

1-1-2007

Alternativas de mejoramiento de la calidad del agua en las fuentes de abastecimiento para la optimización de las plantas de potabilización de los municipios pertenecientes a la cuenca Ubaté-Suárez

Melissa González Briceño
Universidad de La Salle, Bogotá

Karen Niño Castañeda
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Citación recomendada

González Briceño, M., & Niño Castañeda, K. (2007). Alternativas de mejoramiento de la calidad del agua en las fuentes de abastecimiento para la optimización de las plantas de potabilización de los municipios pertenecientes a la cuenca Ubaté-Suárez. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/257

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS
FUENTES DE ABASTECIMIENTO PARA LA OPTIMIZACION DE LAS PLANTAS DE
POTABILIZACIÓN DE LOS MUNICIPIOS PERTENECIENTES A LA CUENCA UBATÉ –
SUÁREZ**

MELISSA GONZALEZ BRICEÑO

41992070

KAREN NIÑO CASTAÑEDA

41982099

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTÁ D.C.
2006**

**ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS
FUENTES DE ABASTECIMIENTO PARA LA OPTIMIZACION DE LAS PLANTAS DE
POTABILIZACIÓN DE LOS MUNICIPIOS PERTENECIENTES A LA CUENCA UBATÉ –
SUÁREZ**

MELISSA GONZALEZ BRICEÑO

41992070

KAREN NIÑO CASTAÑEDA

41982099

**Pasantía de grado para optar al título de
Ingeniero ambiental y sanitario**

Director

YANNETH PARRA

Ingeniera Química

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTÁ D.C.**

2006

NOTA DE ACEPTACION

FIRMA DIRECTOR

YANNETH PARRA

FIRMA JURADOS

Debo dar gracias a Dios por haber tenido en cuenta mi perseverancia y permitirme alcanzar esta meta. Dedico este trabajo a las personas que han sido las más importantes en mi vida: A mi mamá, por luchar a mi lado sin importar las circunstancias, por nunca dejar de darme su amor; a mi papá, por entenderme y aceptar mi terquedad después de todo; a mis hermanas: sé que este es un motivo de felicidad para ustedes. También quiero dedicar este trabajo a las personas que gustosamente serviré en el ejercicio de mi profesión.

Y a ti Alejandro por estar ahí cuando más necesité que Dios me enviara un ángel.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos de manera muy cordial a todas las personas que colaboraron para el desarrollo de este trabajo, entre ellos:

A la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, Doctora Gloria Lucia Alvarez Pinzón, por permitirnos participar de esta entidad.

A la Subdirección de Recursos Naturales y Areas Protegidas, Ingeniero José Fernando Useche, por brindarnos la colaboración para la ejecución de este trabajo, a Sandra Nieto por su ayuda en la elaboración de mapas concernientes al trabajo, a la Ingeniera Natalia Peña por permitirnos realizar la pasantía en la institución, a la Ingeniera Inés Borrego por su ayuda desinteresada y oportuna, quien aportó con sus conocimientos bases para la conformación de tablas que permitieron la creación del documento, al Ingeniero Carlos Alberto Pérez del departamento de Desarrollo Ambiental Sostenible, por su ayuda desinteresada en el ambiente ingenieril y por su don de gente y su honesta amistad, sus conocimientos sirvieron de guía para el desarrollo del mismo.

Un agradecimiento sincero y especial a la Ingeniera Yanneth Parra, docente de la Universidad de la Salle, por servirnos de guía y orientadora en la elaboración del documento de grado, dedicando con ello su tiempo y aportando sus conocimientos ingenieriles, junto con su alegría, entusiasmo y honesta amistad para el desarrollo de nuestro objetivo.

Y a todas las personas involucradas que de una y otra forma permitieron la viabilidad de este proyecto.

RESUMEN

En este documento se presentan criterios y posibilidades que conllevan a solucionar los problemas de calidad de agua que registran los cuerpos hídricos de los cuales se abastecen los municipios pertenecientes a la cuenca de Ubaté – Suárez. A fin de cumplir con los parámetros establecidos en el Decreto 1594 de 1984, donde se reglamenta la presentación y calidad de un cuerpo de agua, (que para importancia de dicho trabajo, determina las características mínimas en la fuente de abastecimiento para la destinación del recurso para consumo humano.)

Basándose en lo anterior se determinó el diagnóstico de los cuerpos hídricos abastecedores, con base en análisis efectuados por la Corporación Autónoma Regional CAR, teniendo en cuenta a su vez las actividades económicas de cada municipio, donde se clasificó información concerniente a la zona, como: Tasas retributivas que brindaron información sobre los vertimientos presentes en la cuenca, cuerpos de agua de la cuenca Ubaté-Suárez en donde se pueden priorizar el origen de los posibles contaminantes que se presentan en dichos cuerpos hídricos para plantear las alternativas correspondientes en dichas fuentes, que contribuyan al mejoramiento de las mismas, y así poder contribuir al bienestar del recurso.

Inicialmente se plantearon las alternativas de mejoramiento en las descargas de los vertimientos a los cuerpos receptores para cada sector productivo del municipio, posteriormente se incluye la optimización de la planta de potabilización mas afectada por su eficiencia, ya sea por sus operaciones unitarias o por la calidad de la fuente abastecedora, y así dar pauta para el inicio de estudios que contribuyan al mejoramiento de los demás cuerpos hídricos presentes en este Territorio.

ABSTRACT

In this document approaches and possibilities are presented that they bear to solve the problems of quality of water that they register the water bodies of which the municipalities belonging to the basin of Ubaté are supplied - Suárez. In order to fulfil the parameters settled down in the Ordinance 1594 of 1984, where it is regulated the presentation and quality of a body of water, (that stops importance of this work, it determines the minimum characteristics in the source of supply for the destination of the resource for human consumption.)

Being based on the above-mentioned the diagnosis of the bodies supplying water bodies was determined, with base in analysis made by the Regional Autonomous Corporation CAR, keeping in turn in mind the economic activities of each municipality, where concerning information was classified to the area, as: You appraise recompensing that offered information on the present residual water in the basin, bodies of water of the basin Ubaté-Suárez where can be prioritized the origin of the possible pollutants that you/they are presented in this waters bodies to outline the corresponding alternatives in this sources that contribute to the improvement of the same ones, and this way to be able to contribute to the well-being of the resource.

Initially they thought about the alternatives of improvement in the discharges from the residual water to the receiving bodies for each productive sector of the municipality, later on the optimization of the potabilization plant is included but affected by its efficiency, either for its unitary operations or for the quality of the supplying source, and this way to give rule for the beginning of studies that you/they contribute to the improvement of the other bodies present water bodies in this Territory.

CONTENIDO.

	Pág.
	1
INTRODUCCIÓN	
1. OBJETIVO.	2
1.1. OBJETIVO GENERAL.	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	2
2. ANTECEDENTES	3
3. GLOSARIO	6
4. MARCO TEÓRICO	10
4.1. CALIDAD DEL AGUA	10
4.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL	10
4.3. PREOCUPACIÓN POR LOS CONTAMINANTES	10
4.3.1 Disposición de residuos sólidos	11
4.4. POTABILIZACIÓN DEL AGUA	11
4.5. VERTIMIENTOS	12
4.6. FUENTES DE ABASTECIMIENTO	14
4.6.1 Procesos Mínimos de Tratamiento en Función de la Calidad de Agua de La Fuente.	14
4.7. MARCO JURÍDICO	17
5. DISEÑO METODOLOGICO	19
5.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MUNICIPIOS, SUS FUENTES DE ABASTECIMIENTO Y PLANTAS DE POTABILIZACIÓN	19
5.2. IDENTIFICACIÓN DE APORTES DE VERTIMIENTOS.	20
5.3. EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE POTABILIZACION DE CADA PLANTA	20

6	DESCRIPCION DE LA CUENCA UBATÉ Y SUÁREZ	21
6.1	GENERALIDADES DE LOS MUNICIPIOS PERTENECIENTES A LA CUENCA UBATÉ – SUAREZ Y SUS PLANTAS DE POTABILIZACIÓN	22
6.1.1.	Municipio de Buenavista	22
6.1.1.1.	Actividades económicas.	23
6.1.1.2.	Planta de Potabilización	23
6.1.2.	Municipio de Caldas	24
6.1.2.1.	Actividades económicas	24
6.1.2.2.	Planta de Potabilización.	25
6.1.3.	Municipio de Carmen De Carupa.	27
6.1.3.1.	Actividades Económicas.	27
6.1.3.2.	Planta de Potabilización	28
6.1.4.	Municipio de Chiquinquirá	29
6.1.4.1.	Actividades económicas.	29
6.1.4.2.	Planta de Potabilización.	29
6.1.5.	Municipio de Cucunubá.	31
6.1.5.1.	Actividades Económicas	31
6.1.5.2.	Planta de Potabilización	32
6.1.6.	Municipio de Fúquene.	33
6.1.6.1.	Actividades económicas	33
6.1.6.2.	Planta de Potabilización	34
6.1.7.	Municipio de Guachetá	35
6.1.7.1.	Actividades Económicas	35
6.1.7.2.	Planta de Potabilización	35
6.1.8.	Municipio de Lenguazaque	38
6.1.8.1.	Actividades Económicas	38
6.1.8.2.	Planta de Potabilización	38
6.1.9.	Municipio de Ráquira	40
6.1.9.1.	Actividades económicas	40

6.1.9.2.	Planta de Potabilización	40
6.1.10.	Municipio de Saboyá	42
6.1.10.1.	Actividades Económicas	42
6.1.10.2.	Planta de Potabilización	43
6.1.11.	Municipio de San Miguel De Sema	44
6.1.11.1.	Actividades Económicas.	44
6.1.11.2.	Planta de Potabilización	45
6.1.12.	Municipio de Simijaca	46
6.1.12.1.	Actividades Económicas	46
6.1.11.2.	Planta de Potabilización	47
6.1.13.	Municipio de Susa	48
6.1.13.1.	Actividades Económicas	49
6.1.13.2.	Planta de Potabilización	49
6.1.14.	Municipio de Sutatausa	51
6.1.14.1.	Actividades Económicas	51
6.1.14.2.	Planta de Potabilización	52
6.1.15.	Tausa	53
6.1.15.1.	Actividades Económicas	53
6.1.15.2.	Planta de Potabilización	54
6.1.16.	Ubaté.	55
6.1.16.1.	Actividades Económicas	55
6.1.16.2.	Planta de Potabilización	56
7	ANÁLISIS DE LAS FUENTES DE CAPTACION, PLANTAS DE POTABILIZACION Y ALTERNATIVAS	59
7.1.	CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO SEGÚN SU ACEPTABILIDAD.	59
7.2.	ANÁLISIS DE LAS FUENTES DE CAPTACIÓN.	60
7.2.1.	Buenavista	60
7.2.2.	Caldas	61

7.2.3.	Carmen de Carupa.	61
7.2.4.	Chiquinquirá	61
7.2.5.	Cucunubá	62
7.2.6.	Fúquene	62
7.2.7.	Guachetá.	63
7.2.8.	Lenguazaque	63
7.2.9.	Ráquira	63
7.2.10.	Saboyá.	63
7.2.11.	San Miguel de Sema	64
7.2.12.	Simijaca.	64
7.2.13	Susa	64
7.2.14	Sutatausa	64
7.2.15	Tausa	65
7.2.16	Ubaté	65
7.3	ALTERNATIVAS PARA LAS PLANTAS DE POTABILIZACIÓN.	65
7.3.1.	Alternativas Para Mejorar las PTAP's en cada Municipio	66
7.3.1.2.	Observaciones en algunas de las Plantas De Potabilización	70
7.3.1.2.1.	Municipio de Chiquinquirá	70
7.3.1.2.2.	Municipio de Cucunubá	71
7.3.1.2.3.	Municipio de Guachetá	71
7.3.1.2.4.	Municipio de San Miguel de Sema	71
7.3.1.2.5.	Municipio de Lenguazaque	71
7.4.	VERTIMIENTOS POR CADA ACTIVIDAD Y ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO.	71
7.4.1.	Alternativas para las Aguas Residuales Domesticas	72
7.4.2.	Alternativas para los sectores económicos que afectan la calidad de las fuentes de captación.	72
8	SELECCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA DE LAS PLANTAS DE POTABILIZACIÓN ESTUDIADAS	75
8.1.	EVALUACIÓN DE CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LA PTAP A OPTIMIZAR	75

8.2.	DISEÑO DE LAS UNIDADES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PTAP DE SABOYÁ- BOYACÁ.	77
8.2.1.	Situación actual	77
8.2.2.	Optimización de la PTAP	78
9	CONCLUSIONES	81
10	RECOMENDACIONES	83
	BIBLIOGRAFÍA	85
	ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

		Pág.
TABLA 1	Procesos De Purificación De Agua	11
TABLA 2	Requisitos de Tratamiento Según la Presencia de Coliformes	12
TABLA 3	Parámetros de una fuente Aceptable	15
TABLA 4	Parámetros de una fuente Regular	15
TABLA 5	Parámetros de una fuente Deficiente	16
TABLA 6	Parámetros de una fuente Muy Deficiente	17
TABLA 7	Planta de Potabilización Municipio De Buenavista	24
TABLA 8	Porcentaje de uso de la tierra en el Municipio de Caldas.	25
TABLA 9	Área cultivada según su producto	25
TABLA 10	Planta de Potabilización Municipio de Caldas	27
TABLA 11	Planta de Potabilización Municipio de Carmen de Carupa	29
TABLA 12	Planta de Potabilización Municipio de Chiquinquirá	31
TABLA 13	Planta de Potabilización Municipio de Cucunubá	33
TABLA 14	Planta de Potabilización Municipio de Fúquene	35
TABLA 15	Planta de Potabilización Municipio de Guachetá.	37
TABLA 16	Planta de Potabilización Municipio de Lenguazaque	40
TABLA 17	Planta de Potabilización Municipio de Ráquira	42
TABLA 18	Planta de potabilización Municipio de Saboyá	44
TABLA 19	Planta de potabilización Municipio de san Miguel de Sema.	46
TABLA 20	Planta de potabilización Municipio de Simijaca.	48
TABLA 21	Planta de potabilización Municipio de Susa.	49
TABLA 22	Polígono del perímetro Urbano de Sutatausa.	51

TABLA 23	Planta de potabilización Municipio de Sutatausa	53
TABLA 24	Planta de potabilización Municipio de Tausa.	55
TABLA 25	Planta de potabilización Municipio de Ubaté	58
TABLA 26	Parámetros del decreto 475/98 incumplidos por las Plantas de potabilización	66
TABLA 27	Alternativas Para Mejorar las PTAP's en cada Municipio	67
TABLA 28	Alternativas para los contaminantes producidos por vertimientos aguas arriba de las captaciones	73
TABLA 29	Matriz De Evaluación De Parámetros.	76

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Municipio de Buenavista	23
Figura 2	Municipio de Caldas	26
Figura 3	Municipio de Carmen de Carupa	28
Figura 4	Municipio de Chiquinquirá	30
Figura 5	Municipio de Cucunubá	32
Figura 6	Municipio de Fúquene	34
Figura 7	Municipio de Guachetá	36
Figura 8	Municipio de Lenguazaque	39
Figura 9	Municipio de Ráquira	41
Figura 10	Municipio de Saboyá	43
Figura 11	Municipio de San Miguel de Sema	45
Figura 12	Municipio de Simijaca	47
Figura 13	Municipio de Susa	50
Figura 14	Municipio de Sutatausa	52
Figura 15	Municipio de Tausa	54
Figura 16	Municipio de Ubaté	56
Figura 17	Operaciones diseñadas para optimizar la PTAP de Saboyá	79

LISTA DE ANEXOS

Anexo A	Análisis Obras de Captación
Anexo B.	Análisis Plantas de Potabilización.
Anexo C	Mapa Fuentes de Captación para Consumo Humano en los Municipios de la Cuenca Ubaté-Suárez
Anexo D	Vertimientos Municipales
Anexo E	Memoria de Cálculos del diseño de Clariflocualdor y Torre de Aireación
Anexo F.	Manuales de Operación y Mantenimiento del Clarifloculador y la Torre de Aireación.
Anexo G	Planos. Optimización de la Planta de Potabilización de Saboyá.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las políticas ambientales de las corporaciones autónomas regionales, incluyendo la de Cundinamarca, se ha venido prestando gran importancia a la calidad de agua en fuentes que se utilizan para consumo humano. Estas fuentes son constantemente afectadas por actividades humanas ya sean industriales (Mineras, sector alimenticio, agricultura, pecuarias, entre otras) y domésticas. Esto trae como consecuencia el deterioro de la calidad del agua de estas fuentes que en su totalidad son superficiales, lo cual las hace más vulnerables a los impactos de estas actividades.

Este proyecto fue realizado para los municipios pertenecientes a la cuenca Ubaté-Suárez debido a insuficientes clasificaciones de la calidad de estas fuentes con el fin de analizarlas y formular de acuerdo a esto alternativas para el mejoramiento del recurso.

Un segundo componente del proyecto consiste en la optimización de la planta de potabilización de un municipio seleccionado teniendo en cuenta variables pertinentes de calidad en sus procesos ya que si las fuentes se analizaron para el consumo humano también interesa el componente de la potabilización aunque este no sea competencia de la CAR.

Este trabajo plantea alternativas que conlleven al mejoramiento de las fuentes de abastecimiento tomando en cuenta a los sectores productivos que afectan la calidad para que estas apunten a la disminución de la contaminación y llegar a condiciones deseables según la legislación nacional vigente.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Establecer alternativas para el mejoramiento de la calidad del agua en las fuentes de abastecimiento a fin de optimizar las plantas de potabilización de los municipios pertenecientes a la cuenca Ubaté - Suárez.

1.2 Objetivos Específicos

- Establecer alternativas para mejorar la calidad de agua en las fuentes de abastecimiento de los acueductos municipales de la cuenca Ubaté- Suárez.
- Diseñar el proceso de optimización de la planta de potabilización que por cuestiones de operación y calidad de la fuente abastecedora se vea más afectada en su eficiencia.

2. ANTECEDENTES

Aunque en la jurisdicción CAR –Cundinamarca no se han realizado estudios sobre determinación de la calidad del agua de sus cuencas antes de ser captadas por plantas de potabilización para abastecer a las poblaciones, esta institución en su plan de gestión ambiental regional tiene como objetivo la planificación y el ordenamiento ambiental territorial, la gestión del recurso hídrico, la gestión ambiental del territorio y de los recursos naturales junto con el establecimiento y ordenamiento de normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas ubicadas dentro del área de su jurisdicción. Debido a esto se ha realizado recientemente determinaciones sobre índices de calidad y objetivos de calidad en las cuencas de segundo orden de la CAR Cundinamarca.¹

El proceso de planificación de cuencas es el modelo de planificación utilizado por los países de América Latina. Este modelo fue empleado por primera vez en 1933 por la compañía Tennessee Valley Authority (TVA) en EU, y corresponde a un enfoque de desarrollo interregional, o sea al impulso del desarrollo de una región del contexto nacional, con el fin de que se crea una conciencia retribuida a la conservación y ordenamiento del recurso.

Otros estudios sobre planificación de cuencas revelan que la teoría de planificación moderna de cuencas hidrográficas se originó en Europa y Estados Unidos como una actividad orientada a la oferta y demanda del recurso hídrico. En Colombia las experiencias en el manejo y ordenación de cuencas hidrográficas se iniciaron en la década de los 60's, con los trabajos realizados en la Corporación Autónoma del Valle. En los últimos años la CAR se ha puesto en la tarea de adelantar programas de manejo de cuencas donde incluyen el componente de saneamiento ambiental, para mantener la capacidad y calidad en los diversos usos que se le han dado al recurso. Por esto mismo se adelantan campañas de muestreo con el fin de determinar las características de las fuentes de abastecimiento y darle su respectivo tratamiento para garantizar la sostenibilidad del recurso.

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), agencia especializada de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), a través de su División de Salud y Ambiente (HEP), ha desarrollado y aplicado modelos matemáticos de calidad del agua, que han sido implementados en diferentes países de América del sur como herramienta de planificación, entre ellos Colombia específicamente en:

¹ PUERTO, Sonia y PIMENTEL, Adriana. Determinación de índices y planteamiento de objetivos de calidad del agua para las cuencas de segundo orden de la jurisdicción de la CAR – Cundinamarca. CAR, 2006.

- Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Bogotá, Ubaté - Suárez (CAR)
- Corporación Autónoma Regional del Cauca (CVC)

Estudios realizados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT en Nicaragua, en la cuenca del Río Cálido, que forma parte de la cuenca del Río Grande de Matagalpa, una de las más importantes de país y cuyas aguas desembocan en el mar caribe muestran que el agua es escasa en la región y se constituye en la principal limitación para el desarrollo, un ejemplo claro es que la población campesina de la cuenca se abastece del agua de los pequeños ríos y quebradas del área.

En países como El Salvador, que posee un balance hídrico favorable durante todo el año, se afrontan graves problemas de desperdicio en el manejo de agua y contaminación de manantiales. La FAO adelantó un proyecto de protección de fuentes de agua en nacimientos controlando la contaminación local y mejorando la captación y el almacenamiento mediante prácticas en el área de recogimiento de la fuente y en el área del afloramiento de agua. En los nacimientos las acciones básicas consisten en la protección de los terrenos aguas arriba, aislamiento del nacimiento y mejores condiciones para el uso².

Las preocupaciones y perspectivas en el ámbito económico, social y ambiental de la gestión de recursos hídricos han brindado una oportunidad a los países de las Américas para una colaboración constructiva entre los estados continentales e insulares. Tomando esto en cuenta, y reconociendo los mandatos que fueron establecidos en la Cumbre de Santa Cruz³, la región ha tenido éxito en implementar varios programas y proyectos relativos a agua potable, manejo integrado de los recursos hídricos, y recursos costeros y marítimos. En cuanto al tema de agua potable, el paso más notable desde la Cumbre de Santa Cruz ha sido un cambio en las tendencias anteriores del tratamiento de agua. Formas tradicionales del tratamiento y de la gestión de agua se han reemplazado con esfuerzos integrados pluri-institucionales de protección ambiental. Entre varias acciones se destacan las siguientes:

- El Programa de Agua Limpia de México y el Proyecto de Agua Segura de Brasil fueron implementados para mejorar la calidad de su agua potable y para la protección de las fuentes de agua, la instalación y rehabilitación de los equipos, y la realización de actividades de control;
- En el Caribe, incluyendo los países de Barbados, Belice, Jamaica y Trinidad y Tobago, se han realizado esfuerzos notables en el ámbito del control de contaminación y de las zonas costeras.

² www.fao.org

³ Secretaría de Cumbres de las Américas. Washington D. C. 2006.

- Colombia está estructurando un Sistema de Información de Agua Limpia, el cual tendrá el objetivo de ser un mecanismo de planificación destinado a establecer prioridades de inversión y facilitar coordinación entre las entidades responsables para la conservación de cuencas hidrográficas; y
- Varios países en América Latina y el Caribe han implementado o fortalecido, según sea el caso, su legislación en materia de aguas, incorporando algunos conceptos de conservación ambiental.

También se han hecho concertaciones en cuanto al manejo integrado de los recursos hídricos desde que se llevó a cabo la Cumbre de Santa Cruz, se ha tomado una nueva aproximación al manejo de agua que apoya la descentralización de ello y un aumento en la participación pública, y que tiene la opinión de que el agua es un aporte económico para el desarrollo sostenible. Dos países han realizado esfuerzos notables para implementar esta nueva aproximación:

- Jamaica, el 1 de enero de 1997: se implementó un sistema de permisos y otorgamiento de licencias ambientales que ayuda a reducir las consecuencias negativas del desarrollo sobre el medio ambiente a través de un proceso eficaz basado en auditorías ambientales y evaluación de impactos desfavorables.
- Perú: se adoptó una nueva legislación en materia de aguas que alienta la descentralización y la privatización de su manejo.

Las dificultades con el recurso agua no sólo tienen que ver con la cantidad disponible sino con la calidad de ésta que se ve afectada por el crítico problema de contaminación caracterizado por altos niveles de sedimentación, residuos de producción cafetera y desechos de animales y personas que también generan sedimentos.⁴

Investigaciones realizadas en la CAR resaltan la importancia de actualizar la información sobre usuarios y actividades que generen vertimientos⁵; en otras investigaciones sobre protección de cuencas y aljibes pertenecientes a ríos de la corporación se recomienda adelantar programas de protección en nacimientos y rondas de los ríos, quebradas y afluentes para evitar deterioro por descarga de vertimientos y definir zonas de protección en las captaciones para abastecimiento de las comunidades.

⁴ <http://www.ciat.cgjar.org/cuencas/cuenca-calico.htm>

⁵ CENSO DE USUARIOS. CAR-CUNDINAMARCA, 2006

3. GLOSARIO

- **Acidez:** Capacidad de una solución acuosa para reaccionar con iones hidroxilo. Se mide cuantitativamente por titulación con una solución alcalina normalizada y se expresa usualmente en términos de mg/l como carbonato de calcio.
- **Agua potable:** Es el conjunto de características fisicoquímicas y microbiológicas que cumplen con los requisitos mínimos establecidos en la norma y es referido a un líquido, que se puede beber porque es apto para consumo humano.
- **Aguas residuales:** Desecho líquido provenientes de residencias, edificios, instituciones, fábricas o industrias.
- **Aguas residuales domésticas:** Desechos líquidos provenientes de la actividad doméstica en residencias, edificios e instituciones.
- **Aguas residuales industriales:** Desechos líquidos provenientes de las actividades industriales.
- **Calidad:** Propiedades inherentes al agua, que la caracterizan y permiten valorarla respecto a otras de su misma especie. Exige superioridad para el cumplimiento de la legislación.
- **Calidad del agua:** Conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua.
- **Carbón activado:** Forma altamente adsorbente del carbón usado para remover olores y sustancias tóxicas de líquidos o emisiones gaseosas. En el tratamiento del agua este carbón se utiliza para remover materia orgánica disuelta del agua residual.
- **Clarificador:** Tanque de sedimentación rectangular o circular usado para remover sólidos sedimentables del agua residual.
- **Cloro residual:** Concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado.
- **Coagulación:** Aglutinación de las partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua mediante la adición de coagulantes.
- **Conducto de retorno:** Canal, comúnmente cubierto, que sirve para dar paso y salida a las aguas.
- **Cuenca Hidrográfica:** Es la unidad territorial cuyas aguas fluyen hacia un mismo lugar. Está conformada por un sistema espacial dinámico donde actúan electos

bióticos, abióticos y antrópicos de manera interdependiente, y que definen los diferentes ecosistemas. La CAR la adopta como marco estratégico para la aplicación de sus planes de acción en beneficio de la calidad ambiental en su jurisdicción.

- **Cuerpo receptor:** Cualquier masa de agua natural o de suelo que recibe la descarga del afluente final.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas.
- **Desarenador:** Componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación.
- **Desinfección:** Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.
- **Escorrentía:** Corriente de agua que rebosa su depósito o cauce natural o artificial.
- **Estándares:** Que sigue un modelo o que copia y repite un patrón muy extendido, Tipo, modelo o patrón que se consideran un ejemplo digno de ser imitado.
- **Filtración:** Proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso.
- **Filtración de contacto o en línea:** Proceso de filtración sin floculación ni sedimentación previa.
- **Filtración lenta:** Proceso de filtración a baja velocidad.
- **Filtración rápida:** Proceso de filtración a alta velocidad.
- **Floculación:** Aglutinación de partículas inducida por una agitación lenta de la suspensión coagulada.
- **Fuente de abastecimiento de agua:** Depósito o curso de agua superficial o subterránea, natural o artificial, utilizado en un sistema de suministro de agua.
- **Instalaciones tabicadas:** Cerrar una estructura con un tabique, donde se separan de manera completa e incompleta dos cavidades.

- **Lecho de filtración:** Medio constituido por material granular poroso por el que se hace percolar un flujo.
- **Optimización:** Proceso de diseño y/o construcción para lograr la mejor armonía y compatibilidad entre los componentes de un sistema o incrementar su capacidad o la de sus componentes, aprovechando al máximo todos los recursos disponibles.
- **Oxígeno disuelto:** Concentración de oxígeno medida en un líquido, por debajo de la saturación. Normalmente se expresa en mg/L.
- **pH óptimo:** Valor de pH que produce la máxima eficiencia en un proceso determinado.
- **Planta de potabilización:** Conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable.
- **POMCAS:** Planes De Ordenamiento Y Manejo De Cuencas Hidrográficas
- **Rejilla:** Dispositivo instalado en una captación para impedir el paso de elementos flotantes o sólidos grandes.
- **Revestimiento:** Colocación de una capa de cualquier material para proteger una superficie.
- **Revoque:** Capa o mezcla de cal o arena u otros materiales semejantes que se utiliza para revocar (pintar el exterior de las paredes).
- **Saneamiento:** Dotación de condiciones higiénicas, reparación, mejora o recuperación de algo, conjunto de técnicas, de servicios, de dispositivos o de piezas destinados a mantener las condiciones de higiene en edificios o lugares.
- **Sedimentación:** Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad, previa adición de químicos coagulantes.
- **Sólidos disueltos** Mezcla de un sólido (soluto) en un líquido solvente en forma homogénea.
- **Sólidos no sedimentables:** Materia sólida que no sedimenta en un período de 1 hora, generalmente.
- **Sólidos sedimentables:** Materia sólida que sedimenta en un periodo de 1 hora.
- **Sólidos suspendidos** Pequeñas partículas de sólidos dispersas en el agua; no disueltas.
- **Sumidero:** Conducto o canal que sirve de desagüe.

- **Tanque de aireación:** Cámara usada para inyectar aire dentro del agua.
- **Tanque de almacenamiento:** Depósito destinado a mantener agua para su uso posterior.
- **Tratamiento:** Conjunto de operaciones, procesos o técnicas encaminadas a la eliminación, la disminución de la concentración o el volumen de los residuos sólidos o basuras, o su conversión en formas más estables.
- **Tratamiento primario:** Tratamiento en el que se remueve una porción de los sólidos suspendidos y de la materia orgánica del agua residual. Esta remoción normalmente es realizada por operaciones físicas como la sedimentación. El efluente del tratamiento primario usualmente contiene alto contenido de materia orgánica y una relativamente alta DBO.
- **Tratamiento secundario:** Es aquel directamente encargado de la remoción de la materia orgánica y los sólidos suspendidos.
- **Turbiedad:** Propiedad óptica del agua basada en la medida de luz reflejada por las partículas en suspensión.
- **Vertimiento líquido:** Cualquier descarga líquida hecha a un cuerpo de agua o a un alcantarillado.
- **Vertimiento no puntual:** Aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al recurso, tal es el caso de vertimientos provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares.

4. MARCO TEORICO

4.1. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua corresponde a las características físicas, químicas y microbiológicas, así como el resultado de conceptuar sobre el conjunto de disposiciones y características encontradas en el agua, cuando se comparan con las normas.

4.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL

Por contaminación de las aguas superficiales, se entiende la incorporación de elementos extraños (de naturaleza física, química o biológica), los cuales hacen inútil o riesgoso su uso (para beber, vida acuática, recreación, riego, en industria).

Algunas de las acciones que contribuyen a la contaminación de las aguas superficiales, son:

- Industrias que vierten aguas residuales, de sus procesos productivos, como los centros mineros, donde hay aportes de residuos peligrosos debido a su explotación. También, provenientes de zonas urbanas, donde las aguas domesticas son vertidas al cuerpo receptor sin previo tratamiento.
- Excrementos de animales.
- Industrias que vierten sus aguas residuales de sus procesos. En la región de la Cuenca de Ubaté – Suárez, se destaca el vertido de industrias lácteas, explotación minera y agrícola debido a su cercanía de las fuentes de abastecimiento a estos centros.

4.3. PREOCUPACIÓN POR LOS CONTAMINANTES

La contaminación de las aguas por acción del hombre, comenzó a ser sensible al organizarse las ciudades. La preocupación inicial del hombre urbano era por su salud en relación con los residuos orgánicos, expresada con baños alejados del resto de las casas, en canales abiertos en las calles, y finalmente en drenajes. Esta situación se agravó por el desarrollo industrial y el uso de las masas de agua como depositarias de tales residuos.

4.3.1. Disposición de residuos sólidos. Este impacto tiene que ver con la inadecuada disposición de los residuos sólidos de origen urbano. En la región existe solamente un relleno sanitario manejado técnicamente que es el de Cucunubá. Chiquinquirá cuenta con un relleno sanitario operado ineficientemente, de impacto local y puntual, desde el año de 1991, el cual genera altos impactos al suelo que se traducen en cambios en la composición química, física y biológica del suelo, depreciación de suelos aledaños, alteración del paisaje, entre otros. Guachetá, Carmen de Carupa, San Miguel de Sema, Ráquira, Susa, Saboya y Caldas tienen botaderos de residuos sólidos no tóxicos a cielo abierto creando impactos al suelo.

De los diagnósticos realizados se deduce que la producción de residuos sólidos en las zonas urbanas del territorio, con excepción del caso de Bogotá, no es un problema de magnitud debido al reducido tamaño de la gran mayoría de los cascos urbanos. La producción promedio percapita se aproxima al promedio nacional con un valor de 0.65 Kg. /día. El problema principal de este tema es la disposición final, pues la gran mayoría de los municipios lo hacen en botaderos a cielo abierto y en cuerpos de agua, contraviniendo la normatividad sobre el particular⁶.

4.4 POTABILIZACIÓN DEL AGUA

La potabilización del agua corresponde a los sistemas de tratamiento para que esté libre de patógenos y sea biológicamente segura. El método de purificación depende básicamente de las características del agua cruda.

En la tabla 1. Se resumen los procesos de purificación de agua más comunes.

Tabla 1. Procesos De Purificación De Agua.

TIPO DE FUENTE	OPERACIONES
ACEPTABLE	Cribado con rejillas, desinfección y ajuste de pH.
REGULAR	Cribado con rejillas, desarenación si se justifica, filtración lenta o rápida, o floculación – sedimentación – filtración rápida, desinfección y ajuste de pH si se justifica.
DEFICIENTE	Cribado con rejillas, desarenación si se justifica, coagulación, sedimentación, filtración rápida, desinfección y ajuste de pH si se justifica.
MUY DEFICIENTE	Los mismos que el anterior mas los pretratamientos y postratamientos específicos.

FUENTE: RAS 2000.

⁶ CAR. Plan de Gestión Ambiental 2001 – 2010.

El tipo de tratamiento que se recomienda para consumo humano se muestra en la siguiente tabla. Su autor clasifica el agua en cuatro grupos dependiendo sólo de la presencia de coliformes y define un tipo de tratamiento para cada uno:

Tabla 2. Requisitos de Tratamiento Según la Presencia de Coliformes

GRUPO	TIPO DE TRATAMIENTO	CONTENIDO DE BACTERIAS COLIFORMES
I	Ninguno	Limitado a aguas subterráneas no sujetas a ningún tipo de contaminación.
II	Cloración	Promedio en cualquier mes 50 NMP/100 ml.
III	Completo con filtración rápida en arena y pos cloración	Promedio en cualquier mes 50 NMP/100 ml sin exceder este valor en más del 20% de las muestras examinadas en cualquier mes.
IV	Tratamiento adicional: Presedimentación y precloración	Promedio en cualquier mes 5000 NMP/100 ml pero excediendo este valor en más del 20% de las muestras analizadas en cualquier mes, y sin exceder de 20000 NMP/100 ml en más del 5% de las muestras examinadas en cualquier mes.

FUENTE. Romero Rojas Jairo. Purificación del Agua 2000.

4.5. VERTIMIENTOS.

Es la incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

Los efectos de la contaminación del agua incluyen los que afectan a la salud humana. La presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal. El cadmio presente en el agua y procedente de los vertidos industriales, de tuberías galvanizadas deterioradas, o de los fertilizantes derivados del cieno o lodo puede ser absorbido por las cosechas; de ser ingerido en cantidad suficiente, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones. Hace tiempo que se conoce o se sospecha de la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el mercurio, el arsénico y el plomo.

Los lagos, charcas, lagunas y embalses, son especialmente vulnerables a la contaminación. En este caso, el problema es la eutrofización, que se produce cuando el agua se enriquece de modo artificial con nutrientes, lo que produce un crecimiento anormal de las plantas. Los fertilizantes químicos arrastrados por el agua desde los campos de cultivo contribuyen en gran medida a este proceso. El proceso de eutrofización puede ocasionar problemas estéticos, como mal sabor y olor del agua, y un cúmulo de algas o verdín que puede resultar estéticamente poco agradable, así como un crecimiento denso de las plantas con raíces, el agotamiento del oxígeno en las aguas más profundas y la acumulación de sedimentos en el fondo de los lagos, así como otros cambios químicos, tales como la precipitación del carbonato de calcio en las aguas duras. Otro

problema cada vez más preocupante es la lluvia ácida, que ha dejado muchos lagos del norte y el este de Europa y del noreste de Norteamérica totalmente desprovistos de vida.

