m^3/m^2 h, se tomara 0.75 m^3/m^2 h.

Área superficial del lecho filtrante:

$$q_F = Q / A_F$$

Donde:
q_F = carga superficial
A_F = área superficial
Q = caudal que entra al filtro

Entonces, el área superficial del filtro con un sobrediseño del 20% es aproximadamente 40 m^2.

Se recomienda que el área superficial del filtro este entre 15 y 25 m^2, por lo tanto se tomaran dos unidades de filtración de 20 m^2.

Características del material del lecho filtrante:

El lecho filtrante tendrá una altura de 1 m distribuido en cinco capas:

	Tamaño de grava (mm)	espesor capa (m)
Capa superior	19-25	0.25
Capa superior media	13-19	0.25
Capa intermedia	6-13	0.2
Capa inferior media	3-6	0.25
Capa inferior	1.6-3	0.3

La altura del drenaje será de 0.3 m incluyendo la capa de grava inferior.

Caja del filtro:

Las cajas del filtro tienen un área de 20 m^2, por lo tanto se propone construir un filtro de 5 m * 4 m.

La profundidad de la caja será de 1.5 m, de la cual 1 m corresponderán al medio filtrante, 0.2 m a la capa de agua y 0.3 m de borde libre.

Esta profundidad debe estar entre 0.9 m y 1.2 m, por lo tanto cumple con esta recomendación [3].

Drenaje:

El agua filtrada sale por la parte superior al desbordar dentro de las canaletas de recolección. De todas maneras se recomienda dejar un sistema de drenes perforados, calculados como múltiples y provistos de una válvula de apertura rápida que pueda abrirse cada vez que se requiera hacer limpieza de la unidad.
Las placas de concreto poroso son una buena alternativa, consiste en lozetas prefabricadas de concreto hechas con grava de 1/4" a 1/8" y cemento, sin arena ni finos de ningún tipo. El espesor de las lozetas es de 4.5 cm y si se fabrica adecuadamente producen perdidas de carga inferiores a 6 cm para velocidades de flujo del orden de 0.6 m/min. Como la permeabilidad de algunos materiales es muy variable deben colocarse sobre placas sólidas de concreto reforzados, perforados con orificios de ½" que produzcan alrededor de 0.3 cm de perdida por fricción, y que les sirva de soporte pues las lozetas no pueden resistir carga estructural.

La eficiencia en remoción de sólidos con una rata de filtración de 0.75 m/h, es del orden del 75%, las remociones de color real del 40%, y de coliformes fecales sobrepasan el 80%; por esta razón son muy útiles reduciendo las cargas de los filtros lentos en casos en que existan picos de turbiedad de hasta 80 UNT, de color hasta 50 UC y de coliformes hasta 2000 coli/100 ml.

FILTROS LENTOS

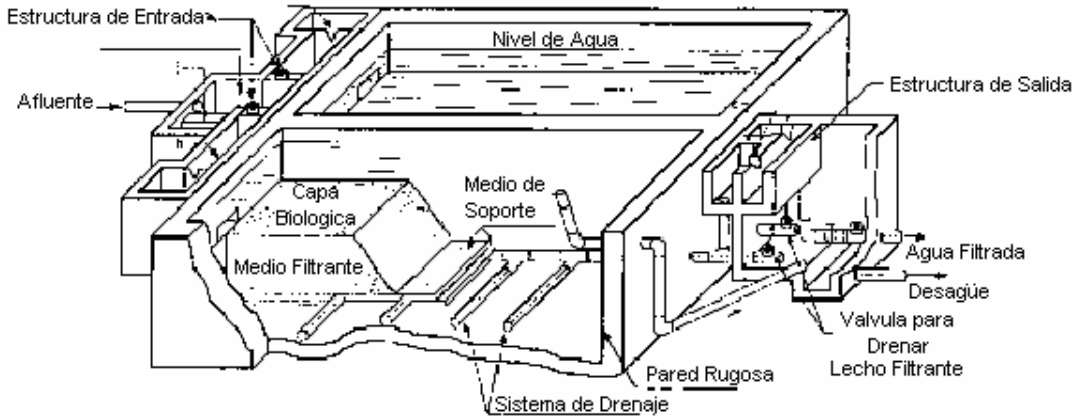


Figura C. Esquema de un filtro lento.

Área del filtro:

Para el diseño de filtros lentos de arena se tomara una carga superficial de 0.35 m^3/m^2h

Área superficial del lecho filtrante:

$$q_F = Q / A_F$$

Donde:

q_F = carga superficial Q = caudal que entra al filtro

A_F = área superficial

Entonces, el área superficial del filtro con un sobrediseño aproximado es de aproximadamente 90 m^2. Se tomaran tres unidades de filtración con un área superficial aproximada de 30 m^2 cada una.

Características del material del lecho filtrante:

La arena usada en los estos filtros debe ser relativamente fina, tener un tamaño efectivo de 0.15 a 0.35 mm y coeficiente de uniformidad menor de 5, preferiblemente entre 2 y 3,5.

El lecho filtrante tendrá una altura de 1 m, la altura del drenaje incluyendo la capa de grava será de 0.3 m. generalmente se usan 3 capas de grava con tamaños entre 1 – 1.4 mm, 4 – 6 mm, 16 – 23 mm respectivamente. Cada capa tendrá un espesor de 0.1 m.

Caja del filtro:

La caja que contendrá la arena, el agua sobrenadante y el sistema de drenaje, tiene un área aproximada de 30 m^2, que es la máxima de acuerdo a las recomendaciones bibliogràficas [3], por lo tanto se propone construir un filtro de 6 m*5 m.

La profundidad de la caja será de 2.5 m, de la cual 1 m corresponderán al medio filtrante 1 m a la capa de agua, 0.3 m de drenaje incluyendo la grava y 0.2 m de borde libre. Esta profundidad debe estar entre 1.9 m y 2.5 m, por lo tanto cumple con esta recomendación [3].

Estructura de entrada [14]:

La estructura de entrada consta de canales para la medición de flujo y una caja exterior a la caja del filtro que permite que el flujo de agua pase al filtro, sin dañar la biocapa que yace sobre la parte superior del lecho de arena. En consecuencia la entrada estará localizada por encima del nivel máximo del lecho de arena y diseñado de tal manera que se generen velocidades cercanas a 0.1 m/s. esto puede lograrse proyectando planchas de concreto, con un ancho mínimo de 0.4 m y máximo de 1 m.

La altura de la estructura de entrada es de 1.5 m desde el borde libre del filtro hacia abajo, con un área de 6.5 m * 0.85 m, y se localizara 15 cm por encima del nivel máximo del lecho de arena, además, poseerá una tubería de salida que permite evacuar rápidamente el agua sobrenadante, en el momento en que el filtro necesitan limpiarse. Se recomienda la construcción de un vertedero que determinara el tiempo de funcionamiento del filtro antes del mantenimiento.

Estructura de salida:

Debe desaguarse de manera independiente cada modulo de filtración, proyectando una tubería para tal fin, descargando libremente en la estructura de salida y vertiendo los desechos a la red general de desagües. La estructura de salida debe posibilitar el llenado ascendente de cada uno de los filtros, con agua tratada después del raspado, lo cual puede efectuarse a través del sistema de drenaje o recolección de agua filtrada en cada modulo.
El agua tratada pasa a través de una tubería proveniente del sistema de drenaje y llega a una caja que sucesivamente se va llenando hasta el nivel del vertedero. Debe existir una válvula de conexión provisional para alimentar el filtro en forma ascendente durante su arranque. Las dimensiones de la estructura de salida serán de 1.1m * 2.1m.

Drenaje:

El drenaje inferior de un filtro lento, tiene las funciones de soportar el material filtrante, asegurar la recolección uniforme del agua filtrada y permitir el llenado

ascendente del filtro. En estos filtros lentos de arena se tomaran tuberías perforadas perpendiculares al sentido del caudal en la base del filtro.

Estos drenajes consisten en un múltiple y varios laterales, su diseño se baso en los parámetros del libro teoría y practica de la purificación del agua [3], tabla IX-13, para filtros de un área aproximada de 30 m^2, se recomienda una tubería principal de 24 pulg. de diámetro. Se tomo este valor y se llego a un área de la tubería principal de 0.283 m^2.

La longitud de los laterales será 4.5 m aproximadamente, por lo cual se considero el diámetro de laterales de 4 in. Entonces, el área de cada lateral es de $8.1 * 10^{-3}$ m^2. Para la longitud del múltiple (6.3 m) se instalaran 36 laterales, 18 a cada lado del múltiple, espaciados 0.3 m centro a centro. El área total de los laterales es de $2.916 * 10^{-1}$ m^2.

Fijando una relación de área de laterales / área de orificios = 3, el área total de los orificios será $9.72 * 10^{-2}$ m^2 para un total de 540 orificios, el área de cada orificio es de $1.8 * 10^{-4}$ y un diámetro de orificio de 15.8 mm, separados 0.3 m centro a centro.

Comprobando:

Área total de los filtros / Área filtrante = 0.299%
Área lateral / Área de orificios servida = 3
Área múltiple / Área lateral servida = 2.9
Longitud lateral / diámetro lateral = 44.29
Distancia entre laterales: 0.3 m.
Distancia entre orificios: 0.3 m
Diámetro de los orificios: 15.8 mm
Velocidad en el múltiple: < 2.5 m/s
Velocidad en laterales: < 1.8 m/s

8. CONCLUSIONES

- La calidad del agua de la quebrada La Liga la cual abastece el municipio se considera de buena calidad, ya que cumple con la mayoría de los parámetros fisicoquímicos exigidos por la legislación colombiana para agua potable. Los parámetros que no cumple es turbidez y color, generalmente en época de invierno.

- De acuerdo a los criterios microbiológicos de calidad del agua la cantidad de coliformes fecales y totales, no cumplen con los valores de calidad para agua de consumo humano. Esta fue una característica muy importante al momento de decidir que el sistema de tratamiento de filtración en múltiples etapas, era el proceso más indicado, por su alta eficiencia en la remoción de agentes patógenos, seguido de una correcta desinfección.

- En cuanto a la captación se puede decir que se encuentra en buen estado, pero a los desarenadores se les deben adecuar las válvulas de lavado, y organizarlos para mejorar la remoción de sólidos sedimentables.

- Existen grandes pérdidas de agua en la conducción, lo cual hace que se reduzca considerablemente el caudal a la entrada de la planta., además existen problemas de fugas en la red de distribución y por el exagerado consumo por parte de algunos usuarios (hasta 250 m^3/mes). Fuente: Of. Servicios Públicos

- La planta requiere una adecuación en el diseño de los filtros, ya que estos no cumplen con los objetivos de tratabilidad del agua.

- La prueba de jarras para incluir los procesos de coagulación floculación realizada en época de sequía dio negativa para incluir estas operaciones, ya que las cantidades de coagulantes que se requieren son altas. Se recomienda realizar una prueba en época de lluvia, para analizar los nuevos resultados.

- Teniendo en cuenta las ventajas del proceso por filtración en múltiples etapas, las características del agua cruda, la disponibilidad del terreno, las limitaciones económicas del municipio, se concluye que es una buena opción para la potabilización del agua y de esta manera mejorar la calidad de vida de los habitantes del municipio.

- Los datos proporcionados en este trabajo hicieron parte de un estudio preliminar para determinar la calidad del agua y el sistema mas adecuado para su tratamiento, proporcionando una guía para que el municipio decida de acuerdo a sus condiciones la solución más viable a esta problemática.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACODAL # 180. Filtración lenta. Santafé de Bogota, 1992.

2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Madrid, 1992.

3. ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. Acodal 1992

4. CASAS REYES, José Vicente. Coagulación-Floculación. Universidad nacional de Colombia. Santafé de Bogota. 1992.

5. CASAS REYES, José Vicente. Manual sobre cloración de aguas. Universidad nacional de Colombia. Santafé de Bogota. 1974.

6. CEPIS. Programa regional para la promoción del uso de tecnologías apropiadas en saneamiento básico. http://www.cepis-oms.org/

7. GONZALEZ, Maria. Estudio de la calidad del agua de las quebradas San Pablo y San miguel y alternativas para su potabilización. Trabajo de grado en Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia. Manizales. 2001

8. LOPEZ CUALLA, Ricardo. Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados. Santafè de Bogota, 1995.

9. MINISTERIO DE SALUD. Guía para la toma de muestras de agua.

10. MINISTERIO DE SALUD. Normas técnicas de calidad del agua potable. Decreto 475/1998. Santa fe de Bogotá 1998.

11. PÉREZ CARRIÓN, José; CÁNEPA DE VARGAS, Lidia; CEPIS (Lima, PE). Proyecto de Desarrollo Tecnológico de las Instituciones de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado. Guía para diseño de plantas de filtración lenta para el medio rural. En: Manual DTIAPA, C-3. Lima (PE), CEPIS-DTIAPA, 1984.

12. REGLAMIENTO TECNICO DEL SECTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS 2000. http://www.derechocolombiano.com/Legislacion/ras.htm

13. ROMERO ROJAS, Jairo A. Acuipurificación. Escuela Colombiana de Ingeniería. Santafe de Bogota. 1993.

14. VELEZ ARIAS, Lina Consuelo. Sistema de tecnología apropiada para potabilización de aguas. Trabajo de grado en Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia. Manizales. 1998

15. VISSCHER, J. T et al. Filtración lenta en arena tratamiento de agua para comunidades: planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento.