Las principales fuentes de contaminación acuática pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas.

La contaminación urbana está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. Durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan sólo reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos (en especial compuestos de fósforo y nitrógeno) y bacterias patógenas. En los últimos años, por el contrario, se ha hecho más hincapié en mejorar los medios de eliminación de los residuos sólidos producidos por los procesos de depuración. Los principales métodos de tratamiento de las aguas residuales urbanas tienen tres fases: el tratamiento primario, que incluye la eliminación de arenillas, la filtración, el molido, la floculación (agregación de los sólidos) y la sedimentación; el tratamiento secundario, que implica la oxidación de la materia orgánica disuelta por medio de lodo biológicamente activo, que seguidamente es filtrado; y el tratamiento terciario, en el que se emplean métodos biológicos avanzados para la eliminación del nitrógeno, y métodos físicos y químicos, tales como la filtración granular y la adsorción por carbono activado. La manipulación y eliminación de los residuos sólidos representa entre un 25 y un 50% del capital y los costes operativos de una planta depuradora.

Las características de las aguas residuales industriales difieren bastante dependiendo del tipo de actividad que cada industria desarrolle. El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas. Hay tres opciones (que no son mutuamente excluyentes) para controlar los vertidos industriales. El control puede tener lugar allí donde se generan dentro de la planta; las aguas pueden tratarse previamente y descargarse en el sistema de depuración urbana; o pueden depurarse por completo en la planta y ser reutilizadas o vertidas sin más en corrientes o masas de agua.

La agricultura, la ganadería estabulada (vacuno y porcino principalmente) y las granjas avícolas, son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales. Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos. Los residuos de los criaderos industriales se eliminan en tierra por contención, por lo que el principal peligro que representan es el de la filtración y las escorrentías⁷.

⁷ MNS. Encarta. Contaminación del agua. 2006.

4.6. FUENTES DE ABASTECIMIENTO.

Existen diferentes tipos de riesgos en las fuentes de abastecimiento, los cuales pueden ser de naturaleza física, química y microbiológica. Los primeros están asociados a la aceptación que tiene la fuente de abasto por la percepción de los sentidos. Los riesgos de naturaleza química, están asociados con compuestos orgánicos e inorgánicos, y los microbiológicos, ligados con la presencia de virus, bacterias, protozoarios helmintos.

En general, las aguas superficiales son las que presentan una mayor exposición a factores ambientales que generan contaminación directa por los usos de la cuenca, sus características topográficas, factores climáticos y la contaminación natural por la descomposición de la materia vegetal en la cuenca.

Las aguas lluvias son una buena opción como fuente de abastecimiento donde las condiciones topográficas, socioeconómicas o técnicas presentan dificultades para acceder a otra fuente de abastecimiento. La calidad del agua lluvia, salvo en circunstancias donde existe alta contaminación atmosférica, tanto microbiológica como físico-química. Su aprovechamiento puede verse restringido por las características de intensidad y distribución de la lluvia.

El abasto con agua de mar o salobre es considerado una opción en zonas costeras donde no se tiene ninguna otra alternativa. Debido a la alta concentración de sales presentes en el agua, ésta debe ser sometida a un proceso de desalinización acompañada de otros procesos según el contenido de sólidos y de contaminación microbiológica.

La selección de una determinada tecnología de potabilización del agua tiene una estrecha relación con la fuente de abastecimiento y su calidad. Las alternativas de tratamiento consideradas deben poder eliminar o minimizar el riesgo, el cual esta asociado al tipo de fuente (superficial, subterránea, aguas lluvias, agua de mar). También se debe considerar, además del tipo de riesgo, su variabilidad en el tiempo⁸.

4.6.1 Procesos Mínimos de Tratamiento en Función de la Calidad de Agua de la Fuente.⁹

- **Fuente Aceptable.**

En fuentes superficiales o subterráneas, que durante el 90% del tiempo (t90) en una serie estadística de análisis que cubra por lo menos un ciclo de lluvias y un ciclo seco los parámetros de calidad que debe mantener se presentan en la tabla 3, con base en esto, los procesos de tratamiento mínimos a diseñar, construir y operar **deben** ser: Remoción del material flotante de las fuentes superficiales mediante cribado con rejillas, seguido de los procesos de desinfección y ajuste de pH si se justifica.

⁸ SELTEC.htm, Fuentes de agua. 2006.

⁹ RAS 2000. TÍTULO A.11.2.2 PROCESOS MÍNIMOS DE TRATAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA FUENTE.

Tabla 3. Parámetros de una fuente Aceptable

Parámetros	Unidades	Resultados de los análisis en t ₉₀
DBO 5 días		
Promedio Mensual	mg/l	<1.5
Máximo diario	mg/l	1-3
Coliformes Totales		
Promedio mensual	(NMP/100ml)	0-50
Oxígeno disuelto	mg/l	>=4
pH promedio		6.0 –8.5
Turbiedad	(UNT)	<2
Color verdadero	(UPC)	<10
Gusto y Olor		Inofensivo
Cloruros	mg/l - Cl	<50
Fluoruros	mg/l - F	<1.2

Fuente. RAS 2000.

- **Fuente Regular.**

En fuentes superficiales o subterráneas, que durante el 90% del tiempo (t₉₀) en una serie estadística de análisis que cubra por lo menos un ciclo de lluvias y un ciclo seco, mantengan los parámetros de calidad que se muestran a continuación en la tabla 4, los procesos de tratamiento mínimos a diseñar, construir y operar **deben** ser: Remoción del material flotante en las fuentes superficiales mediante un cribado con rejillas, seguido de desarenación si se justifica, filtración lenta sencilla o de múltiples etapas; o filtración rápida directa para valores de turbiedad hasta un máximo de 10 UNT; o floculación, sedimentación y filtración rápida, seguida de desinfección y ajuste de pH si se justifica. En este último caso los procesos de coagulación y sedimentación deben diseñarse para obtener una eficiencia tal que permitan reducir la turbiedad a un valor máximo de 10 UNT antes del proceso de filtración rápida.

Tabla 4. Parámetros de una fuente Regular

Parámetros	Unidades	Resultados de los análisis en t ₉₀
DBO 5 días		
Promedio mensual	mg/L	1.5 – 2.5
Máximo diario	mg/L	3 – 4
Coliformes totales		
Promedio mensual	(NMP/100 mL)	50 – 500
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 4
PH promedio		5.0 - 9.0
Turbiedad	(UNT)	2 – 40
Color verdadero	(UPC)	10 – 20
Gusto y olor		Inofensivo
Cloruros	(mg/L – Cl)	50 – 150
Fluoruros	(mg/L – F)	< 1.2

Fuente. RAS 2000.

Fuente deficiente.

En fuentes superficiales que durante el 90% del tiempo (t_{90}) en una serie estadística de análisis que cubra por lo menos un ciclo de lluvias y un ciclo seco, mantengan los parámetros de calidad que se muestran a continuación en la tabla 5; Los procesos de tratamiento mínimos a diseñar, construir y operar deben ser: Remoción del material flotante mediante cribado con rejillas, desarenación si se justifica, coagulación, sedimentación, filtración rápida seguida de desinfección y ajuste de pH. Los procesos de coagulación y sedimentación deben diseñarse para obtener una eficiencia tal que permitan reducir la turbiedad a un valor máximo de 10 UNT y el color a un valor máximo de 20 UC.

Tabla 5. Parámetros de una fuente Deficiente

Parámetros	Unidades	Resultados de los análisis en t_{90}
DBO 5 días		
Promedio mensual	mg/L	2.5 – 4
Máximo diario	mg/L	4 – 6
Coliformes totales		
Promedio mensual	(NMP/100 mL)	500 – 5000
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 4
PH promedio		3.8 – 10.5
Turbiedad	(UNT)	40 – 150
Color verdadero	(UPC)	20 – 40
Gusto y olor		Inofensivo
Cloruros	(mg/L - Cl)	150 – 200
Fluoruros	(mg/L - F)	< 1.2

Fuente. RAS 2000.

- **Fuente muy deficiente.**

En fuentes superficiales que en promedio, mantengan los parámetros de la tabla 6, los procesos de tratamiento mínimos utilizados deben ser los mismos del artículo anterior más los pretratamientos y postratamientos específicos para producir una calidad de agua que satisfaga los valores admisibles de todos los parámetros físicos – químicos, microbiológicos y organolépticos contemplados por el Decreto 475 del 10 de marzo de 1998.

Tabla 6. Parámetros de una fuente Muy Deficiente

Parámetros	Unidades	Resultados de los análisis en t ₉₀
DBO 5 días		
Promedio mensual	mg/L	> 4
Máximo diario	mg/L	> 6
Coliformes totales	(NMP/100 mL)	>5000
Promedio mensual		
Oxígeno disuelto	mg/L	< 4
PH promedio		3.8 – 10.5
Turbiedad	(UNT)	≥150
Color verdadero	(UPC)	≥40
Gusto y olor		Inaceptable
Cloruros	(mg/L - Cl)	300
Fluoruros	(mg/L - F)	> 1.7

Fuente. RAS 2000.

4.7. MARCO JURIDICO.

- **Decreto 2811 de 1974.** Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. En este decreto se dictan disposiciones sobre la utilización del recurso agua en el territorio nacional, en lo concerniente a concesiones y tasas retributivas.
- **Decreto 1594 de 1984.** Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Esta norma incluye parámetros y valores de calidad mínimos que deben tener los cuerpos de agua que sean utilizados para ser tratarlos con desinfección o tratamiento convencional para posterior consumo humano.
- **Decreto 475 de 1998.** Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable. El capítulo tres de este decreto establece, normas organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas para la calidad del agua potable que debe cumplir cualquier punto de la red de distribución de un sistema de suministro de agua potable.
- **Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000.** Sección II Título I Componente Ambiental para los Sistemas de Acueducto, Alcantarillado y Aseo. Este documento plantea las disposiciones para el diseño de las operaciones unitarias de una planta de potabilización.

- **Decreto 1729 de 2002.** Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5o. de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones. Se refiere a la ordenación de cuencas hidrográficas en el territorio nacional.
- **Ley 99 de 1993.** Según el ministerio elabora las políticas y planes a cargo de las Corporaciones Autónomas Regionales, donde las autoridades ambientales, deben proceder a la ordenación de cuencas de acuerdo con la priorización establecida a nivel nacional y con las directrices establecidas en el plan hidrológico nacional.
- **Ley 388 de 1987.** Propone los planes de ordenamiento territorial como herramienta de planificaron de un territorio en la que se debe tener en cuenta aspectos como sociales, económicos, ambientales, dentro de las normas del manejo de cuencas expedidas por la autoridad ambiental de la respectiva jurisdicción.

5. DISEÑO METODOLOGICO

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo en tres fases que serán descritas a continuación junto con sus actividades.

5.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MUNICIPIOS, SUS FUENTES DE ABASTECIMIENTO Y PLANTAS DE POTABILIZACIÓN.

Los municipios analizados fueron: Buenavista, Caldas, Carmen de Carupa, Chiquinquirá, Cucunubá, Fúquene, Guachetá, Lenguazaque, Ráquira, Saboya, San Miguel de Sema, Simijaca, Susa, Sutatausa, Tausa, Ubaté.

La descripción de cada municipio incluye aspectos generales como ubicación geográfica, aspectos demográficos y climatológicos, actividades económicas, sistemas ecológicos e hidrología presente en cada uno. Esta información se recopiló en las oficinas de Planeación Municipal correspondientes y en los Planes de Ordenamiento Territorial. La información sobre los sistemas de abastecimiento y las unidades de las plantas de potabilización se obtuvo en visitas realizadas a cada una de ellas con recopilación de material fotográfico de los procesos y equipos.

En las fuentes de abastecimiento donde no se tenían datos se determinó el análisis mediante apreciaciones visuales y teóricas teniendo en cuenta las actividades económicas, lo que permite apreciar los posibles contaminantes que puedan estar interviniendo en la calidad de la fuente hídrica.

Las caracterizaciones del agua en la fuente de captación fueron realizadas por la Corporación Autónoma Regional CAR; y se encuentran consignadas en el (Anexo A). En el (Anexo B) se describen los parámetros de la calidad del agua de las Plantas de Potabilización.

Para realizar el análisis se tomó como base el decreto 1594 de 1984, y se presenta mediante tablas las características generales y parámetros monitoreados en las obras de captación como: Municipio, fuente de abastecimiento, parámetros, comparación con normas internacionales (OMS de 1995, Boliviana, Chilena, Venezolana, RAS 2000). Con respecto a lo que se presenta en las plantas de Potabilización, se consigna: municipio, fuente de abastecimiento, parámetros y comparación con el Decreto 475 de 1998.

5.2. IDENTIFICACIÓN DE APORTES DE VERTIMIENTOS.

Con base en las actividades económicas y por observación se analizan las fuentes de abastecimiento de los municipios que no poseen datos. La información de aportantes de los vertimientos no puntuales en cada cuerpo hídrico en las fuentes receptoras, permitió realizar el análisis respectivo para identificar el aporte de contaminación que se encuentra en la fuente. En esta se presentan cuenca, subcuenta, municipio, fecha, estación, parámetros establecidos en el Decreto 1594 de 1984. Cabe resaltar que los datos consignados en las tablas muestran vertimientos de los años de 2004 y 2005, puesto que para los años anteriores carecían de información para realizar el análisis (Ver Anexo D).

5.3. EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN DE CADA PLANTA.

Uno de los objetivos del proyecto fue diseñar el proceso de optimización de la planta de potabilización que por cuestiones de operación y calidad de la fuente abastecedora se vea más afectada en su eficiencia.

La selección de la planta se hizo a partir de una matriz donde se analiza la calidad de la fuente, para el cumplimiento de los parámetros del Decreto 1594 de 1984; y la calidad del agua potable obtenida en cada planta de Potabilización según el Decreto 475 de 1998, y de la cantidad de operaciones con que contaba la planta, y las operaciones básicas que debe poseer cada planta según el RAS 2000.

De la matriz diseñada y analizada se concluyo que la planta de potabilización más afectada por los vertimientos y deficiencias en sus operaciones en la calidad del agua a la salida de cada planta de Potabilización es Saboya, se diseñó entonces, una torre de aireación como primera operación en la planta de Potabilización y un clarifloculador donde se permite realizar la coagulación, floculación y sedimentación en una misma operación.

Estas operaciones se podrán apreciar en el desarrollo del trabajo junto con sus respectivos cálculos y su manual de operación y mantenimiento (Ver Anexo E).

6. DESCRIPCION DE LA CUENCA UBATÉ Y SUÁREZ

El sistema hídrico de los ríos Ubaté y Suárez, abarcan una extensión de 200.000 hectáreas, el 12% del territorio de La CAR y albergan aproximadamente 210.000 habitantes; el 60%, están localizados en las zonas rurales de estos valles, dedicados a una variada gama de actividades ganaderas, agrícolas y mineras. Los municipios que la integran son: Buenavista, Caldas, Carmen de Carupa, Chiquinquirá, Cucunubá, Fúquene, Guachetá, Lenguazaque, Ráquira, Saboyá, San Miguel de Sema, Simijaca, Susa, Sutatausa, Ubaté.

El río Ubaté nace en el municipio de Carmen de Carupa, por la confluencia de los ríos Hato y la Playa, y sus principales afluentes son los ríos Suta y Lenguazaque; recorre 42.7 Km, el área de drenaje alcanza 778 Km²; es el principal afluente de la laguna de Fúquene y el eje de recolección de aguas en el valle. El desagüe de la laguna es el río Suárez, en el que desemboca en su recorrido hasta la localidad de Garavito, el Simijaca y el Chiquinquirá. Los cuerpos de agua que serán objeto de este estudio son aquellos que son fuente de abastecimiento de los municipios de esta cuenca y pueden ser de segundo, tercer o cuarto orden. Es importante aclarar que hay municipios que se abastecen de más de un cuerpo hídrico. Dichas fuentes son:

- Nacimiento Agua Blanca
- Quebrada Los Robles
- Quebrada Ruchical
- Quebrada Suchinica
- Río Suárez
- Quebrada La Chorrera
- Quebrada El Borrachero
- Nacimiento Potrero Largo
- Nacimiento Potreritos
- Río Lenguazaque
- Río Dulce
- Quebrada Cantoco
- Nacimiento La Peña
- Río Simijaca
- Nacimiento Nutrias
- Río Agua Clara
- Quebrada El Chapetón
- Río Ubaté

La oferta total de las aguas superficiales se calcula en 18.2 m³/s y la de la laguna de Fúquene con 2.07 m³/s. La demanda de agua para consumo humano es de 7.945 m³/s, para uso industrial de 4.808 m³/s¹⁰.

Esta cuenca recibe aguas residuales de las cabeceras municipales de Ubaté, Chiquinquirá, Simijaca y Lenguaque, además de los vertimientos producto de las actividades pecuarias e industrial de lácteos y mataderos.

Se desarrollan, principalmente actividades de tipo doméstico; los contaminantes son derivados de la ganadería y los cultivos agroindustriales. Sobresale el procesamiento de productos lácteos que agrega carga orgánica; la actividad minera se manifiesta con el aporte de sólidos. La calidad de agua en el nacimiento de los ríos y las quebradas y en muchas otras partes de su recorrido es buena. Viene a deteriorarse por las descargas de los municipios a los ríos Ubaté, Chiquinquirá, Susa y Simijaca. El nitrógeno que se genera por la ganadería y agricultura intensivas, y los vertimientos de algunos de los municipios cercanos deterioran la laguna de Fúquene.

6.1. GENERALIDADES DE LOS MUNICIPIOS PERTENECIENTES A LA CUENCA UBATE – SUAREZ Y SUS PLANTAS DE POTABILIZACIÓN.

6.1.1. Municipio de Buenavista. La cabecera municipal esta localizada a 1'015.133 metros de norte y 1'101.335 metros oeste, tiene un área total de 125 km². Dista a 118 km. de la ciudad de Bogotá. Toda el área rural y urbana se encuentra a una altura sobre el nivel del mar que oscila entre 700 y 3200 m.s.n.m. Posee un clima seco y tiene una temperatura media de 12°C y la precipitación media anual de 1500 mm. Cuenta con una población de 727 habitantes.

La principal cuenca hidrográfica la constituye el Río Minero que se desplaza en dirección sur – norte y desciende desde una altitud de 3000 m para desembocar al Río Carare, el cual a su vez aporta al Río Magdalena, a la altura del municipio de Puerto Parra en el departamento de Santander.

Páramo y subpáramo. Estos se ubican en las veredas Pismal y Corrales que comparte con el municipio de Simijaca y es uno de los aportes más importantes del municipio a la estructura ecológica principal de la región y de la cuenca. Este páramo aporta en dos direcciones, del lado de Simijaca las aguas circulan por la cuenca del río Suárez, mientras las aguas que conducen las corrientes del lado del municipio de Buenavista pertenecen a la cuenca del río Minero.

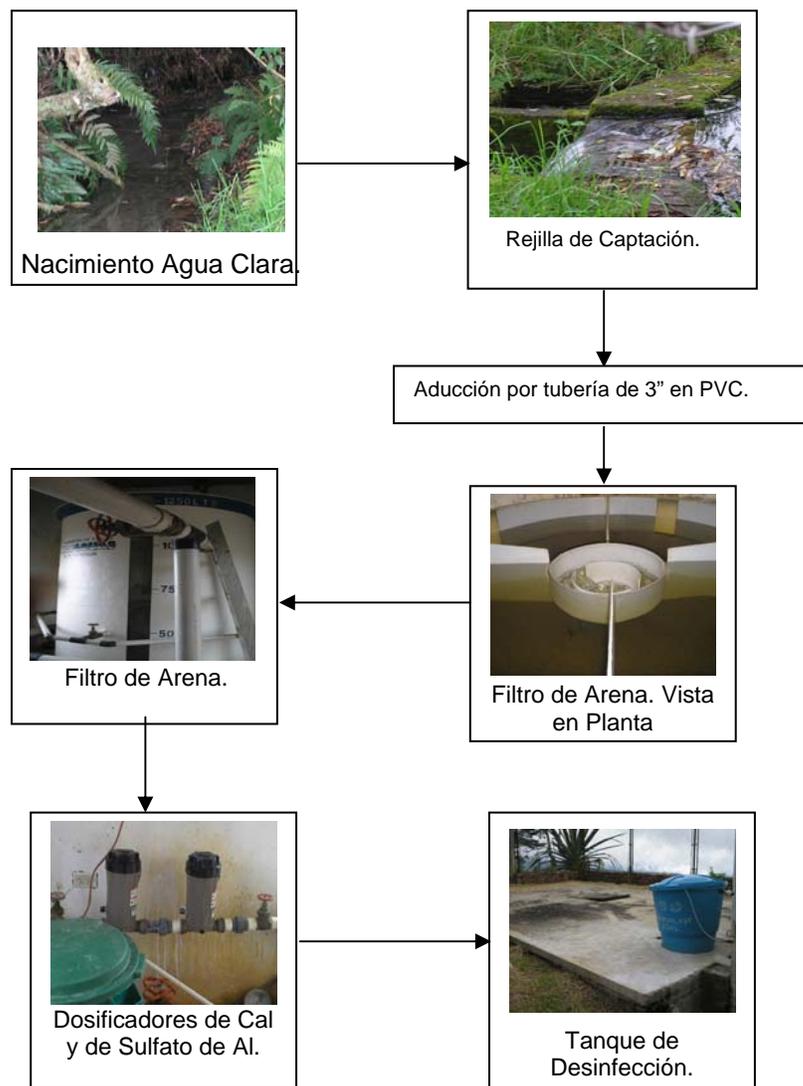
⁶ CAR. Plan de Gestión Ambiental 2001 – 2010.

6.1.1.1. Actividades económicas.

- Sector Agrícola - Ganadero. El uso de actividades agropecuarias ocupa el 85% del área total municipal. La agricultura y la ganadería: son las actividades que ocupan gran cantidad de personas en el municipio, sobresalen las prácticas de manejo de cultivos de café y tomate de árbol. En la región muchas economías de veredas están sostenidas por el cultivo de café, la caña de azúcar y la ganadería, cítricos tradicionales. También existen criaderos de peces (mojarra plateada y cachama).

6.1.1.2. Planta de Potabilización. El caudal es conducido por una tubería de diámetro igual a 3". La planta lleva 5 años en funcionamiento. Sus características se presentan en la tabla 7 y se ilustran en la figura 1.

Figura 1. Municipio De Buenavista



Tiempo de abastecimiento: 24 horas/día

Tabla 7. Planta de Potabilización Municipio de Buenavista.

Fuente de Abastecimiento: Nacimiento Agua Blanca	
Población Abastecida: 727 habitantes, 100% del casco urbano	
SISTEMA DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
Bocatoma: Rejilla Superficial	Realiza la recolección del agua por gravedad
Tanque de Recolección	Recolecta el agua que cae directamente en la rejilla
Tanque Almacenamiento	Almacena el agua del tanque anterior para ser aducida a la planta de potabilización. Capacidad de 9 m ³ .
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	OBSERVACIONES
Filtro de arena de diferentes densidades	Se realiza la mezcla de cal y Sulfato de Aluminio que actúa como floculante. Su función principal es la eliminación de sólidos suspendidos. Capacidad de 1250 litros. Tiene cuatro compartimentos con lecho de arena gruesa y fina. El tiempo de retención es de 10 minutos.
Tanque de almacenamiento	Su función es almacenar el agua para la distribución. Allí se realiza la desinfección. Su capacidad es de 87.5 m ³ .

Fuente. Autoras 2006.

6.1.2. Municipio de Caldas. El municipio tiene una extensión total de 2421 km². Su distancia a Bogotá es de 90 Km. Aproximadamente. La temperatura promedio de 14°C y la altura es de 2660 m.s.n.m. Cuenta con aproximadamente 400 habitantes.

Las quebradas La Playa y El Palmar, son consideradas las quebradas más importantes tanto por su mayor área aferente como por la disponibilidad de zonas de producción hídrica, las demás como la Quebrada Alto Amarillo y otras menores, que nacen en la parte alta del municipio, confluyen aproximadamente a dos kilómetros aguas abajo del centro poblado de Nariño y conforman el Río Chiquinquirá.

6.1.2.1. Actividades económicas.

- **Sector Minero:** La actividad económica más importante es la explotación de esmeraldas, también tiene representación el sector agropecuario; considerado este tradicional.
- **Sector Agrícola:** En el municipio de Caldas predominan los usos mixtos como la agricultura y la producción de pastos naturales ocupando la mayor área del conjunto en una expansión de 4599 Has; equivalen a un 60% de todo el municipio.

El porcentaje de uso de la tierra es como se relaciona a continuación en la tabla 8:

Tabla 8. Porcentaje de uso de la tierra en el Municipio de Caldas.

ACTIVIDAD	%
Ganadería	45
Agricultura	30
Vegetación	25

Fuente: Oficina de Planeación Municipal. 1998

La base económica del municipio se soporta como se aprecia en la tabla 9, desde el punto de vista agrícola, en los siguientes cultivos:

Tabla 9. Área cultivada según su producto.

PRODUCTO	AREA CULTIVADA SEGÚN PRODUCTO (Has)
Papa	662
Maíz	391
Trigo	578
Arveja	338
Frijol	25

Fuente: Oficina de Planeación Municipal. 1998.

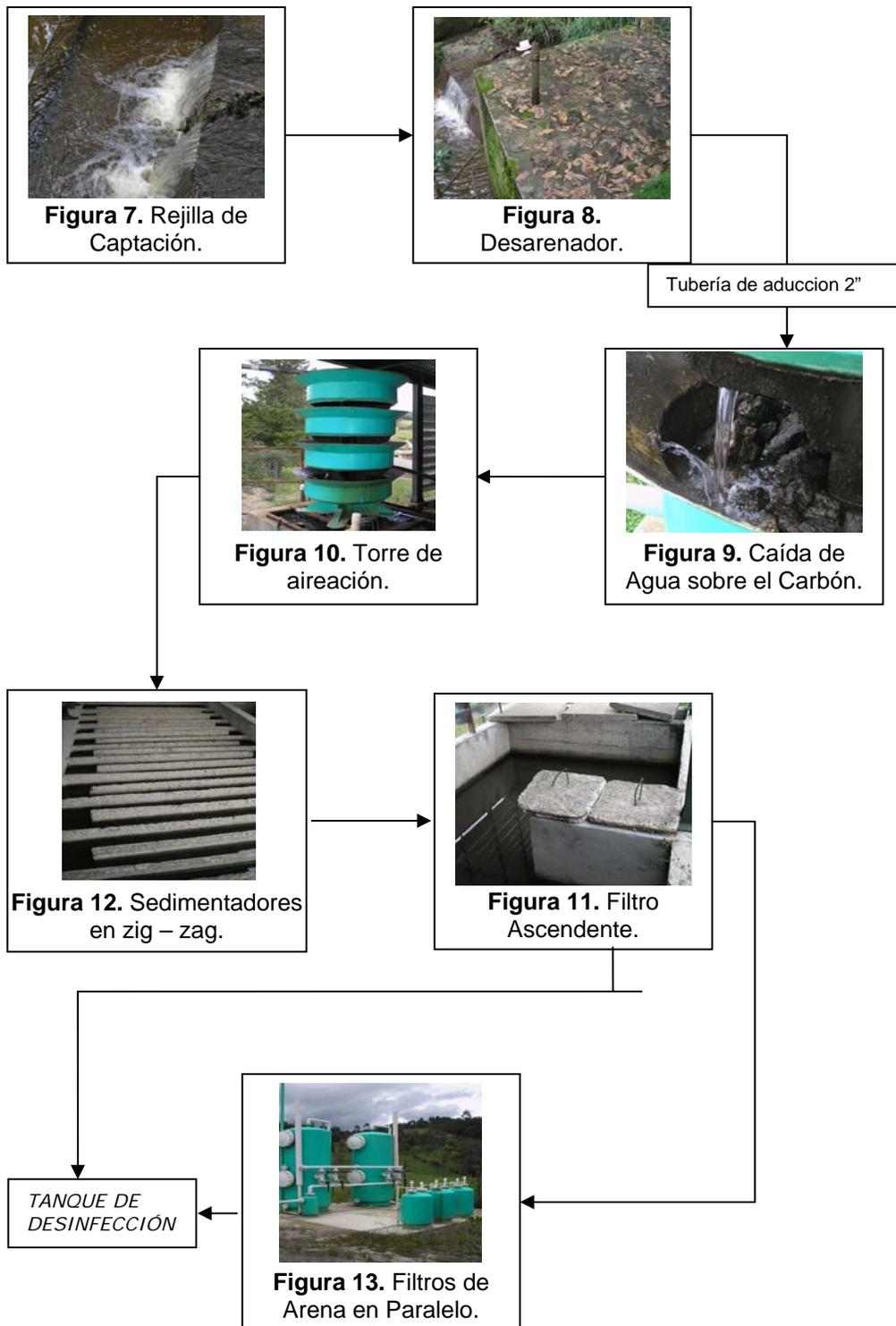
- **Sector Ganadero:** En cuanto a la actividad ganadera, la más importante es la vacuna, con un porcentaje máximo del 90%. Las razas que más predominan son la Holstein y el ganado criollo, destinados a la producción de leche y posteriormente al engorde. En menor proporción encontramos los porcinos, los ovinos y las aves que corresponden al 10%.

6.1.2.2. Planta de Potabilización.

La fuente permanente de abastecimiento es la quebrada Los Robles, y también poseen captación de la quebrada Ruchical en caso de emergencias, como en época de fuertes veranos.

La tabla 10 presenta las características de esta planta y se ilustra en la figura 2.

FIGURA 2. MUNICIPIO DE CALDAS.



Tiempo de Abastecimiento: Tiempo completo

Tabla 10. Planta de Potabilización Municipio de Caldas.

Fuente de Abastecimiento: Quebrada Los Robles y Quebrada Ruchical	
Población Abastecida: 400 habitantes, 100% del casco urbano	
SISTEMA DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
Bocatoma: Rejilla Superficial	Realiza la recolección del agua por gravedad
Desarenador primario	Retira Arenas, limo y sólidos de diámetros sedimentables
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	OBSERVACIONES
Filtro de carbón	Consta de cuatro compartimentos circulares. Se reemplaza el carbón cada seis meses. Remueve gran parte de las partículas coloidales presentes en el agua
Tanque de mezcla Rápida	El agua es recibida del filtro de carbón por su parte inferior y en este tanque se adiciona 1100 g Sulfato de Aluminio/día y 700 g Cal/día
3 Sedimentadores	Consta de múltiples vertederos en zig-zag.
Filtro Ascendente	Con lecho filtrante granular de diferentes diámetros
PLANTA NUEVA	
Filtros de Arena	Cuando se emplea este sistema el agua pasa primero por el filtro de carbón de la planta antigua. En el momento de la visita los filtros no se estaban empleando porque no funcionaba la bomba.
Tanque de almacenamiento	Almacena el agua para la distribución después de haberse dosificado el cloro para la desinfección del agua. Se utilizan aproximadamente 600 g/día de Cloro.

Fuente. Autoras 2006.

6.1.3. Municipio de Carmen De Carupa. El municipio se halla ubicado a los 2980 m.s.n.m., con alturas aledañas superiores a los 3200 m.s.n.m. Debido a su gran altitud su temperatura media oscila en promedio de 12°C, razón por la que sus suelos están divididos en dos pisos térmicos mayoritarios, frío en aproximadamente 93 Km²; 135 Km² de páramo y 67 Km² en zona templada. El área del municipio es de 295 Km², de los cuales corresponden al área urbana 0.45 Km², con una población en su cabecera de 1658 habitantes.

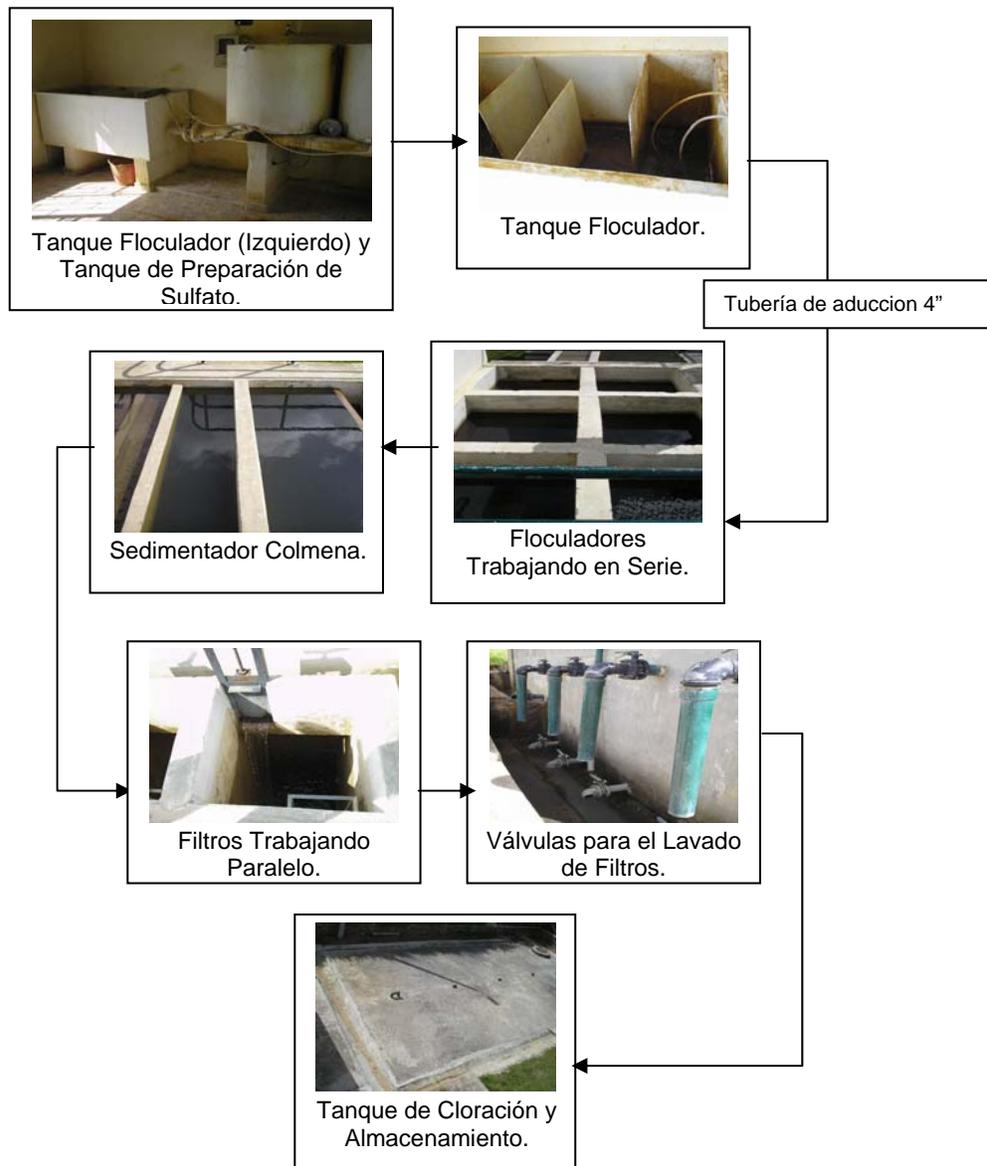
6.1.3.1. Actividades Económicas.

- **Sector Agrícola:** Dadas las condiciones del clima, el área destinada para tal fin ocupa el 80% del área rural, donde el cultivo predominante es la papa.
 - Papa: Se siembra la variedad parda de papa pastusa en un 95%, donde se siembran 8 cargas por Ha (1000 K.)
 - Arveja: Se siembran aproximadamente unos 65 Kg/Ha.
 - Cebada: Se siembra en baja proporción, debido a que el cultivo predominante es la papa, este se siembra en zonas secas, en donde no se posibilita siembra de ningún otro cultivo.
 - Trigo: Igual que la cebada se siembra en menor proporción, dando prioridad a la arveja y la papa.

- **Sector Pecuario.** El área utilizada en la ganadería es de 11.100 Has, en las cuales se encuentran de 10.000 a 11.200 cabezas de ganado. Del total de la población bovina el 70% corresponde a ganado con doble propósito, quiere decir la encabezan el ganado normando, criollo y sus cruces.
- **Sector Minero.** Esta es una actividad secundaria donde predomina la pequeña y mediana industria, dentro de la cual se destaca la extracción de grava y arena.

6.1.3.2. Planta de Potabilización. La capacidad de la planta es 8 lps. El caudal que llega es de 4 a 6 lps. Las características se presentan en la tabla 11 y se ilustra en la figura 3.

Figura 3. Municipio De Carmen De Carupa



Tiempo de Abastecimiento: 24 horas/día.

Tabla 11. Planta de Potabilización Municipio de Carmen de Carupa

Fuente de Abastecimiento: Quebrada Suchinica	
Población Abastecida: 1658 habitantes, 100% del casco urbano	
SISTEMA DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
Bocatoma: Rejilla Superficial	Realiza la recolección del agua por gravedad
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	OBSERVACIONES
Tanque Floculador	Se añade Sulfato de Aluminio y Cal para estabilizar el pH.
6 Floculadores en serie	Cada uno con capacidad de 2 m ³ . Desagüe laminar
3 Sedimentadores	Consta de múltiples vertederos en zig-zag.
Sedimentador tipo colmena	Orificios ayudante a la acumulación de sedimentos.
4 Filtros	Con lecho de Antracita y Grava. Incluye sistema de lavado.
Tanque de almacenamiento	Aquí se lleva a cabo la cloración del agua y se utilizan aproximadamente 600 g/día de cloro gaseoso para su desinfección. Capacidad de 3000 m ³ .

Fuente. Autoras 2006.

6.1.4. Municipio de Chiquinquirá. Está localizado al Nor-Occidente del departamento de Boyacá, separado 107 Km aproximadamente de la capital del departamento, con altura promedio de 2.587 m.s.n.m, y una temperatura media de 15° C, donde los pisos térmicos de esta zona van desde piso frío a páramo. Como afluentes principales se cuentan con los ríos Chiquinquirá y Quindión, demográficamente poseen una población aproximada de 55.000 habitantes y una población flotante de 15.000 personas.

Se encuentran parte de las Lagunas de Cucunubá y Suesca. Los paramos de Guerrero y Laguna Verde reparten sus aguas hacia los ríos que llegan a la cuenca del río Magdalena por el Río negro y el Río Minero, otras aguas van hacia el Río Bogota y finalmente a las aguas que se distribuyen en la región.

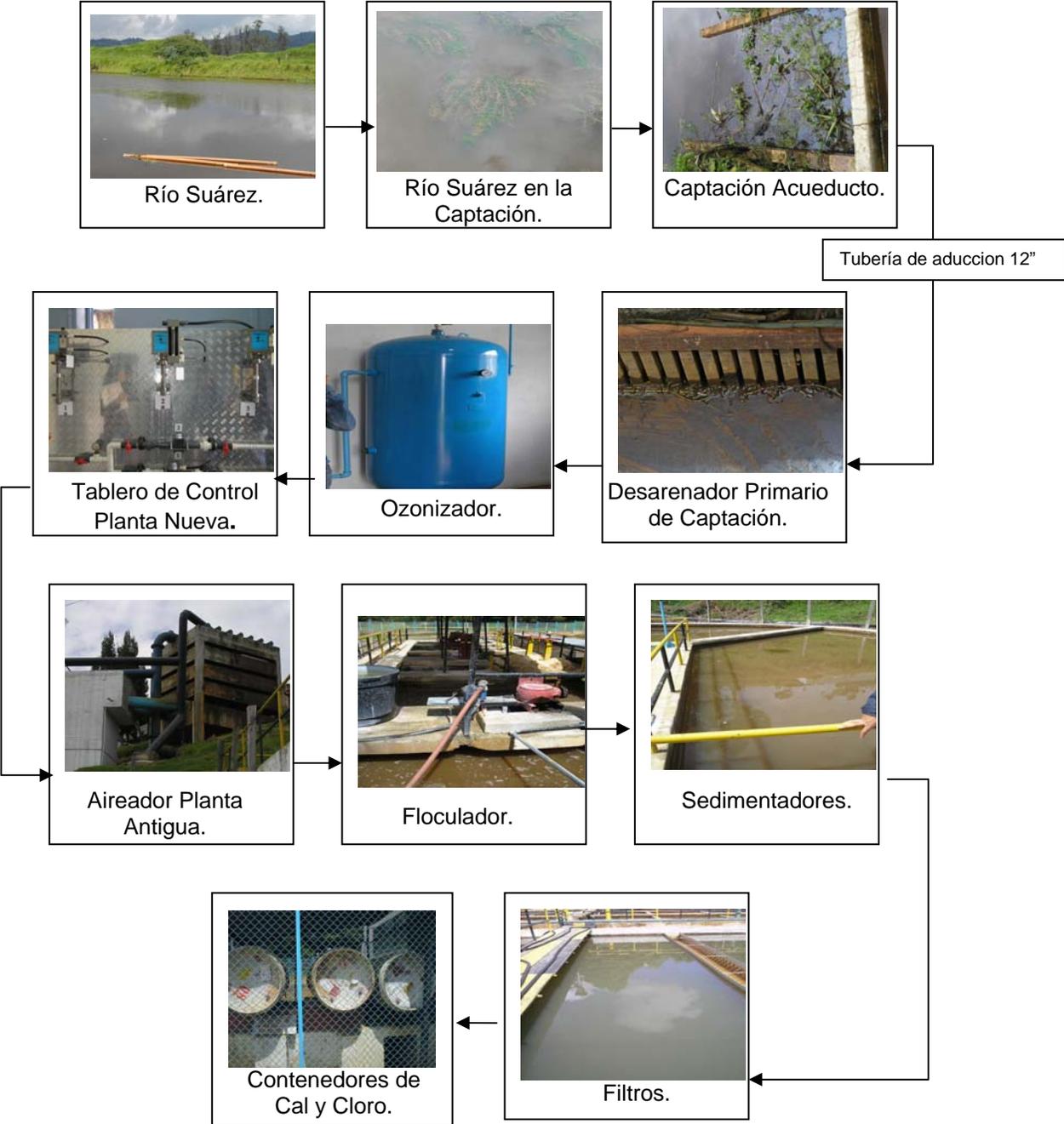
6.1.4.1. Actividades económicas.

El sector industrial predominante en esta región es el lácteo. La actividad minera del municipio es baja, por las características del suelo, debido a esto solo se podrá realizar dicha actividad en zonas rurales ya establecidas, lo que lo convierte en un suelo apto para la agricultura y ganadería.

6.1.4.2. Planta de Potabilización. El caudal recorre una aducción de 7 km. Se tratan 110 lps de la siguiente manera: Las primeras ocho horas se tratan 90 lps, las siguientes ocho horas 105 lps y las restantes ocho horas del día se tratan 135 lps. Gran parte del caudal que entra a la planta se trata en una planta nueva y el resto es tratado en la planta antigua. Este proceso se realizará gradualmente hasta llegar al 100% del tratamiento en

la planta nueva. El tiempo de funcionamiento de esta planta es de 53 años. Sus características se presentan en la tabla 12 y se ilustra en la figura 4.

Figura 4. Municipio De Chiquinquirá



Tiempo de abastecimiento: 24 horas/día.

Tabla 12. Planta de Potabilización Municipio de Chiquinquirá.

Fuente de Abastecimiento: Río Suárez	
Población Abastecida: 60.000 habitantes, 100% del casco urbano	
SISTEMA DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
Bocatoma: Bomba Sumergible	Bombea el agua del Río y lo conduce hacia el tanque inicial de captación.
Tanque de captación	Funciona como desarenador inicial.
Tres bombas que impulsan 125, 80 y 115 litros por segundo respectivamente.	Se opera normalmente con la de 125 lps y las otras están en stand by.
Desarenador complementario	Retira gran parte de arenas, gravas y limos que logran pasar por el tanque de captación.
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	OBSERVACIONES
PLANTA ANTIGUA	
Planta de Aireación Antigua	En esta unidad se utiliza carbón activado
2 unidades de floculación mecánicas	Se adiciona Sulfato de Aluminio
Sedimentador	Tiempo de retención 5.5 horas.
2 Filtros Rápidos	Requiere en este momento optimizar el lecho filtrante.
Tanque de almacenamiento	Cuenta con dos dosificadores de cloro. Se dosifican entre 4 y 4.5 mg/l (5 ppm).
PLANTA NUEVA	
Planta de Ozono	Su función es retirar contaminación por color, turbiedad y hierro. Eficiencia de remoción: Color 25% a 30% y Hierro 30% a 40%. El ozono remanente se quema.
1 floculador hidráulico	Dividido por 12 cámaras cada una, estas disminuyen el gradiente de velocidad. Se adicionan de 500 a 700 Kg. de Sulfato de Aluminio
2 Sedimentadores	Distribuidos en 3 cámaras con paneles
4 Filtros Rápidos	La filtración se hace con arena, grava y antracita.
Tanque de almacenamiento	Capacidad de 1200 m ³ . Dosificación previa de cloro en polvo de 5 ppm.

Fuente. Autoras 2006.

Posee laboratorio con equipo de jarras y dosificadores de sulfato de aluminio de la planta nueva; y un cuarto de almacenamiento de Cal y de Cloro en Polvo. Hay dos cloradores: uno para la planta nueva y otro para la planta antigua.

6.1.5. Municipio de Cucunubá. Su cabecera esta localizada a los 05°15'11" de latitud norte y 73°43'17" de longitud oeste con una altura sobre el nivel del mar de 2590m. La temperatura media anual es de 11.6°C y la precipitación media anual es de 679 mm. Dista de la ciudad de Bogotá 109 Km, y de la ciudad Ubaté 9 Km., y corresponde al piso térmico frío. El área municipal es de 110 Km², contando con una población de 1618 habitantes.

6.1.5.1. Actividades Económicas.

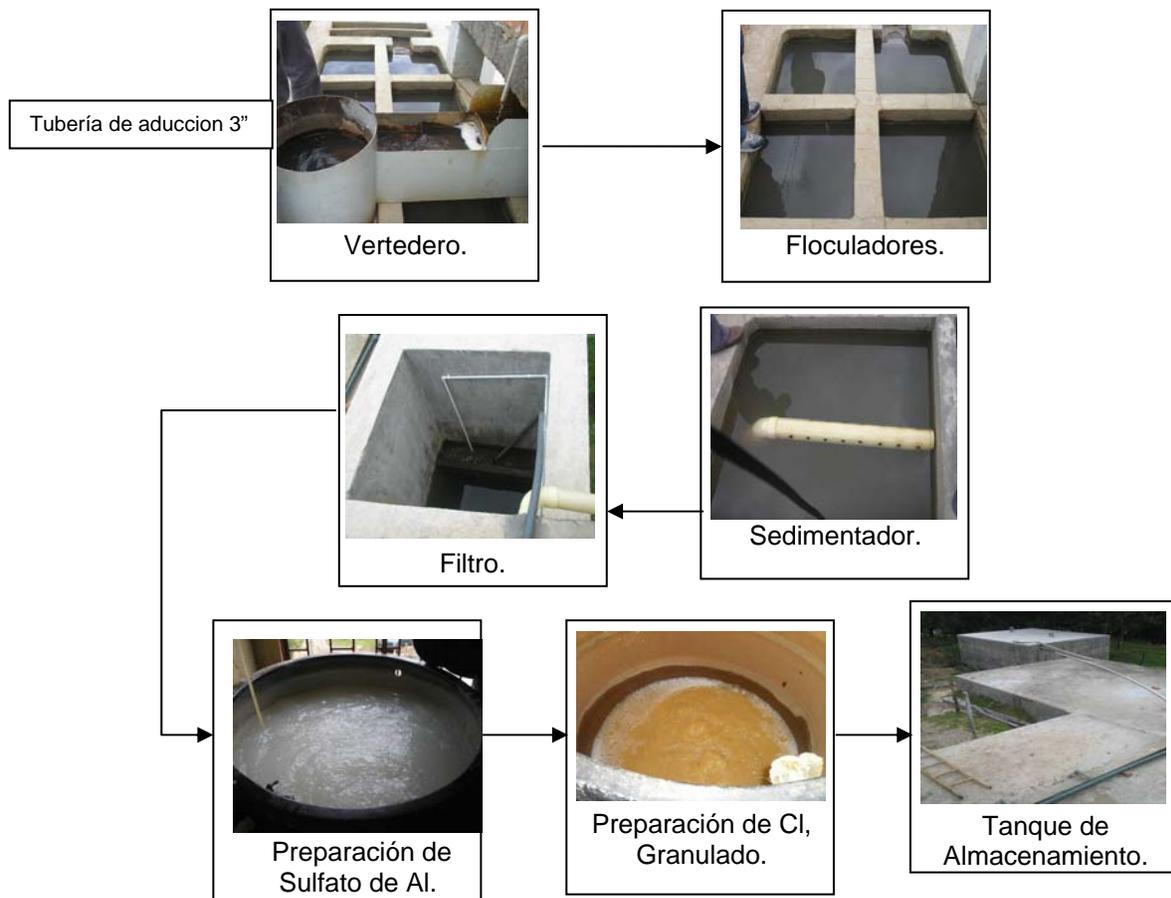
- **Sector Minero.** Cucunubá es el principal productor de carbón de la región de Ubaté. La vereda Peñas presenta un alto contenido de carbón y representa el 31.6% que son

189 Has, alterando el ambiente, debido a la explotación del carbón mineral y las fábricas de coke.

- **Sector Agropecuario.** El sector agropecuario se constituye en la actividad preponderante en la economía seguida de la industria, los servicios, el comercio y la minería. Las actividades agrícolas (papa, maíz, flores, trigo y hortalizas).
- **Sector Ganadero.** Lo conforma la ganadería vacuna dedicada a la producción de leche, complementándose la actividad pecuaria con la cría de porcinos, ovinos, equinos y caprinos.

6.1.5.2. Planta de Potabilización. La Capacidad de la Planta es de 2 lps y llegan 4 lps. En este momento se está construyendo una planta nueva pues el caudal que se requiere tratar es mayor. La longitud de aducción es de 3 Km. La fuente permanente es la Quebrada La Chorrera y se utiliza la Quebrada El Borrachero en época de verano. Sus características se presentan en la tabla 13 y se ilustran en la figura 5.

Figura 5. Municipio De Cucunubá



Tiempo de Abastecimiento: 24 horas/día.

Tabla 13. Planta de Potabilización Municipio de Cucunubá.

Fuente de Abastecimiento: Quebrada La Chorrera y Quebrada El Borrachero.	
Población Abastecida: 1618 habitantes, 100% del casco urbano. También abastece a dos veredas de las cuales no se proporcionó información.	
SISTEMA DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
Bocatoma: Rejilla Superficial	Realiza la recolección del agua por gravedad
Caja de Recolección	Transporta el agua de la rejilla a la siguiente unidad
Desarenador	Retira material sedimentable
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	OBSERVACIONES
Vertedero	Se hace la mezcla rápida con el Sulfato de Aluminio.
6 Floculadores	Capacidad de 0.72 m ³ cada uno. Trabajan en serie
Sedimentador	El agua ingresa por los orificios de una tubería tipo flauta (varios orificios pequeños a lo largo de la tubería)
Filtro Rápido	Lecho filtrante de grava, arena y arcilla. Capacidad de 3.75 m ³ .
Tanques dosificadores de Cloro y Sulfato de Aluminio.	Se preparan en solución líquida. Para esto se cuenta con compresor para agitar la mezcla.
Tanque de Almacenamiento	Se almacena el agua para su distribución. Se utilizan aproximadamente 2 Kg./día de cloro para la desinfección.

Fuente. Autoras 2006.

6.1.6. Municipio de Fúquene. La cabecera está localizada a los 5°25' de latitud norte, y 73°48' de longitud oeste, con una distancia a Bogotá de 116 Km., con una altitud de 2750 m.s.n.m.; Y con una temperatura promedio de 13°C. El territorio comprende un área de 7500 Has distribuidas así: 20 Has en el sector urbano, 5.900 en el sector rural y 1580 Has ocupadas por la Laguna. Con una población de 189 habitantes.

El municipio de Fúquene está enmarcado en su totalidad en la cuenca del río Ubaté, principal tributario de la Laguna de Fúquene, el cual nace en el municipio de Carmen de Carupa. Tiene una longitud de 42.7 Km desde su nacimiento hasta la desembocadura en la parte sur de la Laguna. Dentro del municipio recibe el aporte de agua de las siguientes micro cuencas: Fúquene, Soche, Paso Amarillo, Juan Díaz, Alcaparros, La Shell, Bautista, Vuelta Grande y El Túnel.

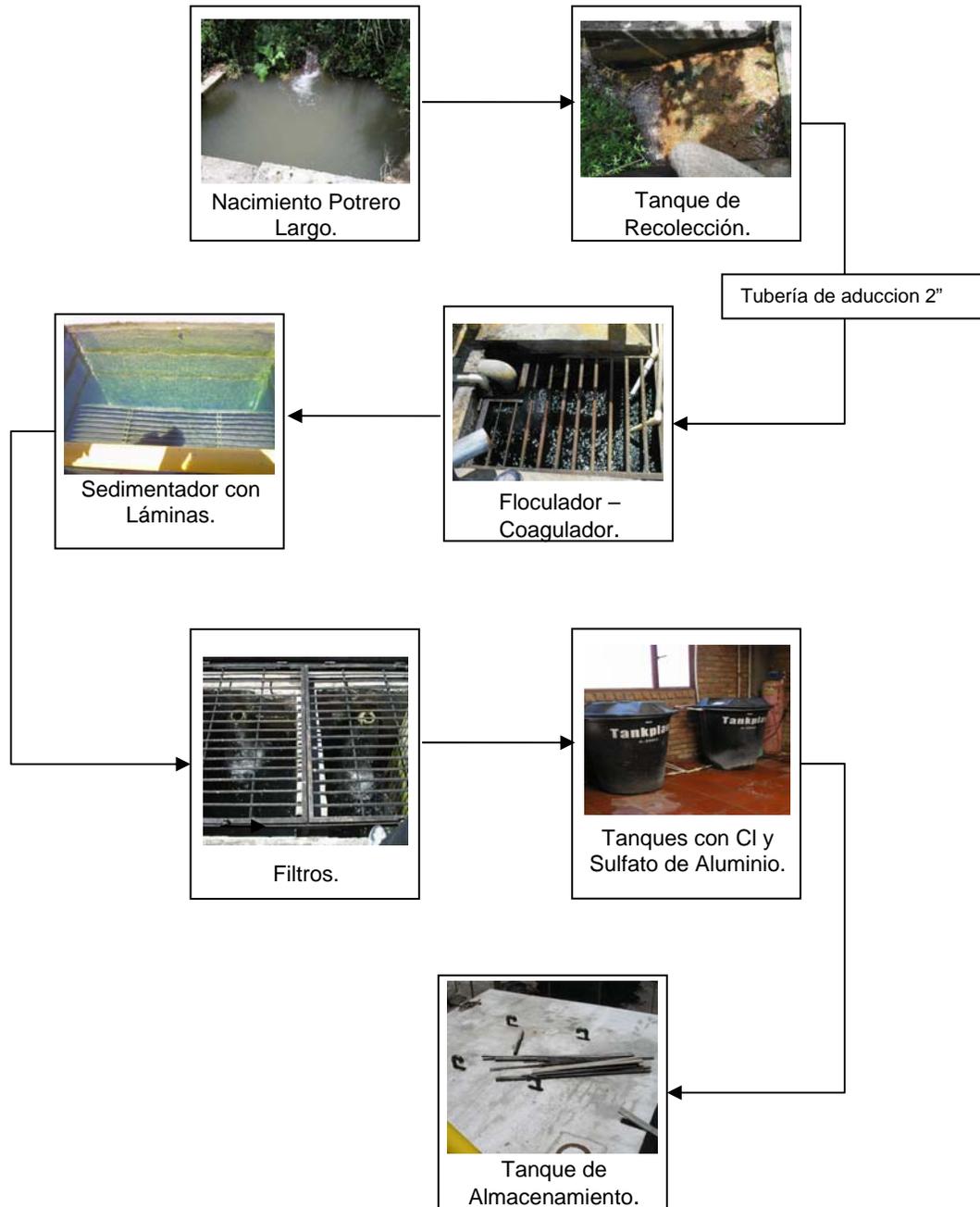
6.1.6.1. Actividades económicas.

La actividad económica predominante en Fúquene es la producción agrícola y la ganadería de leche, constituyéndose en una de las más importantes fuentes de empleo. Las actividades de comercio, industria y turismo son incipientes o nulas. También existe la zona minera, donde hay explotación de arcillas para la construcción de ladrillos y la explotación de canteras, actividades que son poco significativas en el municipio. Sus

6.1.6.2. Planta de Potabilización. La longitud de aducción desde la obra de captación hacia la planta es de 3 km en tubería de 2" en PVC. En general el estado de esta planta es muy bueno y las operaciones son suficientes para alcanzar la calidad requerida por el

decreto 475 /98 para consumo humano. Sus características se presentan en la tabla 14 y se ilustra en la figura 6.

Figura 6. Municipio De Fúquene.



Tiempo de Abastecimiento: 24 horas/día

Tabla 14. Planta de Potabilización Municipio de Fúquene.

Fuente de Abastecimiento: Nacimiento Potrero Largo.	
Población Abastecida: 189 habitantes, 100% del casco urbano.	
SISTEMA DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
Bocatoma: 2 Tanques recolectores	El agua entra en la parte lateral de los tanques por acción de la gravedad.
Desarenador	Retiene los sólidos sedimentables del agua recolectada en los tanques.
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	OBSERVACIONES
Tanque Floculador – Coagulador	Compuesto por 45 compartimentos. Se adiciona 10 mg/l de Sulfato de Aluminio y 5mg/l de Cal por tubería de 2.5.
Sedimentador con láminas de sedimentación	Capacidad de 12.6 m ³
4 Filtros rápidos	Lecho filtrante de antracita, arena y gravas.
2 Tanques de almacenamiento	Capacidades de 80 m ³ y 60 m ³ respectivamente. Se adiciona Cal previamente para estabilizar el pH.
Tanque de preparación de Sulfato de Aluminio	Se prepara al 10% en peso. La agitación de la mezcla es realizada por compresor.
Tanque de preparación de Cal	Preparación al 5% en peso. Agitación de mezcla por compresor.

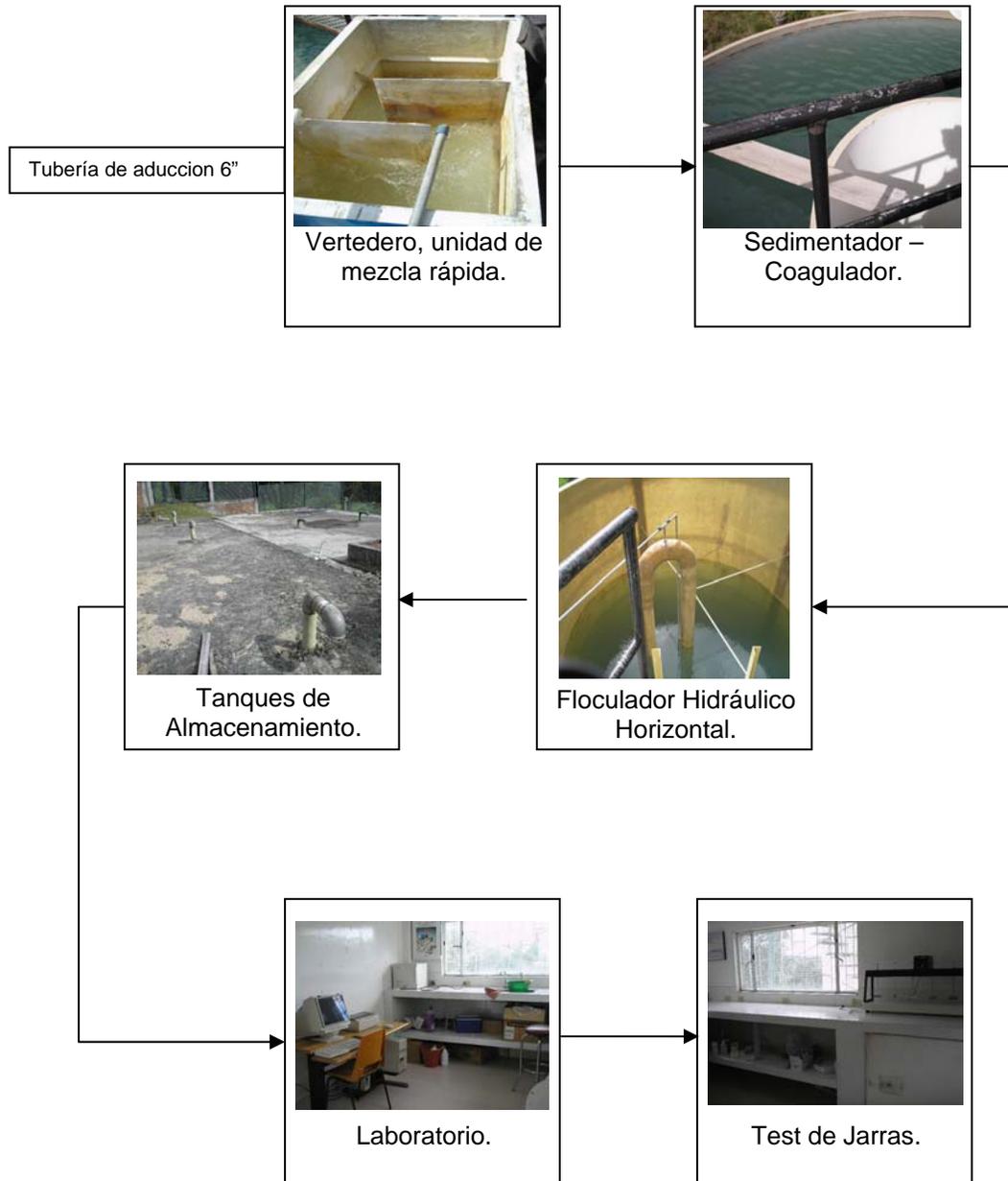
Fuente. Autoras 2006

6.1.7. Municipio de Guachetá. Este municipio pertenece a la provincia de Ubaté, con una altitud de 2750 m.s.n.m., con una temperatura promedio 13°. Dista de Bogotá a 116 Km aproximadamente. Cuenta con una población aproximada de 2500 habitantes.

6.1.7.1. Actividades Económicas. Las actividades predominantes son la minería de carbón, la ganadería y la agricultura tradicional correspondiente a cultivos de papa, maíz, arveja, frijón, cebolla, fresa y tomate.

6.1.7.2. Planta de Potabilización. El Caudal tratado es de 15 lps. Sus características se presentan en la tabla 15 y se ilustra en la figura 7.

Figura 7. Municipio De Guachetá.



Tiempo de Abastecimiento: 24 horas/día

Tabla 15. Planta de Potabilización Municipio de Guachetá.

Fuente de Abastecimiento: Nacimiento Potreritos.	
Población Abastecida: 3611 habitantes, 100% del casco urbano.	
SISTEMA DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
Bocatoma: Rejilla Superficial	Realiza la captación por gravedad
Desarenador Primario	Capacidad de 1.9 m ³ . De esta unidad sale una tubería de Gress de 6" que conduce el agua hacia el siguiente tanque.
Tanque desarenador	Capacidad de 16 m ³
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	OBSERVACIONES
Vertedero	En esta unidad se hace la adición de sulfato de Aluminio, Cloro y soda cáustica.
Tanque de lámina circular	Capacidad de 118 m ³ . Funciona como sedimentador y coagulador, tiene por último lecho filtrante de la antracita. Trabaja con poco tiempo de retención.
Filtro en material de fibra de vidrio	Lecho filtrante de arena y antracita, tubería de retrolavado. Sólo el 60% de su volumen está ocupado por agua por factor de seguridad cuando en invierno se presenten picos en el caudal.
2 Tanques de almacenamiento	Se realiza previamente la desinfección del agua antes de la llegada a estos tanques. Tienen 150 m ³ y 95 m ³ de capacidad respectivamente. El agua sale a la red municipal por 2 tuberías de 6" en PVC.

Fuente. Autoras 2006.

Cuenta con laboratorio equipado con test de jarras e incubadora para bacteriológico. Cuando los filtros se lavan, se hace by pass desde el sedimentador hacia los tanques de distribución y sólo se hace desinfección.

El gasto aproximado del coagulante y desinfectante es de la siguiente manera:

- Sulfato de aluminio: 3.6 Kg./día; en invierno es de 25 Kg/día.
- Cloro granulado: Se utilizan 1400 gr para la desinfección cada 12 horas.

6.1.8. Municipio de Lenguazaque. Esta posee una población aproximada de 2500 habitantes y se encuentra ubicado al norte del Departamento de Cundinamarca a 116 Km, de Bogotá. Las coordenadas geográficas son: 5°19" latitud norte y 73°43" longitud oeste y se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 2589 m. Cuenta con un área total de 15356 Has, de las cuales 39 constituyen el perímetro urbano. Se encuentran entre los pisos térmicos frío y páramo. La media anual de la temperatura fluctúa entre 12°C y 13.25 °C.

Se abastece principalmente de la cuenca del Río Lenguazaque; cubre un área de 292.90 km². El Río Lenguazaque como fuente principal de abastecimiento del municipio, desemboca en el Río Ubaté, formando parte de la cuenca de la Laguna de Fúquene.

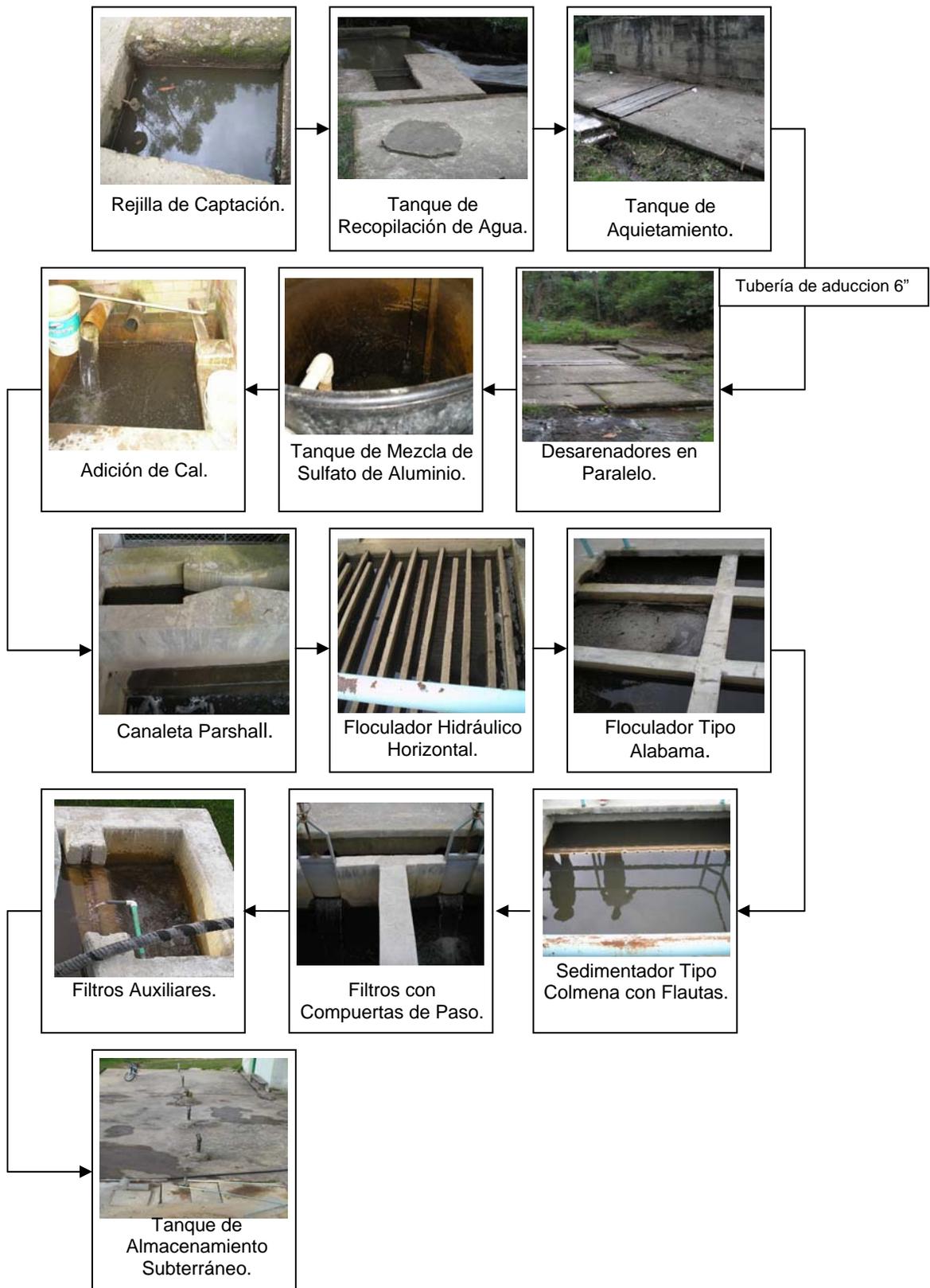
Dadas las condiciones ambientales del municipio de Lenguazaque se distinguen zonas de páramo de gran importancia para la conservación y regulación de los recursos hídricos.

6.1.8.1. Actividades Económicas. La base económica esta conformada por la minería, seguida de la agricultura y en tercer lugar la ganadería.

- **Sector Minero.** En el municipio, la actividad minera es la que origina una mayor dinámica en la estructura económica del mismo, cuya comercialización esta dada en el ámbito regional y nacional. Lenguazaque, es el cuarto productor de carbón en el departamento.
- **Sector Agrícola.** Aproximadamente el 45% total de la superficie rural, se utiliza en explotaciones agrícolas, principalmente cultivos de papa, arveja verde, fríjol, maíz, pastos de porte bajo y alto, trigo y cebada.
- **Sector Pecuario – Ganadero.** Este sub sector esta representado principalmente por ganadería de leche. En segundo lugar esta la explotación ovina y porcina, reducida a una economía de tipo familiar – artesanal.

6.1.8.2. Planta de Potabilización. La capacidad de la planta es de 8 Lps. Sus características se presentan en la tabla 16 y se ilustra en la figura 8.

Figura 8. Municipio de Lenquazaque.



Tiempo de Abastecimiento: 24 horas/día.

Tabla 16. Planta de Potabilización Municipio de Lenguazaque.

Fuente de Abastecimiento: Río Lenguazaque	
Población Abastecida: 2.500 habitantes, 100% del casco urbano.	
SISTEMA DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
Bocatoma: Rejilla Superficial	Realiza la captación por gravedad
Tanque de captación	Recibe el agua captada en la rejilla
Tanque de quietamiento	Capacidad: 4 m ³ .
Dos Desarenadores	Capacidad de 8 m ³ y 30 m ³ respectivamente funcionando en paralelo. De estos Desarenadores sale una tubería de 6" hacia la planta de potabilización. La longitud de aducción es de 5 Km.
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	OBSERVACIONES
Tanque de mezcla	Se adiciona Sulfato de Aluminio. Funciona también como tanque de quietamiento. La adición del sulfato es de 5 Kg/día. Cuenta con un compresor para la dosificación.
Canaleta Parshall	Se aplica cal a razón de 15 Kg/día para estabilizar el pH.
Floculador Hidráulico horizontal	Compuesto por 30 compartimentos. Se realiza mantenimiento cada 2 ó 3 meses.
Floculador Tipo Alabama	Son seis floculadores y de allí pasa a una cámara para distribuir el agua hacia el sedimentador.
Sedimentador	Tipo colmena con flautas. Capacidad 31.5 m ³
4 Filtros rápidos con compuertas de paso	Con lecho de antracita, arena fina y gruesa y grava fina y gruesa. Capacidad de 8.25 m ³ .
Filtros auxiliares	Tiene un vertedero de salida donde se aplica el cloro gaseoso a razón de 5 libras de presión permanentemente.
Tanque de almacenamiento	Capacidad de 270 m ³ .

Fuente. Autoras 2006.