16. http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/tratagua/lenta/lenta.html

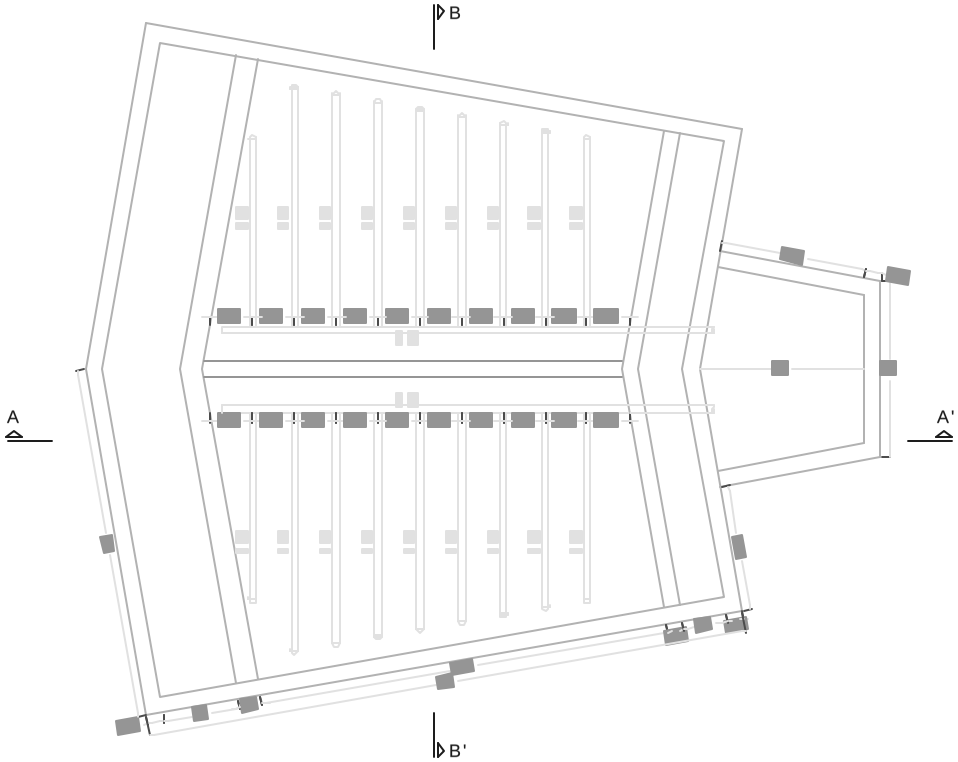
17. http://cinara.univalle.edu.co/

18. http://www.disaster.info.desastres.net/desplazados/documentos/saneamiento01/1/metodos_dedesinfeccion_delagua.htm

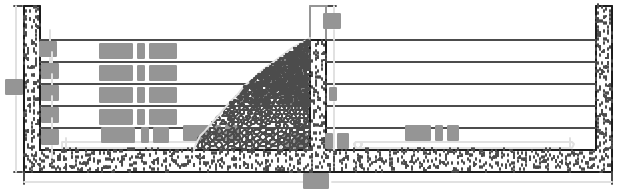
19. http://www.ingenieroambiental.com/inf/informesingenieriasanitaria.htm

ANEXOS

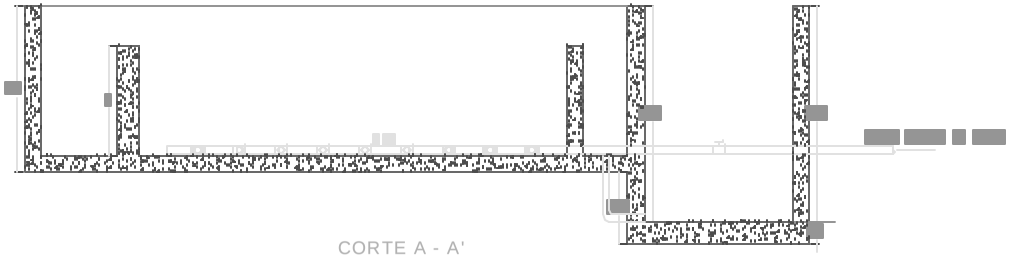
ANEXO A. ESQUEMAS GENERALES Y PLANTA



PLANTA FILTRO GRUESO



CORTE B - B'



CORTE A - A'

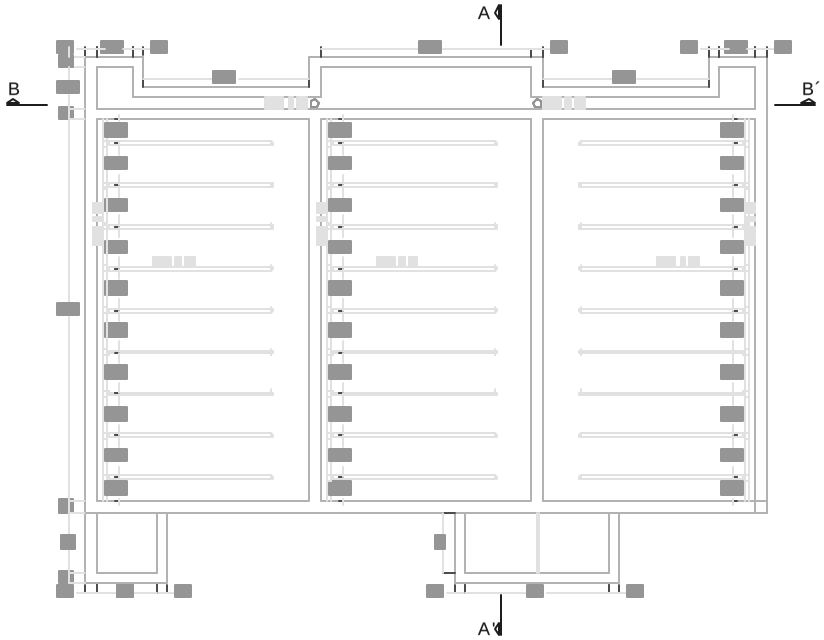
DEPARTAMENTO DEL TOLIMA
MUNICIPIO VALLE DE SAN JUAN

PLANTA DE TRATAMIENTO
AGUA PARA CONSUMO HUMANO

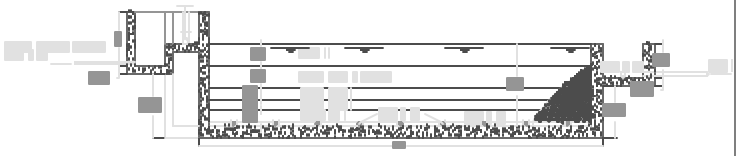
PLANTA FILTRO GRUESO
CORTE A - A' - CORTE B - B'

VEREDA "LA MANGA" VALLE DE SAN JUAN

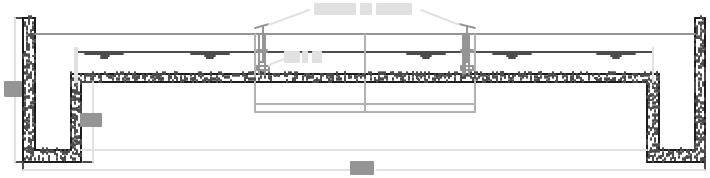
JULIO CESAR CASTRO	1/25	OCT. 2003	1 DE 2



PLANTA FILTRO ARENA



CORTE A - A'



CORTE B - B'

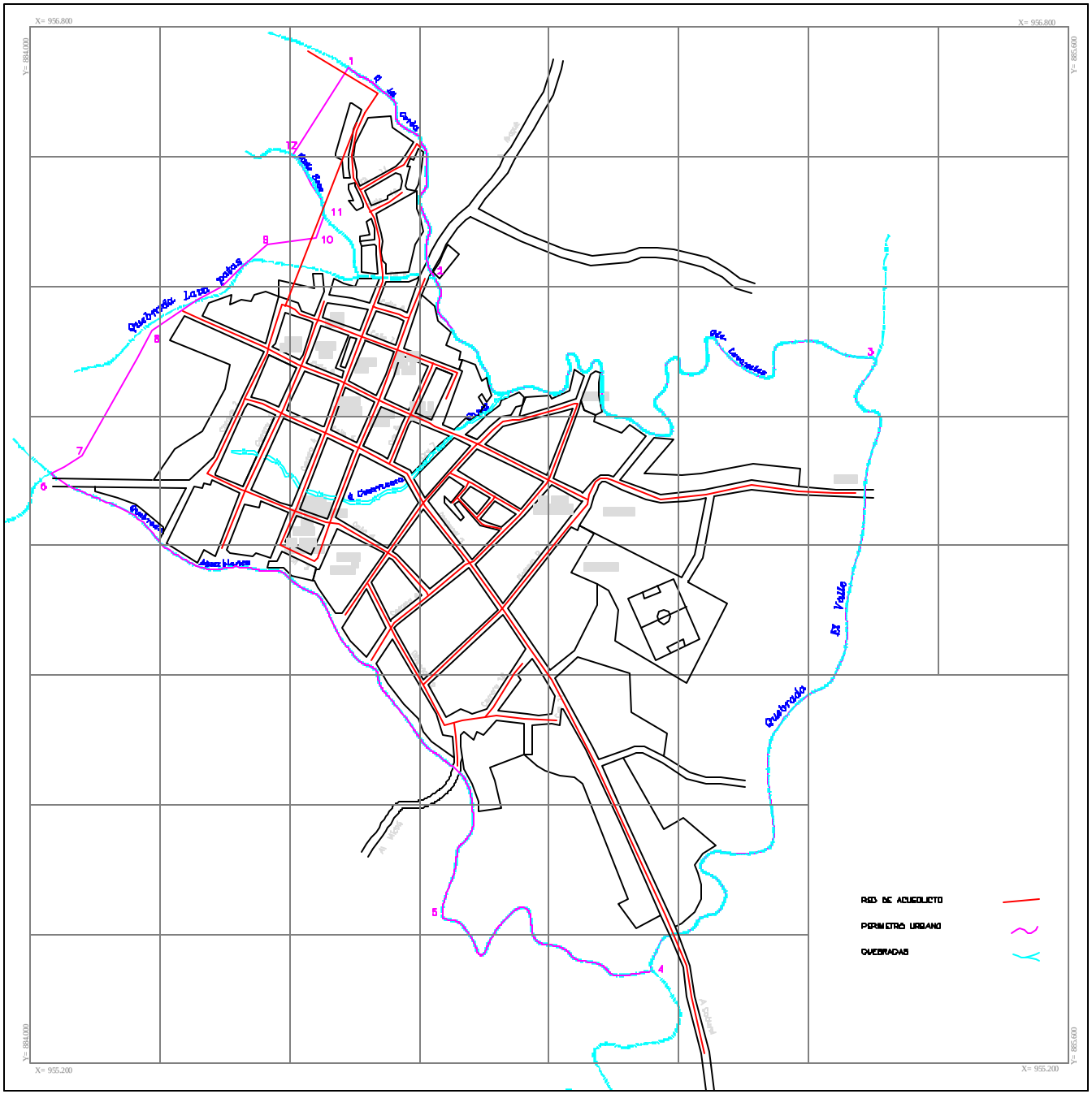
DEPARTAMENTO DEL TOLIMA
MUNICIPIO VALLE DE SAN JUAN

PLANTA DE TRATAMIENTO
AGUA PARA CONSUMO HUMANO

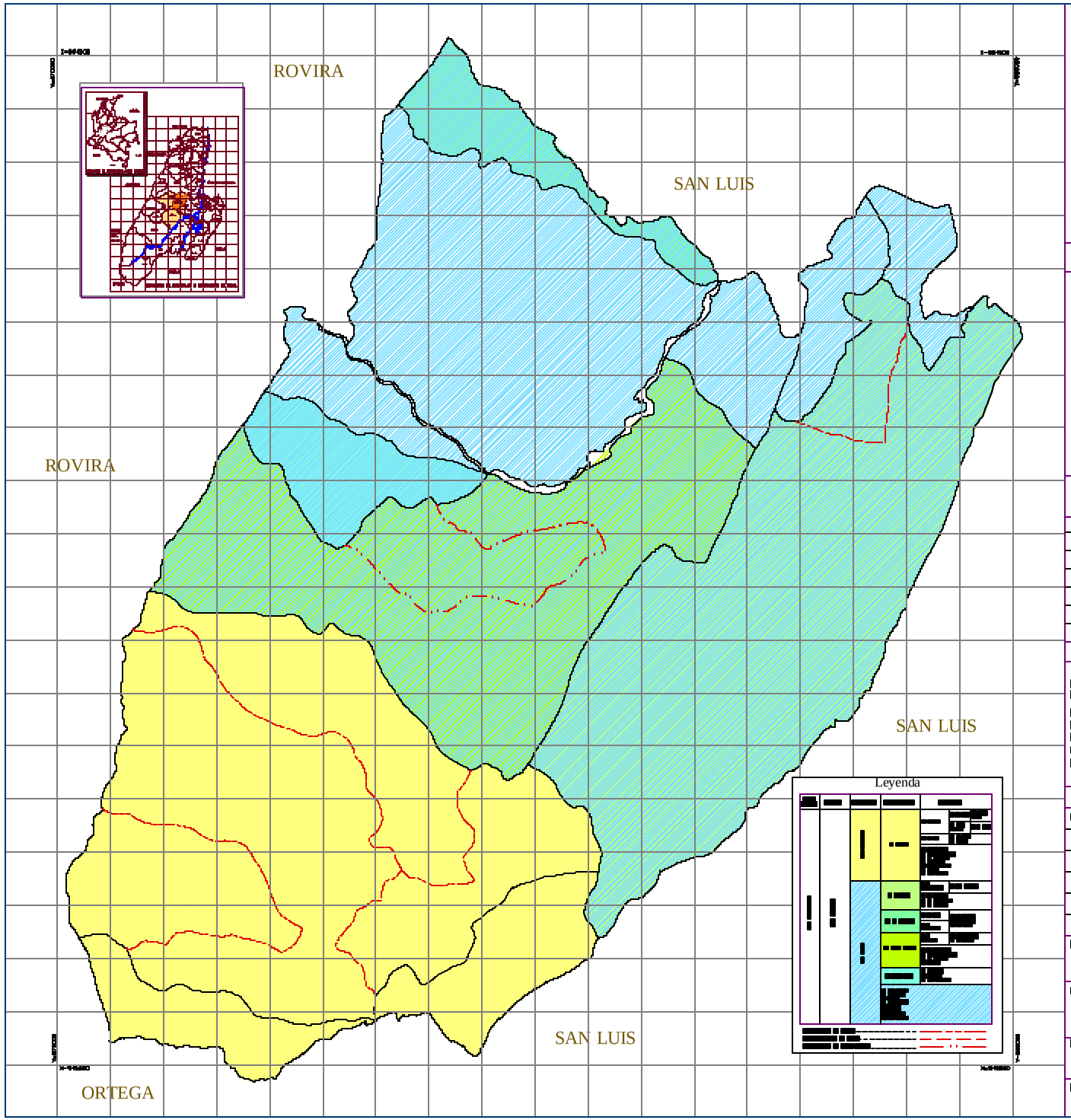
PLANTA FILTRO DE ARENA
CORTE A - A' - CORTE B - B'

VEREDA "LA MANGA" VALLE DE SAN JUAN

JULIO CESAR CASTRO	1/25	OCT. 2003	2 DE 2



ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPIO DE VALLE DE SAN JUAN	GONZALO GARCIA ANGARITA Alcalde Municipal Ing. Juan José Prada Rojas Coordinador EOT	CABECERA MUNICIPAL RED DE ACUEDUCTO	A. L. D. R. 1 : 2.000 Octubre/2001 Nº MDU03

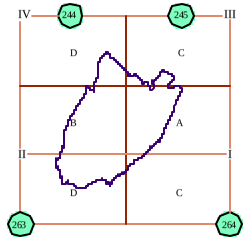


ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPIO DE VALLE DE SAN JUAN

GONZALO GARCIA ANGARITA
Alcalde Municipal

Ing. Juan José Prada Rojas
Coordinador EOT

Distribucion de planchas I.G.A.C.



Planchas de Referencia

Convenciones Topograficas

Estado de Aprobacion

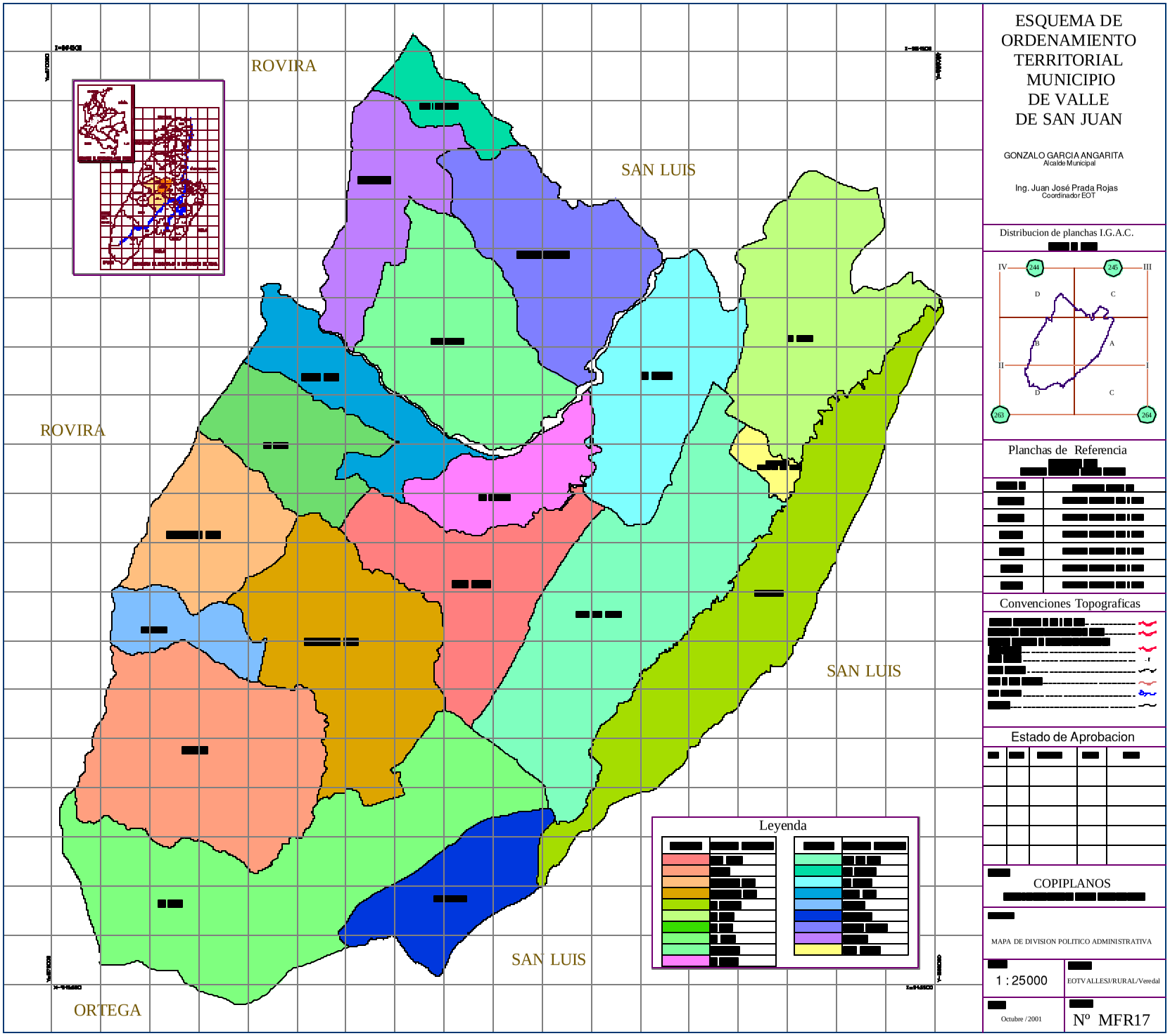
COPIPLANOS

MAPA DE CUENCAS HIDROGRAFICAS

1 : 25000

Octubre /2001

Nº MDR11



ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPIO DE VALLE DE SAN JUAN

GONZALO GARCIA ANGARITA
Alcalde Municipal

Ing. Juan José Prada Rojas
Coordinador EOT

Distribucion de planchas I.G.A.C.

Planchas de Referencia

Convenciones Topograficas

Estado de Aprobacion

COPIPLANOS

MAPA DE DIVISION POLITICO ADMINISTRATIVA

1 : 25000

EOTV ALLESI/RURAL/Veredal

Octubre /2001

Nº MFR17

ANEXO B. REGISTRO FOTOGRÁFICO

REGISTRO FOTOGRAFICO DE LA CAPTACIÓN

FOTO 1. BOCATOMA

FOTO 2. DESARENADORES

FOTO 3. INICIO DE LA CONDUCCIÓN

REGISTRO FOTOGRAFICO DE LA PLANTA

1. ESTADO DE LA PLANTA AL COMIENZO DE ESTE TRABAJO

FOTO 4. FILTROS GRUESOS

FOTO 5. FILTROS LENTOS

FOTO 6. CANAL DE ENTRADA A LOS FILTROS LENTOS

FOTO 7. ESTADO DE ABANDONO DE LA PLANTA EN GENERAL

2. **REPARACIONES QUE SE LE ESTAN REALIZANDO A LA PLANTA ACTUALMENTE:**

FOTO 8. PLANTA ACTUAL EN REPARACIÓN

FOTO 9. CANAL DE ENTRADA FILTROS GRUESOS

FOTO 10. FILTROS GRUESOS EN REPARACION

FOTO 11. DETALLE SALIDA FILTROS GRUESOS

FOTO 12. DETALLE SALIDA FILTROS GRUESOS

FOTO 13. FILTROS LENTOS EN REPARACIÓN

FOTO 14. DETALLE DEL LECHO DE LOS FILTROS LENTOS

FOTO 15. DETALLE CONTROLADORES DE CAUDAL ENTRADA FILTROS LENTOS

FOTO 16. DETALLE DE LOS VERTEDEROS

FOTO 17. DETALLE ENTRADA DE AGUA A LOS FILTROS LENTOS

FOTO 18. DETALLES SALIDA DE DOS FILTROS LENTOS

FOTO 19. DETALLE SALIDA DEL FILTRO INDEPENDIENTE

FOTO 20. ESTADO ACTUAL DEL CLORADOR (NO FUNCIONA)

FOTO 21. DETALLE TUBERIA DISTRIBUIDORA DEL CLORO

FOTO 22. DETALLE GRIETAS TANQUE DE ALMACENAMIENTO

FOTO 23. TANQUES DE ALMACENAMIENTO EN REPARACIÓN

FOTO 24. DETALLE VALVULAS DE CONTROL A LA RED DE DISTRIBUCION

ANEXO C. RESULTADOS DE CAMPO (MUESTREOS)

Nota: Todos los muestreos fueron realizados en el laboratorio de la secretaria de salud en la ciudad de Ibagué – Tolima

MUESTREO No 1: Realizado con el fin de registrar el comportamiento del agua cruda en la epoca de invierno.

Lugar**: "Salida Tanque Almacenamiento"** Fecha: 31 octubre 2003 (Epoca lluvia)
Hora: 9 am No de muestra: 1
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.6		método electrodo	Si
Color	38	UPC	Método colorimetrico	No
Turbidez	167	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	25	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	116	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	85	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	<0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	29.8	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	4.7	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	<0.01	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	80.4	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	Si
Cloruros	9	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	4.08	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	27.6	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	39	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	360	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	1.0	mg/L*h	Método estandar	No

Lugar**: "Salida Tanque Almacenamiento"** Fecha: 31 octubre 2003 (Epoca lluvia)
Hora: 10 am No de muestra: 1
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.8		método electrodo	Si
Color	42	UPC	Método colorimetrico	No
Turbidez	171	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	23	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	120	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	86	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.02	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	32	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	4.9	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	84.5	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	10	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	5.4	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	29.8	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	42	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	371	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	1.1	mg/L*h	Método estandar	No

Lugar**: "Salida Tanque Almacenamiento"** Fecha: 31 octubre 2003 (Epoca lluvia)
Hora: 11 am No de muestra: 1
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.8		método electrodo	Si
Color	46	UPC	Método colorimetrico	No
Turbidez	173	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	25	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	118	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	84	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.02	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	31	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.3	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.02	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	86.3	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	Si
Cloruros	12	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	5.9	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	30.4	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	45	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	378	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	1.1	mg/L*h	Método estandar	No

Lugar**: "Salida Tanque Almacenamiento"** Fecha: 31 octubre 2003 (Epoca lluvia)
Hora: 12 m No de muestra: 1
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.6		método electrodo	Si
Color	45	UPC	Método colorimetrico	No
Turbidez	171	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	28	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	123	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	88	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	35	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	4.7	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.02	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	85.5	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	Si
Cloruros	10	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	6.2	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	30.9	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	46	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	382	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	1.1	mg/L*h	Método estandar	No

Lugar**: "Salida Tanque Almacenamiento"** Fecha: 31 octubre 2003 (Epoca lluvia)
Hora: 1 pm No de muestra: 1
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.9		método electrodo	Si
Color	48	UPC	Método colorimetrico	No
Turbidez	169	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	26	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	125	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	87	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.02	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	34	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	4.9	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	86.9	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	Si
Cloruros	9	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	5.3	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	29.3	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	43	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	379	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	1.0	mg/L*h	Método estandar	No

Lugar**: "Salida Tanque Almacenamiento"** Fecha: 31 octubre 2003 (Epoca lluvia)
Hora: 2 pm No de muestra: 1
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable **Tipo de análisis**	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.9		método electrodo	Si
Color	44	UPC	Método colorimetrico	No
Turbidez	172	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	25	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	123	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	85	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.02	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	32	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.02	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	83.4	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	11	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	4.9	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	30.7	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	41	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	370	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	1.1	mg/L*h	Método estandar	No

MUESTREO COMPUESTO No 2: Realizado con el fin de deteminar el efecto de la infraestructura existente sobre las caracteristicas del agua.

Lugar**: "Entrada Planta"** Fecha: 16 diciembre 2003
Hora: 9 am No de muestra: 2
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.16		método electrodo	Si
Color	8.15	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	5.4	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	34.6	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	132	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	95	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	<0.015	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	37.9	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.41	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	<0.015	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	74.2	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	Si
Cloruros	14	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.05	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.03	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	13.7	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	37	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	350	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.2	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: "Entrada Planta"** Fecha: 16 diciembre 2003
Hora: 10 am No de muestra: 2
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.25		método electrodo	Si
Color	8.14	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	5.2	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	34.0	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	129	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	93	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	36.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.35	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	72.9	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	Si
Cloruros	13	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.02	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	12.9	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	43	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	358	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.2	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: "Entrada Planta"** Fecha: 16 diciembre 2003
Hora: 11 am No de muestra: 2
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable **Tipo de análisis**	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.25		método electrodo	Si
Color	8.14	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	5.2	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	34.0	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	129	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	93	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	36.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.35	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	72.9	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	13	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.02	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	12.9	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	43	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	358	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.2	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: "Entrada Planta"** Fecha: 16 diciembre 2003
Hora: 12 m No de muestra: 2
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.31		método electrodo	Si
Color	8.19	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	5.3	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	34.5	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	135	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	96	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	38.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.42	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	74.8	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	14	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	0.09	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.03	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	13.5	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	42	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	356	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.2	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: "Entrada Planta"** Fecha: 16 diciembre 2003
Hora: 1 pm No de muestra: 2
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.34		método electrodo	Si
Color	8.19	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	5.4	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	34.3	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	134	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	96	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	38.0	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.31	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	74.3	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	15	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.04	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	14.2	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	42	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	353	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.2	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: "Entrada Planta"** Fecha: 16 diciembre 2003
Hora: 2 pm No de muestra: 2
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.29		método electrodo	Si
Color	8.15	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	5.3	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	34.5	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	130	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	94	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	37.4	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.42	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	73.7	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	14	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.06	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	13.8	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	38	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	352	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.2	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: "Salida tanque de almacenamiento"** Fecha: 16 diciembre 2003
Hora: 9 am No de muestra: 3
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable **Tipo de análisis**	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.28		método electrodo	Si
Color	8.15	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	5.2	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	38.5	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	132	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	95	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	<0.015	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	37.9	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.41	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	<0.015	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	74.2	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	Si
Cloruros	14	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.05	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.03	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	13.7	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	37	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	350	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.2	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: "Salida tanque de almacenamiento"** Fecha: 16 diciembre 2003
Hora: 10 am No de muestra: 3
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.3		método electrodo	Si
Color	8.15	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	5.3	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	38	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	130	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	94	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	36.0	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.39	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	72.8	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	14	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.01	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.03	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	13.5	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	42	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	355	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.2	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: "Salida tanque de almacenamiento"** Fecha: 16 diciembre 2003
Hora: 11 am No de muestra: 3
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.36		método electrodo	Si
Color	8.19	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	5.2	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	38.4	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	135	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	96	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	38.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.46	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	73.1	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	14	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.00	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	13.7	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	43	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	358	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.2	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: "Salida tanque de almacenamiento"** Fecha: 16 diciembre 2003
Hora: 12 m No de muestra: 3
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.45		método electrodo	Si
Color	8.2	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	5.2	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	38.4	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	135	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	95	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	37.6	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.43	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	75.6	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	Si
Cloruros	15	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.03	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.03	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	13.6	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	41	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	356	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.2	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: "Salida tanque de almacenamiento"** Fecha: 16 diciembre 2003
Hora: 1 pm No de muestra: 3
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable **Tipo de análisis**	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.42		método electrodo	Si
Color	8.18	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	5.5	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	38.5	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	134	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	96	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	38.0	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.34	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	74.5	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	15	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.02	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.03	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	13.8	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	42	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	356	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.2	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: "Salida tanque de almacenamiento"** Fecha: 16 diciembre 2003
Hora: 2 pm No de muestra: 3
Frecuencia: Cada hora Tipo de muestra: Agua Cruda