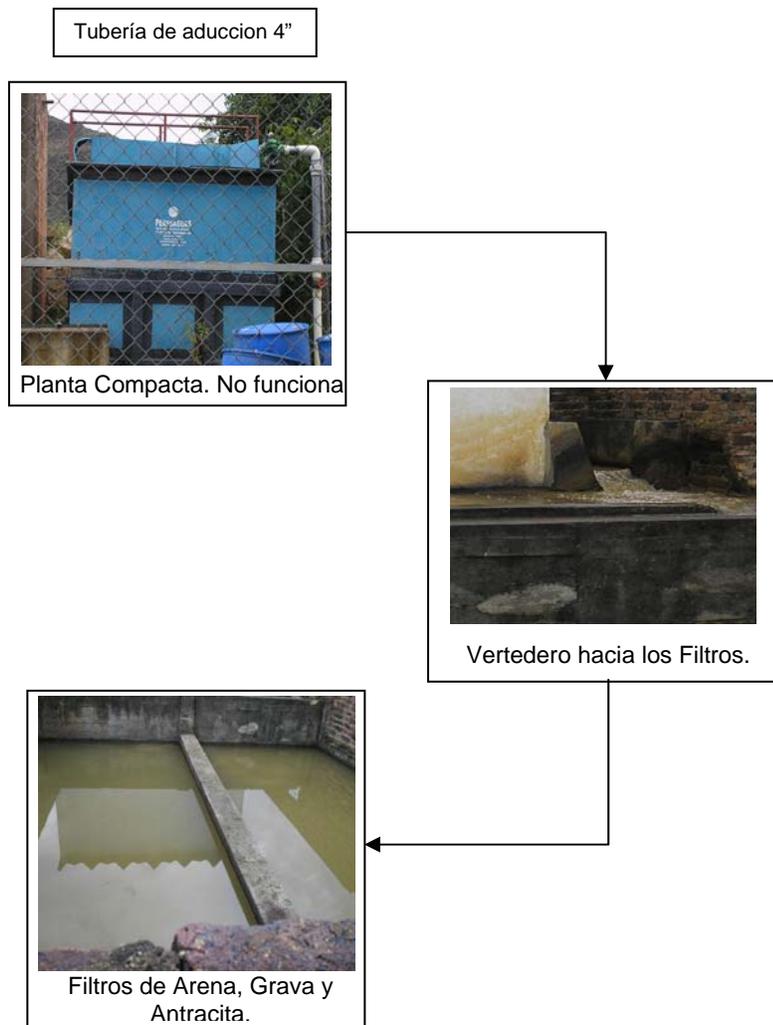
6.1.9. Municipio de Ráquira. La cabecera municipal esta localizada a los 1105157 metros norte y a 1049275 metros oeste, tiene un área total de 204 Km². Su altura sobre el nivel del mar de 2152 m.s.n.m. Posee un clima seco y tiene una temperatura media de 17°C y la precipitación media anual de 1500 mm. Cuenta con una población de 1583 habitantes.

6.1.9.1. Actividades económicas.

Las actividades más representativas son: agricultura, ganadería, explotaciones mineras (carbón, arcillas, materiales de construcción, calizas), industria y alfarería, acuicultura y explotación de bosque naturales. La variedad de recursos minerales del municipio esta dada en la diversidad de su composición litológica, a pesar de que se explota carbón, calizas, arcillas y materiales de construcción, solo el primero es representativo como renglón económico del municipio especialmente en cuanto a generación de empleo.

6.1.9.2. Planta de Potabilización. Es una planta compacta que fue diseñada con una capacidad de 6 lps, caudal que sobrepasa el caudal de llegada, por lo que desde el año 2005 el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial ordenó la suspensión de su operación. La empresa de acueducto del municipio *HIDRORÁQUIRA*, encargada hasta el momento de la operación, dejará la administración para entregarla a disposición del municipio, el cual se encargará de la administración del acueducto para adecuar la planta posteriormente. Actualmente el único tratamiento que recibe el agua es el de filtración en un sistema diferente al de esta planta, sin embargo el agua que viene de la fuente de abastecimiento tiene buenas condiciones fisicoquímicas y organolépticas. Sus características se presentan en la tabla 17 y se ilustra en la figura 9.

Figura 9. Municipio De Ráquira.



Tiempo de Abastecimiento: 24 horas/día.

Tabla 17. Planta de Potabilización Municipio de Ráquira.

Fuente de Abastecimiento: Río Dulce	
Población Abastecida: 2.835 ó 100% de la población urbana y rural de los cuales 1583 pertenecen al casco urbano.	
SISTEMA DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
Bocatoma: Rejilla Superficial	Realiza la captación por gravedad
Desarenador Primario	El caudal de entrada es de 7 lps
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	OBSERVACIONES
PLANTA COMPACTA	
Unidad de Coagulación, floculación, filtración.	Capacidad 1.5 m ³ cada una. Fuera de funcionamiento.
Unidad de sedimentación y desinfección	Capacidad de 2.2 m ³ . Fuera de funcionamiento
UNIDADES CONVENCIONALES	
Canaleta Parshall	Recibe el agua desde la línea de aducción de la obra de captación ya que la planta compacta no está brindando tratamiento.
2 filtros lentos	Trabajan con arena, grava y antracita
Tanque de almacenamiento	Distribuye el agua a la zona urbana y rural. Capacidad de 40 m ³ .

Fuente. Autoras 2006.

6.1.10. Municipio de Saboyá. El municipio esta ubicado a 132 Km de la ciudad de Bogotá. La cabecera municipal esta localizada a los 05°42'03" de latitud norte y 73°46'08" de longitud oeste. Su altura sobre el nivel del mar es de 2600m. Posee un clima seco y tiene una temperatura media de 13°C. Cuenta con una población de 900 habitantes.

La capacidad de retención de agua superficial es alta y los acuíferos tienden a ser de potencial productivo alto, pero pueden estar contaminados por la influencia directa del Río Suárez.

Presenta un potencial productivo de acuíferos de moderado a bajo y la capacidad de retención de agua superficial es baja; considerando lo anterior y la densidad de población de esta unidad, hay déficit de recurso hídrico para suplir la demanda

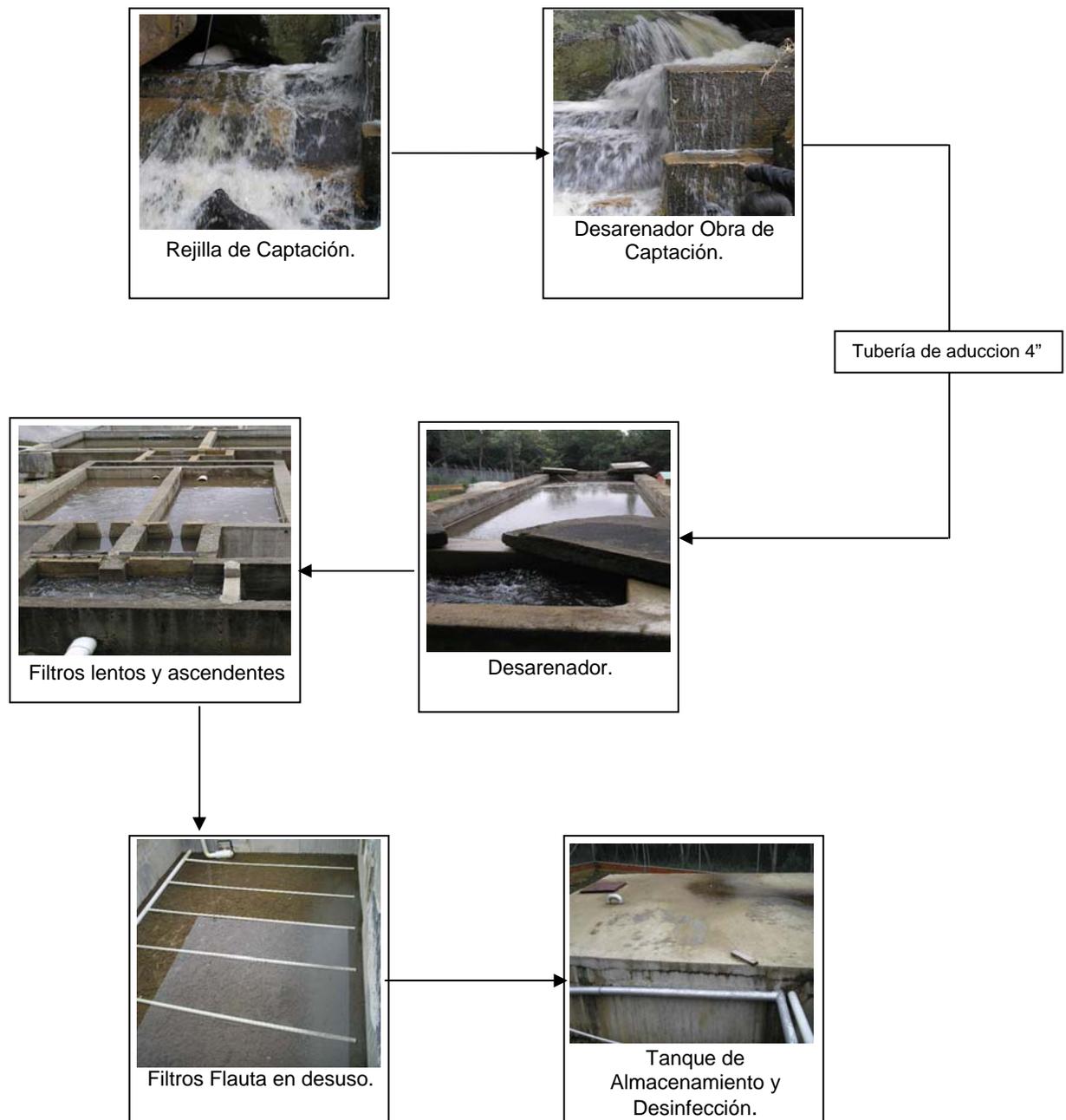
6.1.10.1. Actividades Económicas.

- **Sector Agrícola.** El uso actual es la agricultura comercial (papa, maíz, hortalizas), aprovechamiento de madera y ganadería extensiva, hay sectores con árboles y arbustos, los cuales deben ser protegidos para su conservación.

- **Sector Ganadero.** Presenta características de biodiversidad para obtener una producción agropecuaria rentable, los excedentes de producción agrícola son bajos y de leche medianas.

6.1.10.2. Planta de Potabilización. La capacidad de la planta es de 7 lps. No hay proceso de floculación. El municipio la ha declarado en siniestro desde el año 2004 debido al colapso de uno de sus sistemas de filtración. Sus características se presentan en la tabla 18 y se ilustran en la figura 10.

Figura 10. Municipio De Saboya.



Tiempo de Abastecimiento: 24 horas/día.

Tabla 18. Planta de Potabilización Municipio de Saboyá.

Fuente de Abastecimiento: Quebrada Cantoco	
Población Abastecida: 900 hab. Correspondiente al 100% de la población urbana	
SISTEMA DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
Bocatoma: Rejilla Superficial	Ubicada en una cascada de la quebrada. Funciona como dispositivo de captación por gravedad.
Desarenador Primario	El agua que llega es conducida desde la rejilla hasta esta unidad. Tiene una capacidad de 2 m ³ . Cuenta con tubería de lavado. Desde este se realiza la aducción por medio de una tubería de PVC de 4" hasta la planta de potabilización
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	OBSERVACIONES
Desarenador	Capacidad de 48 m ³ . Su función es retirar los sólidos suspendidos que el desarenador ubicado en la obra de captación no alcanza a remover.
2 filtros lentos	Con lecho de grava, arena y antracita. Su función es reducir la turbiedad sobre todo en los períodos de lluvia.
2 Filtros ascendentes	Con lecho de gravilla de varios tamaños y granito. Capacidad de 30 m ³ . Este sistema complementa la filtración para obtener la clarificación del agua.
Dos filtros con tubería de flautas en PVC	Actualmente no funcionan pues colapsaron por colmatación.
Tanque de almacenamiento	Capacidad de 150 m ³ . Su función es almacenar el agua para la distribución. Previamente en la tubería de llegada se lleva a cabo la desinfección utilizando cloro gaseoso.

Fuente. Autoras 2006.

6.1.11. Municipio de San Miguel De Sema. El municipio esta ubicado a 118 Km de la ciudad de Bogotá. La cabecera municipal esta localizada a los 05°25'30" de latitud norte y 73°43' de longitud oeste. Su altura sobre el nivel del mar es de 2580m. Posee un clima seco y tiene una temperatura media de 18°C y la precipitación media anual de 1500 mm. Cuenta con una población de 432 habitantes.

El sistema hidrográfico de San Miguel de Sema esta caracterizado por poseer tres sub cuencas:

- ✓ Cuenca Río Suárez.
- ✓ Cuenca Laguna de Fúquene.
- ✓ Cuenca Los Cerezos.

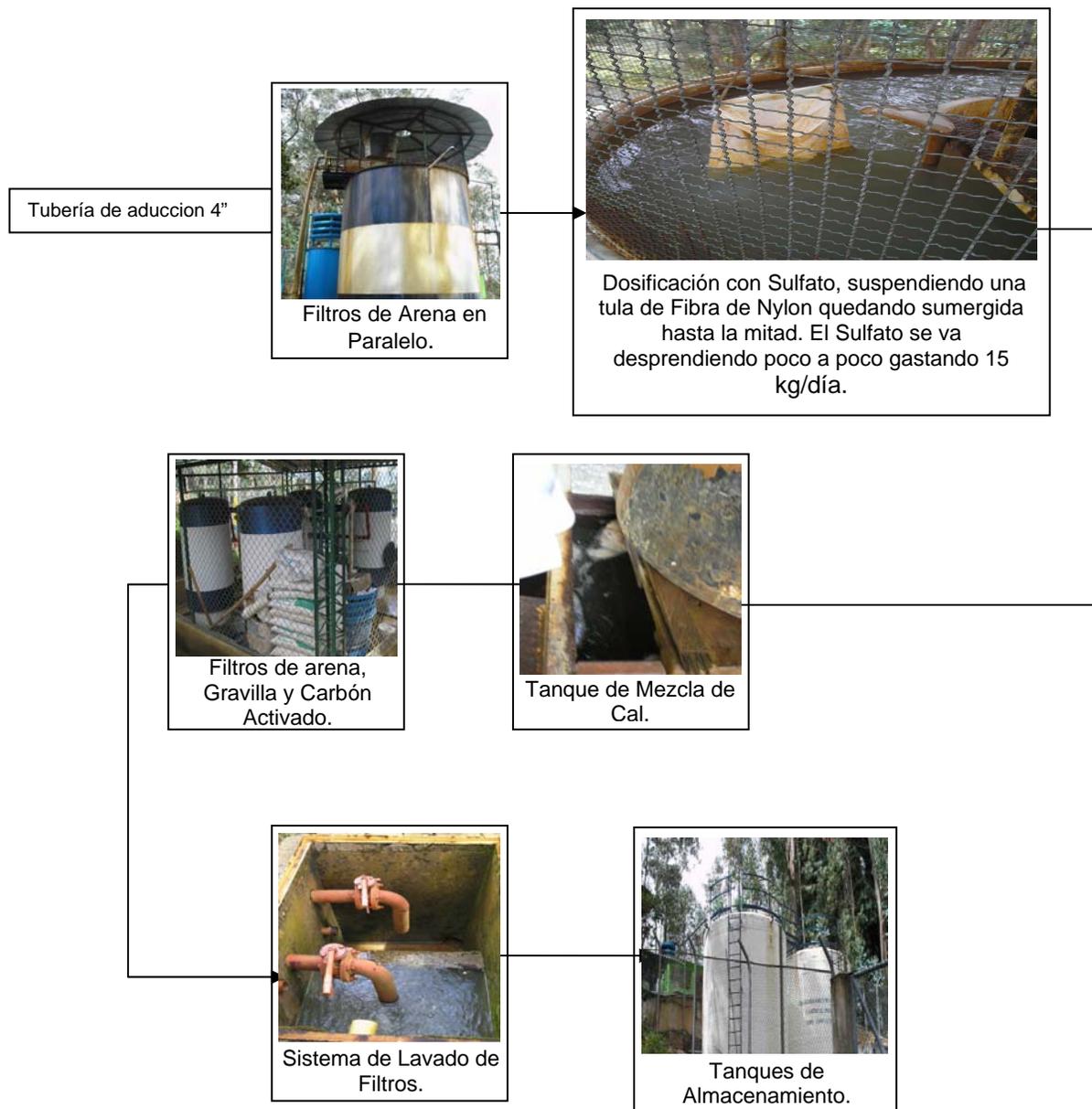
6.1.11.1. Actividades Económicas.

- **Sector Ganadero.** El nivel de productividad en cuanto a la producción lechera es alto dada las condiciones de producción del municipio, estimada en 1'000.000 L/día.
- **Sector Agrícola.** El 75% del área rural esta destinada a la ganadería y el 25% a la agricultura y a la vivienda. Los principales cultivos son el maíz, la papa, la arveja, fríjol

y frutas como el tomate de árbol, lulo, mora, manzana, curuba propios del clima de la región.

6.1.11.2. Planta de Potabilización. El caudal que llega a esta planta es de 3 lps. A esta planta convencional le hace falta el proceso de clarificación. Sus características se presentan en la tabla 19 y se ilustra en la figura 11.

Figura 11. Municipio de San Miguel de Sema.



Tiempo de Abastecimiento: 24 horas/día.

Tabla 19. Planta de Potabilización Municipio de San Miguel de Sema.

Fuente de Abastecimiento: Quebrada La Peña	
Población Abastecida: 432 hab. Correspondientes al 100% de la población urbana.	
SISTEMA DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
Bocatoma:	Bomba sumergible que transporta el agua hasta la planta de potabilización por bombeo
Desarenador	Retira partículas sedimentables inicialmente.
Tanque Ascensional	Con Tubería ascensional de 4".
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	OBSERVACIONES
Aireador de carbón coque	4 compartimentos. Su función principal es la de retirar color.
Tanque de mezcla de Sulfato de Aluminio	Adición de sulfato de Aluminio (15kg/día). Capacidad de 55 m ³ . Estos tanques se lavan cada mes y en invierno cada 15 días.
Tanque de mezcla de cal	Adición de 10 kg./día de Cal
4 Filtros	Con lecho de gravilla, arena y carbón activado. Todos los días se le practica lavado y retrolavado.
4 Tanques de almacenamiento	Capacidad 4 m ³ cada uno. Son subterráneos. La cloración se realiza en la tubería antes de llegar a este. Capacidad de 56 m ³ .

Fuente. Autoras 2006.

6.1.12. Municipio de Simijaca. Está localizado a 136 Km de la ciudad de Bogotá. Tiene un área total de 10.210 Has de las cuales 62 Has corresponden a la zona urbana y 10.142 Has. Al área rural, tiene una temperatura promedio de 14° C, y se encuentra a una altitud de 2559 m.s.n.m. Tiene una población de 8150 habitantes.

En el municipio se encuentran los Ríos Simijaca y Suárez afluentes a la laguna de Fúquene, donde el Río Simijaca bordea el perímetro urbano y a él le son conducidas las aguas servidas.

6.1.12.1. Actividades Económicas. Simijaca posee procesos de economía mixta, como la ganadería asociada al procesamiento industrial de lácteos

- **Sector Ganadero.** La ganadería es de bovinos (lechero), sector que registra cierto grado de industrialización y mejoras en el canal de comercialización.
- **Sector Agrícola.** El sistema de producción de montaña en ladera presenta diferentes agrosistemas de cultivos temporales, predominan los cereales (trigo y los agrosistemas de maíz-arveja-papa-frijol, alternando con lotes de potreros cebada y maíz).

El frijol se cosecha seco (variedad bola roja), sin embargo aproximadamente el 20% de la producción se comercializa verde. Se presenta la producción de maíz para comercializar

en mazorca y papa a mediana escala. La zanahoria es significativa, dada la alta participación en la productividad y rendimiento.

6.1.11.2. Planta de Potabilización. La capacidad de esta planta es de 22.5 LPS que es el caudal máximo que se trata en invierno, época en la cual se incurre en el lavado frecuente de los filtros. Sus características se presentan en la tabla 20 y se ilustra en la figura 12.

Figura 12. Municipio de Simijaca.



Tiempo de Abastecimiento: 24 horas/día.

Tabla 20. Planta de Potabilización Municipio de Simijaca.

Fuente de Abastecimiento: Río Simijaca	
Población Abastecida: 10.120 hab. Correspondiente al 100% de la población urbana.	
SISTEMA DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
Bocatoma: Rejilla superficial	El sistema es por gravedad, se conduce por tubería de PVC de 6" y se reduce a 4" 1 Km. antes de llegar a la Planta.
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	OBSERVACIONES
Tanque de mezcla de sulfato de aluminio	Capacidad 500 L
Tanque cisterna	Conduce el agua al tanque de quietamiento
Tanque de quietamiento	Funciona como sedimentador inicial
Tanque sedimentador	Con canaleta de recolección, celdas colmena y flautas distribuidas en forma de 3 x 3, trabajan en paralelo.
Cámara de recolección para los filtros	En esta unidad se adiciona la Cal.
Filtros Rápidos	Son 4 con lecho de grava, arena y antracita, trabajan en paralelo.
Tanque de recolección	En esta unidad se adiciona el cloro
Tanque de almacenamiento	Donde se mantiene para su posterior distribución.

Fuente. Autoras 2006.

Posee laboratorio donde se encuentran equipos de test de jarras, turbidímetro, pHímetro y fotómetro.

6.1.13. Municipio de Susa. El municipio de Susa esta ubicado a 120 Km de la ciudad de Bogotá. El área municipal es de 9940 Has de tierra, a lo que se suma 490 Has que le pertenecen en la Laguna de Fúquene, aproximadamente un 23% de la Laguna. La cabecera municipal esta localizada a los 05°27'19" de latitud norte y 73°49'01" de longitud oeste. Su altura sobre el nivel del mar es de 2580m. Siendo la temperatura media de 14.4°C y la precipitación media anual de 1000 mm. Esta cuenta con una población aproximada de 1819 habitantes.

La principal demanda del recurso hídrico es de consumo humano; en menor cantidad se tiene el agua para labores agropecuarias, principalmente ganaderas y entre ellas como el cultivo de la papa. Las microcuencas: El Tablón, El Chuscal, El Valdés, Colorada y Vertiente Occidental del Río Susa, localizadas en las zonas de laderas, están conformadas por pequeños nacederos y corrientes de agua, generadoras de toda el agua superficial municipal.

Páramo: Las zonas de bosque alto andino y de páramo se encuentran en toda el área influenciada por el hombre y con gran afectación debido a la extensión de la agricultura y la ganadería.

6.1.13.1. Actividades Económicas.

- **Sector agrícola.** La actividad agrícola se basa en cultivos como la papa (20 Ton/ha), arveja verde, maíz y trigo. La papa y arveja son sembrados en los meses de enero,

junio y julio, los meses de siembra del trigo son marzo – abril y septiembre – octubre, zanahoria (100 Has).

- Trigo. Cuenta con un área cosechada de 2000 y 2900 Has, seguido de Carmen de Carupa y Fúquene.
- Arveja verde. Susa no ocupa un lugar muy destacado en la producción de arveja en la región, dado a que el tiempo de producción del cultivo es de un mes.
- Papa. La producción de papa presenta uno de los mayores rendimientos, siendo el principal cultivo en el municipio.
- **Sector Ganadero.** Este a su vez es uno de los municipios con mayor número de vacas de ordeño (bovinos). La lechería (9 – 12 L/cab. – día) especializada de raza Holstein, es el principal tipo de explotación.

6.1.13.2. Planta de Potabilización.

Esta planta está diseñada totalmente en concreto. Actualmente y debido al problema de la discontinuidad del servicio se está gestando un proyecto de Reciclaje de aguas residuales del Río Susa para hacer más eficiente la disponibilidad del recurso en el acueducto. Sus características se presentan en la tabla 21 y se ilustra en la figura 13

Tiempo de Abastecimiento: 12 horas/día.

Tabla 21. Planta de Potabilización Municipio de Susa.

Fuente de Abastecimiento: Nacimiento Nutrias	
Población Abastecida: 1819 hab. Correspondientes al 100% del casco urbano	
SISTEMA DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
Bocatoma: Tuberías por debajo del nivel del agua	El agua ingresa por gravedad
Cámara de quietamiento	Funciona como sedimentador. De allí sale la tubería de aducción la cual es de 5 Km. de longitud.
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	OBSERVACIONES
Tanque de mezcla rápida	Capacidad de 1.5 m ³ . Con 4 Cámaras de Quiebre. Dosificación de Sulfato de Aluminio a razón de 2 mg/m ³ y Cal 0.03 mg/m ³ .
Floculador Horizontal	7 tanques en concreto. Lavado cada 2 meses
Cámara de quietamiento	Donde se dispone para su posterior paso al sedimentador
Sedimentador	
4 Filtros	El agua llega por una cámara lateral de reparto. Lecho filtrante de grava, arena y antracita. Trabajan en paralelo.
Cámara de Recolectión	El agua efectúa su recorrido para llegar al tanque de almacenamiento.
Canal de desinfección	Con Cloro gaseoso o granulado
2 Tanques de Almacenamiento	Capacidad de 65 m ³ en total.

Fuente. Autoras 2006.

Cuarto de Laboratorio: Bombas de dosificación de Cal y Sulfato de Aluminio, pH-metro, Kit de medición de fosfatos, alcalinidad y dureza.

Figura 13. Municipio de Susa.



6.1.14. Municipio de Sutatausa. Se encuentra en la parte alta y media de la cuenca del Río Ubaté bordeada por montañas que sobrepasan los 2700 m.s.n.m. y que alcanzan alturas de 3200 m.s.n.m. La mayor parte de su extensión es fría, presentando precipitaciones de 709.1 mm multianual. Su temperatura promedio es de 13.2 °C. Cuenta con una población aproximada de 1370 habitantes.

El perímetro urbano esta determinado por el siguiente polígono:

Tabla 22. Polígono del Perímetro Urbano de Sutatausa.

Punto A	1'024.700E	Punto B	1'025.100E	Punto C	1'024.740E
	1'072.300N		1'072.000N		1'071 720N

Fuente. EOT. 1998.

El Río Suta posee una superficie de captación total de 1809.82 Has y representa el 28.17% del área municipal. Se encuentra en la parte Occidental del municipio. Limita al oriente con las divisorias de aguas del Río Aguasal y al nororiente con la divisoria de aguas del río Suta, al occidente y al Sur con el municipio de Tausa.

Páramo y subparamo: El páramo constituye parte esencial del equilibrio hídrico del territorio, como productor de agua. Más que un páramo, posee una importante zona de subparamo (principalmente en las veredas de Pedregal, Mochila y Hato Viejo) en donde se vienen adelantando actividades agrícolas y ganaderas de gran importancia para el municipio.

6.1.14.1. Actividades Económicas. La agricultura es la principal actividad de tipo económico que se desarrolla en este sector y que genera mayores ingresos a la comunidad. Los cultivos que predominan en la región y en orden de importancia son: la papa, la arveja, el maíz y los cereales (avena, trigo y cebada).

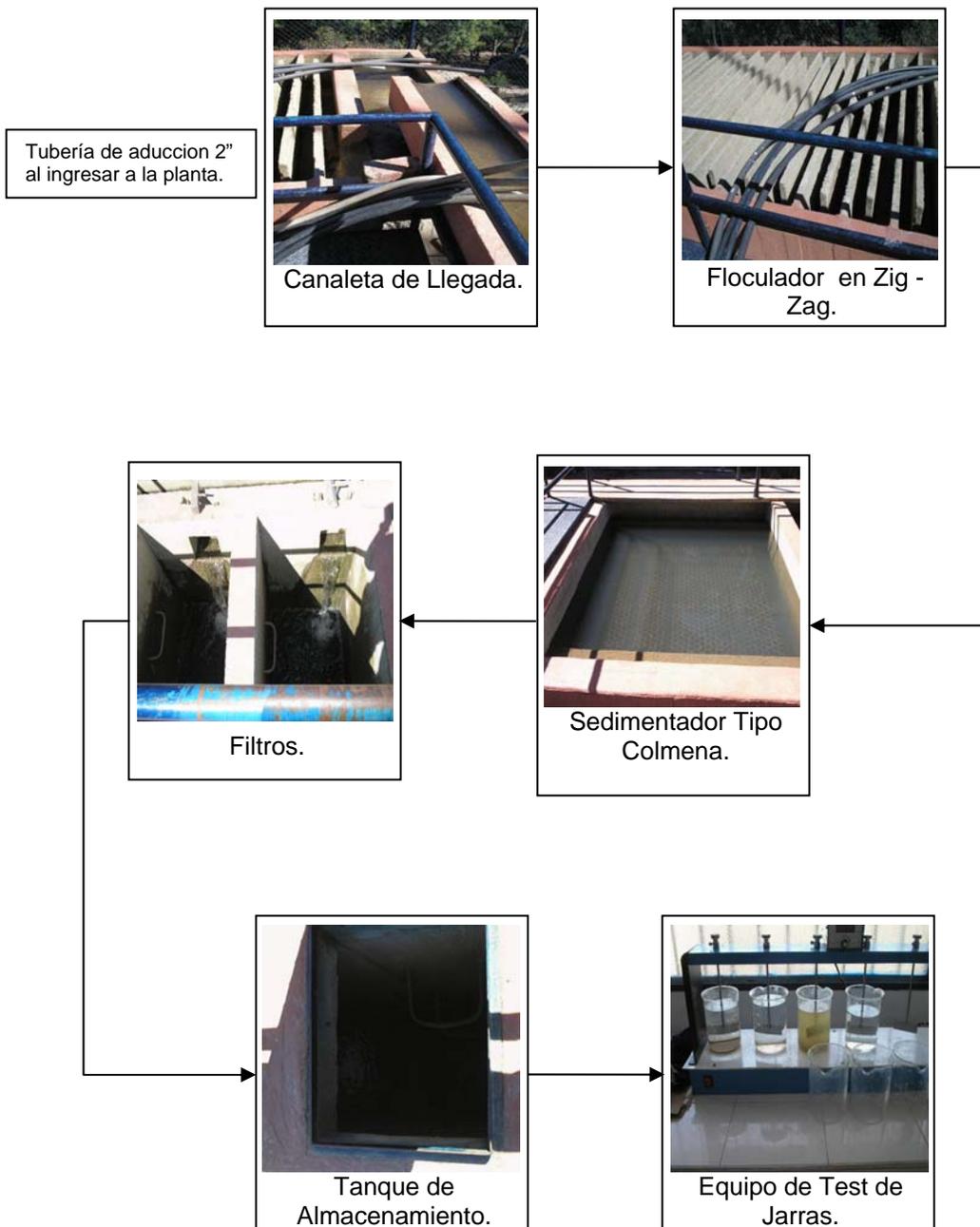
Los sistemas de producción y extracción del municipio de Sutatausa se han clasificado en 4 sistemas diferentes:

- **Cultivos.** Su producción en las zonas donde se cultiva, se presenta como el más importante para el municipio, especialmente papa pardo pastusa.
- **Pastoreo extensivo.** Este se lleva a cabo en la mayoría del municipio, su producción es mínima, se limita a la producción de leche para uso domestico, y de carne para comercializar dentro el mismo municipio y en la región.
- **Minería Subterránea.** Se presenta únicamente en las veredas de Peña de Cajón y Peñas de Boquerón, esta es la mayor fuente de empleo que tiene el municipio.

- **Minería a cielo abierto.** Se lleva a cabo en la vereda Concubita, donde se presentan dos industrias dedicadas a la explotación de arcilla y su correspondiente trabajo artesanal.

6.1.14.2. Planta de Potabilización. El punto de captación es zona de páramo. La tubería de aducción es de 2". Las características de esta planta se presentan en la tabla 23 y se ilustra en la figura 14.

Figura 14. Municipio De Sutatausa.



Tiempo de Abastecimiento: 24 horas/día.

Tabla 23. Planta de Potabilización Municipio de Sutatausa.

Fuente de Abastecimiento: Río Agua Clara	
Población Abastecida: 1370 hab: Correspondientes al 100% del casco urbano	
SISTEMA DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
Bocatoma: Rejilla de fondo	Hace la captación por gravedad
Desarenador.	Retira sólidos sedimentables, limos y arcillas presentes.
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	OBSERVACIONES
Canaleta de llegada	Caudal de llegada de 3.5 lps
Floculador	Se adiciona el Sulfato de aluminio tipo A líquido
Sedimentador	Tipo colmena con cámaras
4 Filtros Rápidos	Con lecho filtrante de antracita, grava y arena
Tanque de almacenamiento	Capacidad de 150m ³ . Se adiciona cloro gaseoso a razón de 50 g/hora. Antes de llegar el agua a este tanque se ha adicionado por tubería de 2" la cal.

Fuente. Autoras 2006.

Se cuenta con equipo de laboratorio: Test de jarras y medidor de turbidez en línea.

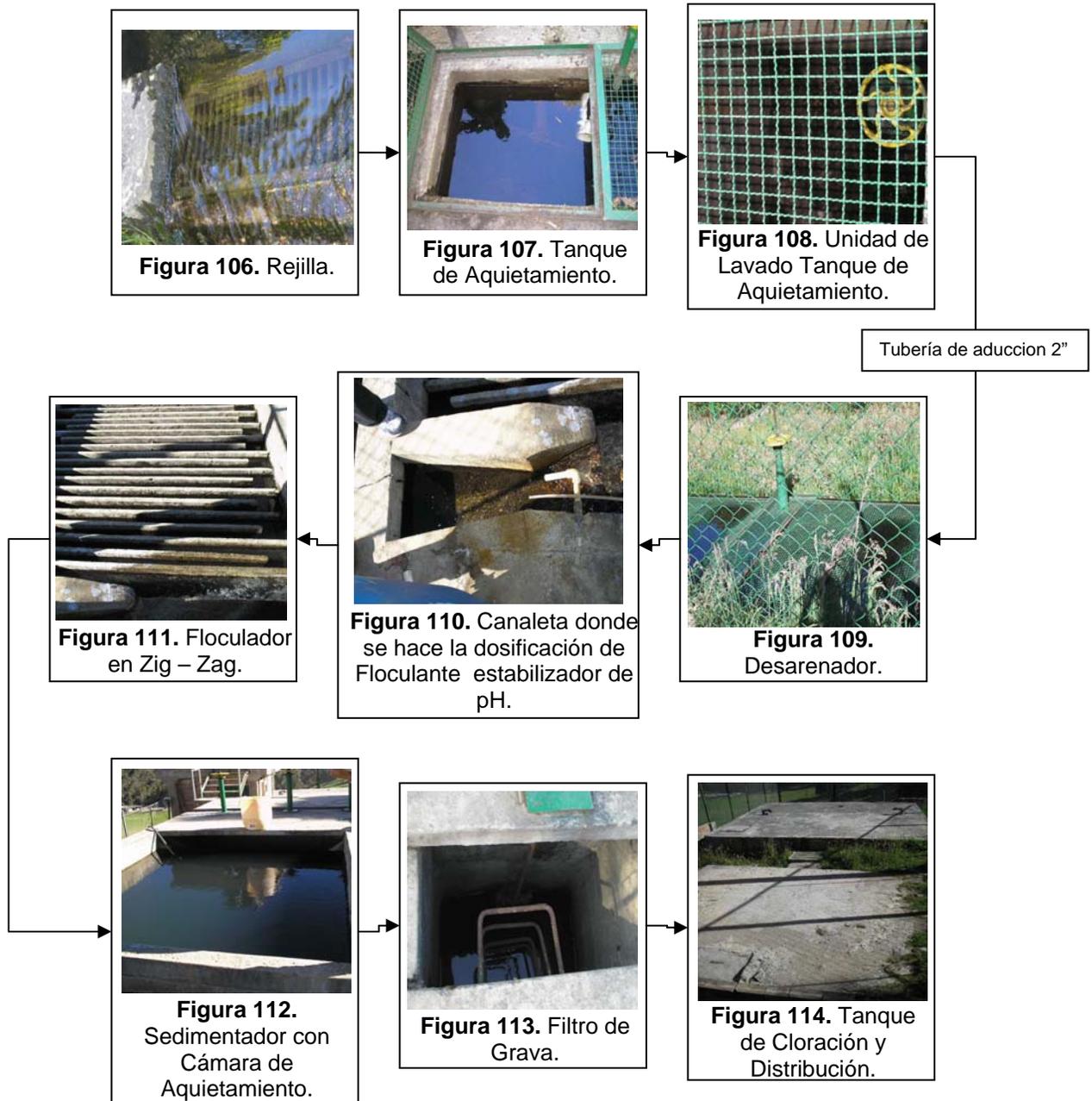
6.1.15. Tausa. El municipio se encuentra aproximadamente a 70 km. De la ciudad de Bogotá, limitado al norte con los municipios de San Cayetano, Carmen de Carupa y Sutatausa, al occidente con Pacho, al oriente con Sutatausa, Cucunuba y Suesca y al sur con los municipios de Nemocón y Cogua. Cuenta con un área general de 203 km², se encuentra entre los pisos térmicos frío y páramo cuya temperatura oscila entre 7 – 12 °C., y la precipitación se encuadra entre 600 – 1000 mm. La cabecera municipal se localiza a los 5° de latitud norte y a los 73° 54' longitud oeste y a una altitud de 2931 m.s.n.m.

La red hidrográfica del municipio está comprendida por las cuencas de los ríos Negro (minero), Bogotá y Ubaté – Suárez, afluentes del Río Magdalena. Debido a las características del clima y el relieve, la red hidrográfica es muy diversificada. La Quebrada el Chapetón es el recurso hídrico que alimenta la cabecera municipal, esta nace en el filo de Peñas Blancas a una altura de 3350 m.s.n.m., recorre una distancia de 5.5 Km para después desembocar al río Agua Clara.

6.1.15.1. Actividades Económicas. Las actividades económicas de Tausa corresponden principalmente al sector primario de la economía; sobresalen la agricultura, la ganadería, la extracción de carbón y arcilla para la fabricación de ladrillos. En el sector agrícola predomina la papa como cultivo principal de producción con un porcentaje del 50%, en un 30 % lo constituye los pastos mejorados y un 20% en el sector ganadero.

6.1.15.2. Planta de Potabilización. El caudal que entra a la planta diariamente es de 1.5 a 2 lps, el cual es transportado desde la obra de captación en tubería de PVC. Sus características se presentan en la tabla 24 y se ilustran en la figura 15.

Figura 15. Municipio de Tausa.



Tiempo de Abastecimiento: 24 horas/día.

Tabla 24. Planta de Potabilización Municipio de Tausa.

Fuente de Abastecimiento: Quebrada Chapetón	
Población Abastecida: 1000 hab. Correspondientes al 100% del casco urbano	
SISTEMA DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
Bocatoma: Rejilla de captación	Se capta el agua por gravedad
Tanque de quietamiento	Funciona con bocatoma. Aquí se forma una película de grasa.
Tanque de lavado del tanque de quietamiento.	Mientras se efectúa el mantenimiento del tanque de quietamiento.
Tanque desarenador	Capacidad de 42 m ³ . De aquí sale la longitud de aducción a la planta la cual es de 2 Km.
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	OBSERVACIONES
Cámara de dosificación	Se adiciona Sulfato de Aluminio en una cantidad de 55ml/min. Con una concentración del 20% por peso; y Soda Cáustica en una cantidad de 38 ml/min. a una concentración del 15% en peso.
Floculador	Compuesto por 68 plaquetas. Funciona con un tiempo de retención de 35 minutos.
Sedimentador	Capacidad de 40 m ³ . Posee una cámara de quietamiento.
4 Filtros	Con lecho de Grava, Arena y Antracita
Tanque de Almacenamiento	Almacena el agua para la distribución. Capacidad de 34 m ³ . Se utiliza Cloro HTH granulado para la desinfección.

Fuente. Autoras 2006.

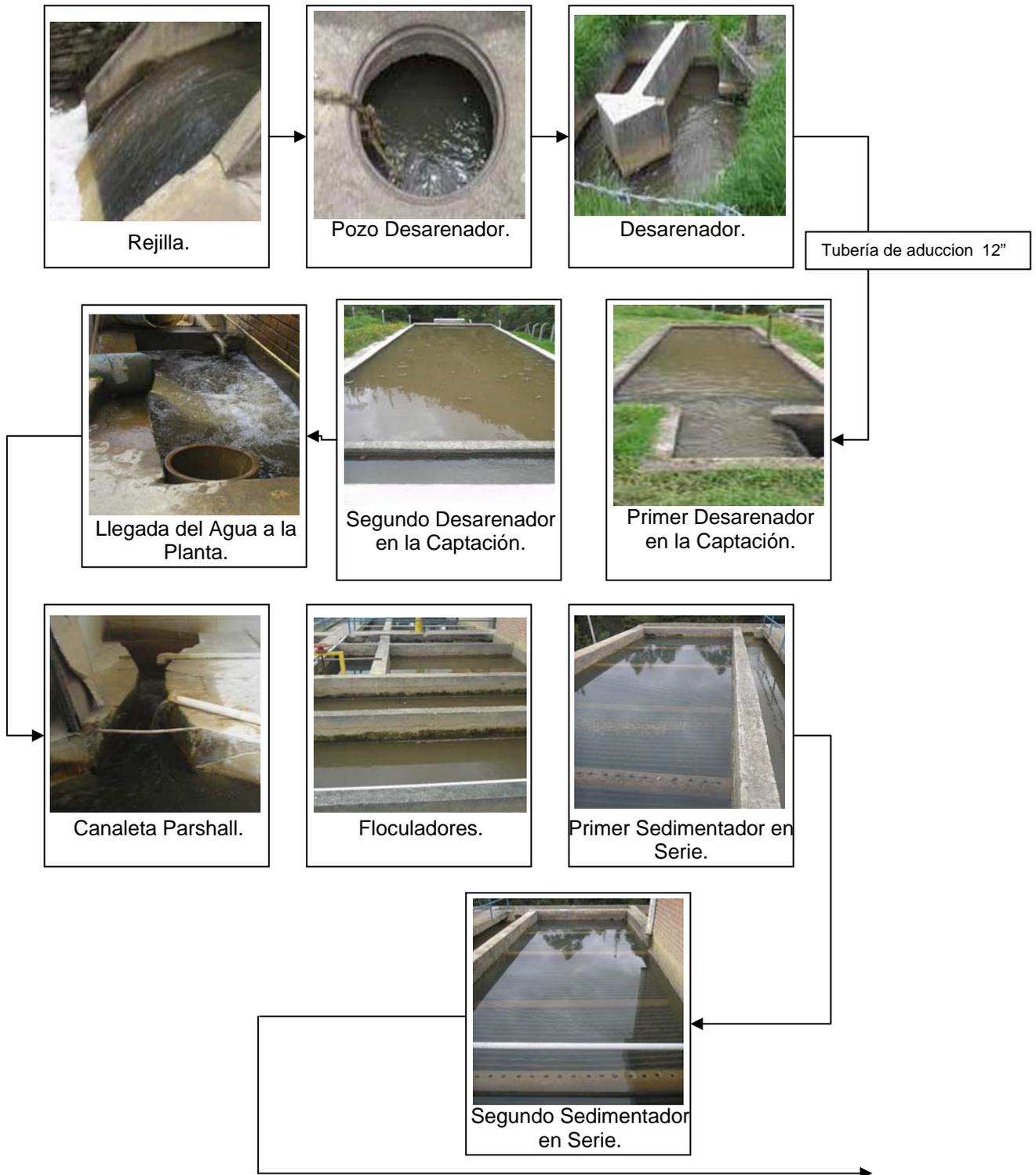
6.1.16. Ubaté. El municipio de Ubaté se localiza dentro de las coordenadas 5°23' Latitud Norte y 73° 54' Longitud Oeste. El área municipal abarca 102 km² en terreno montañoso y terreno plano, de clima frío en la mayoría del territorio con una temperatura promedio de 14°C. Dista de Bogotá aproximadamente a 97 Km, y cuenta con una altitud de 2556 m.s.n.m. El municipio de Ubaté se encuentra sujeto a dos períodos de lluvia (bimodal), con valores que oscilan entre 44 mm y 151 mm; el segundo período más corto, pero a la vez más intenso, presenta valores que fluctúan entre 39 mm en septiembre y 166 mm en octubre. Cuenta con una población de 32259 habitantes.

El Río Ubaté constituye la corriente principal que surca el municipio, toma el nombre de Ubaté luego de la confluencia de la Quebrada Suchinica con el Río El Hato, durante su recorrido por el municipio, recibe las aguas de otras corrientes como: Quebrada Vetama, Chuntoque, Suaga, San Rafael, Chacón y Las Lajas. También posee dos cuerpos de agua que conforman el sistema hídrico del municipio que son las Lagunas de Palacio Y Cucunubá.

6.1.16.1. Actividades Económicas. Entre las actividades económicas propias de Ubaté con la industria de producción y comercialización de lácteos y sus derivados, la agricultura, minería y ganadería.

6.1.16.2. Planta de Potabilización. Capacidad de la Planta: 55 Lps. Sus características se presentan en la tabla 25 y se ilustran en la figura 16.

Figura 16. Municipio de Ubaté.





Tiempo de Abastecimiento: 12 horas /día. El horario de abastecimiento es de 5 a.m. a 9 a.m., de 2 p.m. a 4:30 p.m. y de 10 p.m. a 1 a.m.

Tabla 25. Planta de Potabilización Municipio de Ubaté.

Fuente de Abastecimiento: Río Ubaté.	
Población Abastecida: 32.259 hab. Correspondientes al 100% del casco urbano	
SISTEMA DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
Rejilla de captación	Se capta el agua por gravedad
Pozo Desarenador	Capacidad de 5 m ³ . Retira material sedimentable.
Desarenador de Paso	En este sitio el caudal es de 50 Lps
2 Desarenadores en Paralelo	El primero de 57.5 m ³ con cámara de desfogue, el segundo con capacidad de 300 m ³ . Estos desarenadores cuentan con cámara de by pass para realizar limpieza cada seis meses o cada tres meses en invierno.
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	OBSERVACIONES
Tanque de Recolección.	Recibe el agua desde la obra de captación
Canaleta Parshall	Aquí ocurre la mezcla rápida de Sulfato de Aluminio a razón de 90 gr./min. También se añade la Cal como coadyuvante.
6 Floculadores	Funcionan paralelamente
6 Sedimentadores en serie	Con mecanismo de sedimentación de placas lisas de eternit oblicuas y flautas.
Canaletas laterales	Conducen el agua hacia los filtros.
3 Filtros Rápidos	Con lecho filtrante de: 3 capas de arcilla, 3 capas de arena, 4 capas de antracita. Cuentan con sistema de retrolavado.
Filtro Auxiliar	Funciona paralelamente a los 3 filtros anteriores.
Canal de distribución	Longitud de 15 m. Recibe el agua proveniente de los filtros y allí se adiciona la cal a razón de 10 Kg cada 8 horas.
Tanque de almacenamiento	Capacidad de 800 m ³ . Allí se adiciona Cloro para la desinfección. Se requieren aproximadamente 28 libras al día.

Fuente. Autoras 2006.

7. ANALISIS DE LAS FUENTES DE CAPTACIÓN, PLANTAS DE POTABILIZACIÓN Y ALTERNATIVAS.

7.1. CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO SEGÚN SU ACEPTABILIDAD.

Los municipios que fueron caracterizados proveen sus datos de ciclos de lluvias con un único muestreo proveniente del censo de usuarios 2006.

De acuerdo con la calidad del agua en cada fuente de abastecimiento, y teniendo en cuenta las operaciones que se efectúan para dichas fuentes en cada planta de potabilización se realiza la siguiente clasificación de las fuentes de abastecimiento con base en los requerimientos DEL RAS 2000. (Ver numeral 4.6.1). Dado que no se pueden comparar todos los parámetros que exige las tablas enunciadas en ese capítulo porque las fuentes no tienen análisis de todos, la clasificación se realizó sólo con los que estas pudieron proporcionar, en algunos casos sólo con la DBO y/o Coliformes Totales.

- **Fuente Aceptable.** Los municipios que se caracterizan por poseer este tipo de fuente son:
 - Buenavista.
 - Caldas (recomendado para las dos fuentes).
 - Fúquene.
 - Ráquira.
 - Tausa.

- **Fuente Regular.** Los municipios que se caracterizan por poseer este tipo de fuente son:
 - Carmen de Carupa.
 - Cucunubá (Quebrada El Borrachero).
 - Guachetá.
 - Lenguzaque.
 - San Miguel de Sema.
 - Susa.
 - Ubaté.

- **Fuente Deficiente.** Los municipios que se caracterizan por poseer este tipo de fuente son:
 - Saboyá.
 - Sutatausa.

- **Fuente muy deficiente.** Los municipios que se caracterizan por poseer este tipo de fuente son:
 - Chiquinquirá.
 - Cucunubá (Quebrada La Chorrera).
 - Simijaca.

7.2. ANÁLISIS DE LAS FUENTES DE CAPTACIÓN.

Para este análisis se utilizaron las caracterizaciones de los monitoreos del Censo de Usuarios que la Corporación Autónoma Regional CAR realizó en cada una de las fuentes de abastecimiento. Los municipios que no cuentan con datos en la captación, porque no se les realizó el censo, se analizan considerando las características organolépticas y las actividades económicas que afectan su calidad. La fuente de abastecimiento del municipio de Ráquira no tenía ningún dato debido a que la CAR no había realizado allí los análisis, y dado que la Planta de Potabilización no funciona y no está brindando ningún tratamiento excepto el de filtración, las autoras realizaron los análisis en el laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad De La Salle. Esta caracterización y las realizadas por la CAR se presentan en el Anexo A.

7.2.1. Buenavista.

Nacimiento Agua Blanca. El municipio se abastece únicamente de esta fuente la cual no recibe vertimientos puntuales industriales ya que se toma directamente del nacimiento, sus características organolépticas demuestran una buena calidad para consumo humano, no presenta olor, color ni turbiedad. Presenta material flotante, generalmente hojas secas de árboles que hay alrededor las cuales son retenidas por la rejilla en la captación. Esta fuente no cuenta con datos para determinar su calidad pero sus buenas condiciones organolépticas, la ausencia de vertimientos a esta fuente y su condición de nacimiento determinan una buena calidad.

Calidad para consumo Humano: APTA

7.2.2. Caldas.

Quebrada Los Robles. Esta fuente no es afectada por vertimientos puntuales de tipo industrial y cumple con los parámetros de calidad de agua para consumo. Sin embargo la coloración amarilla que presenta denota presencia de sólidos y esto puede ser debido a la sedimentación de suelos por efecto de la escorrentía en sitios de cultivos cercanos. No presenta contaminación por materia orgánica pues los parámetros de DBO y DQO están dentro de los valores permitidos.

Calidad para consumo humano: APTA.

Quebrada Ruchical. Esta fuente cumple con los parámetros para consumo humano se utiliza sólo en casos de emergencia, como secamiento de la fuente convencional en fuertes épocas de verano.

Calidad para consumo humano: APTA.

7.2.3. Carmen de Carupa.

Quebrada Suchinica. La calidad de esta fuente no se ve afectada por vertimientos puntuales industriales que puedan deteriorar el cuerpo hídrico. Cumple con los parámetros organolépticos pero en los fisicoquímicos incumple con el hierro (0.7 mg/l Fe) y la turbiedad (10.24 UJT). Esto último puede ser debido a las actividades económicas que la perjudican, ya que el municipio es en mayor escala agrícola y puede recibir aguas de drenaje de cultivos con cargas considerables de sólidos y agroquímicos. La actividad de minería de gravas circundante puede estar aportando sólidos por generación de procesos erosivos en la parte alta de la fuente además de minerales disueltos.

Calidad para consumo humano: NO APTA.

7.2.4. Chiquinquirá.

Río Suárez. La fuente de abastecimiento se encuentra afectada incumpliendo con los parámetros organolépticos manifestados por el olor fétido y coloración gris, presencia de algas y película de grasa. Estas características denotan alta contaminación cuya fuente puede ser el vertimiento de aguas residuales en descomposición y vertimientos industriales.

En el sitio de captación el río Suárez ha recorrido un tramo considerable desde su nacimiento en la Laguna de Fúquene y ha recibido las descargas de efluentes líquidos tanto municipales como industriales de Caldas, San Miguel de Sema, Simijaca, Susa. Las actividades económicas de estos, tales como la Industria láctea generan vertimientos contribuyendo con altas concentraciones de materia orgánica, grasas y aceites dando origen al aumento de la DBO y DQO y la disminución del oxígeno disuelto. Por otra parte la agricultura propicia el incremento de los sólidos suspendidos y la turbiedad que se aprecia en la fuente (40.1UJT).

Calidad para consumo humano: NO APTA.

7.2.5. Cucunubá.

Quebrada La Chorrera. Esta fuente tiene características organolépticas aceptables salvo por la coloración del agua que es amarilla, debido a la contaminación con materias grasas¹¹ y metales pesados (hierro, aluminio, manganeso y zinc) ocasionado por el drenaje de la minería la cual incrementa la turbidez, descargas ácidas¹² y DQO (60 mg/l). El recurso es afectado en menor proporción por la ganadería y la agricultura, lo cual incrementa el valor de los parámetros microbiológicos (15×10^3 NMP/100 ml). Esta quebrada nace en la reserva Guaitoque, la cual está siendo afectada por las actividades de las Minas de la Vereda El Tablón, Hato de Rojas y El Rur, lo cual puede explicar la contaminación de la fuente. La actividad minera también aporta vertimientos de agua residual doméstica del personal vinculado a esta actividad.

Calidad para consumo humano: NO APTA.

Quebrada El Borrachero. Esta fuente cumple con las características organolépticas y los parámetros fisicoquímicos exceptuando el pH, el cual se encuentra en un rango un poco bajo debido a los contenidos de azufre de los vertimientos mineros que acidifican el cuerpo hídrico. El oxígeno disuelto está en un rango menor de lo aconsejable por la presencia de grasas y aceites provenientes del mantenimiento y operación de los equipos utilizados en las minas¹³. Esta fuente no cuenta con datos para determinar su calidad.

Calidad para consumo humano: NO APTA.

7.2.6. Fúquene.

Nacimiento Potrero Largo. Es afectada principalmente por la ganadería y la agricultura, incrementando el índice de Coliformes totales (1300 NMP/100 ml), lo cual requeriría tratamiento convencional para darle el uso para consumo humano. También se ve el incremento de la DQO (45.4 mg/l), posiblemente generado por los agroquímicos utilizados en los cultivos del municipio. No tiene problemas por vertimientos domésticos ni industriales puntuales y las características organolépticas son aceptables, ya que la fuente de abastecimiento es captada directamente del nacimiento.

Calidad para consumo humano: NO APTA.

¹ MINERCOL. Minería a cielo abierto, Guía Ambiental.

² Guía Ambiental para la Minería Subterránea del Carbón. Minambiente.

³ Cartilla Ambiental para la gestión del sector Minero. Minambiente.

7.2.7. Guachetá.

Nacimiento Potreritos. Cumple con los parámetros organolépticos. A pesar de ser un nacimiento se ve afectada en color (94 Unidades) y en sólidos generados por la actividad agrícola y el sector minero, lo cual puede influir en el aumento de sólidos disueltos, hierro (0.24 mg/l) y sulfatos. No se tiene en la actualidad datos de los parámetros microbiológicos.

Calidad para consumo humano: NO APTA.

7.2.8. Lenguazaque.

Río Lenguazaque. Esta fuente no cumple con la DQO (17.8 mg/l) debido al aumento de la carga contaminante por el sector minero, causado por los sedimentos de agua de drenaje del mismo que aportan minerales disueltos hierro y sulfatos, materias grasas, hidrocarburos alifáticos y alquitranes; la agricultura genera contaminación por el aporte de agroquímicos que se vierten al río por infiltración y escorrentía debido al cultivo de papa en la parte alta de la cuenca. Los parámetros organolépticos cumplen, exceptuando el color donde se manifiesta de una tonalidad café, causada por los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales aguas arriba de la captación y la descomposición de la materia orgánica.

Calidad para consumo humano: NO APTA.

7.2.9. Ráquira

Río Dulce. La caracterización denota el cumplimiento de casi la totalidad de los parámetros analizados, sus características organolépticas son óptimas. Sin embargo hay que tener en cuenta su actividad económica principal, la artesanía. Hay asentamientos humanos aguas arriba aunque no de gran representatividad, de modo que la contaminación por coliformes se hace despreciable por la dilución tal como se encontró en los análisis efectuados.

Calidad para consumo humano: APTA.

7.2.10. Saboyá.

Quebrada Cantoco. Esta fuente presenta buenas condiciones de olor, pero muestra coloración amarilla. Recibe contaminantes por vertimientos domésticos de algunos asentamientos humanos algunos kilómetros aguas arriba, por lo que se puede deducir que tiene problemas de sólidos disueltos y suspendidos, detergentes, materia orgánica en descomposición, color y presencia de coliformes. No se tiene en la actualidad datos de los parámetros fisicoquímicos ni microbiológicos para determinar su calidad.

Calidad para consumo humano: NO APTA.

7.2.11. San Miguel de Sema

Quebrada La Cortadera. Esta fuente no está afectada por ningún tipo de actividad industrial, debido a que la recolección del recurso se hace en la parte alta pero presenta color amarillo por la infiltración y escorrentía de actividad ganadera y pecuaria; debido a la misma hay concentración de carga contaminante y por tal razón se debe considerar un análisis de nitrógeno y fósforo, ya que pueden ser considerados altos en este punto, así como los coliformes totales. No se tiene en la actualidad datos de los parámetros fisicoquímicos ni microbiológicos.

Calidad para consumo humano: NO APTA.

7.2.12. Simijaca.

Río Simijaca. Esta fuente de tercer orden es afectada por los vertimientos domésticos e industriales que aportan las quebradas El Salitre y Las Monjas, Los fiques, El Pedregal, El Tablón y San Juanito, las cuales tributan a este. Los vertimientos industriales son de tipo lácteo, los cuales incrementan la DQO (65.5 mg/l), grasas y aceites y detergentes al igual que los residuos domésticos aunque en diferente proporción. En el lugar de captación la fuente presenta altos valores de coliformes totales (82000 NMP/100 ml), turbiedad (36.31 UJT), hierro (0.78 mg/l Fe) y color (267.3 Unidades escala platino-cobalto), lo cual indica aguas residuales en descomposición.

Aunque se debe tener en cuenta la dilución de los contaminantes que tiene lugar entre el punto de vertimiento donde se genera y el punto de captación del Río Simijaca, caracterizaciones realizadas antes de la obra de captación en la vereda Aposentos, siguen denotando una alta DBO, DQO, muy bajo oxígeno disuelto, y un aporte importante de metales pesados como Cromo, el cual se encuentra por encima del Decreto 1594/84.

Calidad para consumo humano: NO APTA.

7.2.13. Susa.

Nacimiento Nutrias. La fuente aunque no tiene industrias cercanas, muestra incumplimiento en los parámetros de la DQO (36.1 mg/l), esto puede ser debido a que se genera la presencia de fosfatos por los cultivos de papa principalmente, que circundan a la captación. El pH es bajo, necesitando tratamiento convencional para que la fuente sea utilizada para consumo humano.

Calidad para consumo humano: NO APTA.

7.2.14. Sutatausa.

Río Agua Clara. Debido a que la zona de explotación minera se encuentra aguas arriba del río, se presentan problemas de turbiedad ya que la coloración en la captación es negra, causado por la generación de vertimientos donde revela la cantidad de sólidos

suspendidos presentes, y estos también confluyen al río por infiltración y escorrentía. La zona que rodea el municipio presenta cultivos agrícolas donde sus vertimientos a su vez confluyen a la fuente donde se aprecia problemas de turbiedad, color y nitratos, en temporadas de lluvias, parámetros que no se han monitoreado.

Calidad para consumo humano: NO APTA.

7.2.15. Tausa.

Quebrada El Chapetón. Las características organolépticas de la fuente son aceptables, pero se observa película de grasa en el agua y en invierno se presenta mucha turbiedad por los cultivos que circundan el cuerpo hídrico y por la temporada de invierno. Los valores arrojados de pH indican que para la utilización se necesitaría sólo desinfección (6.1 Unidades).

Calidad para consumo humano: APTA.

7.2.16. Ubaté.

Río Ubaté. Este punto recibe vertimientos de las industrias lácteas (natas) generando olores y altas concentraciones de materia orgánica, grasas, detergentes y sólidos. Las industrias mencionadas son aportantes significativos ya que son un número considerable; La fabricación de sus productos se hace de forma familiar, incrementando así los vertimientos por malas prácticas y baja tecnificación de sus procesos. La DQO (10.4 mg/l) presenta por esta razón un incremento debido a los detergentes que se utilizan en los procesos de lavado al igual que las aguas residuales domésticas vertidas aguas arriba. La actividad minera incrementa los niveles de Hierro (1.24 mg/l) y la turbiedad (21.34mg/l).

Calidad para consumo humano: NO APTA.

7.3. ALTERNATIVAS PARA LAS PLANTAS DE POTABILIZACIÓN.

Con base en las operaciones que posee cada municipio (Ver Capítulo 6) y analizando según la calidad de la fuente las requeridas por el RAS 2000, así como los parámetros que se incumplen al final de la potabilización, se entró a determinar las alternativas adecuadas para cumplir con los parámetros del Decreto 475 de 1998. En la tabla 26 se presentan los parámetros incumplidos por cada planta de potabilización y los análisis completos de estas se pueden ver en el Anexo B.

Tabla 26. Parámetros del decreto 475/98 incumplidos por las Plantas de potabilización

MUNICIPIO	PARÁMETRO(S) QUE INCUMPLE	DECRETO 475/98
BUENAVISTA*	No Suministrado	Potable
CALDAS	Ninguno	Potable
CARMEN DE CARUPA	Ninguno	Potable
CHIQUINQUIRÁ	pH, Cloro Residual	No Potable
CUCUNUBÁ	Turbiedad, Color	No Potable
FÚQUENE	Ninguno	Potable
GUACHETÁ	Color	No Potable
LENGUAZAQUE	pH	No Potable
RÁQUIRA*	No Suministrado	Potable
SABOYÁ	Hierro Total, Fosfatos	No Potable
SAN MIGUEL DE SEMA	Turbiedad, Color	No Potable
SIMIJACA	Ninguno	Potable
SUSA	Ninguno	Potable
SUTATAUSA	Ninguno	Potable
TAUSA	Ninguno	Potable
UBATÉ	Color	No Potable

Fuente: Autoras

7.3.1. Alternativas Para Mejorar las PTAP's en cada Municipio

Se compararon las operaciones de cada planta con las exigidas por el RAS 2000 según la calidad del agua de la fuente y el cumplimiento de la normatividad del agua tratada y se proponen alternativas para mejorar el funcionamiento de la planta ya sea en optimización y/o revisión de procedimientos o implementación de nuevas unidades, lo cual influirá en el mejoramiento de la calidad del agua de salida.

*Estos casos en los que no se suministraron datos de los análisis del agua tratada para el caso de Buenavista se asume Potable por tener una fuente (nacimient) con calidad aceptable y por tener un sistema de potabilización pertinente de acuerdo al RAS 2000; En el caso de Ráquira se asume Potable por la excelente calidad de agua en la fuente y el tratamiento que recibe de los filtros.

Tabla 27. Alternativas Para Mejorar las PTAP's en cada Municipio.

MUNICIPIO	OPERACIONES ACTUALES DE LAS PTAP's	PARAMETROS MINIMOS DEL RAS 2000 SEGÚN CALIDAD DE LA FUENTE	CUMPLE CON EL RAS 2000		ALTERNATIVAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LAS PLANTAS
			SÍ	NO	
Buenavista	<ul style="list-style-type: none"> - Rejilla superficial con tanque de recolección - Floculación y Filtración - Ajuste de pH con Cal - Tanque de Desinfección 	<ul style="list-style-type: none"> - Cribado con rejillas - Desinfección - Ajuste de pH si se justifica. 	X		Ninguna
Caldas	<ul style="list-style-type: none"> - Rejilla superficial - Desarenación primaria - Filtro de carbón - Mezcla rápida y ajuste de pH - Sedimentación - Filtración (Filtro ascendente, filtro de arena) - Desinfección 	<ul style="list-style-type: none"> - Cribado con rejillas - Desinfección - Ajuste de pH si se justifica. 	X		Ninguna
Carmen de Carupa	<ul style="list-style-type: none"> - Rejilla superficial - Foculación en serie - Sedimentadores - Filtración - Desinfección. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cribado con rejillas - Desarenación si se justifica - Filtración lenta - Floculación - Sedimentación - Desinfección - Ajuste de pH si se justifica. 	X		Ninguna
Chiquinquirá	<ul style="list-style-type: none"> - Desarenador - PLANTA ANTIGUA, (planta de aireación antigua, floculación mecánica, sedimentador, filtración) - PLANTA NUEVA, (Planta de ozono, floculación hidráulica, sedimentación, filtración, desinfección). 	<ul style="list-style-type: none"> - Cribado con rejillas - Desarenación si se justifica. - Coagulación - Sedimentación - Filtración - Desinfección - Ajuste de pH - Pretratamientos y postratamientos específicos. 		X	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar la dosificación de cloro. - Ya que hay baja alcalinidad en la fuente aumentar el pH en la coagulación adicionando Hidróxido de Calcio (Ca(OH)₂). - Optimizar el lecho filtrante en la planta antigua adicionando arena de espesor conveniente para filtros rápidos (0.35-0.45 mm)
Cucunubá (Se compara los requisitos del RAS con la fuente más afectada de las dos que posee)	<ul style="list-style-type: none"> - Rejilla superficial - Desarenador - Vertederos - Floculación - Sedimentación - Filtración - Desinfección. 	<p>QUEBRADA LA CHORRERA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cribado con rejillas - Desarenación si se justifica - Filtración lenta - Floculación - Sedimentación - Desinfección - Ajuste de pH si se justifica. 		X	<ul style="list-style-type: none"> - Aumentar la capacidad de la planta al caudal requerido de 4 lps. - Revisar la dosis óptima para la floculación haciendo frecuentemente test de jarras, optimizar lecho filtrante o implementar filtro de carbón activado.

Fúquene	<ul style="list-style-type: none"> - Desarenación - Coagulación-Floculación - Sedimentación - Filtración - Ajuste de pH - Desinfección. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cribado con rejillas - Desinfección - Ajuste de pH si se justifica. 	X		Ninguna
Guachetá	<ul style="list-style-type: none"> - Rejilla superficial, - Desarenación - Mezcla rápida y ajuste de pH. - Floculación - Sedimentación - Filtración - Desinfección 	<ul style="list-style-type: none"> - Cribado con rejillas - Desarenación si se justifica - Floculación - Sedimentación - Filtración Rápida - Desinfección - Ajuste de pH si se justifica. 	X		<ul style="list-style-type: none"> - Revisar los procesos de floculación como adición de coagulante, pH del agua de llegada y formación de flocs. - Revisar la tasa de velocidad de filtración y el lecho filtrante; optimizarlo si es necesario, si no, implementar un filtro de carbón activado
Lenguazaque	<ul style="list-style-type: none"> - Rejilla superficial - Desarenación - Mezcla rápida - Floculación hidráulica horizontal y tipo Alabama - Sedimentación, - Filtración tanque de almacenamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cribado con rejillas - Desarenación si se justifica - Floculación - Sedimentación - Filtración Rápida - Desinfección - Ajuste de pH si se justifica. 		X	<ul style="list-style-type: none"> Control de pH después de la floculación y la filtración. - Alcalinizar el agua después del proceso de desinfección.
Ráquira	<ul style="list-style-type: none"> - Rejilla superficial - Desarenación - Filtración lenta 	<ul style="list-style-type: none"> - Cribado con rejillas - Desinfección - Ajuste de pH si se justifica. 		X	Implementar proceso de desinfección en el tanque de almacenamiento.
Saboyá	<ul style="list-style-type: none"> - Rejilla - Desarenación - Filtración lenta y ascendente - Desinfección. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cribado con rejillas - Desarenación si se justifica - Coagulación - Sedimentación - Filtración - Desinfección y ajuste de pH. 		X	<ul style="list-style-type: none"> - Implementación de un Clarifloculador (coagulación-floculación-sedimentación) - Torre de aireación
San Miguel de Sema	<ul style="list-style-type: none"> - Rejilla - Desarenación - Torre de aireación de carbón coque - Ajuste de pH - Coagulación-floculación - Filtración - Desinfección. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cribado con rejillas, - Desarenación si se justifica - Filtración lenta o sencilla, o floculación, sedimentación y filtración rápida - Desinfección y ajuste de pH si se justifica. 	X		<ul style="list-style-type: none"> - Implementación de un sedimentador de flujo horizontal. Revisar el proceso de floculación. - Revisar el lecho de filtración y la tasa de velocidad.

Simijaca	<ul style="list-style-type: none"> - Rejilla superficial - Floculación - Sedimentación - Filtración - Estabilización de pH - Desinfección. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cribado con rejillas - Desarenación si se justifica. - Coagulación - Sedimentación - Filtración - Desinfección - Ajuste de pH - Pretratamientos y postratamientos específicos. 	X		Ninguna
Susa	<ul style="list-style-type: none"> - Cribado - Desarenación - Floculación Horizontal - Sedimentación - Filtración - Desinfección 	<ul style="list-style-type: none"> - Cribado con rejillas, - Desarenación si se justifica - Filtración lenta o sencilla, o floculación, sedimentación y filtración rápida - Desinfección y ajuste de pH si se justifica. 	X		Hacer mantenimiento más frecuentemente al floculador para evitar acumulación de grasas.
Sutatausa	<ul style="list-style-type: none"> - Rejilla - Desarenación - Floculación - Sedimentación - Filtración rápida - Ajuste de pH - Desinfección 	<ul style="list-style-type: none"> - Cribado con rejillas - Desarenación si se justifica - Coagulación - Sedimentación - Filtración - Desinfección y ajuste de pH. 	X		En época de invierno reforzar la oxidación química con cloro u otra sustancia para tratar los altos niveles de nitrógeno que llegan en esta época.
Tausa	<ul style="list-style-type: none"> - Rejilla - Desarenador - Floculación - Sedimentación - Filtración - Desinfección. - Ajuste de pH 	<ul style="list-style-type: none"> - Cribado con rejillas - Desinfección - Ajuste de pH si se justifica. 	X		Intensificar el mantenimiento preventivo en las unidades para evitar colmatación en época de invierno
Ubaté	<ul style="list-style-type: none"> - Rejilla - Desarenación - Mezcla rápida y ajuste de pH - Floculación - Sedimentación - Filtración - Desinfección. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cribado con rejillas, - Desarenación si se justifica - Filtración lenta o sencilla, o floculación, sedimentación y filtración rápida - Desinfección y ajuste de pH si se justifica. 	X		Para eventuales casos en que el agua llegue con olor y color por cargas provenientes de la represa El Hato, implementar un sistema de oxidación ya sea químico o por aireación.

Fuente. Autoras 2006.

7.3.1.2. Observaciones en algunas de las Plantas De Potabilización.

7.3.1.2.1. Municipio de Chiquinquirá. Se debe calcular la dosis óptima de cloro con el fin de disminuir la concentración de cloro residual, ya que estos residuos pueden ocasionar trastornos estomacales que afectan la salud de la población. Los vertimientos ácidos, $\text{pH} < 6$ en corrientes de agua con baja alcalinidad ocasionan disminuciones del pH del agua natural por debajo de los valores de tolerancia de las especies acuáticas (pH entre 5 y 9), lo mismo sucede con vertimientos alcalinos $\text{pH} > 9$. Los vertidos de pH ácido, disuelven los metales pesados y el pH alcalino los precipitan.

Para la neutralización de pH se recomienda que la cal pase por un tamiz de 3/4" y que sea retenido por lo menos el 95% sobre tamiz N° 100, para facilitar el manejo y evitar polvo, la dosificación se debe realizar por gravedad, hasta donde sea posible por canales abiertos, junto con accesorios plásticos, caucho, acero o concreto, estas indicaciones conducen a que el agua llegue con las condiciones requeridas para el proceso de coagulación y floculación.

7.3.1.2.2. Municipio de Cucunubá. Para la planta de este municipio se requiere la optimización del proceso de coagulación y floculación para mitigar la concentración de sólidos que hacen presencia en la turbiedad y contiguo la disminución de color, este puede deberse a la presencia de materia orgánica en el suelo, cualquiera que sea su origen el conjunto de compuestos responsables del color recibe el nombre de sustancias húmicas, que contiene carbono, hidrogeno, oxigeno y nitrógeno en porcentajes variables y que muestran propiedades ácidas, lo cual se clasifica en cuatro fracciones (ácido fúlvico, ácido húmico, ácido himatomelánico y carbón húmico)¹⁴. Debido a que el aporte al agua de vertimientos con altas concentraciones de sólidos en suspensión, coloidales o finos, aumenta la turbiedad, se disminuye la transparencia, impidiendo la penetración de la luz, disminuyendo la incorporación del oxígeno disuelto por la fotosíntesis, afectando la calidad y productividad de los ecosistemas.