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.31		método electrodo	Si
Color	8.16	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	5.3	NTU	Método Nefelometrico	No
Conductividad	38.4	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	132	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	96	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	37.9	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.40	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	74.0	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	Si
Cloruros	14	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.02	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	13.6	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	40	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	351	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.2	mg/L*h	Método estandar	Si

MUESTREO COMPUESTO No 3: Realizado con el fin de conocer el comportamiento del agua cruda después de estratificar el lecho filtrante.

Lugar**:** **"Entrada a la planta"** Hora: 9 am
Fecha: 19 enero 2004 No de muestra: 4

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.56		método electrodo	Si
Color	8.1	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	3.1	NTU	Método Nefelometrico	Si
Conductividad	27.6	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	139	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	91	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	<0.015	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	34.9	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.4	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	<0.015	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	76.4	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	Si
Cloruros	13	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.05	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.03	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	13.7	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	45	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	378	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.1	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: “Entrada a la planta”** Hora: 10 am
Fecha: 19 enero 2004 No de muestras: 4

Variable **Tipo de análisis**	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.65		método electrodo	Si
Color	8.15	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	3.2	NTU	Método Nefelometrico	Si
Conductividad	26.5	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	142	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	94	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	35.4	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.3	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	76.2	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	13	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.02	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	13.5	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	43	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	376	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.1	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: “Entrada a la planta”** Hora: 11 am
Fecha: 19 enero 2004 No de muestras: 4

Variable **Tipo de análisis**	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.69		método electrodo	Si
Color	8.3	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	3.1	NTU	Método Nefelometrico	Si
Conductividad	26.3	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	141	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	94	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	35.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.4	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	75.5	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	13	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.03	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	13.2	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	46	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	382	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.1	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: “Entrada a la planta”** Hora: 12 m
Fecha: 19 enero 2004 No de muestras: 4

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.73		método electrodo	Si
Color	8.35	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	3.1	NTU	Método Nefelometrico	Si
Conductividad	26.9	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	140	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	92	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	35.3	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.3	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	76.9	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	14	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.06	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	12.9	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	46	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	383	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.1	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: “Entrada a la planta”** Hora: 1 pm
Fecha: 19 enero 2004 No de muestras: 4

Variable **Tipo de análisis**	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.74		método electrodo	Si
Color	8.3	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	3.2	NTU	Método Nefelometrico	Si
Conductividad	27.6	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	142	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	95	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	35.9	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	76.8	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	15	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.04	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	13.5	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	48	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	389	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.1	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: “Entrada a la planta”** Hora: 2 pm
Fecha: 19 enero 2004 No de muestras: 4

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.69		método electrodo	Si
Color	8.3	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	3.0	NTU	Método Nefelometrico	Si
Conductividad	27.2	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	142	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	94	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	34.8	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.3	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	76.1	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	14	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.3	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	13.6	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	45	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	380	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.1	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: “Salida Filtros Lentos”** Hora: 9 am
Fecha: 19 enero 2004 No de muestras: 4

Variable **Tipo de análisis**	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.62		método electrodo	Si
Color	7.1	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	1.8	NTU	Método Nefelometrico	Si
Conductividad	25.8	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	135	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	90	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	<0.015	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	32.9	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.0	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	<0.01	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	78.1	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	13	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.05	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.03	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	11.4	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	28	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	312	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.1	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: "Salida Filtros Lentos"** Hora: 10 am
Fecha: 19 enero 2004 No de muestras: 4

Variable **Tipo de análisis**	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.68		método electrodo	Si
Color	7.2	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	1.6	NTU	Método Nefelometrico	Si
Conductividad	25.5	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	137	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	93	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	33.4	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	78.3	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	13	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.02	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	11.9	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	25	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	306	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.1	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: "Salida Filtros Lentos"** Hora: 11 am
Fecha: 19 enero 2004 No de muestras: 4

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.72		método electrodo	Si
Color	7.2	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	1.6	NTU	Método Nefelometrico	Si
Conductividad	25.9	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	138	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	95	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	33.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.3	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	78.9	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	14	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.03	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	11.8	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	23	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	302	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.1	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: "Salida Filtros Lentos"** Hora: 12 m
Fecha: 19 enero 2004 No de muestras: 4

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.75		método electrodo	Si
Color	7.4	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	1.8	NTU	Método Nefelometrico	Si
Conductividad	26.3	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	139	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	95	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	33.4	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.3	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	78.9	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	Si
Cloruros	13	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.03	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	12.4	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	25	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	303	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.1	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: "Salida Filtros Lentos"** Hora: 1 pm
Fecha: 19 enero 2004 No de muestras: 4

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.74		método electrodo	Si
Color	7.4	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	1.8	NTU	Método Nefelometrico	Si
Conductividad	26.5	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	139	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	94	$mgCaClO_3/L$	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	33.5	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.3	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	79.1	$mgCaClO_3/L$	Método Titulometrico	Si
Cloruros	13	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.03	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.02	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	12.6	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	28	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	302	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.1	mg/L*h	Método estandar	Si

Lugar**: "Salida Filtros Lentos"** Hora: 2 pm
Fecha: 19 enero 2004 No de muestras: 4

Variable Tipo de análisis	**Valor**	**Unidades**	**Método**	**Observaciones** Cumple con el Dec 475/98
PH	7.70		método electrodo	Si
Color	7.2	UPC	Método colorimetrico	Si
Turbidez	1.7	NTU	Método Nefelometrico	Si
Conductividad	26.1	µMHOS/cm	Método electrodo	Si
Dureza total	136	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Dureza calcica	93	mg$CaClO_3$/L	Método titulométrico EDTA	Si
Hierro	0.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Cobre	0.01	mg/l	Absorción Atomica	Si
Calcio	33.2	mg/l	Absorción Atomica	Si
Magnesio	5.1	mg/l	Absorción Atomica	Si
Acidez total	0.01	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	si
Alcalinidad total	78.2	mg$CaClO_3$/L	Método Titulometrico	Si
Cloruros	13	Ppm Cl^-	Método Argentometrico	Si
Nitratos	1.05	Mg NO_3-N/l	Método Colorimetrico	Si
Nitritos	0.03	Mg N-NO_2/l	Método Colorimetrico	Si
Sulfatos	11.9	Mg SO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Fosfatos	0	Mg P-PO_4/l	Método Colorimetrico	Si
Coliformes FEC	24	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Coliformes TOT	301	UFC/100 ml	Filtración en membrana	No
Sólidos sediment	0.1	mg/L*h	Método estandar	Si

DATOS DE LOS MUESTREOS COMPUESTOS REALIZADOS PARA CAUDAL, PH Y TEMPERATURA

Quebrada La Liga
Lugar: Salida Desarenadores
Fecha: Diciembre 15 de 2003

Hora	Caudal L/s	pH	Temperatura
9:00 am	21.63	7.96	18
10:00 am	22.31	7.94	18
11:00 am	22.26	7.94	19
12:00 pm	22.52	7.96	19
1:00 pm	23.41	7.96	19
2:00 pm	23.68	7.96	19

Quebrada La Liga
Lugar: Salida Desarenadores
Fecha: Enero 20 de 2004

Hora	Caudal L/s	pH	Temperatura
9:00 am	22.37	7.33	17.5
10:00 am	23.59	7.34	17.5
11:00 am	23.48	7.58	17.5
12:00 pm	24.39	7.52	17.5
1:00 pm	24.35	7.54	18
2:00 pm	24.76	7.52	18

DATOS DE SOLIDOS SEDIMENTABLES

Fecha: 1 noviembre de 2003 (Epoca de lluvia)
No de muestra: 1
Hora: 9 am

Ubicacion	Solidos Sedimentables mg/l/h
Entrada al 1er desarenador	1.5
Salida del 2do desarenador	1.0

DATOS DE LOS MUESTREOS DE CAUDAL REALIZADOS PARA DETERMINAR LAS PERDIDAS EN LA RED DE DISTRIBUCION

Salida tanques almacenamiento			Inicio abastecimiento veredas del Valle de San Juan			Inicio abastecimiento veredas de San Luis		
Vol (litros)	Tiempo (seg)	Caudal (l/s)	Vol (litros)	Tiempo (seg)	Caudal (l/s)	Vol (litros)	Tiempo (seg)	Caudal (l/s)
19	1.21	15.7	16	1.45	11.03	25	9.26	2.70
25	1.53	16.34	13	1.28	10.16	32	10.19	3.14
21	134	15.67	19	1.95	9.74	30	9.21	3.26
32	1.98	16.16	22	2.10	10.48	23	7.96	2.88
27	1.62	16.67	16	1.73	9.25	19	6.07	3.13
30	1.90	15.79	17	1.76	9.66	25	8.47	2.95
45	2.89	15.57	15	1.42	10.56	42	13.29	3.16
24	1.48	16.21	26	2.74	9.49	37	11.46	3.23
33	2.13	15.49	23	2.41	9.54	28	9.10	3.08
42	2.43	17.28	31	3.05	10.16	43	13.85	3.10

Caudal promedio 16.08 l/s	Caudal promedio 10.01 l/s	Caudal promedio 3.06 l/s

REGISTRO DEL ANALISIS BACTERIOLOGICO DEL AGUA DURANTE LOS ULTIMOS MESES♣

Lugar: Entrada al casco urbano

MES	U.F.C Coliformes/100 ml	U.F.C Coliformes Fecales/100 ml
ENERO 2004	312	28
DICIEMBRE 2003	328	32
NOVIEMBRE 2003	350	37
OCTUBRE 2003	360	39
SEPTIEMBRE 2003	387	40
AGOSTO 2003	386	43
JULIO 2003	374	41
JUNIO 2003	364	38
MAYO 2003	379	40
ABRIL 2003	377	42
MARZO 2003	382	47
FEBRERO 2003	387	45
ENERO 2003	389	43

♣ Fuente: Secretaria de salud del departamento del Tolima

ANEXO D. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE JARRAS

PRUEBA DE JARRAS

1. SULFATO DE ALUMINIO

Agua cruda		Mezcla rápida	Floculación	Sedimentación
Color	8.1	Vel: 200 rpm	vel: 30 rpm	tiempo: 15 min
Turbidez	1.8	tiempo: 20 s	tiempo: 15 min	
Dureza	25			
pH	8.2			

Tabla 1. Dosis optima $Al_2(SO_4)_3$ (10%)

	Dosis mg/L (10%)	**Observaciones Visuales**	**Agua sedimentada**		
	Mezcla rápida	**Volumen de jarras: 2000 ml**	**Floculación**		**Sedimentación**
Jarra	Cant. coagulante	Índice Willcomb	pH	color	Turbidez residual
1	20	4	6.93	7.12	2.4
2	25	6	6.75	5.23	2.3
3	30	6	6.61	4.77	1.7
4	35	5	6.48	6.18	2.6
5	40	2	6.32	11.33	6.7
6	50	1	5.99	13.67	7.8

Tabla 2. Dosis optima $Al_2(SO_4)_3$ (5%)

	Dosis mg/L (5%)	**Observaciones Visuales**	**Agua sedimentada**		
	Mezcla rápida	**Volumen de jarras: 2000 ml**	**Floculación**		**Sedimentación**
Jarra	Cant. coagulante	Índice Willcomb	pH	color	Turbidez residual
1	20	4	7.02	8.10	3.8
2	25	6	6.91	8.56	2.2
3	30	6	6.80	7.61	1.7
4	35	4	6.72	8.56	2.9
5	40	4	6.63	8.55	1.4
6	50	0	6.32	9.49	7.9

Tabla 3. Dosis optima $Al_2(SO_4)_3$ (1%)

	Dosis mg/L (1%)	**Observaciones Visuales**	**Agua sedimentada**		
	Mezcla rápida	**Volumen de jarras: 2000 ml**	**Floculación**		**Sedimentación**
Jarra	Cant. coagulante	Índice Willcomb	pH	color	Turbidez residual
1	20	2	7.14	6.22	1.8
2	25	4	6.99	4.90	1.6
3	30	6	6.90	5.27	2.3
4	35	6	6.82	4.91	2.1
5	40	4	6.71	3.87	1.7
6	50	4	6.55	5.27	2.1

Tabla 4. Dosis optima $Al_2(SO_4)_3$ (0.5%)

	Dosis mg/L (0.5%)	**Observaciones Visuales**	**Agua sedimentada**		
	Mezcla rápida	**Volumen de jarras: 2000 ml**	**Floculación**		**Sedimentación**
Jarra	Cant. coagulante	Índice Willcomb	pH	color	Turbidez residual
1	20	1	4.91	22.63	15.3
2	25	1	4.81	25.44	24.5
3	30	2	4.70	27.79	25.4
4	35	2	4.65	28.71	28.3
5	40	2	4.66	33.39	30.3
6	50	3	4.63	43.25	28.2

Tabla 5. Prueba de sedimentación

Turbidez inicial: 1.5 NTU

Jarra	Índice Willcomb	Coagulante		Color final Upt-Co	pH final
		Concentración %	Dosis mg/L		
1	**6**	**10**	**35**	**4.35**	**6.67**
2	**6**	**5**	**40**	**4.80**	**6.68**
3	**6**	**1**	**25**	**6.11**	**6.93**

Tabla 6. Turbidez al final de la sedimentación

Tiempo min	Turbidez NTU			Floc remanente Nt/No*100			Floc removido(1-Nt/No)*100		
	Jarra								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	4.4	4.8	4.4	234.45	256.4	234.18	-134.45	-156.4	-134.18
5	3.6	2.4	3.5	189.73	123.07	178.62	-89.73	-23.07	-78.62
10	1.7	1.9	2.3	84.18	95.29	117.51	15.82	4.71	-17.51
20	1.3	1.3	1.7	61.96	67.51	84.18	38.04	32.49	15.82
30	1.1	1.1	1.2	54.18	50.84	61.96	45.82	49.16	38.04

Dosis de coagulante 40 mg/L al 5%

Tabla 7. pH optimo

Turbidez inicial: 1.5

Jarra	pHo	pHf	Turbidez residual	Color residual	Índice Willcomb
1	5.06	4.70	4.5	10.91	0
2	6.03	5.04	6.2	14.19	2
3	7.11	6.38	2.4	8.56	4
4	8.02	6.63	2.4	6.21	6
5	9.04	6.87	1.5	4.35	6

Dosis de coagulante 40 mg/L al 5% turbidez inicial 2.1 NTU

Tabla 8. Tiempo y gradiente de coagulación

Gradiente	100 rpm		200 rpm		300 rpm	
Jarra	Tiempo	Turbidez	Tiempo	Turbidez	Tiempo	Turbidez
1	10	1.7	10	1.8	10	2.5
2	20	1.8	20	1.5	20	2.5
3	30	1.5	30	1.6	30	1.6
4	40	2.9	40	1.9	40	1.9
5	50	1.5	50	1.8	50	1.8
6	60	1.4	60	1.8	60	1.4

Dosis optima de coagulante 40 mg/L al 5% Turbidez inicial 2.05 NTU

Tabla 9. Tiempo y gradiente de Floculación

Gradiente	20 rpm		30 rpm		40 rpm		50 rpm	
Jarra	Tiempo	Turbidez	Tiempo	Turbidez	Tiempo	Turbidez	Tiempo	Turbidez
1	7	6.7	7	5.3	7	4.2	7	2.1
2	13	2.9	13	2.4	13	1.7	13	1.9
3	20	1.8	20	1.3	20	1.25	20	1.4
4	27	0.93	27	1	27	1.08	27	1.5
5	33	0.9	33	0.9	33	1.05	33	1.6
6	40	0.76	40	0.9	40	1	40	1.8

2. CLORURO FERRICO

Agua cruda		Mezcla rápida	Floculación	Sedimentación
Color	5.75	Vel: 200 rpm	vel: 30 rpm	tiempo: 15 min
Turbidez	1.8	tiempo: 20 s	tiempo: 15 min	
Dureza	25			
pH	8.2			

Jarras de 2000 ml

Tabla 10. Dosis optima $FeCl_3$ (10%)

	Dosis mg/L (10%) Mezcla rápida	Observaciones Visuales Volumen de jarras: 2000 ml	Agua sedimentada		
			Floculación		Sedimentación
Jarra	Cant. coagulante	Índice Willcomb	pH	color	Turbidez residual
1	20	4	6.36	10.91	1.17
2	25	6	6.20	11.38	1.24
3	30	4	6.13	11.38	1.3
4	35	4	5.88	17.47	1.7
5	40	6	5.61	17.47	1.09
6	50	0	4.91	137.93	3.3

Tabla 11. Dosis optima $FeCl_3$ (5%)

	Dosis mg/L (5%)	Observaciones Visuales	Agua sedimentada		
	Mezcla rápida	Volumen de jarras: 2000 ml	Floculación		Sedimentación
Jarra	Cant. coagulante	Índice Willcomb	pH	color	Turbidez residual
1	20	4	6.47	13.72	1.17
2	25	6	6.38	14.19	1.5
3	30	4	6.22	16.06	1.6
4	35	4	5.84	15.13	1.15
5	40	6	6.43	61.06	2.8
6	50	0	5.19	136.90	3.8

Tabla 12. Dosis optima $FeCl_3$ (1%)

	Dosis mg/L (1%)	Observaciones Visuales	Agua sedimentada		
	Mezcla rápida	Volumen de jarras: 2000 ml	Floculación		Sedimentación
Jarra	Cant. coagulante	Índice Willcomb	pH	color	Turbidez residual
1	20	2	6.58	23.56	2.0
2	25	4	6.24	25.91	2.4
3	30	6	6.14	27.78	2.05
4	35	6	5.94	31.53	2.7
5	40	6	5.69	32.47	1.9
6	50	0	5.15	65.75	3.1

Tabla 13. Dosis optima $FeCl_3$ (0.5%)

	Dosis mg/L (0.5%)	Observaciones Visuales	Agua sedimentada		
	Mezcla rápida	Volumen de jarras: 2000 ml	Floculación		Sedimentación
Jarra	Cant. coagulante	Índice Willcomb	pH	color	Turbidez residual
1	20	2	6.72	10.44	1.3
2	25	2	6.41	11.38	1.22
3	30	6	5.82	12.31	1.03
4	35	4	5.19	10.44	1.15
5	40	6	5.05	14.66	1.07
6	50	0	4.82	145.43	3.3

Tabla 14. Prueba de sedimentación

Turbidez inicial: 1.8 NTU

Jarra	Índice Willcomb	Coagulante		Color final Upt-Co	pH final
		Concentración %	Dosis mg/L		
1	**6**	10	40	19.34	5.74
2	**6**	5	35	13.72	5.87
3	**6**	1	30	160.9	6.07

Tabla 15. Turbidez al final de la sedimentación

Tiempo min	Turbidez NTU			Floc remanente Nt/No*100			Floc removido(1-Nt/No)*100		
	Jarra								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	3.76	1.4	1.6	43.89	62.78	73.89	56.11	37.22	26.11
5	3.76	1.3	1.15	43.89	57.23	48.89	56.11	42.77	51.11
10	1.03	1.3	1.06	42.23	57.23	43.89	57.77	42.77	56.11
20	1.01	1.28	1	41.11	56.11	40.56	58.89	43.89	59.44
30	0.99	1.27	1	40.0	55.56	40.56	60.0	44.44	59.44

Dosis de coagulante 40 mg/L al 10%

Tabla 16. pH optimo

Turbidez inicial: 1.8 NTU

Jarra	pHo	pHf	Turbidez residual	Color residual	Índice Willcomb
1	4.07	3.37	27.3	139.34	0
2	5.08	3.41	20.3	141.68	1
3	6.15	3.73	4.6	69.97	2
4	7.1	4.93	2.4	51.22	4
5	8.11	5.80	1.06	12.25	5
6	9.12	6.42	1.2	12.78	6

Dosis de coagulante 40 mg/L al 10% turbidez inicial 1.7 NTU

Tabla 17. Tiempo y gradiente de coagulación

Gradiente	100 rpm		200 rpm		300 rpm	
Jarra	Tiempo	Turbidez	Tiempo	Turbidez	Tiempo	Turbidez
1	10	1.5	10	1.4	10	1.25
2	20	1.19	20	1.4	20	1.04
3	30	1.05	30	1.18	30	1.4
4	40	1.3	40	1.45	40	1.23
5	50	1.5	50	1.3	50	0.85
6	60	1.0	60	0.8	60	0.94

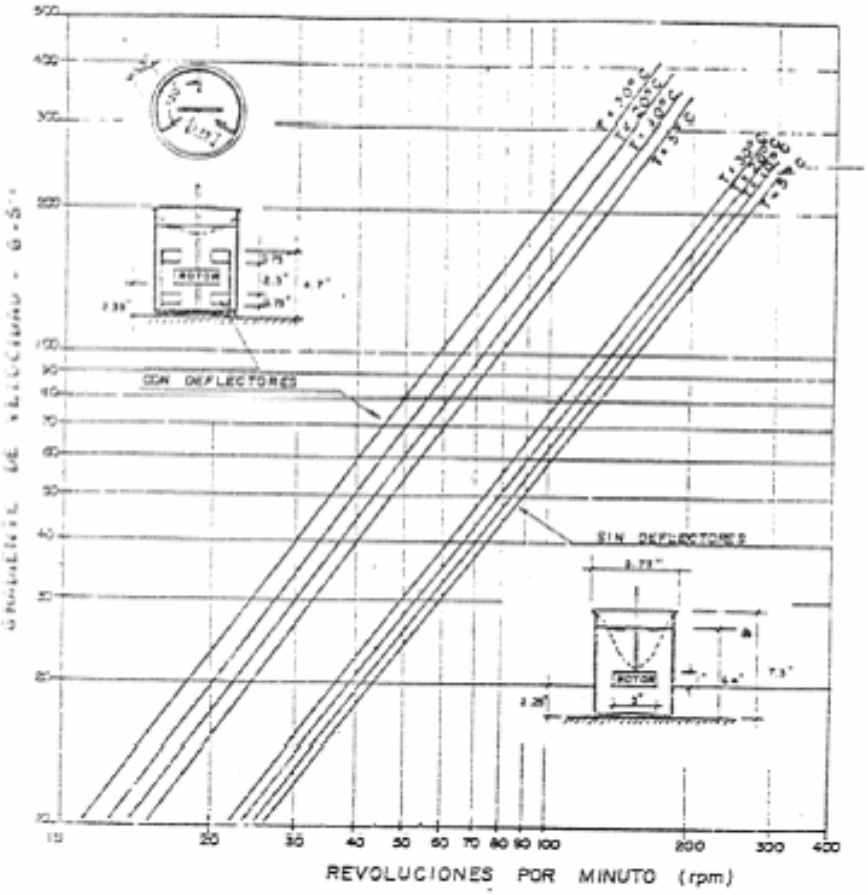
Dosis optima de coagulante 40 mg/L al 10% Turbidez inicial 1.1 NTU

Tabla 18. Tiempo y gradiente de Floculación

Gradiente	20 rpm		30 rpm		40 rpm		50 rpm	
Jarra	Tiempo	Turbidez	Tiempo	Turbidez	Tiempo	Turbidez	Tiempo	Turbidez
1	7	5.9	7	1.90	7	1.8	7	1.8
2	13	3.1	13	1.16	13	1.28	13	0.93
3	20	1.7	20	1.30	20	1.07	20	0.76
4	27	1.7	27	0.70	27	0.75	27	0.76
5	33	1.4	33	0.70	33	0.88	33	0.79
6	40	0.8	40	0.75	40	0.68	40	0.72

GRAFICA UTILIZADA EN LA PRUEBA DE JARRAS [5]

FIGURA 3 LIBRO COAGULACION - FLOCULACION (JOSE VICENTE CASAS)



ANEXO E. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

FORMATO DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO VALLE DE SAN JUAN - TOLIMA

HORA	CAUDAL DE SALIDA	PARAMETROS FISICOQUIMICOS			TRATAMIENTO							CONTROL DE TANQUES	
		TURBIDEZ			TEMPERATURA °C	PH		DESINFECCION		CLORO RESIDUAL		NIVELES	
		CRUDA	TRATADA	REMOCION		CRUDA	TRATADA	CLORO RESIDUAL	CLORO LIBRE	INICIO RED	FINAL RED	TANQUE 1	TANQUE 2
1:00													
2:00													
3:00													
4:00													
5:00													
6:00													
7:00													
8:00													
9:00													
10:00													
11:00													
12:00													
13:00													
14:00													
15:00													
16:00													
17:00													
18:00													
19:00													
20:00													
21:00													
22:00													
23:00													

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE FILTRACION LENTA EN MULTIPLES ETAPAS

FILTRACION LENTA EN MULTIPLES ETAPAS

La Filtración Lenta En Múltiples Etapas (FIME), es una combinación de 2 tipos de pretratamiento con filtración en grava y de tratamiento con filtración lenta en arena. La combinación de estas etapas diferentes de filtración permite el tratamiento de aguas con niveles de contaminación mas elevados que aquellos con los que puede operar la tecnología de filtración lenta en arena independiente, sin sacrificar las bondades asociadas con sus bajos requerimientos de infraestructura física de mano de obra y bajos niveles de escolaridad a nivel local.

INTRODUCCION

El abastecimiento de agua potable y el saneamiento básico son aspectos esenciales para el mejoramiento de la salud pública y el desarrollo socioeconómico, particularmente en países con una parte importante de su población afectada por enfermedades relacionadas con el agua. Este tipo de enfermedades se encuentra entre las principales causas de mortalidad en el mundo afectando principalmente a los grupos humanos que viven en asentamientos con deficiencia en su infraestructura sanitaria. Esta situación limita la posibilidad de una vida digna y reduce significativamente la producción de la población.