Según el RAS 2000, para este municipio siendo de nivel de complejidad bajo se recomienda el uso de mezclador hidráulico, y debe realizarse un estudio de costo para la selección del coagulante o los coagulantes y auxiliares de la coagulación; este estudio debe tener en cuenta los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio (prueba de jarras). Se recomienda el uso de coagulantes metálicos como las sales de aluminio, ya que este es de fácil manejo y mas económico que las otras sales. En caso de requerir ayudantes de coagulación se debe realizar ensayos de laboratorio para determinar el tipo de ayudante adecuado.

El sistema de dosificación del coagulante para este municipio debe ser líquido y por gravedad, para este municipio se puede emplear un único tanque para la preparación de

¹⁴ ARBOLEDA VALENCIA, JORGE. *Teoría Y Práctica De La Purificación del Agua*. Ed. 1993. Pág. 27.

la solución y la dosificación, el dosificador manual se establece para este tipo de municipios, según su nivel de complejidad.

Como mezclador hidráulico se recomienda el uso de la canaleta parshall como el mejor método de dispersión del coagulante, ya que posee la ventaja de no requerir equipo mecánico.

7.3.1.2.3. Municipio de Guachetá. El agua coloreada es generalmente blanda, ácida y con baja alcalinidad, el pH para remover color es mas bajo que el que se necesita para remover turbiedad. Para sales de aluminio el color se remueve mejor a pH entre 5.0 y 6.0 y la turbiedad entre 6.0 y 7.0; para las sales de hierro el pH optimo para la remoción de color esta entre 3.2 y 4.5 y para la turbiedad entre 2.0 y 7.0; los iones de calcio y magnesio facilitan la coagulación del color, los cuales se usan en las plantas de Potabilización como compuestos de alto peso molecular que se aplican en muy pequeñas concentraciones.¹⁵

7.3.1.2.4. Municipio de San Miguel de Sema. Se requiere la adición de un sedimentador, que ayude a la disminución de sólidos las altas concentraciones impiden la penetración de la luz, disminuyen el oxígeno disuelto. Los sólidos disueltos afectan negativamente la calidad del agua para consumo humano, altas concentraciones pueden ocasionar reacciones fisiológicas desfavorables en los consumidores.

Se recomienda la instalación de un sedimentador de flujo horizontal o de alta tasa, según los parámetros comprendidos en el RAS 2000.

7.3.1.2.5. Municipio de Lenguaque. Para la neutralización de pH se recomienda adicionar la dosis óptima de cal, la dosificación se debe realizar por gravedad, hasta donde sea posible por canales abiertos. Al cumplir con estos requerimientos el agua tendrá las condiciones óptimas para consumo humano.

7.4. VERTIMIENTOS POR CADA ACTIVIDAD Y ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO.

Para la identificación de los vertimientos de cada municipio se realizó la clasificación que se presenta en el anexo D, el cual contiene las caracterizaciones hechas por la CAR en ciertos puntos de vertimiento de algunas industrias, los cuales se comparan con el Decreto 1594 de 1984 como norma de control de vertimientos a los cuerpos de agua. Las aguas residuales domesticas se evidencian en todos los municipios, lo que sugiere un tratamiento para las mismas. Los principales vertimientos generados se deben a la industria láctea¹⁶ (ganadería bovina), la minería¹⁷ y la agricultura¹⁸. Las alternativas para

¹⁵ Ibíd. ARBOLEDA

¹⁶ ACERCAR. Productos lácteos. Planes de acción para mejoramiento ambiental. Manual para empresarios de la PYME. 2006.

¹⁷ MINERCOL. Minería a cielo abierto. Guía Ambiental. Revisado 2006.

prevenir el deterioro de las fuentes por actividades domésticas se nombran a continuación, y las alternativas para las actividades económicas como minería, industria láctea y agricultura se encuentran en tabla 28.

7.4.1. Alternativas para las Aguas Residuales Domésticas

La selección de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas deberá hacerse bajo los estándares de las normas vigentes que regulen la materia (Decreto 1594/84), sin desconocer que las exigencias en cuanto a los procesos que se incluyen para la depuración del agua están determinadas por los contaminantes de las aguas residuales.

Se formula como alternativa principal para mitigar la carga contaminante el manejo, tratamiento y disposición final de las aguas residuales domésticas, que sea con la participación de la administración municipal, la comunidad en general y el apoyo de los entes Departamental y Nacional, lo cual se hará con los habitantes circundantes a la fuente de abastecimiento:

- Formular Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, junto con acompañamiento y asesoría técnica.
- Coordinar programas de participación donde la comunidad interactúe con la formulación y ejecución de los proyectos de saneamiento básico.
- Diseños para el tratamiento de aguas residuales domésticas, acordes a las características de cada fuente generadora de vertimiento¹⁹.

Adicional a esto se recomienda el uso de pozos sépticos, logrando así la retención de sólidos biodegradables contenidos en el material orgánico en las viviendas que circundan la fuente de abastecimiento de cada municipio, a fin de controlar los vertimientos domésticos originados por los mismos.

7.4.2. Alternativas para los sectores económicos que afectan la calidad de las fuentes de captación.

Aunque las actividades pueden aportar contaminantes adicionales a los mencionados en la siguiente tabla, la dilución de estos hace que en el sitio de la captación, dichos contaminantes estén dentro de la norma, no obstante cuando se den casos en que ciertas actividades económicas no afecten de ninguna manera la fuente de interés, de toda maneras se plantean las alternativas a modo de prevención, como es el caso de Ráquira.

En la siguiente tabla se dan las alternativas para disminuir el impacto de cada sector económico en las fuentes de captación. Estas alternativas se plantean tanto para el

¹⁸ ASOHOFrucol. Guía Ambiental para el Cultivo de Frutas y Hortalizas. Revisado 2006.

¹⁹ PROYECTO. Gestión de Apoyo Técnico para el Manejo, Tratamiento y Disposición Final de las Aguas Residuales Domésticas.

tratamiento al final de los procesos antes de verter o bien pueden ser parte de modelos de Producción Más Limpia y Buenas Prácticas de Manufactura. El planteamiento de todas estas alternativas se dan bajo el esquema de una concertación entre La CAR y los sectores productivos, con lo cual es recomendable que se haga bajo un programa exclusivo para proteger las fuentes que son utilizadas para abastecimientos municipales.

Tabla 28. Alternativas para los contaminantes producidos por vertimientos aguas arriba de las captaciones.

MUNICIPIO	ACTIVIDAD GENERADORA	CONTAMINANTES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LAS FUENTES POR VERTIMIENTOS	ALTERNATIVA DE MEJORAMIENTO POR SECTOR
BUENAVISTA	-	Nacimiento	Ninguna
CALDAS	-	Ninguna	Ninguna
CARMEN DE CARUPA	Minería	Sólidos, Hierro	- Sedimentador. - Aislar material pirítico del agua con material estéril. - Recirculación de aguas de escorrentía para hidratación de pilas. - Utilización del agua para otros procesos diferentes a la minería
		pH	Colectar el agua construyendo canales perimetrales alrededor de las piritas de carbón, sedimentar y neutralizar químicamente con cal.
CHIQUINQUIRA	Industria Láctea	Sólidos	Recirculación de aguas de lavado de recipientes a actividades pecuarias como alimentación para cerdos
		Color	
		Turbiedad	
		DBO	
	DQO		
Minería	Hierro	- Aislar material pirítico del agua con material estéril. - Recirculación de aguas de escorrentía para hidratación de pilas. - Utilización del agua para otros procesos diferentes a la minería	
CUCUNUBA	Minería	Sólidos, Hierro, Conductividad, Sulfatos	- Sedimentador. - Aislar material pirítico del agua con material estéril. - Recirculación de aguas de escorrentía para hidratación de pilas. - Utilización del agua para otros procesos diferentes a la minería
FUQUENE	Minería	Sólidos y Hierro	- Sedimentador. - Aislar material pirítico del agua con material estéril. - Recirculación de aguas de escorrentía para hidratación de pilas. - Utilización del agua para otros procesos diferentes a la minería
GUACHETA	Minería	Color y Hierro	- Recuperación de materiales utilizables, estos mitigan la concentración de sólidos que contengan hierro, color y turbiedad.
LENGUAZAQUE	Minería	Hierro	- Aislar material pirítico del agua con material estéril. - Recirculación de aguas de escorrentía para hidratación de pilas. - Utilización del agua para otros procesos diferentes a la minería

RÀQUIRA	Minería	Hierro	- Aislar material pirítico del agua con material estéril. - Recirculación de aguas de escorrentía para hidratación de pilas. - Utilización del agua para otros procesos diferentes a esta actividad.
	Artesanía	Sólidos Sedimentables y Suspendidos	Construcción de taludes con ángulos no superiores a 50°, implementando también bermas entre estos para disponer el agua de escorrentía adecuadamente en cunetas.
SABOYÁ	Aguas Residuales Domesticas	Sólidos Suspendidos	Manejo de ARD aguas arriba en veredas con pozos sépticos.
		Color	
Materia Orgánica			
Coliformes			
	Minería	Hierro	- Aislar material pirítico del agua con material estéril. - Recirculación de aguas de escorrentía para hidratación de pilas. - Utilización del agua para otros procesos diferentes a esta actividad.
SAN MIGUEL DE SEMA	Ganadera y Pecuaria	Nitrógeno y Fósforo	- Definir rondas de protección alrededor del punto de captación para evitar el pastoreo de ganado y vertimientos de actividades pecuarias.
SIMIJACA	Industria láctea	Turbiedad	Recirculación de aguas de lavado de recipientes a actividades pecuarias como alimentación porcícola.
		Color	
	Minería	Hierro	- Recuperación de materiales utilizables. - Recirculación de aguas a cabeza de proceso. - Disposición de estériles piríticos en el interior de las escombreras para evitar la escorrentía por contacto con aguas lluvias.
SUSA	Agricultura (cultivos de papa)	Plaguicidas	- Disposición de agua de lavado de herramientas y equipos de fumigación en tanques colectores para evitar verter en la fuente hídrica.
SUTATAUSA	Minería	Turbiedad	- Implementar colectores de agua alrededor de las piritas de carbón y hacer posterior Sedimentación.
		Color	- Desarenador, Sedimentación y Filtración.
	Ganadería	Nitratos	- Definir rondas de protección alrededor del punto de captación para evitar el pastoreo de ganado.
TAUSA	Minería	Sólidos Suspendidos, conductividad	- Implementar colectores de agua alrededor de las piritas de carbón y hacer posterior Sedimentación.
	Combustibles usados en equipos de Minería	Grasas	- Recoger y gestionar aceites usados de maquinaria y así impedir el vertido de grasas procedentes de operaciones de mantenimiento de maquinaria. - Implementar sistema desnatador o floculación – flotación
	Cultivos de papa	Plaguicidas	- Impedir el vertimiento de lavado de envases con plaguicidas al cuerpo hídrico.
	Ganadería	Nitrógeno y Fósforo	Crear rondas de protección para evitar el pastoreo alrededor de la captación.
UBATÉ	Minería	Hierro	- Recuperación de materiales utilizables. - Recirculación de aguas a cabeza de proceso. - Disposición de estériles piríticos en el interior de las escombreras para evitar la escorrentía por contacto con aguas lluvias.
	Industria Láctea	Grasas y aceites	- Recirculación de aguas de lavado de recipientes a actividades pecuarias como alimentación porcícola
	Minería	Sólidos Suspendidos	- Implementar colectores de agua alrededor de las piritas de carbón y hacer posterior Sedimentación.

Fuente. Autoras 2006.

8. SELECCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA DE LAS PLANTAS DE POTABILIZACIÓN ESTUDIADAS

Para la selección de la planta a optimizar se desarrolló una matriz en donde se evaluaron cuantitativamente tres criterios fundamentales: La calidad del agua en las fuentes de abastecimiento, la calidad del agua que sale de las plantas de potabilización y las unidades operacionales mínimas requeridas de las mismas. Cada municipio tendría un puntaje en cada uno de estos tres criterios y la planta seleccionada sería la que menor puntaje obtenga en la sumatoria total de los mismos.

8.1 EVALUACIÓN DE CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LA PTAP A OPTIMIZAR

- **Cumplimiento del decreto 1594/84.** Este criterio mide la calidad del agua que entra a las Plantas de Potabilización teniendo en cuenta únicamente los parámetros hechos en el muestreo por La CAR en el Censo de Usuarios.

Para medir la calidad del agua se tuvo en cuenta la siguiente puntuación:

- La fuente cumple con el 100% de los parámetros analizados: 5
- La fuente cumple entre el 80 – 99% de los parámetros analizados: 4
- La fuente cumple entre el 50 – 79% de los parámetros analizados: 3
- La fuente cumple entre el 20 – 49% de los parámetros analizados: 2
- La fuente cumple con menos del 20% de los parámetros analizados: 1

Nota: Se tienen en cuenta sólo los parámetros analizados por la CAR en cada municipio pues no todos fueron determinados. A los municipios que se abastecen de nacimientos de agua y no se les realizó análisis por criterio de la CAR, se les dará una puntuación de 4 debido a la calidad que se presume por su condición de nacimiento y observación, basándose en la comparación de análisis de fuentes similares.

- **Cumplimiento Del Decreto 475/98:** Este criterio mide la calidad del agua que sale de la planta de potabilización para el consumo de la población basándose en este decreto (ver anexo B) utilizando los informes de la Secretaría de Salud. A cada municipio se le dará una valoración de acuerdo a la siguiente puntuación:
 - La PTAP cumple con el 100% de los parámetros analizados: 5
 - La PTAP cumple entre el 80 – 99% de los parámetros analizados: 4
 - La PTAP cumple entre el 50 – 79% de los parámetros analizados: 3
 - La PTAP cumple entre el 20 – 49% de los parámetros analizados: 2
 - La PTAP cumple con menos del 20% de los parámetros analizados: 1

- **Operaciones Unitarias De La Planta.** La calidad de agua que entra a la planta determina el tipo de tratamiento que requiere para asegurar su posterior potabilización, de acuerdo a esto se dará la siguiente puntuación:
 - Si la PTAP cuenta con las unidades requeridas por el RAS: 5
 - Si la PTAP cuenta con todas las unidades pero una ó más son deficientes: 4
 - Si la PTAP cuenta con menos de las unidades requeridas por el RAS: 3
 - Si la PTAP cuenta con menos de las unidades y una de ellas ó más son deficientes: 2
 - Si la PTAP no cuenta con ninguna unidad requeridas por el RAS: 1

Tabla 29. Matriz De Evaluación De Parámetros.

MUNICIPIO	1. CUMPLIMIENTO DEL DECRETO 1594/84	2. CUMPLIMIENTO DEL DECRETO 475/98	3. OPERACIONES DE LA PTAP	PUNTUACIÓN
BUENAVISTA*	5	5	5	15
CALDAS	5	4	4	13
CARMEN DE CARUPA	4	5	5	14
CHIQUEQUIRÁ	2	4	4	10
CUCUNUBÁ	4	4	4	16
FÚQUENE	4	5	5	14
GUACHETÀ	4	4	4	12
LENGUAZAQUE	3	4	4	11
RÁQUIRA**	5	4	4	13
SABOYÁ	3	3	3	9
SAN MIGUEL DE SEMA*	4	4	3	11
SIMIJACA	3	5	5	13
SUSA	4	5	5	14
SUTATAUSA	4	5	5	14
TAUSA	5	5	5	15
UBATÉ	3	5	4	12

Fuente. Autoras 2006.

*En estas fuentes donde no se obtuvieron los valores de los análisis, se valorarán en esta matriz de acuerdo al diagnóstico que se le dio en este documento teniendo en cuenta si es apta o no apta. En el caso de Buenavista no se obtuvieron datos de la PTAP, pero dado que por confirmación de las oficinas de la alcaldía y de la comunidad el agua es potable, se asume el valor de 5.

** No se obtuvieron datos de la PTAP en este municipio, pero debido a que el agua es segura en la fuente, se le dará una valoración de 4 en el agua que sale de los filtros.

De este modo la matriz arroja las condiciones más desfavorables para el municipio de Saboyá, para la cual se propone el diseño de un clarifloculador para solucionar el problema por la falta del proceso de clarificación del agua y de una torre de aireación que removerá contaminación por hierro y sulfatos con lo cual se espera que el agua de la planta de potabilización alcance la calidad requerida para el consumo humano.

8.2 DISEÑO DE LAS UNIDADES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PTAP DE SABOYÁ- BOYACÁ.

8.2.1 Situación actual. El proceso de potabilización de este y los demás municipios se encuentra con más detalle en el capítulo 6. La conclusión general a que se llegó en el análisis de la fuente de abastecimiento de este municipio es que recibía vertimientos domésticos de algunas viviendas aguas arriba de la quebrada. Adicional a esto los pocos parámetros hechos en muestreo del agua ya tratada (Ver Anexo B) demuestra que no es suficiente el tratamiento actual para la remoción de hierro y fosfatos y no cuenta con procesos para la clarificación del agua, es decir con coagulación pues la filtración no es suficiente. La Planta se ha declarado en siniestro desde el 2005 por el Ministerio del Medio Ambiente debido al colapso de la unidad de los filtros flauta a causa de taponamiento.

Las operaciones con que cuenta actualmente la planta son:

- Rejilla para la retención de sólidos flotantes
- Desarenación en la captación y a la llegada de la planta para la sedimentación de sólidos suspendidos y sedimentables.
- Filtración lenta que remueve la mayor parte de la turbiedad con lecho de grava, arena y antracita. Tiene como dispositivo de entrada una cámara de reparto con aliviaderos hacia los dos filtros y una cámara de drenaje
- 2 Filtros de flujo ascendente en serie con lecho de gravilla de varios tamaños y granito. La dirección del flujo se alterna de abajo hacia arriba en la primera unidad y de arriba hacia abajo en la siguiente.

El sistema de filtración no es eficaz porque no hay previa clarificación de sólidos coloidales los cuales no se sedimentan sólo por gravedad lo que quiere decir que el proceso de desarenación no los remueve por lo que los filtros se colmatan más rápido de lo normal lo que incurre en procesos de mantenimiento muy seguido. La importancia de la remoción de estas partículas es que son causantes de color, olor, sabor y algunas son portadoras de virus.

- Desinfección con cloro gaseoso. Para que el proceso sea totalmente efectivo es muy importante remover cualquier residuo de turbiedad pues muchos microorganismos son resistentes a la cloración cuando están incluidos en sólidos. Hay que tener en cuenta que aguas altamente contaminadas con NMP/100ml de coliformes superiores a 5000 deben siempre preclorarse, proceso que debe hacerse en el tubo de llegada a la planta.²⁰

²⁰ Op. Cit. ARBOLEDA

8.2.2. Optimización de la PTAP. Las unidades que se recomienda implementar para que la potabilización sea completa en este caso son:

- **Torre de aireación:** Constituida en cinco bandejas que contendrán carbón coque. El objetivo del diseño es remover el 100% de la carga de hierro pues aunque no conocemos en este momento la concentración a la entrada, en el agua tratada esta no excede mucho el parámetro del decreto 475/98 por lo que es seguro que la carga que se necesita remover no es muy alta. Esta torre se ubicará después del primer proceso, el desarenador y necesitará de sistema de bombeo para impulsar el agua desde allí.

En esta operación el agua entrará por tubería hasta la bandeja superior que la distribuirá por sus orificios en forma descendente hacia cada una de las cinco bandejas con carbón coque las cuales también tienen diseñados orificios superficiales para permitir el paso del agua en forma de goteo. La remoción de Hierro y fosfatos se hace por la capacidad de adsorción del carbón de estas sustancias a medida que el agua pasa por las bandejas. Al llegar a la última bandeja de contacto ésta conducirá el agua por tubería en PVC hacia el clarifloculador.

- **Clarifloculador:** Es una operación usada para clarificar aguas residuales. Este se diseñó como una sola unidad que tendrá coagulación, floculación y sedimentación para complementar el proceso de clarificación que hasta ahora realizan los filtros sin requerir mucho espacio. Con este se espera remover gran parte del color que entra y sólidos disueltos. Este proceso, que antecede al sistema actual de filtración tendrá que ser ubicado después de la torre de aireación y necesita de un sistema de bombeo que impulse el agua desde esta unidad.

El funcionamiento inicia cuando el agua entra por la parte superior hasta el cono de mezcla donde ocurrirá una turbulencia necesaria para poder adicionar el coagulante para la neutralización de las cargas de los sólidos disueltos, esto ocurrirá en un tiempo de mezcla rápida de 20 segundos aproximadamente. Luego el agua caerá hacia la parte inferior del clarifloculador en su parte trapezoidal donde se formarán los flocs y el agua ascenderá en 30 minutos aproximadamente hasta alcanzar la zona de sedimentación en la cual se dispondrá un sistema de colmenas en polipropileno en su parte superior para facilitar la sedimentación la cual tardará 2 horas.

Este proceso facilita la floculación más rápidamente en comparación a un tanque floculador convencional debido a que el agua se pone en contacto con un manto de lodos procedente de su misma floculación creando una turbulencia, lo cual acelerará la coagulación y formará flocs de buen peso y volumen consiguiendo así un agua perfectamente clarificada.

Dosificación de Coagulante: Se utilizará Sulfato de Aluminio tipo B granulado, el cual ayudará a crear los flocs más rápidamente, ya que este coagulante es más impuro que el Sulfato de Aluminio tipo A (utilizado comúnmente en agua potable), pues de utilizarse este último la coagulación no sería tan óptima en el clarifloculador como al tratar aguas residuales.

Tendrá que determinarse la dosis óptima de coagulante realizando el test de jarras utilizando solución patrón del sulfato de aluminio a una concentración del 10% en volumen, escogiendo la dosificación de la jarra en la que se formen los flocs más grandes, de buen volumen y se depositen en el fondo fácilmente en un periodo de 15 a 30 minutos, que es en el cual se lleva a cabo la floculación. Si el agua presenta bajos niveles de alcalinidad, se deberá aumentar el pH adicionando Hidróxido de Calcio antes de la dosificación del coagulante.

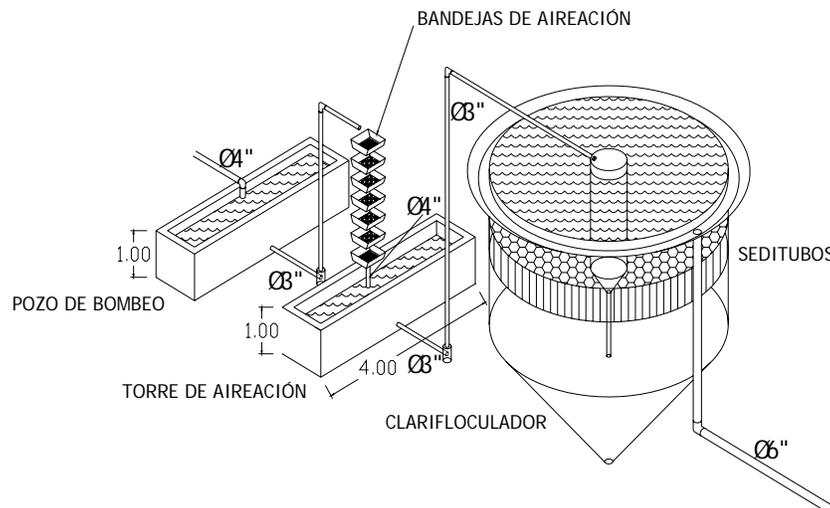
Para la dosificación de la dosis óptima obtenida en el test de jarras se tendrá que disponer un tanque protegido contra la corrosión con pintura bituminosa en el cuarto de químicos, en el que se prepare la solución líquida del Sulfato de Aluminio la cual será conducida hasta el punto de mezcla rápida a través de una manguera de plástico o caucho por una bomba dosificadora, la cual puede ser a pistón o de diafragma.

Material de construcción. Se recomienda que el material para la construcción de la torre de aireación y el clarifloculador sea en fibra de vidrio para evitar la corrosión.

Con la implementación de estos equipos quedaría completo el sistema de potabilización al satisfacer el requerimiento de clarificación que exige el RAS 2000 y al tener una torre de aireación que elimine los problemas adicionales de hierro y fosfatos.

Las memorias de cálculo de estas unidades están referidas en el Anexo E. Las unidades de optimización se muestran en el siguiente diagrama.

Figura 17. Operaciones diseñadas para optimizar la PTAP de Saboyá



El diseño de la optimización en plano se puede detallar en el Anexo G.

Esta opción es la que recomendamos para la optimización, pero queda a consideración del municipio escoger la alternativa que convenga más, tanto técnica como económicamente, puesto el clarifloculador es una estructura de elevado costo en comparación con una estructura convencional y acarrea mano de obra ingenieril para la construcción de sus operaciones y supervisión permanente con personal capacitado pues los cambios de turbiedad y composición química del agua requiere de ajustes rápidos y adecuados de la dosificación del coagulante y de la cantidad de lodo de contacto, para conservar la eficiencia en la clarificación.

Por lo tanto se puede considerar como segunda opción la construcción de las operaciones en unidades independientes para la coagulación – floculación y la sedimentación. El área circundante a la planta de potabilización cuenta con suficiente espacio que se podría aprovechar para implementar estas estructuras, por lo que se podría gestionar la adquisición de terreno con el municipio, lo que sería de gran ayuda para este en cuanto a la inversión económica.

Los diseños expuestos sirven como ilustración para la implementación, mas no son considerados como guía para la construcción.

9. CONCLUSIONES

- La información suministrada por la Corporación Autónoma Regional CAR de Cundinamarca, era inconsistente en lo referente al muestreo de todas las obras de captación, debido a que no todos los monitoreos tenían todos los parámetros para realizar dicho estudio, por lo cual se complementó el análisis de las fuentes de abastecimiento con observación e información teórica.
- Muchos puntos importantes de monitoreo carecían de georreferenciación imposibilitando el estudio de los mismos, junto a ello la ubicación cartográfica, lo que por ende se descarto del mapa.
- La mayoría de las fuentes de abastecimiento no son fuente de calidad para consumo humano, siendo un problema ya que no se analizaron todos los parámetros correspondientes del Decreto 1594 de 1984.
- Se presenta degradación de las fuentes de abastecimiento desde su nacimiento; esto evidencia la carencia de medidas de protección con el recurso. Tal es el caso de Fúquene y Guachetá, donde las actividades económicas que rodean estos nacimientos afectan su calidad.
- La actividad agrícola es un sistema productivo importante para región de la Cuenca Ubaté - Suárez, pero sus fuentes se encuentran desprovistas de información con respecto a plaguicidas que puedan dar indicios de contaminación por agroquímicos en los cuerpos hídricos de abastecimiento.
- La actividad ganadera hace de esta cuenca la principal actividad, lo que establece que mayoría de vertimientos tiene su afectación por este sector productivo lo que indica gran aporte de materia orgánica de lo cual es prioritario realizar medidas de mitigación.
- El sector minero tiene gran afectación a causa de sus vertimientos ya que en varios municipios como Cucunubá y Lenguaque como mayores productores en la explotación minera del carbón, generan gran cantidad de carga afectando de manera inmediata la fuente abastecedora.
- Se evidencia que en los puntos de monitoreo de las obras de captación, la mayoría de los parámetros cumplen con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984, lo que significa que la fuente tiene capacidad de depuración, los parámetros que se encontraban fuera del rango se tuvieron en cuenta con mayor interés debido a que representa gran carga contaminante dependiendo de los vertimientos de cada sector productivo.

- Se realizo un mapa donde se ubican los monitoreos, obras de captación y actividades económicas de cada municipio, dando una representación de las características generales de la cuenca Ubaté - Suárez y donde se puede apreciar ampliamente lo mencionado en el desarrollo del trabajo.
- Se establecieron para cada sector productivo medidas de mitigación que contribuyan con el mejoramiento del recurso hídrico, dado que cada vertimiento tiene diferentes características que indican la calidad de agua en cada punto de monitoreo, por eso se indican alternativas diferentes que ayuden a la reducción de la carga según cada vertimiento.
- Analizando los datos de las caracterizaciones y observando las operaciones unitarias con las que cuenta cada municipio, se realizo un diagnostico para conocer la planta de Potabilización con mayor afectación de calidad, se realizo una matriz donde los resultados establecieron que Saboya era el municipio con la mayor afectación en el cuerpo hídrico.
- Con los datos anteriores se realizo un diagnostico de la planta de Potabilización, lo que estableció cuales eran las unidades que necesita la planta para mejorar la calidad del cuerpo hídrico.
- Se observaron los análisis de la planta de Potabilización de Saboya concluyendo que el recurso esta afectado por hierro y fosfatos, como medida de optimización se sugiere la implementación de un clarifloculador para la clarificación y mejor funcionamiento de los filtros y una torre de aireación para la disminución de hierro y fosfatos.

10. RECOMENDACIONES

- ◆ Realizar por parte de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, monitoreos mensuales en cada fuente de captación para obtener datos más reales sobre el estado del cuerpo hídrico.
- ◆ Determinar para cada municipio, según las actividades económicas que estén contaminando la fuente, los parámetros concernientes al Decreto 1594 de 1984 ya que a partir de estos se puede realizar un análisis más preciso y conciso en cada punto de monitoreo para corroborar la información existente acerca de la calidad de las fuentes.
- ◆ El censo de usuarios se realizó en cada municipio en una sola época del año haciéndose necesario determinar la calidad de cada fuente de abastecimiento tanto en invierno como en verano debido a la alteración que sufren las condiciones de calidad de los cuerpos hídricos en una y otra época.
- ◆ Es necesario realizar un análisis de plaguicidas, debido a que los municipios en su mayoría ejercen el sector agrícola como una actividad productiva importante, y se presenta en gran medida la implementación de agroquímicos para sus cultivos, y estos por escorrentía afectan la fuente de abastecimiento.
- ◆ Las alternativas de mejoramiento de la calidad del agua en las fuentes de captación consisten en mayor grado en la prevención de la contaminación por los vertimientos aguas arriba. Por eso es necesario que la CAR haga vigilancias rigurosas sobre el cumplimiento de las industrias para que estas realicen vertimientos líquidos en cada una de las fuentes, y así mismo en la implementación de las medidas propuestas para que dichas industrias cumplan con los programas de tratamiento.
- ◆ Se recomienda que cada municipio tenga impreso y a la mano el manual de operación y mantenimiento de cada una de sus unidades ya que en el momento de las visitas los operarios manifestaban no tenerlo en la planta de potabilización, lo cual es necesario sobre todo en casos fortuitos de emergencia.
- ◆ Los nacimientos que sirven como fuente de abastecimiento, no obstante sus buenas condiciones organolépticas deben practicarse los monitoreos para asegurarse de no contener valores altos de nitrógeno, fósforo y plaguicidas por la actividad agrícola y ganadera ya que no se tienen los datos; microbiológicamente también se debe asegurar el cumplimiento de la normatividad.

- Cada municipio debe tener en cuenta las falencias que tiene su planta de potabilización para poder implementar una optimización debido a que la gran mayoría de ellos no cumplen con la eficiencia de potabilización que exige la normatividad nacional.

BIBLIOGRAFIA

- SINA. Sistema Nacional de Información Ambiental. Plan de Manejo Ambiental. Htm. 2006.
- UNIVERSIDAD DE LA SALLE. Formulación de tasas retributivas y vertimientos. 2005.
- UNIVERSIDAD DE LA SALLE. Evaluación ambiental de la Hoya del Río Suárez. 2005.
- OPS. Agua, la protección en las captaciones. 1998.
- CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Atlas Ambiental. Bogotá. 2001.
- CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Informes de monitoreos de municipios. Bogotá. 2005.
- CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA Informes de laboratorio de tasas retributivas. Bogotá. 2004 – 2005.
- ECOFONDO. Planificación Ambiental y establecimiento de área de reservas naturales. 2001.
- www.car.gov.co. Planes de Ordenamiento Territorial de la Cuenca Ubaté – Suárez. 2006.
- www.ideam.gov.co. 2006.
- www.epa.gov. 2006.

- www.lenntech.com. 2006.
- UNIVERSIDAD DE LA SALLE. Diagnostico Ambiental para la reglamentación del uso del agua. 2004.
- ACERCAR. Productos lácteos. Planes de acción para mejoramiento ambiental. Manual para empresarios de la PYME. 2006.
- COOPERACION (ACCION SOLIDARIA PARA EL DESARROLLO) CASM (COMMUNITIES AND SMALL MINING). Diseño del Plan Ambiental para la miniplanta comunal de procesamiento mineral de la sociedad de trabajadores mineros artesanales de Santa Filomena, Ayacucho – Perú. 2003.
- CEPISA. Planes de Manejo. Revisado 2006.
- CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Plan de Gestión Ambiental. 2001 – 2010.
- ROMERO, Jairo. Acuípurificación. 2000.
- ARBOLEDA, Jorge. Teoría y Práctica de la Purificación. 1997
- RAS 2000. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico.
- MINERCOL. Minería a cielo abierto. Guía Ambiental. Revisado 2006.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Guía Ambiental para la Minería Subterránea del Carbón. Revisado 2006.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Cartilla Ambiental para la Gestión del Sector Minero. Revisado 2006.
- ASOHOFRUCOL.. Guía Ambiental para el Cultivo de Frutas y Hortalizas. Revisado 2006.
- CINSET. Guía Ambiental Para Pequeñas Ladrilleras. 2006.

- DAMA. Gestión de Apoyo Técnico para el Manejo, Tratamiento y Disposición Final de las Aguas Residuales Domesticas. Revisado 2006.
- RED IBEROAMERICANA DE POTABILIZACIÓN Y DEPURACIÓN DEL AGUA. Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. Revisado 2006.

ANEXO A

ANÁLISIS OBRAS DE CAPTACIÓN

PARALELO OBRAS DE CAPTACION vs DECRETOS

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	BUENAVISTA	NORMAS						
PARAMETROS	O.C. Q. Agua Clara	DECRETO 1594/84	OMS 1995	BOLIVIA	CHILENA	VENEZUELA	Tipo de Fuente según RAS***	
CAUDAL (L/s)	DATOS TEORICOS NACIMIENTO							
DBO (mg/l)***								
DQO(mg/l)								
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)								
OD (mg/l) ***								
pH (Unidades)		Tto conv: 5 - 9 Unidades			9		9	
		Desinfección: 6.5 - 8.5 Unidades						
TURBIEDAD (UJT)		10 UJT	5 UNT	5	5	5		
COLOR** Escala platino - cobalto		Tto conv: 75 UNIDADES	15.0 UCV	15	20	15 UCV		
		Desinfección: 20 Unidades						
CLORUROS (mg/l)		250 mg/l	250	250	250	300		
SULFATOS (mg/l)		400 mg/l	250	400	250	500		
NITRITOS (mg/l)		1 mg/l	3	0,1	1	0,01		
HIERRO TOTAL (mg/l) *****			0.5 - 50	0,03	0,3	0,3		
DUREZA TOTAL (mg/l) *****				500		500		
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l CaCO3)*****			370					
SUSTANCIAS FLOTANTES	Ausentes							
OLOR	Aceptable			Inodora		Inofensivo		

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS						
COLIFORMES TOTALES		Tto conv: 20.000 NMP/100 ml Desinfección: 1000NMP/100 ml		< 5 UFC/100 ml		5 UFC/100 ml Aceptable
COLIFORMES FECALES		Tto conv: 2000 NMP/100 ml				No detectables

Cumple	
No cumple	
Necesita tto convencional	

* Comparado con las normas de la OMS.
** Decreto 1594/84.
*** RAS 2000. Tabla C.2.1.
**** Norma Boliviana, Chilena, Venezolana.
***** Norma Boliviana.

PARALELO OBRAS DE CAPTACION vs DECRETOS

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	NORMAS								
	PARAMETROS	O.C. Q. Los Robles	O.C. Q. Ruchical	DECRETO 1594/84	OMS 1995	BOLIVIA	CHILENA	VENEZUELA	Tipo de Fuente según RAS***
CAUDAL (L/s)	0,1	2,3							
DBO (mg/l)***	1	1							Aceptable
DQO(mg/l)	1,7	7							
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	3,3	4,7							
OD (mg/l) ***	6,4	6,4							Aceptable
pH (Unidades)	7	6,6	Tto conv: 5 - 9 Unidades			9		9	Aceptable
			Desinfección: 6.5 - 8.5 Unidades						
TURBIEDAD (UJT)			10 UJT	5 UNT	5	5	5		
COLOR** Escala platino - cobalto			Tto conv: 75 UNIDADES		15.0 UCV	15	20	15 UCV	
			Desinfección: 20 Unidades						
CLORUROS (mg/l)			250 mg/l	250	250	250	300		
SULFATOS (mg/l)			400 mg/l	250	400	250	500		
NITRITOS (mg/l)			1 mg/l	3	0,1	1	0,01		
HIERRO TOTAL (mg/l) *****				0.5 - 50	0,03	0,3	0,3		
DUREZA TOTAL (mg/l) ****					500		500		
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l CaCO3)*****					370				
SUSTANCIAS FLOTANTES	Ausentes	Ausentes							
OLOR	Aceptable	Aceptable				Inodora			Inofensivo

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS								
COLIFORMES TOTALES			Tto conv: 20.000 NMP/100 ml		< 5 UFC/100 ml		5 UFC/100 ml	Aceptable
			Desinfección: 1000NMP/100 ml					
COLIFORMES FECALES			Tto conv: 2000 NMP/100 ml				No detectables	

Cumple	
No cumple	
Necesita tto convencional	

* Comparado con las normas de la OMS
** Decreto 1594/84.
*** RAS 2000. Tabla C.2.1
**** Norma Boliviana, Chilena, Venezolana.
***** Norma Boliviana.