RIESGO SANITARIO

Un buen servicio de abastecimiento de agua es esencial para la vida y la productividad en los asentamiento humanos.
La protección de las fuentes es casi siempre la mejor manera de contribuir a la seguridad de este servicio. En efecto el mayor impacto de las aguas residuales sobre la salud publica sucede a trabes de los sistemas de abastecimiento de agua, cuyas cuencas están siendo degradadas con descargas que incluyen desechos domesticaos, escurrentia superficial de aguas lluvias, excedentes de sistemas de riego y desechos del procesamiento de alimentos.

VENTAJAS DE FIME

- Potencializa el tratamiento por filtración lenta en arena que siempre ha sido denominado el mejor proceso para mejorar a la vez la calidad física, química y bacteriológica del agua superficial.
- Amplia o hace posible aprovechar las bondades de la filtración lenta en arena con calidades de agua que antes no era posible.
- En muchas áreas rurales FIME puede ser la única opción de potabilizar el agua.
- El diseño es relativamente simple y permite el uso de materiales locales como grava y arena y el uso de mano de obra local.
- El sistema es robusto y las fallas mecánicas son mínimas.

LIMITACIONES DE FIME

- Requiere un área mas grande para los filtros en comparación con plantas convencionales particularmente con plantas compactas. Esto no es siempre un problema ya que debido al bajo costo de la tierra en muchas zonas rurales esto puede representar menos que 2 % del costo total de la construcción.
- También existen niveles de contaminación y otros factores que pueden interferir con el proceso de tratamiento. Estas limitaciones se pueden agrupar en las siguientes categorías:

COMPONENTES DE UNA PLANTA DE FILTRACIÓN LENTA EN MULTIPLES ETAPAS:

1. Filtro dinámico
2. Filtro grueso
3. Filtros lentos

FILTRO DINAMICO:

Los filtros gruesos dinámicos son tanques con una capa delgada de grava fina (6-13 mm) en la superficie de un lecho de grava mas gruesa (13-25 mm) y un sistema de drenaje en el fondo. El agua que entra en la unidad pasa sobre la grava y parte de ella es filtrada a trabes del lecho y conducida a la próxima etapa de tratamiento mientras el exceso es retornado al río.
Bajo condiciones normales de operación la capa de grava fina retiene entre el 70-80 % del material suspendido obstruyendo gradualmente el lecho filtrante superficial.
Ante picos de sólidos suspendidos en el agua cruda, el proceso de obstrucción se acelera, disminuyendo o eliminando el flujo a trabes del lecho, protegiendo por consiguiente las otras etapas del sistema de tratamiento.

COMPONENTES DE LA FILTRACIÓN DINÁMICA:

a) Sistema de drenaje y cámara de lavado.

El sistema de drenaje tiene el propósito de facilitar la recolección uniforme del agua durante la operación normal y permite el drenaje de la unidad al realizarse las actividades de mantenimiento. Normalmente el drenaje consiste de tuberías de PVC que forman los recolectores laterales provistos de orificios a trabes de los cuales se capta el agua para ser entregada al recolector principal que la transporta hasta la fase siguiente de tratamiento.
Para facilitar la limpieza hidráulica del filtro se instala una válvula de apertura rápida (VAR) en el punto de descarga de la tubería de drenaje. La VAR se especifica de diámetro igual al conducto principal colector y su localización no debe ser mayor a una profundidad de 0,5 m medida respecto a la losa de fondo del filtro grueso dinámico.
Adicionalmente debe considerarse la instalación de una cámara para lavado del material filtrante, en un sitio próximo al filtro dinámico grueso, pues dada la acumulación de lodo en las capas intermedia y del fondo a trabes del tiempo, se requiere la extracción y lavado de tal material, unas 2 veces por año.

b) cámara de filtración

Es la zona donde se realiza el proceso de tratamiento y el lugar donde se ubica el lecho filtrante, los medios de soporte y el sistema de drenaje.

La altura total de la cámara esta determinada por la altura del lecho filtrante, la altura del vertedero de salida y el borde libre requerido, normalmente la altura total del filtro es de 0,7 m con paredes verticales construidas generalmente en mampostería, estructuras o concreto reforzado.

c) Lecho filtrante y de soporte

El medio filtrante esta conformado por tres capas de grava con tamaños que varían entre 3 y 25 mm colocados de menor a mayor en la dirección del flujo. La capa mas fina se coloca en la superficie y la mas gruesa sobre el fondo de la unidad, cubriendo el sistema de drenaje.

La mayor acumulación de lodos se presenta en la capa superficial, requiriendo por consiguiente alta frecuencia de mantenimiento. Tanto la capa de fondo como la intermedia funcionan como lechos de soporte, aunque existen evidencias de su contribución en la remoción de material suspendido. El mantenimiento inadecuado de estas zonas, facilita la acumulación de lodo a trabes del tiempo y la colmatacion total de la unidad, obligando a su vaciado completo. El diámetro del lecho de soporte varia según el tamaño de la grava superficial y el diámetro de los orificios del múltiple recolector.

En general, la altura del lecho de soporte no debe ser inferior al diámetro del conducto recolector principal.

d) Tuberías y accesorios

Los accesorios utilizados en las unidades de filtración gruesa dinámica incluyen válvulas para regulación de caudal, válvulas de apertura rápida, vertedero de aforo y reglillas de aforo. Las válvulas pueden ser tipo mariposa, compuesta o globo y los materiales hierro fundido, acero inoxidable o PVC.

e) Estructuras de entrada y salida

Estructura de entrada: la estructura de entrada debe incluir elementos que permitan la disipación de energía, la medición y distribución de caudal y el vertimiento de excesos. El buen diseño de estos componentes contribuye significativamente a la adecuada operación y mantenimiento del filtro grueso dinámico y el sistema de tratamiento en general.

Estructura de salida: la estructura de salida debe permitir tanto la evacuación del caudal de excesos durante la operación a tasa declinante como el vertimiento del agua de lavado durante la limpieza superficial de la unidad.

f) Criterios de diseño

Periodo de operación = 10-15 años

Periodo de operación = 24 h/d

Velocidad de filtración = 2-3 m/h
Área de filtración = <10 m^2
Velocidad superficial durante el lavado = 0,15-0,3 m/s

Lecho filtrante	espesor de la capa	tamaño de la grava
Superior	0,2 m	3-6 mm
Intermedio	0,2 m	6-13 mm
Inferior, fondo	0,2 m	13-25 mm

Longitud = 0,6 m
Altura del vertedero de salida = $0{,}03^2$ m

Para los prefiltros es necesario comprar las reglas de aforo e instalarlas a la entrada de cada unidad para controlar el caudal y la velocidad de operación. En esta se resalta el caudal de diseño y la capacidad de sobrecarga (20%) con que puede operar la unidad de filtración. El cero de la regla coincide con el vértice del vertedero triangular que se instala para control.
Estas se usan además para regulación de caudal tipo lamina, para controlar el caudal de entrada al sistema de filtración. Con esta se regula la cantidad de agua que puede producir el sistema de acuerdo a las necesidades de la comunidad.
Entre los accesorios de regulación y control necesarios en el filtro grueso están: válvulas para regular el caudal, de apertura rápida, vertederos de aforo y reglillas de aforo.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

¿Que se entiende por operación?
Operación es el conjunto de acciones que se deben realizar para que la planta de tratamiento funcione bien.

¿Que se entiende por mantenimiento?
Mantenimiento es el conjunto de acciones que se deben realizar para prevenir o reparar los daños que se puedan presentar en la planta de tratamiento.

¿Como se opera y se mantiene la planta de tratamiento?
Cada componente de la planta necesita de unos cuidados especiales para poder funcionar adecuadamente. A estos cuidados se le conocen como tareas y se dividen en:

- Diarias
- Periódicas
- Eventuales

EL OPERADOR

La operación y mantenimiento de la planta puede ser realizado por personas que hayan recibido la capacitación para hacerlo.
A la persona encargado de estas labores se le llama operador quien para su trabajo necesita además de capacitación, asesoria para el desarrollo de sus funciones, herramientas y

accesorios, motivación para realizar su trabajo el apoyo de la entidad ambiental encargada y la comunidad.

FUNCIONES DEL OPERADOR

- Revisar diariamente todos los componentes de la planta y controlar su funcionamiento.
- Realizar las tareas de operación y mantenimiento diarias, periódicas y eventuales.
- Mantener limpias y bien presentadas las instalaciones de la planta.
- Registrara y analizar la información sobre el funcionamiento de la planta.
- Identificar, con base en los registros, los problemas de funcionamiento de la planta y buscar soluciones.
- Mantener informada a la entidad encargada sobre las actividades y el funcionamiento de la planta.
- Coordinar con la entidad ambiental encargada la ejecución de tareas para las cuales se necesita el apoyo de la comunidad y de otras personas.
- Recibir visitantes y explicarles el funcionamiento de la planta que no ocasionen daños en ella.

FILTRO GRUESO DINAMICO (FGDI)

FILTROS

Caudal diario

El caudal que entra:
Para que el filtro funcione bien, debe llegar suficiente agua para cubrir toda la superficie y una parte de ella debe estar bajando a trabes de la grava.

El caudal que sale:
La cantidad de agua que sale del FGDI se controla con la válvula de salida y debe ser suficiente para que los filtros gruesos funcionen bien. Para comprobarlo se mide en las reglas de aforo de los filtros gruesos la cantidad de agua que llega a cada uno.

¿Que pasa si el agua no cubre totalmente la grava?

Se pueden presentar 3 situaciones:

1. Esta llegando muy poco agua por que la válvula de entrada no esta totalmente abierta, en este caso se abre la válvula.
2. La válvula de entrada esta totalmente abierta pero esta llegando muy poco agua al filtro. En este caso es posible que hayan daños en los componentes del sistema de abastecimiento que están antes de la planta y hay que revisarlos.
3. Esta entrando suficiente agua al FGDI pero esta saliendo mucho agua hacia los Filtro gruesos ascendentes. En este caso se cierra la válvula de salida del FGDI hasta que salga el caudal necesario para los filtros gruesos ascendentes.

MEDICION Y REGISTRO DIARIO DE LA TURBIEDAD DEL AGUA (DIARIO)

Si el FGDI esta funcionando bien, la turbiedad del agua a la salida debe ser menor que la turbiedad del agua a la entrada. La turbiedad del agua se debe medir a la entrada del FGDI y a la entrada del Filtro grueso ascendente (FGAS), con turbidimetro o por comparación de las muestras de agua utilizando 2 vasos de cristal.

REVISION DIARIA DE LA CAPA SUPERFICIAL DE GRAVA (DIARIO)

Es necesario revisar todos los días que la cantidad de lodo acumulado en la capa superficial de grava no impida el paso del agua.

¿Que pasaría si el lodo no deja filtrar el agua?

Cuando el filtro dinámico se tapa con lodo, la cantidad de agua que llega al filtro grueso ascendente disminuye, para aumentar la cantidad de agua hay que lavar el FGDI.

LIMPIEZA DEL FILTRO GRUESO DINAMICO (PERIODICO)

Por lo menos una vez a la semana el operador debe limpiar el FGDI, para que vuelva a pasar la cantidad de agua necesaria para los filtros ascendentes. En algunas plantas esta tarea se debe realizar con mayor frecuencia, dependiendo de la calidad de agua que llega y del funcionamiento del filtro. No se debe dejar pasar mas de una semana sin lavar el FGDI por que se tapa y es mas difícil lavarlo.

a) Limpie la cámara de entrada del agua.
   - Cierre la válvula de control de salida del agua que llega al FGAS

- Cepille las paredes y el fondo de la cámara y enjuague

b) Rastrille la grava superficial

RASTRILL

- Remueva con un rastrillo o con una pala la grava superficial del filtro en dirección contraria al flujo del agua, comenzando cerca de a la cámara de entrada, para que el lodo sea arrastrado hacia la cámara de rebose.

c) Limpie la grava del fondo del filtro
   - Realice los choques de fondo abriendo y cerrando la válvula de lavado 10 veces seguidas y deje que el agua salga hasta que aclare.
   - Cierre la válvula de lavado

CHOQUES

RETIRO Y LAVADO DE GRAVA (eventual)

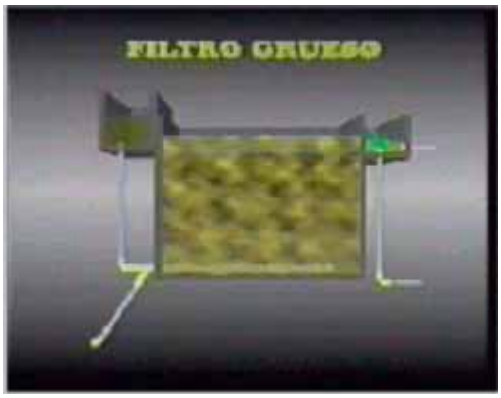
Si después de hacer la limpieza del FGDI no pasa la cantidad de agua necesaria para los FGAS, es necesario hacer una limpieza completa retirando y lavando toda la grava del FGDI.

¿Como se realiza el retiro y lavado de la grava?

- Se cierra la válvula de salida y de entrada del agua.

- Se abre la válvula de lavado para vaciar el filtro
- Se retiran las diferentes capas de grava del filtro separando por tamaños.
- Se lava cada capa de grava que saco del filtro, revolviéndola con una pala.
- Se cepillan las paredes, los tubos y el fondo del filtro y se enjuaga
- Se colocan de nuevo las capas de grava cuidando que queden en el mismo orden en que estaban, es decir, las capas de grava grande abajo y la pequeña arriba.
- Se cierra la válvula de lavado y se abren las válvulas de entrada y salida para poner a funcionar de nuevo el FGDI.
- Se controla que la cantidad de agua que entra al filtro sea la adecuada y se comprueba que esta llegando agua suficiente a los FGAS.

FILTRO GRUESO ASCENDENTE



Es el segundo componente de la planta de tratamiento, sirve para quitar la turbiedad y parte de los microbios que han pasado por el FGDI.

TAREAS EN EL FILTRO GRUESO ASCENDENTE

MEDICION, CONTROL Y REGISTRO DIARIO DEL CAUDAL DE AGUA:

Toda planta, por lo tanto sus componentes, fueron diseñados para trabajar con un caudal de agua determinado. Para saber si el filtro esta trabajando con este caudal, es necesario medirlo con una regla de aforo que debe implementarse en la canaleta de entrada.

Cuando la cantidad de agua que llega al FGAS es menor o mayor que la que aparece en la regla de aforo:

- Se controla el caudal que sale del FGDI, abriendo o cerrando la válvula de salida.
- se controla el caudal que entra a cada FGAS con la válvula de entrada de cada uno, hasta que el nivel de agua coincida con la marca de la regla de aforo.
- Se registra el caudal de entrada para tener control sobre su funcionamiento.

El filtro grueso ascendente siempre debe trabajar con el caudal para el cual fue diseñado, pues si trabaja con un caudal menor , el agua no alcanzara para la comunidad, si trabaja con un caudal mayor el filtro no funcionara bien y al filtro lento le llegara demasiada turbiedad y microbios.

REGISTRO DIARIO DE MATERIAL FLOTANTE

Retire el material que flota en el filtro (palos, hojas, papel, algas, insectos), para que no se peguen a la grava y tapen el filtro.

MEDICION Y REGISTRO DE LA PERDIDA DE CARGA

La perdida de carga se produce a medida que el filtro grueso ascendente se tapa y se puede ver cuando se aumenta el nivel de agua en las cámaras de entrada del filtro. La perdida de carga disminuye después de la limpieza del filtro, ósea que baja el nivel del agua en la cámara de entrada. La perdida de carga también aumenta cuando el caudal es mayor, por esto mantenga el filtro trabajando con el caudal para el cual fue diseñado.

¿Como se mide la perdida de carga?

Para medir la perdida de carga se utiliza una regla o metro.
Ubique el cero de la regla o metro en la señal apuntada en una de las paredes de cada cámara de entrada y mire hasta que numero llega el nivel de agua en la cámara.
Este valor es el equivalente a la perdida de carga en el FGAS por lo menos 3 veces a la semana (lunes, miércoles y viernes). La perdida de carga se mide para poder tomar decisiones que ayuden a prevenir el taponamiento del filtro y evitar la disminución del agua filtrada.

LIMPIEZA SEMANAL DEL FILTRO GRUESO ASCENDENTE (PERIODICA)

El filtro grueso ascendente se debe limpiar por lo menos una vez a la semana para evitar que se tape con la suciedad y no deje pasar el agua.

a) Se limpian las canaletas y cámaras de entrada de agua.
    - Se colocan los tapones en la entrada de agua a cada filtro y se destapan los desagües de las canaletas y las cámaras de entrada.
    - Se cepillan las paredes, el fondo de las canaletas, los vertederos y las cámaras de entrada y desagüe.
    - Se colocan de nuevo los tapones en los desagües y se deja tapada la entrada de agua al filtro al que le van a hacer los choques.

b) Se limpian las gravas del fondo del filtro (choques).
    - Se tapa la salida del agua hacia el filtro lento (en la cámara de salida).
    - Se realizan los choques al filtro abriendo y cerrando la válvula de lavado 10 veces seguidas, para sacar la suciedad acumulada en la grava.

- Se deja que el agua salga hasta que aclare y se cierra la válvula de lavado.
- Quite el tapón de la entrada de agua al filtro para que se llene.

c) Se limpia la cámara de salida
   - Se quitan los tapones de desagüe de la cámara y se mantiene cerrada la salida del agua hacia el filtro lento.
   - Se cepillan las paredes y el fondo de la cámara de salida y se enjuaga.
   - Se ponen los tapones a los desagües.
   - Se abre la salida para que el agua pase al filtro lento.
   - Se controla con la válvula de entrada que el caudal que entra a cada FGAS sea el indicado en la línea de la regla de aforo.

LIMPIEZA MENSUAL DEL FILTRO GRUESO ASCENDENTE (PERIODICA)

Como en el lavado semanal no se remueve totalmente a suciedad acumulada en las diferentes capas de grava, es necesario realizar cada mes una limpieza mas completa del filtro grueso ascendente.
Se registra la fecha de la limpieza y se especifica el filtro que se limpio.

a) Se limpian las canaletas y cámaras de entrada de agua.
   - Se cepillan y enjuagan las canaletas y las cámaras de entrada igual que en la limpieza semanal.

b) Se limpia la grava superficial del filtro
   - Se destapa la entrada de agua al FGAS y se tapa la salida al filtro lento.
   - Se coloca el tapón en el tubo ubicado en el muro que separa los dos filtros y se destapan los desagües laterales que se esta limpiando.
   - Cuando no hay desagües laterales, el agua sucia debe salir por el desagüe de la cámara de salida del FGAS.

c) Se limpia la grava del fondo (choques).
   - Se tapa la entrada del agua al FGAS que esta lavando.
   - Se realizan los choques abriendo y cerrando 10 veces seguidas la válvula de lavado y se deja que el agua salga hasta que aclare.
   - Se cierra la válvula de lavado y se destapa la entrada de agua al filtro para que se vuelva a llenar.
   - Se tapa de nuevo la entrada de agua al filtro y se repiten los choques dejando que el agua salga hasta que aclare.
   - Se pone a funcionar de nuevo el filtro cerrando la válvula de lavado y destapando la entrada de agua.

d) Se limpia la cámara de salida
   - Se limpia la cámara de salida igual que en la limpieza semanal y cuando se termine se tapa el desagüe y se destapa la salida al filtro lento.
   - Durante las tareas de limpieza del filtro grueso ascendente se mantiene cerrada la salida del agua hacia el filtro lento.
   - Se debe registrar la fecha de la limpieza y especificar cual filtro se limpio.

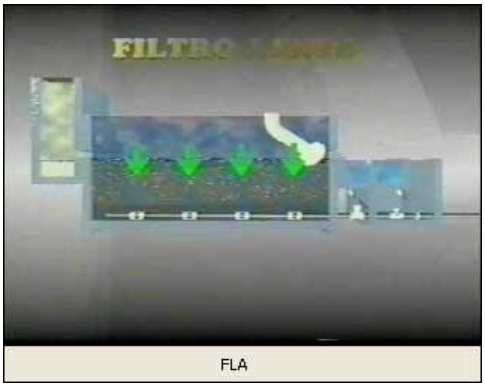
REVISION DE LA TUBERIA DE ENTRADA DE AGUA AL FILTRO (EVENTUAL)

Si después de realizar adecuadamente las tareas de limpieza semanales y mensuales la perdida de carga no disminuye, es decir, el nivel de agua en la cámara de entrada no baja, es necesario hacer una revisión a la tubería de agua del filtro, esto se hace con el fin de quitar cualquier obstrucción con basura o material extraño que se encuentre en la tubería de entrada de agua al filtro.
Esto se realiza introduciendo una sonda por el tubo ubicado en la cámara de entrada. Si continua obstruido, se introduce una sonda por el adaptador de limpieza ubicado en la cámara de lavado del filtro.
Si con la sonda no se encontró obstrucción es por que las gravas del filtro tienen demasiado lodo entonces en necesario sacar y lavar toda la grava.

RETIRO Y LAVADO DE LA GRAVA DEL FILTRO (EVENTUAL)

- Se cierra la válvula de entrada de agua al filtro y se abre la válvula de lavado para vaciar toda el agua.
- Se sacan las capas de grava del filtro separada por tamaños.
- Se lava cada capa de grava revolviéndola con una pala, cuidado de no revolver las capas entre si.
- Se cepillas las paredes, el fondo y los tubos que hay en el filtro.
- Se colocan de nuevo en el filtro las capas de grava lavadas, cuidando que queden en el mimo orden en que estaban, las capas de grava grande abajo y las pequeñas arriba.
- Se cierra la válvula de lavado y se abre la válvula de entrada de agua al filtro para que vuelva a funcionar, se controla que la cantidad de agua que entra al filtro sea la adecuada, para su buen funcionamiento.

FILTRO LENTO



Es el ultimo componente de la planta. Sirve para quitarle al agua los microorganismos que causan enfermedades y la turbiedad que trae después de pasar por los otros filtro. Cuando el

filtro se opera bien y esta funcionando normalmente; el agua que sale esta libre de microorganismos y puede ser consumida sin riesgos para la salud.

TAREAS EN EL FILTRO LENTO

CONTROL Y REGISTRO DIARIO DEL CAUDAL DE ENTRADA (DIARIO)

Todo filtro lento ha sido diseñado para trabajar con una cantidad de agua determinada, para saber si esta funcionando bien hay que medir en la regla de aforo el caudal que esta entrando al filtro. Si el caudal no es el adecuado, se debe controlar con la válvula de entrada.
Registrar el caudal de entrada para controlar el funcionamiento del filtro.

MEDICION Y REGISTRO DE LA TURBIEDAD DEL AGUA (DIARIO)

La medición de la turbiedades realiza en la cámara de salida del filtro lento utilizando turbidimetro o por comparación del agua usando 2 vasos de cristal. El agua que sale del filtro debe tener una turbiedad de menos de 5unidades.
Es importante registrara la turbiedad del agua para controlar el funcionamiento del filtro y tomar decisiones sobre su operación y mantenimiento.

RETIRO DIARIO DEL MATERIAL FLOTANTE

Se retiran con una nasa o colador de cabo largo las hojas, palos o algas que flotan en el filtro, para evitar que se peguen en la arena.
Es importante de ubicar este material en un sitio adecuado para las basuras.

REVISION Y REGISTRO DE LA PERDIDA DE CARGA (DIARIO)

La perdida de carga se produce a medida que la capa biológica se hace mas gruesa y se observa cuando el nivel del agua en el filtro se aumenta.
Se registra la perdida de carga día de por medio para tener control sobre el funcionamiento del filtro.
Si al observar el filtro la perdida de carga es tan alta que el nivel del agua esta a la altura del rebose, es el momento de hacer el raspado del filtro.

LIMPIEZA DE LAS CANALETAS Y CAMARAS DE ENTRADA (PERIODICO)

Por lo menos una vez a la semana se debe efectuar la limpieza de las canaletas y cámaras de entrada.
Esta limpieza se hace así:

- Se destapan los desagües de las canaletas y cámaras de entrada.
- Se cepillas las paredes, el fondo de las canaletas, los vertederos y las cámaras de entrada y se enjuaga.

- Se colocan de nuevo los tapones en los desagües para poner a funcionar el filtro.

Las canaletas y las cámaras de entrada de agua al filtro lento deben limpiarse cada semana para mantenerlo en condiciones higiénicas.

RASPADO DEL FILTRO LENTO (PERIODICO)

El filtro lento se debe raspar cuando la perdida de carga es tan alta que el nivel de agua ha llegado al rebose.

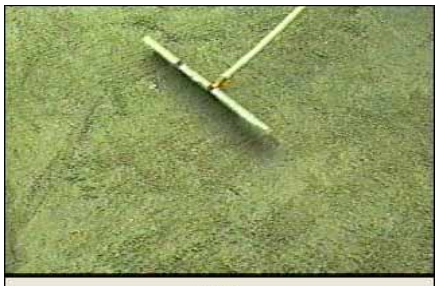
Raspar el filtro lento es quitarle parte de los microorganismos que se acumulan en la superficie de la arena para que el agua se vuelva a filtrar fácilmente.

¿Como se realiza el raspado?

1. Se alistan y lavan los implementos de lavado (palines, baldes, botas, tabla, llana carreta). Debe lavarse muy bien antes de empezar el raspado para evitar que la suciedad que tengan queden en el filtro.
    - Se cierra la entrada de agua al filtro que se va a lavar y la salida al tanque de almacenamiento.
2. Se lavan las canaletas y las cámaras de entrada y salida.
3. Se destapan los desagües de las canaletas y cámaras, se cepillas y enjuaga el fondo y las paredes.
    - Se limpian las paredes del filtro.
    - Se desprende el material pegado a las paredes internas del filtro utilizando un cepillo de cabo largo.
4. Se raspa el filtro.
    - Se vacía el agua acumulada sobre la arena (sobrenadante).
    - Se abre la válvula de desagüe del filtro para completar el vaciado hasta que la superficie de la arena quede seca.
    - Se colocan las tablas limpias sobre la arena para pararse y poner los baldes y los palines.
    - Se raspa con el palín 2 cm de arena en toda la superficie del filtro.
      Se lleva la arena raspada a la cámara de lavado.

PALIN

- Se empareja la superficie de la arena utilizando una llana (tabla lisa con cabo largo).



LLANA

5. Se pone en funcionamiento el filtro.
   - Al poner en funcionamiento el filtro asegurarse de seguir esta secuencia para evitar que queden atrapados en la arena burbujas de aire que luego no dejaran que el agua se filtre.
   - Se llena el filtro por la cámara de salida utilizando agua limpia de otro filtro lento. El agua debe entrar por la tubería del fondo hasta que el nivel de agua este por encima de la arena.
   - Se abre la válvula de entrada de agua al filtro controlando el caudal a la mitad.
   - Se mantienen los filtros lentos trabajando con este caudal durante 24 horas, asegurándose de realizar la desinfección del agua que sale de los filtros lentos. Si esto no es posible, el agua que sale del filtro raspado, debe desecharse durante este periodo.
   - Es importante registrar cual filtro se raspo y en que fecha para tener control sobre su funcionamiento.

LAVADO DE ARENA

La arena que se saca del filtro lento debe lavarse el mismo día que se realiza el raspado para evitar que los microorganismos que contiene se descompongan y produzcan malos olores.
Esta arena debe quedar muy limpia y se debe almacenar para que se pueda volver a usar en el refrenamiento del filtro. Para facilitar esta labor es mejor lavar la arena en pequeñas cantidades.

¿Como se realiza el lavado de la arena?

a) Se pone una cantidad pequeña de arena en la cámara de lavado, se abre la llave y se revuelve con una pala hasta que el agua salga clara.