PARALELO OBRAS DE CAPTACIÓN vs DECRETOS

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS

MUNICIPIO	CARMEN DE CARUPA	NORMAS					Tipo de Fuente según RAS***
PARAMETROS	O.C. Q. Suchinica	DECRETO 1594/84	OMS 1995	BOLIVIA	CHILENA	VENEZUELA	
CAUDAL (L/s)							
DBO (mg/l)***	2						Regular
DQO(mg/l)	4						
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	1						
OD (mg/l) ***	7,6						Aceptable
pH (Unidades)	7,3	Tto conv: 5 - 9 Unidades					
		Desinfección: 6.5 - 8.5 Unidades		9		9	Aceptable
TURBIEDAD (UJT)	10,24	10 UJT	5 UNT	5	5	5	Regular
COLOR** Escala platino - cobalto	-	Tto conv: 75 UNIDADES					
		Desinfección: 20 Unidades	15.0 UCV	15	20	15 UCV	
CLORUROS (mg/l)	-	250 mg/l	250	250	250	300	
SULFATOS (mg/l)	-	400 mg/l	250	400	250	500	
NITRITOS (mg/l)	-	1 mg/l					
HIERRO TOTAL (mg/l) *****	0,7		3	0,1	1	0,01	
DUREZA TOTAL (mg/l) ****	-		0.5 - 50		0,3	0,3	
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l CaCO3)*****	-			500	500	500	
SUSTANCIAS FLOTANTES	Ausentes						
OLOR	Aceptable				Inodora		Inofensivo

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS						
COLIFORMES TOTALES	29 x 10	Tto conv: 20.000 NMP/100 ml				
		Desinfección: 1000NMP/100 ml		< 5 UFC/100 ml		5 UFC/100 ml
COLIFORMES FECALES		Tto conv: 2000 NMP/100 ml				No detectables

Cumple	
No cumple	
Necesita tto convencional	

* Comparado con las normas de la OMS.

** Decreto 1594/84.

*** RAS 2000. Tabla C.2.1

**** Norma Boliviana, Chilena, Venezolana.

***** Norma Boliviana.

PARALELO OBRAS DE CAPTACION vs DECRETOS

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	CHIQUINQUIRA	NORMAS					
PARAMETROS	O.C. Rio Suarez	DECRETO 1594/84	OMS 1995	BOLIVIA	CHILENA	VENEZUELA	Tipo de Fuente según RAS***
CAUDAL (L/s)	112						
DBO (mg/l)***							
DQO(mg/l)							
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)							
OD (mg/l) ***							
pH (Unidades)	6,1	Tto conv: 5 - 9 Unidades		9		9	Aceptable
		Desinfección: 6.5 - 8.5 Unidades					
TURBIEDAD (UJT)	40,1	10	5 UNT	5	5	5	Deficiente
COLOR** Escala platino - cobalto	253	Tto conv: 75					
		Desinfección: 20	15.0 UCV	15	20	15 UCV	
CLORUROS (mg/l)	8,6	250	250	250	250	300	Aceptable
SULFATOS (mg/l)	20,4	400	250	400	250	500	
NITRITOS (mg/l)	0,017	10	3	0,1	1	0,01	
HIERRO TOTAL (mg/l) *****	2,1		0.5 - 50	0,03	0,3	0,3	
DUREZA TOTAL (mg/l) ****	50,6			500	500	500	
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l CaCO3)*****	25,1			370			
SUSTANCIAS FLOTANTES	Presentes						
OLOR	No aceptable				Inodora		ofensivo

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS						
COLIFORMES TOTALES	-	Tto conv: 20.000 NMP/100 ml		< 5 UFC/100 ml		5 UFC/100 ml
		Desinfección: 1000NMP/100 ml				
COLIFORMES FECALES		Tto conv: 2000 NMP/100 ml				No detectables

Cumple	
No cumple	
Necesita tto convencional	

* Comparado con las normas de la OMS.

** Decreto 1594/84.

*** RAS 2000. Tabla C.2.1

**** Norma Boliviana, Chilena, Venezolana.

***** Norma Boliviana.

PARALELO OBRAS DE CAPTACION vs DECRETOS

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	CUCUNUBÁ		NORMAS					Tipo de Fuente según RAS***
	O.C. EL BORRACHERO	O.C. LA CHORRERA	DECRETO 1594/84	OMS 1995	BOLIVIA	CHILENA	VENEZUELA	
CAUDAL (L/s)	4,7	4						
DBO (mg/l)****	1,6	1,3						Aceptable - Regular
DQO(mg/l)	3,8	60						
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	1,3	33						
OD (mg/l) ***	4,9	6,9						Aceptable
pH (Unidades)	5,8	7,7	Tto conv: 5 - 9 Unidades		9		9	Aceptable - Regular
			Desinfección: 6.5 - 8.5 Unidades					
TURBIEDAD (UJT)			10 UJT	5 UNT	5	5	5	
COLOR** Escala platino - cobalto			Tto conv: 75 UNIDADES	15.0 UCV	15	20	15 UCV	
			Desinfección: 20 Unidades					
CLORUROS (mg/l)			250 mg/l	250	250	250	300	
SULFATOS (mg/l)			400 mg/l	250	400	250	500	
NITRITOS (mg/l)			1 mg/l	3	0,1	1	0,01	
HIERRO TOTAL (mg/l) *****				0.5 - 50	0,03	0,3	0,3	
DUREZA TOTAL (mg/l) *****					500		500	
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l CaCO3)*****					370			
SUSTANCIAS FLOTANTES	Ausentes	Ausentes						
OLOR	Aceptable	Aceptable				Inodora		Inofensivo

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS								
COLIFORMES TOTALES	10 Microog/100 cm3	15 x 10 ³	Tto conv: 20.000 NMP/100 ml Desinfección: 1000NMP/100 ml		< 5 UFC/100 ml		5 UFC/100 ml	Muy deficiente - Aceptable
COLIFORMES FECALES			Tto conv: 2000 NMP/100 ml				No detectables	

Cumple	
No cumple	
Necesita tto convencional	

* Comparado con las normas de la OMS.
** Decreto 1594/84.
*** RAS 2000. Tabla C.2.1
**** Norma Boliviana, Chilena, Venezolana.
***** Norma Boliviana.

PARALELO OBRAS DE CAPTACION vs DECRETOS

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	FUQUENE	NORMAS					
PARAMETROS	O.C. N. Potrero Largo	DECRETO 1594/84	OMS 1995	BOLIVIA	CHILENA	VENEZUELA	Tipo de Fuente según RAS***
CAUDAL (L/s)	1,9						
DBO (mg/l)***	0,3						Aceptable
DQO(mg/l)	45,4						
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	10						
OD (mg/l) ***	5,7						Aceptable
pH (Unidades)	6,2	Tto conv: 5 - 9 Unidades					Aceptable
		Desinfección: 6.5 - 8.5 Unidades					
TURBIEDAD (UJT)		10 UJT	5 UNT	5	5	5	
COLOR** Escala platino - cobalto		Tto conv: 75 UNIDADES	15.0 UCV	15	20	15 UCV	
		Desinfección: 20 Unidades					
CLORUROS (mg/l)		250 mg/l	250	250	250	300	
SULFATOS (mg/l)		400 mg/l	250	400	250	500	
NITRITOS (mg/l)		1 mg/l	3	0,1	1	0,01	
HIERRO TOTAL (mg/l) *****			0.5 - 50	0,03	0,3	0,3	
DUREZA TOTAL (mg/l) ****				500		500	
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l CaCO3)*****							
SUSTANCIAS FLOTANTES	Ausentes						
OLOR	Aceptable				Inodora		Inofensivo

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS						
COLIFORMES TOTALES	13 x 10 ²	Tto conv: 20.000 NMP/100 ml		< 5 UFC/100 ml	5 UFC/100 ml	Deficiente
		Desinfección: 1000NMP/100 ml				
COLIFORMES FECALES		Tto conv: 2000 NMP/100 ml			No detectables	

Cumple	
No cumple	
Necesita tto convencional	

* Comparado con las normas de la OMS.
** Decreto 1594/84.
*** RAS 2000. Tabla C.2.1
**** Norma Boliviana, Chilena, Venezolana
***** Norma Boliviana.

Fuente: CENSO DE USUARIOS. CAR 2006

PARALELO OBRAS DE CAPTACION vs DECRETOS

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	GUACHETÁ	NORMAS					Tipo de Fuente según RAS***
PARAMETROS	O.C. N. Potreritos	DECRETO 1594/84	OMS 1995	BOLIVIA	CHILENA	VENEZUELA	
CAUDAL (L/s)	15						
DBO (mg/l)***							
DQO(mg/l)							
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)							
OD (mg/l) ***							
pH (Unidades)	6,8	Tto conv: 5 - 9 Unidades					
		Desinfección: 6.5 - 8.5 Unidades		9		9	
TURBIEDAD (UJT)	6,6	10 UJT	5 UNT	5	5	5	
COLOR** Escala platino - cobalto	94	Tto conv: 75 UNIDADES					
		Desinfección: 20 Unidades	15.0 UCV	15	20	15 UCV	
CLORUROS (mg/l)		250 mg/l	250	250	250	300	
SULFATOS (mg/l)		400 mg/l	250	400	250	500	
NITRITOS (mg/l)		1 mg/l	3	0,1	1	0,01	
HIERRO TOTAL (mg/l) *****	0,24		0.5 - 50	0,03	0,3	0,3	
DUREZA TOTAL (mg/l) ****				500		500	
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l CaCO3)*****							
SUSTANCIAS FLOTANTES	Ausentes						
OLOR	Aceptable				Inodora		Inofensivo

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS						
COLIFORMES TOTALES		Tto conv: 20.000 NMP/100 ml				
		Desinfección: 1000NMP/100 ml		< 5 UFC/100 ml		5 UFC/100 ml
COLIFORMES FECALES		Tto conv: 2000 NMP/100 ml				No detectables

Cumple	
No cumple	
Necesita tto convencional	

* Comparado con las normas de la OMS
** Decreto 1594/84.
*** RAS 2000. Tabla C.2.1
**** Norma Boliviana, Chilena, Venezolana.
***** Norma Boliviana.

PARALELO OBRAS DE CAPTACION vs DECRETOS

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	LENGUAZAQUE	NORMAS					
PARAMETROS	O.C. Rio Lenguazaque	DECRETO 1594/84	OMS 1995	BOLIVIA	CHILENA	VENEZUELA	Tipo de Fuente según RAS***
CAUDAL (L/s)	9						
DBO (mg/l)***	0,6						Aceptable
DQO(mg/l)	17,8						
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	28,9						
OD (mg/l) ***							
pH (Unidades)	7,1	Tto conv: 5 - 9 Unidades					Aceptable
		Desinfección: 6.5 - 8.5 Unidades					
TURBIEDAD (UJT)		10 UJT	5 UNT	5	5	5	
COLOR** Escala platino - cobalto		Tto conv: 75 UNIDADES	15.0 UCV	15	20	15 UCV	
		Desinfección: 20 Unidades					
CLORUROS (mg/l)		250 mg/l	250	250	250	300	
SULFATOS (mg/l)		400 mg/l	250	400	250	500	
NITRITOS (mg/l)		1 mg/l	3	0,1	1	0,01	
HIERRO TOTAL (mg/l) *****			0.5 - 50	0,03	0,3	0,3	
DUREZA TOTAL (mg/l) ****				500		500	
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l CaCO3)*****							
SUSTANCIAS FLOTANTES	Ausentes						
OLOR	Aceptable				Inodora		Inofensivo

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS						
COLIFORMES TOTALES	20 Microog/100 cm ³	Tto conv: 20.000 NMP/100 ml				
		Desinfección: 1000NMP/100 ml		< 5 UFC/100 ml		5 UFC/100 ml
COLIFORMES FECALES		Tto conv: 2000 NMP/100 ml				No detectables

Cumple	
No cumple	
Necesita tto convencional	

* Comparado con las normas de la OMS
** Decreto 1594/84.
*** RAS 2000. Tabla C.2.1.
**** Norma Boliviana, Chilena, Venezolana.
***** Norma Boliviana.

PARALELO OBRAS DE CAPTACION vs DECRETOS

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	RAQUIRA	NORMAS					
PARAMETROS	O.C. Rio Dulce	DECRETO 1594/84	OMS 1995	BOLIVIA	CHILENA	VENEZUELA	Tipo de Fuente según RAS***
CAUDAL (L/s)	4						
DBO (mg/l)***							Aceptable
DQO(mg/l)							
SÓLIDOS TOTALES (mg/l)	0.33						
OD (mg/l) ***	8,2						Aceptable
pH (Unidades)	6.23	Tto conv: 5 - 9 Unidades					
		Desinfección: 6.5 - 8.5 Unidades		9		9	Aceptable
TURBIEDAD (UJT)	3.1	10 UJT	5 UNT	5	5	5	
COLOR** Escala platino - cobalto	6	Tto conv: 75 UNIDADES					
		Desinfección: 20 Unidades	15.0 UCV	15	20	15 UCV	
CLOURS (mg/l)	1,2	250 mg/l	250	250	250	300	Aceptable
SULFATOS (mg/l)	29,2	400 mg/l	250	400	250	500	
NITRÓGENO AMONIAICAL	0.01						
NITRITOS (mg/l)	0,024	1 mg/l	3	0,1	1	0,01	
HIERRO TOTAL (mg/l) *****	0,012		0.5 - 50	0,03	0,3	0,3	
DUREZA TOTAL (mg/l CaCO) ****	100			500		500	
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l CaCO3)*****	7.4			370			
SUSTANCIAS FLOTANTES	Ausentes						
OLOR	Aceptable				Inodora		Inofensivo

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS						
COLIFORMES TOTALES	120	Tto conv: 20.000 NMP/100 ml				
		Desinfección: 1000NMP/100 ml		< 5 UFC/100 ml		5 UFC/100 ml
COLIFORMES FECALES		Tto conv: 2000 NMP/100 ml				No detectables

Cumple	
No cumple	
Necesita tto convencional	

* Comparado con las normas de la OMS
** Decreto 1594/84.
*** RAS 2000. Tabla C.2.1.
**** Norma Boliviana, Chilena, Venezolana.
***** Norma Boliviana.

Fuente: Los análisis fueron realizados por las autoras

PARALELO OBRAS DE CAPTACION vs DECRETOS

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	SABOYA	NORMAS					
PARAMETROS	O. C. Q. Cantoco	DECRETO 1594/84	OMS 1995	BOLIVIA	CHILENA	VENEZUELA	Tipo de Fuente según RAS***
CAUDAL (L/s)	DATOS TEORICOS NACIMIENTO						
DBO (mg/l)***							
DQO(mg/l)							
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)							
OD (mg/l) ***							
pH (Unidades)		Tto conv: 5 - 9 Unidades					
TURBIEDAD (UJT)		Desinfección: 6.5 - 8.5 Unidades			9		9
COLOR** Escala platino - cobalto		10 UJT	5 UNT		5	5	5
CLORUROS (mg/l)		Tto conv: 75 UNIDADES					
SULFATOS (mg/l)		Desinfección: 20 Unidades	15.0 UCV		15	20	15 UCV
NITRITOS (mg/l)			250 mg/l	250	250	250	300
HIERRO TOTAL (mg/l) *****			400 mg/l	250	400	250	500
DUREZA TOTAL (mg/l) ****			1 mg/l	3	0,1	1	0,01
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l CaCO3)*****				0.5 - 50	0,03	0,3	0,3
SUSTANCIAS FLOTANTES		Ausentes			500		500
OLOR	Aceptable				Inodora	Inofensivo	

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS						
COLIFORMES TOTALES		Tto conv: 20.000 NMP/100 ml				
		Desinfección: 1000NMP/100 ml		< 5 UFC/100 ml		5 UFC/100 ml
COLIFORMES FECALES		Tto conv: 2000 NMP/100 ml				No detectables

Cumple	
No cumple	
Necesita tto convencional	

* Comparado con las normas de la OMS.
** Decreto 1594/84.
*** RAS 2000. Tabla C.2.1.
**** Norma Boliviana, Chilena, Venezolana.
***** Norma Boliviana.

PARALELO OBRAS DE CAPTACION vs DECRETO

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	SAN MIGUEL DE SEMA	NORMAS					
PARAMETROS	O. C. Q. LA CORTADERA	DECRETO 1594/84	OMS 1995	BOLIVIA	CHILENA	VENEZUELA	Tipo de Fuente según RAS***
CAUDAL (L/s)	DATOS TEORICOS NACIMIENTO						
DBO (mg/l)***							
DQO(mg/l)							
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)							
OD (mg/l) ***							
pH (Unidades)		Tto conv: 5 - 9 Unidades					
		Desinfección: 6.5 - 8.5 Unidades					
TURBIEDAD (UJT)		10 UJT	5 UNT		9		9
		Tto conv: 75 UNIDADES					
COLOR** Escala platino - cobalto		Desinfección: 20 Unidades	15.0 UCV		5	5	5
CLORUROS (mg/l)			250 mg/l	250	250	250	300
SULFATOS (mg/l)			400 mg/l	250	400	250	500
NITRITOS (mg/l)			1 mg/l	3	0,1	1	0,01
HIERRO TOTAL (mg/l) *****				0.5 - 50	0,03	0,3	0,3
DUREZA TOTAL (mg/l) ****				500		500	
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l CaCO3)*****							
SUSTANCIAS FLOTANTES	Ausentes						
OLOR	Aceptable				Inodora	Inofensivo	

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS						
COLIFORMES TOTALES		Tto conv: 20.000 NMP/100 ml		< 5 UFC/100 ml		5 UFC/100 ml
		Desinfección: 1000NMP/100 ml				Aceptable
COLIFORMES FECALES		Tto conv: 2000 NMP/100 ml				No detectables

Cumple	
No cumple	
Necesita tto convencional	

* Comparado con las normas de la OMS
** Decreto 1594/84.
*** RAS 2000. Tabla C.2.1.
**** Norma Boliviana, Chilena, Venezolana.
***** Norma Boliviana.

PARALELO OBRAS DE CAPTACION vs DECRETOS

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	SIMIJACA	NORMAS					Tipo de Fuente según RAS**
PARAMETROS	O. C. Rio Simijaca	DECRETO 1594/84	OMS 1995	BOLIVIA	CHILENA	VENEZUELA	
CAUDAL (L/s)	26						
DBO (mg/l)***	2,4						Regular
DQO(mg/l)	65,5						
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	37,7						
OD (mg/l) ***	7,3						Aceptable
pH (Unidades)	7	Tto conv: 5 - 9 Unidades		9		9	Aceptable
		Desinfección: 6.5 - 8.5 Unidades					
TURBIEDAD (UJT)	36,31	10 UJT	5 UNT	5	5	5	
COLOR** Escala platino - cobalto	267,3	Tto conv: 75 UNIDADES	15.0 UCV	15	20	15 UCV	Muy Deficiente
		Desinfección: 20 Unidades					
CLORUROS (mg/l)		250 mg/l	250	250	250	300	
SULFATOS (mg/l)		400 mg/l	250	400	250	500	
NITRITOS (mg/l)		1 mg/l	3	0,1	1	0,01	
HIERRO TOTAL (mg/l) *****	0,78		0.5 - 50	0,03	0,3	0,3	
DUREZA TOTAL (mg/l) ****	26,7			500		500	
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l CaCO3)*****	-						
SUSTANCIAS FLOTANTES	Ausentes			370			
OLOR	Aceptable				Inodora		Inofensivo

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS						
COLIFORMES TOTALES	82 x 10 ³	Tto conv: 20.000 NMP/100 ml		< 5 UFC/100 ml		5 UFC/100 ml
		Desinfección: 1000NMP/100 ml				
COLIFORMES FECALES		Tto conv: 2000 NMP/100 ml				No detectables

Cumple	
No cumple	
Necesita tto convencional	

* Comparado con las normas de la OMS
** Decreto 1594/84.
*** RAS 2000. Tabla C.2.1.
**** Norma Boliviana, Chilena, Venezolana.
***** Norma Boliviana.

PARALELO OBRAS DE CAPTACION vs DECRETOS

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	SUSA	NORMAS					
PARAMETROS	O. C. N. Nutrias	DECRETO 1594/84	OMS 1995	BOLIVIA	CHILENA	VENEZUELA	Tipo de Fuente según RAS***
CAUDAL (L/s)	5,2						
DBO (mg/l)***	0,1						
DQO(mg/l)	36,1						
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	No detectado						
OD (mg/l) ***	4						Aceptable
pH (Unidades)	5,2	Tto conv: 5 - 9 Unidades					Regular
		Desinfección: 6.5 - 8.5 Unidades					
TURBIEDAD (UJT)		10 UJT	5 UNT	5	5	5	
COLOR** Escala platino - cobalto		Tto conv: 75 UNIDADES	15.0 UCV	15	20	15 UCV	
		Desinfección: 20 Unidades					
CLORUROS (mg/l)	-	250 mg/l	250	250	250	300	
SULFATOS (mg/l)	-	400 mg/l	250	400	250	500	
NITRITOS (mg/l)	-	1 mg/l	3	0,1	1	0,01	
HIERRO TOTAL (mg/l) *****	-		0.5 - 50	0,03	0,3	0,3	
DUREZA TOTAL (mg/l) *****	12			500		500	
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l CaCO3)*****	12			370			
SUSTANCIAS FLOTANTES	Ausentes						
OLOR	Aceptable				Inodora		Inofensivo

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS						
COLIFORMES TOTALES	<10	Tto conv: 20.000 NMP/100 ml				
		Desinfección: 1000NMP/100 ml		< 5 UFC/100 ml		5 UFC/100 ml
COLIFORMES FECALES		Tto conv: 2000 NMP/100 ml				No detectables

Cumple	
No cumple	
Necesita tto convencional	

* Comparado con las normas de la OMS.
** Decreto 1594/84.
*** RAS 2000. Tabla C.2.1.
**** Norma Boliviana, Chilena, Venezolana.
***** Norma Boliviana.

PARALELO OBRAS DE CAPTACION vs DECRETOS

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	SUTATAUSA	NORMAS					
PARAMETROS	O. C. Rio Agua Clara	DECRETO 1594/84	OMS 1995	BOLIVIA	CHILENA	VENEZUELA	Tipo de Fuente según RAS***
CAUDAL (L/s)							
DBO (mg/l)***	0,1						Aceptable
DQO(mg/l)	5,8						
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)							
OD (mg/l) ***	7,6						Aceptable
pH (Unidades)	7,9	Tto conv: 5 - 9 Unidades					
		Desinfección: 6.5 - 8.5 Unidades		9		9	Aceptable
TURBIEDAD (UJT)		10 UJT	5 UNT	5	5	5	
COLOR** Escala platino - cobalto		Tto conv: 75 UNIDADES	15.0 UCV	15	20	15 UCV	
		Desinfección: 20 Unidades					
CLORUROS (mg/l)		250 mg/l	250	250	250	300	
SULFATOS (mg/l)		400 mg/l	250	400	250	500	
NITRITOS (mg/l)		1 mg/l	3	0,1	1	0,01	
HIERRO TOTAL (mg/l) *****			0.5 - 50	0,03	0,3	0,3	
DUREZA TOTAL (mg/l) *****				500		500	
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l CaCO3)*****				370			
SUSTANCIAS FLOTANTES	Ausentes						
OLOR	Aceptable				Inodora		Inofensivo

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS						
COLIFORMES TOTALES	44 x 10	Tto conv: 20.000 NMP/100 ml				
		Desinfección: 1000NMP/100 ml		< 5 UFC/100 ml		5 UFC/100 ml
COLIFORMES FECALES		Tto conv: 2000 NMP/100 ml				No detectables

Cumple	
No cumple	
Necesita tto convencional	

* Comparado con las normas de la OMS.

** Decreto 1594/84.

*** RAS 2000. Tabla C.2.1.

**** Norma Boliviana, Chilena, Venezolana.

***** Norma Boliviana.

PARALELO OBRAS DE CAPTACION vs DECRETOS

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	TAUSA	NORMAS					Tipo de Fuente según RAS***
PARAMETROS	O. C. Q. El Chapeton	DECRETO 1594/84	OMS 1995	BOLIVIA	CHILENA	VENEZUELA	
CAUDAL (L/s)							
DBO (mg/l)***	1,5						Aceptable
DQO(mg/l)	4,2						
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	0,3						
OD (mg/l) ***	4,9						Aceptable
pH (Unidades)	6,1	Tto conv: 5 - 9 Unidades		9		9	Aceptable
		Desinfección: 6.5 - 8.5 Unidades					
TURBIEDAD (UJT)		10 UJT	5 UNT	5	5	5	
COLOR** Escala platino - cobalto		Tto conv: 75 UNIDADES	15.0 UCV	15	20	15 UCV	
		Desinfección: 20 Unidades					
CLORUROS (mg/l)		250 mg/l	250	250	250	300	
SULFATOS (mg/l)		400 mg/l	250	400	250	500	
NITRITOS (mg/l)		1 mg/l	3	0,1	1	0,01	
HIERRO TOTAL (mg/l) *****			0.5 - 50	0,03	0,3	0,3	
DUREZA TOTAL (mg/l) ****				500		500	
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l CaCO ₃)*****				370			
SUSTANCIAS FLOTANTES	Ausentes						
OLOR	Aceptable				Inodora		Inofensivo

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS						
COLIFORMES TOTALES	46 MICROOG/100 cm ³	Tto conv: 20.000 NMP/100 ml		< 5 UFC/100 ml		5 UFC/100 ml
		Desinfección: 1000NMP/100 ml				
COLIFORMES FECALES		Tto conv: 2000 NMP/100 ml				No detectables

Cumple	
No cumple	
Necesita tto convencional	

* Comparado con las normas de la OMS.

** Decreto 1594/84.

*** RAS 2000. Tabla C.2.1

**** Norma Boliviana, Chilena, Venezolana.

***** Norma Boliviana.

PARALELO OBRAS DE CAPTACION vs DECRETOS

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	UBATÉ	NORMAS					
PARAMETROS	O. C. Rio Ubate	DECRETO 1594/84	OMS 1995	BOLIVIA	CHILENA	VENEZUELA	Tipo de Fuente según RAS***
CAUDAL (L/s)	22,5						
DBO (mg/l)***	1						Aceptable
DQO(mg/l)	10,4						
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	11,3						
OD (mg/l) ***	6,6						Aceptable
pH (Unidades)	7,3	Tto conv: 5 - 9 Unidades					Aceptable
		Desinfección: 6.5 - 8.5 Unidades					
TURBIEDAD (UJT)	21.34	10 UJT	5 UNT	5	5	5	
COLOR** Escala platino - cobalto	2.87	Tto conv: 75 UNIDADES					
		Desinfección: 20 Unidades	15.0 UCV	15	20	15 UCV	
CLORUROS (mg/l)		250 mg/l	250	250	250	300	
SULFATOS (mg/l)		400 mg/l	250	400	250	500	
NITRITOS (mg/l)		1 mg/l	3	0,1	1	0,01	
HIERRO TOTAL (mg/l) *****	1.24		0.5 - 50	0,03	0,3	0,3	
DUREZA TOTAL (mg/l) *****				500		500	
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l CaCO3)*****				370			
SUSTANCIAS FLOTANTES	Ausentes						
OLOR	Aceptable				Inodora		Inofensivo

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS						
COLIFORMES TOTALES	18 x 10	Tto conv: 20.000 NMP/100 ml				
		Desinfección: 1000NMP/100 ml		< 5 UFC/100 ml		5 UFC/100 ml
COLIFORMES FECALES		Tto conv: 2000 NMP/100 ml				No detectables

Cumple	
No cumple	
Necesita tto convencional	

* Comparado con las normas de la OMS.
** Decreto 1594/84.
*** RAS 2000. Tabla C.2.1
**** Norma Boliviana, Chilena, Venezolana.
***** Norma Boliviana.

Fuente: CENSO DE USUARIOS. CAR 2006 y Acueducto de Ubaté

ANEXO B

ANÁLISIS PLANTAS DE POTABILIZACIÓN

PARALELO PLANTAS DE POTABILIZACION vs DECRETO

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	BUENAVISTA	NORMA	
POBLACION ABASTECIDA (Hab)	727		
PARAMETROS	NACIMIENTO	DC. 475/98	UNIDAD
Ph		6,5 - 9,0	
TURBIEDAD		$< \delta = 5$	UNT
COLOR		$< \delta = 15$	UPC
CLOURUROS		250	mg/L Cl
SULFATOS		250	mg/L SO ₄
NITRITOS		0.1	mg/L NO ₂ -
HIERRO TOTAL		0.3	mg/L Fe
DUREZA TOTAL		160	mg/L CaCO ₃
FOSFATOS		0.2	mg/L PO ₄ -3
ALCALINIDAD TOTAL		100	mg/L CaCO ₃
COLORO RESIDUAL		0,2 - 1,0	mg/L
CONDUCTIVIDAD		50 - 1000	µmhos/cm
ACIDEZ		50	mg/L CaCO ₃

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS		NORMA DC 475/98	TECNICA
COLIFORMES TOTALES	0	0	UFC/100 ml
ESCHERICHIA COLI	0	0	UFC/100 ml

Cumple con el decreto	
No cumple con el decreto	

PARALELO PLANTAS DE POTABILIZACION vs DECRETO

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	CALDAS	NORMA	
POBLACION ABASTECIDA (Hab)	400		
PARAMETROS		DC. 475/98	UNIDAD
Ph	8.5	6,5 - 9,0	
TURBIEDAD	4	< ó = 5	UNT
COLOR	15	< ó = 15	UPC
CLORUROS	27	250	mg/L Cl
SULFATOS	181	250	mg/L SO ₄
NITRITOS	0	0.1	mg/L NO ₂ -
HIERRO TOTAL	0.36	0.3	mg/L Fe
DUREZA TOTAL	16	160	mg/L CaCO ₃
FOSFATOS	0.17	0.2	mg/L PO ₄ -3
ALCALINIDAD TOTAL	4	100	mg/L CaCO ₃
COLOR RESIDUAL	0.12	0,2 - 1,0	mg/L
CONDUCTIVIDAD	-	50 - 1000	µmhos/cm
ACIDEZ	-	50	mg/L CaCO ₃

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS		NORMA DC 475/98	TECNICA
COLIFORMES TOTALES	0	0	UFC/100 ml
ESCHERICHIA COLI	0	0	UFC/100 ml

Cumple con el decreto	
No cumple con el decreto	

PARALELO PLANTAS DE POTABILIZACION vs DECRETO

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	CARMEN DE CARUPA	NORMA	
POBLACION ABASTECIDA (Hab)	1658		
PARAMETROS		DC. 475/98	UNIDAD
Ph	9	6,5 - 9,0	
TURBIEDAD	0,2	< ó = 5	UNT
COLOR	5	< ó = 15	UPC
CLORUROS	2	250	mg/L Cl
SULFATOS	0	250	mg/L SO ₄
NITRITOS	0	0.1	mg/L NO ₂ -
HIERRO TOTAL	0,05	0.3	mg/L Fe
DUREZA TOTAL	0	160	mg/L CaCO ₃
FOSFATOS	0	0.2	mg/L PO ₄ -3
ALCALINIDAD TOTAL	10	100	mg/L CaCO ₃
CORO RESIDUAL	0,39	0,2 - 1,0	mg/L
CONDUCTIVIDAD	-	50 - 1000	µmhos/cm
ACIDEZ	-	50	mg/L CaCO ₃

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS		NORMA DC 475/98	TECNICA
COLIFORMES TOTALES	0	0	UFC/100 ml
ESCHERICHIA COLI	0	0	UFC/100 ml

Cumple con el decreto	
No cumple con el decreto	

PARALELO PLANTAS DE POTABILIZACION vs DECRETO

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	CHIQUEQUIRA	NORMA	
POBLACION ABASTECIDA (Hab)	60000		
PARAMETROS		DC. 475/98	UNIDAD
Ph	5,5	6,5 - 9,0	
TURBIEDAD	0	5	UNT
COLOR	0	15	UPC
CLORUROS	9,4	250	mg/L Cl
SULFATOS	35,5	250	mg/L SO ₄
NITRITOS	0,009	0.1	mg/L NO ₂ -
HIERRO TOTAL	0,15	0.3	mg/L Fe
DUREZA TOTAL	53,7	160	mg/L CaCO ₃
FOSFATOS		0.2	mg/L PO ₄ -3
ALCALINIDAD TOTAL	15.8	100	mg/L CaCO ₃
COLOR RESIDUAL	2,1	0,2 - 1,0	mg/L
CONDUCTIVIDAD	-	50 - 1000	µmhos/cm
ACIDEZ	0.0	50	mg/L CaCO ₃
ALUMINIO	0.1	0.2	mg/L Al

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS		NORMA DC 475/98	TECNICA
COLIFORMES TOTALES	0	0	UFC/100 ml
ESCHERICHIA COLI	0	0	UFC/100 ml

Cumple con el decreto	
No cumple con el decreto	

PARALELO PLANTAS DE POTABILIZACION vs DECRETO

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	CUCUNUBA	NORMA	
POBLACION ABASTECIDA (Hab)	1618		
PARAMETROS		DC. 475/98	UNIDAD
Ph	7,5	6,5 - 9,0	
TURBIEDAD	5,2	< ó = 5	UNT
COLOR	25	< ó = 15	UPC
CLORUROS	2,5	250	mg/L Cl
SULFATOS	25,5	250	mg/L SO ₄
NITRITOS	-	0.1	mg/L NO ₂ -
HIERRO TOTAL	0,26	0.3	mg/L Fe
DUREZA TOTAL	54,5	160	mg/L CaCO ₃
FOSFATOS	-	0.2	mg/L PO ₄ -3
ALCALINIDAD TOTAL	52,5	100	mg/L CaCO ₃
COLORO RESIDUAL	0,21	0,2 - 1,0	mg/L
CONDUCTIVIDAD	159	50 - 1000	µmhos/cm
ACIDEZ	-	50	mg/L CaCO ₃

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS		NORMA DC 475/98	TECNICA
COLIFORMES TOTALES	0	0	UFC/100 ml
ESCHERICHIA COLI	0	0	UFC/100 ml

Cumple con el decreto	
No cumple con el decreto	

PARALELO PLANTAS DE POTABILIZACION vs DECRETO

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	FUQUENE	NORMA	
POBLACION ABASTECIDA (Hab)	189		
PARAMETROS		DC. 475/98	UNIDAD
Ph	6,8	6,5 - 9,0	
TURBIEDAD	0,6	< ó = 5	UNT
COLOR	6,6	< ó = 15	UPC
CLORUROS	2	250	mg/L Cl
SULFATOS	5,7	250	mg/L SO ₄
NITRITOS	0	0.1	mg/L NO ₂ -
HIERRO TOTAL	0,06	0.3	mg/L Fe
DUREZA TOTAL	15	160	mg/L CaCO ₃
FOSFATOS	0	0.2	mg/L PO ₄ -3
ALCALINIDAD TOTAL	13,5	100	mg/L CaCO ₃
COLOR RESIDUAL	0,68	0,2 - 1,0	mg/L
CONDUCTIVIDAD	35,6	50 - 1000	µmhos/cm
ACIDEZ	-	50	mg/L CaCO ₃
PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS	130.2	1000	ppt

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS		NORMA DC 475/98	TECNICA
COLIFORMES TOTALES	0	0	UFC/100 ml
ESCHERICHIA COLI	0	0	UFC/100 ml