PALA

b) Para comprobar si esta bien lavada, echar arena y agua en una botella bien limpia y agitar, esperar a que desaparezcan las burbujas y mirar si el agua esta clara.
c) Una vez lavada la arena, dejarla secar en la cámara de lavado o en un sitio limpio.

Cuando la arena este seca guardarla en la caseta de almacenamiento. La arena que se raspa no se debe botar o desperdiciar pues se va a necesitar mas adelante para el rearenamiento.

REARENAMIENTO DEL FILTRO LENTO

REARENA2

Al comienzo el filtro lento tiene 1 metro de arena fina y después de varios raspados la arena de los filtro llega a su nivel mínimo (60 cm). En muchos filtros esto se puede ver cuando se llega a la señal marcada en una de las paredes del filtro. Cuando esto ocurre hay que refrenar el filtro para completar su nivel máximo de 1 metro.

¿Como se realiza el rearenamiento?

a) se alistan los implementos y herramientas que se van a utilizar (palas, baldes, carreta, botas, llana, tablas).
b) Se raspa el filtro de la misma manera como se hace en la tarea periódica, pero lavando completamente el agua de filtración.

c) De acuerdo al tamaño del filtro se divide la superficie en varias partes y se rearena por una hora.
d) Se saca la arena de una parte del filtro y se amontona a un lado.
e) No se saca la arena gruesa ni la grava que esta en el fondo.

ANEXO F. SEGUIMIENTOS REALIZADOS POR CINARA

SEGUIMIENTOS REALIZADOS POR CINARA

Mondomo

Mondomo es un corregimiento del municipio de Santander de Quilichao al norte del departamento del Cauca. Está ubicado a 1.300 metros de altura sobre el nivel del mar y tiene una temperatura media de 21°C. La población del área nucleada es de 3.300 habitantes. Las actividades económicas predominantes son la agricultura, ganadería y agroindustria

El sistema de abastecimiento quedó integrado por los siguientes componentes: Bocatoma, desarenador, línea de conducción, planta de tratamiento (incluye cuatro filtros dinámicos, cuatro filtros gruesos ascendentes en capas y cuatro filtros lentos de arena, , tres tanques de almacenamiento (uno principal y dos de quiebre de presiones), la red de distribución y micromedidores en cada vivienda conectada. El caudal de diseño del sistema es de 18 l/s.

Promedio de valores obtenidos en un muestreo compuesto realizado a la entrada de la planta

Variable **Tipo de análisis**	**Valor**	**Unidades**
PH	7.4	
Color	**36**	**UPC**
Turbidez	**198**	**NTU**
Conductividad	32	µMHOS/cm
Dureza total	95	$mgCaClO_3/L$
Dureza calcica	63	$mgCaClO_3/L$
Hierro	0.2	mg/l
Cobre	<0.01	mg/l
Calcio	19.8	mg/l
Magnesio	2.7	mg/l
Acidez total	<0.01	$mgCaClO_3/L$
Alcalinidad total	67.4	$mgCaClO_3/L$
Cloruros	6	Ppm Cl^-
Coliformes FEC	**68**	**UFC/100 ml**
Coliformes TOT	**302**	**UFC/100 ml**

Características generales de la planta de tratamiento de Mondomo

Parámetro/Barrera de tratamiento	Filtración dinámica	Filtración gruesa	Filtración lenta en arena
Tipo de flujo	Descendente	Ascendente	Descendente
Unidades de tratamiento	2	3	3
Vel de filtración (m/h)	3.0	1,1	0,7
Medio filtrante	Tamaño:25-6 mm Longitud del lecho: 0.60 cm	Tamaño: 25-3 mm Longitud del lecho: 1.20 m	Tamaño efectivo: 0.18 mm Altura del lecho: 1.0 m

Fuente: Cinara

Después de un año de funcionamiento: cobertura del 95%, servicio de 24 horas al día, la cantidad es suficiente para las necesidades de los usuarios.

Resumen de los resultados obtenidos por Cinara despues de poner en funcionamiento la planta de tratamiento:

Resumen muestreos calidad de agua en la planta de tratamiento

Sitio de muestreo/Parámetro	N	pH (unidades) Rango	Turbiedad (UNT) Rango	Coliformes fecales (UFC/100 ml) Rango
Entrada de agua cruda	10	7.4	200-5.0	45-310
Salida Filtros Gruesos	10	7.8-8.2	<10	13-98
Salida Filtros Lentos de Arena	10	7.0-7.2	< 5	0-2

N: número de datos
Fuente: Cinara

Mundo Nuevo

Mundo Nuevo queda a 8.5 Km. del municipio de Pereira, capital del departamento de Risaralda. Está ubicada al oriente del municipio a una altitud de 1.550 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media de 19°C. La población del área nucleada es de 1.600 habitantes. La principal actividad económica es el cultivo técnificado del café. Cuenta con un centro educativo de nivel primario y uno de nivel secundario. El sistema de abastecimiento es por gravedad, se alimenta de una fuente superficial, y dada la alta pluviosidad de la zona presentaba problemas en la calidad del agua.

El sistema de abastecimiento de agua quedó integrado asi: Bocatoma; desarenador; línea de conducción; planta de tratamiento; sistema de desinfección; tanque de almacenamiento y redes de distribución. El caudal de diseño es de 5 l/s.

Promedio de valoresque no cumplen con la normatividad, obtenidos en un muestreo compuesto a la entrada de la planta

Variable Tipo de análisis	Valor	Unidades
Color	**43**	**UPC**
Turbidez	**220**	**NTU**
Coliformes FEC	**605**	**UFC/100 ml**
Coliformes TOT	**952**	**UFC/100 ml**

Características generales de la planta de tratamiento

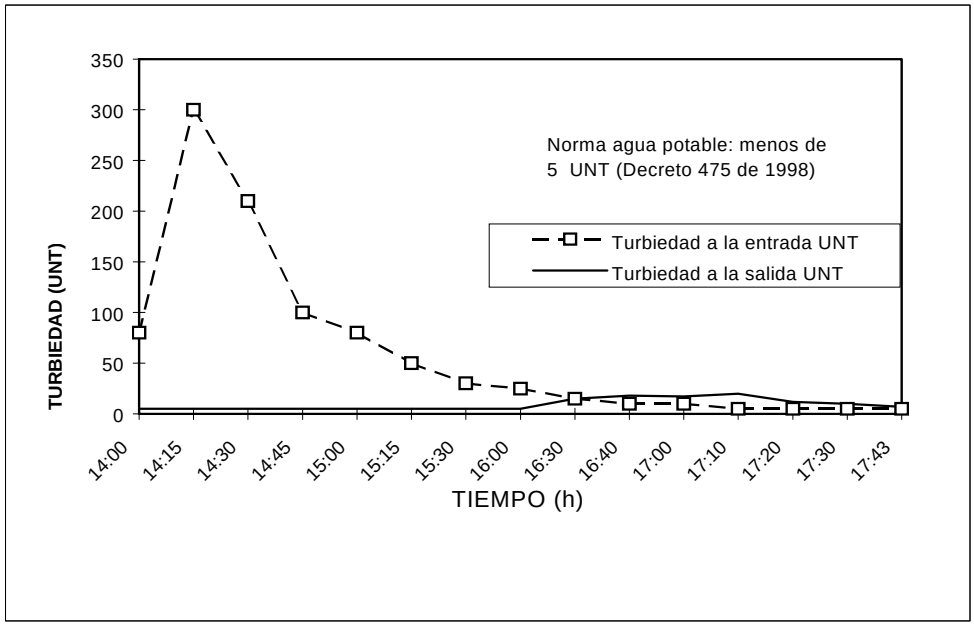
Parámetro/Barrera de tratamiento	Filtración dinámica	Filtración gruesa	Filtración lenta en arena
Tipo de flujo	Descendente	Ascendente	Descendente
Unidades de tratamiento	1	1	2
Velocidad de filtración (m/h)	2.0	0.90	0.3
Medio filtrante	Tamaño: 25-6 mm Longitud del lecho: 0.80 cm	Tamaño: 25-3mm Longitud del lecho: 1.20 m	Tamaño Efectivo: 0.20 mm Altura del lecho: 0.80 m

Fuente: Cinara

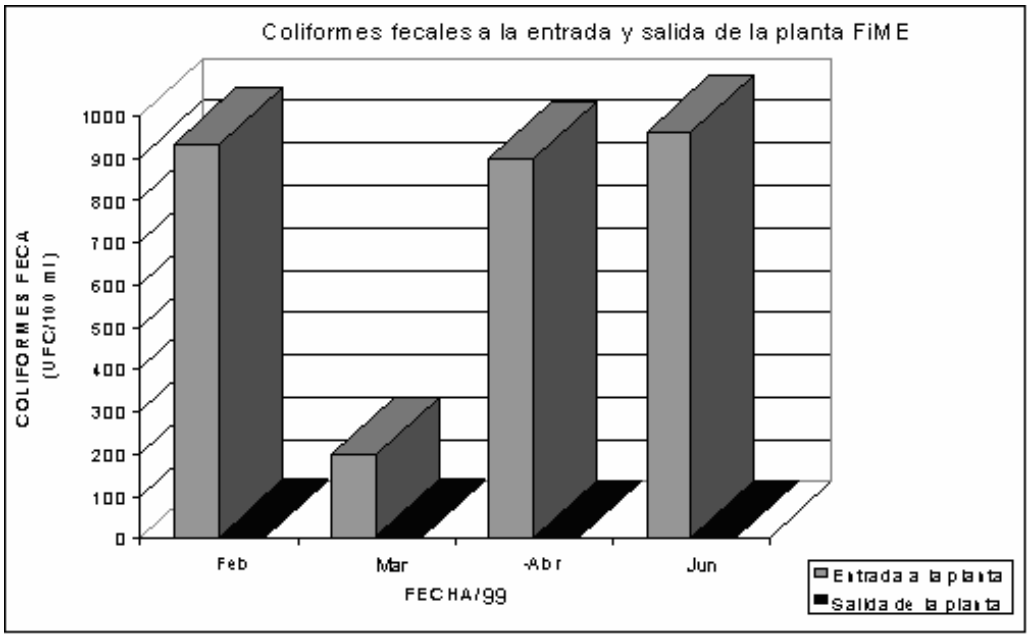
Actualmente el servicio tiene una cobertura del 100%; la continuidad del servicio es de 24 horas al día, y la cantidad es suficiente para todas las necesidades de la comunidad, con un consumo de 20 m^3 por mes por usuario.

A continuacion se presenta el comportamiento de los prefiltros con un pico de turbiedad ocurrido durante el seguimiento de cinara, y en los otros cuadros se muestran los resultados de muestreos puntuales realizados al sistema por el Servicio de Salud y Cinara,

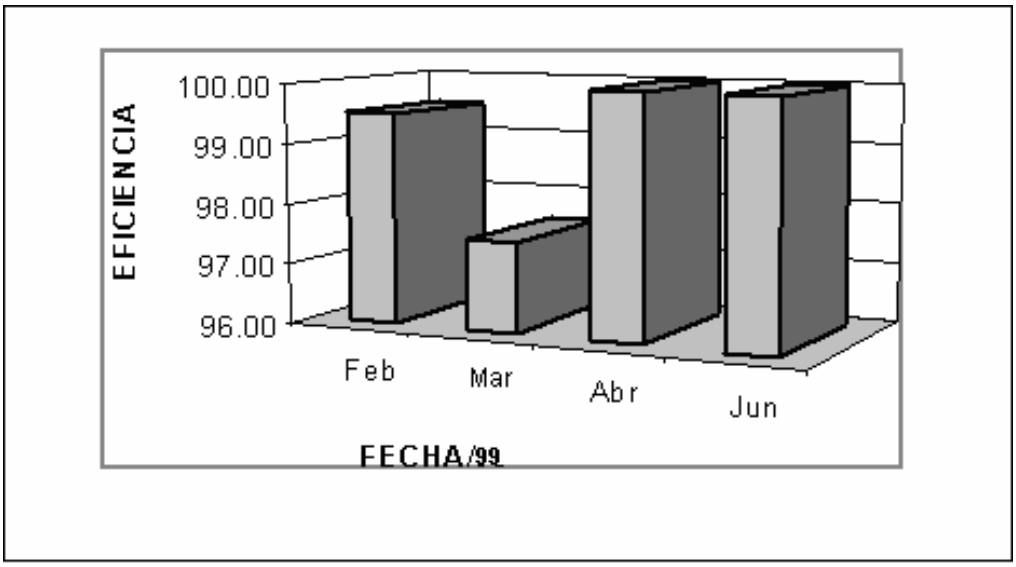
Comportamiento del pretratamiento con un pico de turbidez del agua cruda



Coliformes fecales a la entrada y salida de la planta FIME



Eficiencia del tratamiento (Coliformes fecales) Planta FIME



Conclusiones

La tecnología de filtración en múltiples etapas, FIME ha sido capaz de producir agua con bajos niveles de turbiedad y color real, los cuales cumplen con la normatividad sanitaria nacional. Para el caso de los coliformes fecales, el riesgo microbiológico es bajo,

cumpliendo con la recomendación de la WHO (1996) de mantener valores promedios de <3 y máximo <25 UFC/100 ml para lograr una desinfección efectiva.

Sin embargo, se han presentado problemas de recontaminación en las estructuras o conductos posteriores, debido, a la ausencia de cámaras de contacto de cloro en las plantas, necesaria para alcanzar la total inactivación de los niveles de coliformes fecales que logran pasar la última etapa de FIME. Es importante señalar que ha sido práctica común aceptar que el tanque de almacenamiento es la unidad utilizada para el proceso de desinfección, por lo tanto el tiempo de contacto es muy variable y depende de la demanda de agua. Este aspecto fue subrayado por Geldreich et. al. (1990) cuando pareció disminuir la eficiencia de la cloración, debida básicamente al poco tiempo de retención del agua ocasionado por un incremento de la demanda.