Cumple con el decreto	
No cumple con el decreto	

PARALELO PLANTAS DE POTABILIZACION vs DECRETO

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	GUACHETA	NORMA	
POBLACION ABASTECIDA (Hab)	3611		
PARAMETROS		DC. 475/98	UNIDAD
Ph	6,9	6,5 - 9,0	
TURBIEDAD	2	< ó = 5	UNT
COLOR	25	< ó = 15	UPC
CLORUROS		250	mg/L Cl
SULFATOS	1	250	mg/L SO ₄
NITRITOS		0.1	mg/L NO ₂ -
HIERRO TOTAL	0,07	0.3	mg/L Fe
DUREZA TOTAL		160	mg/L CaCO ₃
FOSFATOS		0.2	mg/L PO ₄ -3
ALCALINIDAD TOTAL		100	mg/L CaCO ₃
COLOR RESIDUAL	0,42	0,2 - 1,0	mg/L
CONDUCTIVIDAD		50 - 1000	µmhos/cm
ACIDEZ	-	50	mg/L CaCO ₃

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS		NORMA DC 475/98	TECNICA
COLIFORMES TOTALES	0	0	UFC/100 ml
ESCHERICHIA COLI	0	0	UFC/100 ml

Cumple con el decreto	
No cumple con el decreto	

PARALELO PLANTAS DE POTABILIZACION vs DECRETO

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	LENGUAZAQUE	NORMA	
POBLACION ABASTECIDA (Hab)	2500		
PARAMETROS		DC. 475/98	UNIDAD
Ph	4,6	6,5 - 9,0	
TURBIEDAD	2	< ó = 5	UNT
COLOR	5	< ó = 15	UPC
CLORUROS	41	250	mg/L Cl
SULFATOS	46	250	mg/L SO ₄
NITRITOS	0,04	0.1	mg/L NO ₂ -
HIERRO TOTAL	0,16	0.3	mg/L Fe
DUREZA TOTAL	32,9	160	mg/L CaCO ₃
FOSFATOS	0,01	0.2	mg/L PO ₄ -3
ALCALINIDAD TOTAL	0	100	mg/L CaCO ₃
COLOR RESIDUAL	0,42	0,2 - 1,0	mg/L
CONDUCTIVIDAD	120,8	50 - 1000	µmhos/cm
ACIDEZ	-	50	mg/L CaCO ₃

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS		NORMA DC 475/98	TECNICA
COLIFORMES TOTALES	0	0	UFC/100 ml
ESCHERICHIA COLI	0	0	UFC/100 ml

Cumple con el decreto	
No cumple con el decreto	

PARALELO PLANTAS DE POTABILIZACION vs DECRETO

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	RAQUIRA	NORMA	
POBLACION ABASTECIDA (Hab)	1583		
PARAMETROS		DC. 475/98	UNIDAD
Ph	Agua Segura	6,5 - 9,0	
TURBIEDAD		< δ = 5	UNT
COLOR		< δ = 15	UPC
CLORUROS		250	mg/L Cl
SULFATOS		250	mg/L SO ₄
NITRITOS		0.1	mg/L NO ₂ -
HIERRO TOTAL		0.3	mg/L Fe
DUREZA TOTAL		160	mg/L CaCO ₃
FOSFATOS		0.2	mg/L PO ₄ -3
ALCALINIDAD TOTAL		100	mg/L CaCO ₃
COLORO RESIDUAL		0,2 - 1,0	mg/L
CONDUCTIVIDAD		50 - 1000	μ hos/cm
ACIDEZ		50	mg/L CaCO ₃

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS		NORMA DC 475/98	TECNICA
COLIFORMES TOTALES		0	UFC/100 ml
ESCHERICHIA COLI		0	UFC/100 ml

Cumple con el decreto	
No cumple con el decreto	

PARALELO PLANTAS DE POTABILIZACION vs DECRETO

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	SABOYA	NORMA	
POBLACION ABASTECIDA (Hab)	900	DC. 475/98	UNIDAD
PARAMETROS			
Ph	6,95	6,5 - 9,0	
TURBIEDAD		< ó = 5	UNT
COLOR		< ó = 15	UPC
CLORUROS		250	mg/L Cl
SULFATOS		250	mg/L SO ₄
NITRITOS		0.1	mg/L NO ₂ -
HIERRO TOTAL	0,5	0.3	mg/L Fe
DUREZA TOTAL	70	160	mg/L CaCO ₃
FOSFATOS	40	0.2	mg/L PO ₄ -3
ALCALINIDAD TOTAL	7,1	100	mg/L CaCO ₃
CORO RESIDUAL	-	0,2 - 1,0	mg/L
CONDUCTIVIDAD		50 - 1000	µmhos/cm
ACIDEZ	-	50	mg/L CaCO ₃

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS		NORMA DC 475/98	TECNICA
COLIFORMES TOTALES	0	0	UFC/100 ml
ESCHERICHIA COLI	0	0	UFC/100 ml

Cumple con el decreto	
No cumple con el decreto	

PARALELO PLANTAS DE POTABILIZACION vs DECRETO

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	SAN MIGUEL DE SEMA	NORMA	
POBLACION ABASTECIDA (Hab)	432	DC. 475/98	UNIDAD
PARAMETROS			
Ph	6,9	6,5 - 9,0	
TURBIEDAD	6	< ó = 5	UNT
COLOR	18	< ó = 15	UPC
CLORUROS	16	250	mg/L Cl
SULFATOS	36	250	mg/L SO ₄
NITRITOS	-	0.1	mg/L NO ₂ -
HIERRO TOTAL	0,28	0.3	mg/L Fe
DUREZA TOTAL	68	160	mg/L CaCO ₃
FOSFATOS	-	0.2	mg/L PO ₄ -3
ALCALINIDAD TOTAL	-	100	mg/L CaCO ₃
COLOR RESIDUAL	0,55	0,2 - 1,0	mg/L
CONDUCTIVIDAD	-	50 - 1000	µmhos/cm
ACIDEZ	-	50	mg/L CaCO ₃

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS		NORMA DC 475/98	TECNICA
COLIFORMES TOTALES	0	0	UFC/100 ml
ESCHERICHIA COLI	0	0	UFC/100 ml

Cumple con el decreto	
No cumple con el decreto	

PARALELO PLANTAS DE POTABILIZACION vs DECRETO

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	SIMIJACA	NORMA	
POBLACION ABASTECIDA (Familias)	10120		
PARAMETROS		DC. 475/98	UNIDAD
Ph	6,8	6,5 - 9,0	
TURBIEDAD	2	< ó = 5	UNT
COLOR	12	< ó = 15	UPC
CLORUROS	13	250	mg/L Cl
SULFATOS	28	250	mg/L SO ₄
NITRITOS	-	0.1	mg/L NO ₂ -
HIERRO TOTAL	0,13	0.3	mg/L Fe
DUREZA TOTAL	25	160	mg/L CaCO ₃
FOSFATOS	-	0.2	mg/L PO ₄ -3
ALCALINIDAD TOTAL	-	100	mg/L CaCO ₃
COLOR RESIDUAL	0,38	0,2 - 1,0	mg/L
CONDUCTIVIDAD	-	50 - 1000	µmhos/cm
ACIDEZ	-	50	mg/L CaCO ₃

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS		NORMA DC 475/98	TECNICA
COLIFORMES TOTALES	0	0	UFC/100 ml
ESCHERICHIA COLI	0	0	UFC/100 ml

Cumple con el decreto	
No cumple con el decreto	

PARALELO PLANTAS DE POTABILIZACION vs DECRETO

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	SUSA	NORMA	
POBLACION ABASTECIDA (Hab)	1819	DC. 475/98	UNIDAD
PARAMETROS			
Ph	6,9	6,5 - 9,0	
TURBIEDAD	0,01	< ó = 5	UNT
COLOR	0	< ó = 15	UPC
CLORUROS	1	250	mg/L Cl
SULFATOS	7	250	mg/L SO ₄
NITRITOS	0	0.1	mg/L NO ₂ -
HIERRO TOTAL	0	0.3	mg/L Fe
DUREZA TOTAL	0	160	mg/L CaCO ₃
FOSFATOS	0	0.2	mg/L PO ₄ -3
ALCALINIDAD TOTAL	10	100	mg/L CaCO ₃
COLOR RESIDUAL	0,21	0,2 - 1,0	mg/L
CONDUCTIVIDAD	59	50 - 1000	µmhos/cm
ACIDEZ	-	50	mg/L CaCO ₃

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS		NORMA DC 475/98	TECNICA
COLIFORMES TOTALES	0	0	UFC/100 ml
ESCHERICHIA COLI	0	0	UFC/100 ml

Cumple con el decreto	
No cumple con el decreto	

PARALELO PLANTAS DE POTABILIZACION vs DECRETO

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	SUTATAUSA	NORMA	
POBLACION ABASTECIDA (Hab)	1370		
PARAMETROS		DC. 475/98	UNIDAD
Ph	7,2	6,5 - 9,0	
TURBIEDAD	1,3	< ó = 5	UNT
COLOR	5	< ó = 15	UPC
CLORUROS	7	250	mg/L Cl
SULFATOS	10	250	mg/L SO ₄
NITRITOS	0	0.1	mg/L NO ₂ -
HIERRO TOTAL	0,06	0.3	mg/L Fe
DUREZA TOTAL	0	160	mg/L CaCO ₃
FOSFATOS	0	0.2	mg/L PO ₄ -3
ALCALINIDAD TOTAL	20	100	mg/L CaCO ₃
COLOR RESIDUAL	1,36	0,2 - 1,0	mg/L
CONDUCTIVIDAD	86	50 - 1000	µmhos/cm
ACIDEZ	-	50	mg/L CaCO ₃

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS		NORMA DC 475/98	TECNICA
COLIFORMES TOTALES	0	0	UFC/100 ml
ESCHERICHIA COLI	0	0	UFC/100 ml

Cumple con el decreto	
No cumple con el decreto	

PARALELO PLANTAS DE POTABILIZACION vs DECRETO

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	TAUSA	NORMA	
POBLACION ABASTECIDA (Hab)	1000		
PARAMETROS		DC. 475/98	UNIDAD
Ph	7,6	6,5 - 9,0	
TURBIEDAD	2,3	< ó = 5	UNT
COLOR	10	< ó = 15	UPC
CLORUROS	4	250	mg/L Cl
SULFATOS	9	250	mg/L SO ₄
NITRITOS	0	0.1	mg/L NO ₂ -
HIERRO TOTAL	0,19	0.3	mg/L Fe
DUREZA TOTAL	49	160	mg/L CaCO ₃
FOSFATOS	0,1	0.2	mg/L PO ₄ -3
ALCALINIDAD TOTAL	35	100	mg/L CaCO ₃
CORO RESIDUAL	0,65	0,2 - 1,0	mg/L
CONDUCTIVIDAD	107	50 - 1000	µmhos/cm
ACIDEZ	-	50	mg/L CaCO ₃

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS		NORMA DC 475/98	TECNICA
COLIFORMES TOTALES	0	0	UFC/100 ml
ESCHERICHIA COLI	0	0	UFC/100 ml

Cumple con el decreto	
No cumple con el decreto	

PARALELO PLANTAS DE POTABILIZACION vs DECRETO

ANALISIS FISICO - QUIMICOS

MUNICIPIO	UBATE	NORMA	
POBLACION ABASTECIDA (Hab)	32259		
PARAMETROS		DC. 475/98	UNIDAD
Ph	7.42	6,5 - 9,0	
TURBIEDAD	0	< ó = 5	UNT
COLOR	0	< ó = 15	UPC
CLORUROS		250	mg/L Cl
SULFATOS		250	mg/L SO ₄
NITRITOS		0.1	mg/L NO ₂ -
HIERRO TOTAL	0.09	0.3	mg/L Fe
DUREZA TOTAL		160	mg/L CaCO ₃
FOSFATOS		0.2	mg/L PO ₄ -3
ALCALINIDAD TOTAL		100	mg/L CaCO ₃
COLOR RESIDUAL	1.23	0,2 - 1,0	mg/L
CONDUCTIVIDAD		50 - 1000	µmhos/cm
ACIDEZ		50	mg/L CaCO ₃

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS		NORMA DC 475/98	TECNICA
COLIFORMES TOTALES	0	0	UFC/100 ml
ESCHERICHIA COLI	0	0	UFC/100 ml

Cumple con el decreto	
No cumple con el decreto	

La observación realizada durante la captación demuestra que la captación no es potable, además carece de datos que justifique la potabilización.

ANEXO C

**MAPA FUENTES DE CAPTACIÓN PARA CONSUMO HUMANO EN LOS
MUNICIPIOS DE LA CUENCA UBATÉ-SUÁREZ**

“VER EL ORIGINAL EN LA TESIS EDITADA EN PAPEL”

ANEXO D

MEMORIA DE CÁLCULOS DEL DISEÑO DE CLARIFLOCUALDOR Y TORRE DE AIREACIÓN

“VER EL ORIGINAL EN LA TESIS EDITADA EN PAPEL”

ANEXO E

MEMORIA DE CÁLCULOS DEL DISEÑO DE CLARIFLOCUALDOR Y TORRE DE AIREACIÓN

CALCULOS DEL CLARIFLOCULADOR

Debido a las caracterizaciones realizadas por la CAR y por el estado de las operaciones correspondientes a la Planta de Potabilización de Saboyá, se diseña un clarifloculador que cumpla con las condiciones mínimas de Potabilización para dicho municipio, junto a este se diseña un aireador de bandejas para remoción de hierro para cumplir con la norma establecida.

El caudal de diseño a tratar es el que actualmente ingresa a la planta y con el cual se hizo el diseño del resto de unidades:

Q= Caudal

$$Q = \frac{7l}{s} = 25.2 \frac{m^3}{h} = 604.8 \frac{m^3}{dia}$$

V= Velocidad

$$\text{Velocidad ascensional mayor: } 120 \frac{m^3}{m^2 - d}$$

$$\text{Velocidad ascensional menor: } 40 \frac{m^3}{m^2 - d}^1$$

Determinación de las áreas longitudinales en el trapecio del clarifloculador (Área de Floculación):

A = Área T = Tiempo V= Volúmen

A₁ = Área en el diámetro menor del trapecio D₁= Diámetro menor

$$A_1 = \frac{Q}{\text{Vel.asc.mayor}} = \frac{604.8 \frac{m^3}{h}}{120 \frac{m^3}{m^2 - d}} = 5.04m^2 = D_1 = 2.53m$$

A₂ = Área en el diámetro mayor del trapecio D₂= Diámetro mayor

$$A_2 = \frac{Q}{\text{Vel.asc.menor}} = \frac{604.8 \frac{m^3}{h}}{40 \frac{m^3}{m^2 - d}} = 15.12m^2 = D_2 = 4.38m$$

¹ UNIVERSIDAD DE LA SALLE. Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Consulta al Ingeniero Roberto Balda.

$$\forall = Q * T_{retencion} = 604.8 \frac{m^3}{d} * 20 \text{ min} * \frac{1d}{24h} * \frac{1h}{60m} = 8.4m^3$$

$$\text{Volumen de un trapecio. } \forall = \frac{h}{3} * (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 * A_2})$$

h = Altura desde el diámetro mayor hasta la salida del cono de mezcla

$$h = \frac{3\forall}{(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 * A_2})} = \frac{3 * (8.4m^3)}{(5.04m^2 + 15.12m^2 + \sqrt{5.04m^2 * 15.12m^2})}$$

$$h = 0.87m .$$

Distancia horizontal $X_1 = r$

$$\tan 60 = \frac{h}{r} \Rightarrow r = \frac{0.87m}{\tan 60} = 0.63m .$$

$$\text{Base de referencia (Salida de lodos)} = 6 \text{ pu lg} * \frac{0.0254m}{1 \text{ pu lg}} = 0.1524m$$

$$\text{Distancia horizontal } X_2 = \frac{D_1 - \text{basereferencia}}{2} = \frac{2.53m - 0.1524}{2} = 1.19m$$

$Y_2 =$ Distancia vertical de la base al diámetro menor

$$Y_2 = \tan 60 * X_2 = \tan 60 * 1.19m = 2.06m .$$

Y_{total} ó $Y_3 =$ Distancia vertical total del área trapezoidal.

$$Y_{total} = Y_2 + h = 2.06m + 0.87m = 2.93(Y_3) .$$

SEDIMENTADOR.

T= Tiempo de retención= 2 horas².

$$\forall = Q * T_{retencion} = 25.2 \frac{m^3}{h} * 2h = 50.4m^3 . \text{ Volumen del sedimentador.}$$

$$A = 15.12m^2$$

Y_4 ó h = Altura del sedimentador

² Op. Cit. Consulta al Ingeniero Roberto Balda.

$$\forall = A * h \Rightarrow h = \frac{\forall}{A} = \frac{50.4m^3}{15.12m^2} = 3.33m .$$

CONO DE MEZCLA.

$$Velocidad = 0.02 \frac{m}{s}$$

Tiempo de retención: 20segundos.

$$\text{Área en el diámetro mayor del cono} = \frac{Q}{V} = \frac{25.2 \frac{m^3}{h}}{0.02 \frac{m}{s} * 3600 \frac{s}{h}} = 0.35m^2$$

$$\text{Diámetro mayor} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0.35m^2}{\pi}} = 0.67m$$

$$\text{Diámetro menor} = \frac{1}{8} D_{mayor} = 0.083m \Rightarrow A = \frac{\pi * (0.08)^2}{4} = 0.0055m^2$$

$$\text{Distancia horizontal } r = \frac{D_{mayor} - D_{menor}}{2} = \frac{0.67m - 0.083m}{2} = 0.3m$$

h_2 =Distancia vertical de la contracción gradual

$$h_2 = \tan 60 * r = \tan 60 * 0.3m = 0.51m ..$$

Altura total del cono de mezcla.

Altura del diámetro mayor a la contracción = 0.5 m⁽³⁾

Altura del tubo de salida (h_3) = $h_1 + 0.5m = 0.87m + 0.5m = 1.37m$

Altura del diámetro mayor del cono (h_4) = $Y_4 - (0.5m + h_2) = 3.33m - (0.5m + 0.51m) = 2.32m$

Borde libre = 0.2 m.⁽⁴⁾

$$H_{total} = h_2 + h_3 + h_4 + \text{bordelibre} = 0.51m + 1.37m + 2.32m + 0.2m$$

$$H_{totalcono} = 4.4m$$

³ Autoras.

⁴ Opcit. Consulta al Ingeniero Néstor Mancipe.

Perdidas en el cono de mezcla (h_1)

1. Perdidas a la entrada: (h_1)

$$h_1 = K \frac{V^2}{2g}$$

$$V = 1,53 \frac{m}{s}$$

$$h_1 = K * \frac{V^2}{2g}$$

K: 1 (Mott, Robert, Pág. 280)

$$h_1 = 1 * \frac{\left(1,53 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{m}{s}} = 0,12m$$

2. Perdidas por fricción (h_2): $h_2 = F * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$

F = factor de fricción en tuberías

L = Longitud de la tubería

D = Diámetro de la tubería

V = Velocidad de transporte del agua en la tubería

g = Gravedad

A. En el tramo del diámetro mayor. T° del agua: 10°C.

$$N_R = \frac{V * D * \rho}{\mu}$$

N_R = Número de Reynolds

$$\text{Viscosidad Dinámica: } \mu_{10^\circ C} = 1,3 * 10^{-3} \frac{N * s}{m^2}$$

$$\text{Densidad: } \rho_{10^\circ C} = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

$$N_R = \frac{0,02 \frac{m}{s} * 0,67m * 1000 \frac{kg}{m^3}}{1,3 * 10^{-3} \frac{N * s}{m}} = 10270,12. \text{ Numero de flujo turbulento.}$$

⁵ MOTT, ROBERT. Mecánica de Fluidos Aplicada. 4^{ta} edición. Pg. 280.

Factor fricción: 0.031 (Diagrama de Moody, Conductos Lisos).

$$h_2 = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

$$h_2 = 0.031 * \frac{2.32m}{0.67m} * \frac{\left(0.02 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 2.20 * 10^{-6} m.$$

B. En el tramo de diámetro menor (h_3).

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{25 \frac{m^3}{h}}{0.005m^2} * \frac{1h}{3600s} = 1.28 \frac{m}{s}$$

$$N_R = \frac{1.28 \frac{m}{s} * 0.083m * 1000 \frac{kg}{m^3}}{1.3 * 10^{-3} \frac{N * s}{m^2}} = 82160.99$$

Factor de fricción: 0.01886 (Diagrama de Moody).

$$h_3 = 0.01886 * \frac{1.37m}{0.083m} * \frac{\left(1.28 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 0.0259m$$

C. Pérdidas por contracción gradual (h_4)

$$h_l = K \frac{(V_1^2 - V_2^2)}{2g} \quad K: 0.4^{(6)}$$

$$h_4 = 0.4 * \frac{\left(0.02 \frac{m^2}{s} - 1.28 \frac{m^2}{s}\right)}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 0.0334m$$

D. Perdidas por salida del tubo (h_5)

⁶ AZEVEDO. Manual de Hidráulica. Pg 209.

$$h_5 = K \frac{(V^2)}{2g} \quad K:1^{(7)}$$

$$h_5 = 1 * \frac{\left(1.28 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 0.0835m$$

Pérdidas Totales en el Cono de Mezcla: $H_{total} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$

$$H_{total} = 0.12m + 2.20 * 10^{-6}m + 0.06595m + 0.0334m + 0.0835m$$

$$H_{total} = 0.3028m$$

Gradiente de velocidad.

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * H_t}{\mu * T_R}} = \sqrt{\frac{9810 \frac{N}{m^3} * 0.3028m}{1.3 * 10^{-3} \frac{N * s}{m^2} * 20s}} = 338s^{-1}$$

Para garantizar una buena mezcla rápida este gradiente debe estar en el rango de 200 a $1000 s^{-1}$.⁽⁸⁾

PERDIDAS EN EL FLOCULADOR.

A. Pérdidas a la entrada (h_1).

$$h_1 = K \frac{(V^2)}{2g} = 1 * \frac{\left(1.28 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 0.0835m \quad K: 1 \text{ (Mott, Robert)}$$

B. Perdidas por dilatación gradual (h_2).

$$h_2 = K \frac{(V^2)}{2g} \quad K:0.65 \text{ (Mott, Robert)}$$

V_1 = Velocidad del diámetro menor.

⁷ Opcit. MOTT, ROBERT. Mecánica de Fluidos Aplicada. 4^{ta} edición.

⁸ Op. Cit. Consulta al Ingeniero Roberto Balda.

$$V_1 = \frac{7 * 10^{-3} \frac{m^3}{s}}{5.04 m^2} = 1.38 * 10^{-3} \frac{m}{s}$$

$$h_2 = 0.65 * \frac{\left(1.38 * 10^{-3} \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 6.39 * 10^{-8} m$$

C. Perdidas por fricción (h_3).

$$\text{Diámetro equivalente: } \frac{D_{mayor} + D_{menor}}{2} = \frac{4.38m + 2.53}{2} = 3.46m$$

$$\text{Área equivalente: } \frac{\pi * D_{equiv}^2}{4} = \frac{\pi * (3.46m)^2}{4} = 9.404m^2$$

$$\text{Velocidad equivalente: } \frac{Q}{A_{equiv}} = \frac{7 * 10^{-3} \frac{m^3}{s}}{9.404m^2} = 7.44 * 10^{-4} \frac{m}{s}$$

$$N_R = \frac{V_{equiv} * D_{equiv} * \rho}{\mu}$$

$$N_R = \frac{7.44 * 10^{-4} \frac{m}{s} * 3.46m * 1000 \frac{kg}{m^3}}{1.3 * 10^{-3} \frac{N * s}{m^2}} = 1981.23$$

$$\text{Factor de fricción: } \frac{64}{N_R} \quad (\text{Mott, Robert. Pág. 247}).$$

$$\text{Factor de fricción: } \frac{64}{1981.23} = 0.0323$$

$$h_3 = f * \frac{L}{D_{equiv}} * \frac{V_{equiv}^2}{2g}$$

$$h_3 = 0.0323 * \frac{0.87m}{3.46m} * \frac{7.44 * 10^{-4} \frac{m}{s}}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 2.30 * 10^{-10} m$$

Pérdidas totales en el floculador (h_3).

$$H_{total} = h_1 + h_2 + h_3$$

$$H_{total} = 0.0835m + 6.39 * 10^{-8} m + 2.30 * 10^{-10} m = 0.0835m$$

Gradiente de velocidad.

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * H_t}{\mu * T_R}} = \sqrt{\frac{9810 \frac{N}{m^3} * 0.0835m}{1.3 * 10^{-3} \frac{N * s}{m^2} * 2h * \frac{3600s}{1h}}} = 9,355 s^{-1}$$

Para garantizar una buena mezcla lenta este gradiente debe estar en el rango de 5 a $100 s^{-1}$.⁽⁹⁾

VERTEDERO.

$$\frac{P}{e} = N^{\circ} \text{ vertederos}$$

P= Perímetro del Sedimentador

e = Espacio entre vertederos

$$P = \pi * d \Rightarrow \pi * 3.58m = 11.25m$$

$$e = 296mm$$

$$\frac{P}{e} = \frac{11.25m}{0.296m} = 38 \text{ vertederos}$$

$$K = \frac{1}{4} \tan\left(\frac{90}{2}\right) = 0.25$$

$$\theta = 90^{\circ}$$

$$Q_t = Kh^n \Rightarrow n = 2.5$$

h= : Altura de las crestas de los vertederos

$$h = \sqrt[2.5]{\frac{Q_t}{K}} \Rightarrow h = \left(\frac{Q_t}{K}\right)^{\frac{1}{2.5}}$$

⁹ Ibíd.

¹⁰ Op. Cit. Consulta al Ingeniero Néstor Mancipe.

$$h = \left(\frac{7 * 10^{-3} \frac{m^3}{s}}{0.25} \right)^{0.4} = 0.24m$$

Diámetro en cada vertedero.

$$\tan 45 = \frac{h}{\frac{d}{2}} \Rightarrow \frac{d}{2} = \frac{h}{\tan 45} = \frac{0.24m}{\tan 45} = 0.24m$$

$$\frac{d}{2} = 0.24m \Rightarrow d = 0.24m * 2 = 0.48m \quad d = \text{distancia en la base de cada vertedero.}$$

q = Carga en los vertederos.

$$q = \frac{Q_i}{N^{\circ} \text{ vertederos}} = \frac{7 * 10^{-3} \frac{m^3}{s}}{38} = 1.84 * 10^{-4} \frac{m^3}{m-s}$$

Yc= (Altura de la lámina de agua).

$$Y_c = \left[\frac{(q * L)^2}{4 * b^2 * g} \right]^{1/3}$$

b= Base del vertedero

L= Longitud canal de recolección= $\pi * 4.38m = 13.76m$

g= fuerza de gravedad

$$Y_c = \left[\frac{\left(1.84 * 10^{-4} \frac{m^3}{m-s} * 11.25m \right)^2}{4 * (0.2m)^2 * 9.81 \frac{m}{s}} \right]^{1/3} = 0.014m = 0.016$$

H = Altura total del vertedero

$$H = \left[Y_c^2 + \frac{2 * q^2 * x^2}{g * b^2 * Y_c} \right]^{0.5} = \left[0.024m^2 + \frac{2 * (3.83 * 10^{-4})^2 * (6.25m)^2}{9.81 \frac{m}{s} * 0.04m^2 * 0.024m} \right]$$

$$H = 0.128m$$

$$H_{total} = (H * 1.20) + 0.10m = (0.128 * 1.20) + 0.10m = 0.253m^{(11)}$$

¹¹ Op. Cit. Consulta al Ingeniero Roberto Balda.

SISTEMA DE BOMBEO

El transporte del agua de la torre de aireación al clarifloculador se hará por medio de un sistema de bombeo, que se describe a continuación.

Al final de la torre de aireación se contará con un pozo de recolección donde se incluye la bomba para el bombeo del agua hasta la entrada al clarifloculador. La bomba se escogió con el método de la curva del catálogo de Barnes, que se obtiene con la matriz entre el caudal bombeado en G.P.M y la cabeza de presión de la bomba hallada en metros. La curva que se utilizó para tal fin se muestra en la siguiente página. Se requiere una bomba centrífuga tipo GSP1 – 2B de 1.750 RPM de 1 HP¹². Este tipo de bombas es empleado para el bombeo de líquidos limpios o turbios, es utilizada en la industria, la agricultura y la ganadería, en la distribución de agua en unidades residenciales, riego por aspersión, equipos contra incendio y equipos de presión. Se recomienda en el momento de la implementación de este diseño contar con dos bombas para casos fortuitos de daño a fin de seguir con el bombeo continuo. El tanque de succión será un pozo subterráneo de dimensiones de 1m prof x 1m de alto x 4m de largo para un volumen de 4.2 m³.

$$\text{Tubería de succión} = 3plg * \frac{0.0254m}{1plg} = 0.0762m$$

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * (0.0762m)^2}{4} = 4.56 * 10^{-3} m^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.007 \frac{m^3}{s}}{4.56 * 10^{-3} m^2} = 1.53 \frac{m}{s}$$

Ecuación de Bernoulli para el cálculo de la cabeza de presión de la bomba.

$$\frac{P_A}{\gamma} + Z_A + \frac{V_A^2}{2g} + h_A - h_L = \frac{P_B}{\gamma} + Z_B + \frac{V_B^2}{2g}$$

Donde,

P / γ = Cabeza de Presión en el punto A (m)

Z = Altura del punto A desde el nivel de referencia

$V/2g$ = Cabeza de Velocidad del agua en el punto A (m)

h_A = Adición de energía por la bomba (m)

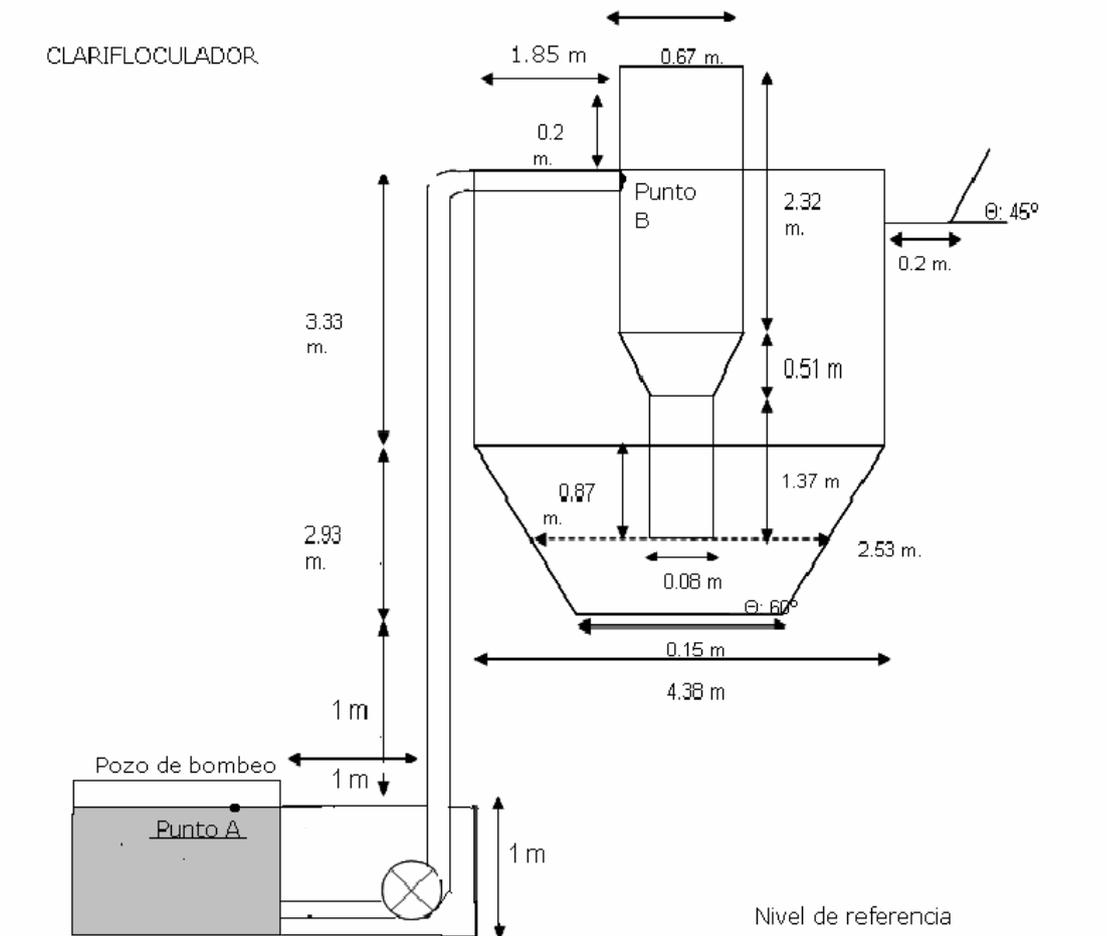
h_L = Pérdida de energía en el sistema por fricción y accesorios (m)

Considérese los puntos A y B como se muestra en la siguiente imagen. Como las presiones en los puntos A y B, son iguales a la presión atmosférica, estos dos

¹² BARNES DE COLOMBIA. Catalogo técnico. Línea GSM, Pág. 286. 2006.

términos de la ecuación se cancelan, al igual que la velocidad en el punto A que se considera despreciable. De acuerdo a esto la ecuación queda de la siguiente manera:

$$Z_A + h_A - h_L = Z_B + \frac{V_B^2}{2g}$$



$$Z_A = 1m.$$

$$Z_B = 8.26m.$$

$$\frac{V_B^2}{2g} = \frac{\left(1.53 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 0.12m$$

$$h_L = ? \text{ (Perdidas por fricción y accesorios)}$$

$$h_A = ? \text{ (Adición de energía al sistema por la bomba).}$$

CALCULO DE LAS PERDIDAS (h_L).

Perdidas por entrada del pozo de bombeo a la tubería de succión. h_1

$$h_1 = K * \frac{V^2}{2g} \quad K: 0.5 \text{ (Mott, Robert, Pág. 280)}$$
$$h_1 = 0.5 * \frac{\left(1.53 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 0.06m$$

Perdidas por fricción en la tubería. h_2

$$h_2 = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad f: 0.0018 \text{ (Mott, Robert, Diagrama de Moody, Pág. 241)}$$

Tanto la tubería de succión como la de descarga será de 3", por lo tanto:

L = Dist del codo al cono de mezcla+ Dist del cono de mezcla al suelo + Dist del suelo hasta el pozo subterráneo + Dist de la tubería de succión

$$L = 1.85m + 7.26 + 1m + 1m = 11.11m$$
$$h_2 = 0.018 * \frac{11.11m}{0.0762m} * \frac{\left(1.53 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 0.315m$$

Perdida por codo. h_3 . Longitud equivalente L/D 30 (codo estándar 90°).¹³

F= Factor de fricción en codos estándar de 90° = 0.0185⁽¹⁴⁾

$$h_{codo} = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$
$$h_{codo} = 0.0185 * 30 * \frac{\left(1.53 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 0.066m$$

¹³ Opcit. MOTT, Robert. Tabla 10.4.

¹⁴ Ibíd. Tabla 10.5

Perdidas a la salida. h_4 .

$$h_4 = K * \frac{V^2}{2g}$$

K: 1 (Mott, Robert, Pág. 280)

$$h_4 = 1 * \frac{\left(1.53 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 0.12m$$

$$H_{total} = 0.06m + 0.315m + 0.066m + 0.12m$$

$$H_{total} = 0.561m$$

$$Z_A + h_A - h_L = Z_B + \frac{V_B^2}{2g}$$

$$1m + h_A - 0.561m = 8.26m + \frac{(1.53m)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}}$$

$$h_A = 8.26m + \frac{(1.53m)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} + 0.561m - 1m$$

$$h_A = 7.9393m$$

Conociendo ya el caudal (110.96 GPM) y la cabeza de presión se buscó la curva que aproximara estos valores y ubicándolos los ejes x y y correspondientemente se halló el punto de corte y se obtuvo la bomba que debía usarse la cual según la curva dará una eficiencia del 70%.

Medio de Sedimentación

Se escogió seditubos en medio plástico tipo colmenas hexagonales en material de polipropileno blanco con las siguientes características:

- Área a cubrir: 5,04 m² (área superficial sedimentador) – 0,35 m² (área superficial del cono de mezcla en la parte superior) = 4,7 m².
- Altura del Módulo = 0,7 m. Se escogió de acuerdo con la tasa de sedimentación de 120 m³/m²-día¹⁵.
- Ángulo de Inclinación Seditubos: 60°
- Longitud de los Seditubos:

$$\frac{\text{Sen}60^\circ}{\text{alturadelmódulo}} \approx \text{LongituddeSeditubo}$$

¹⁵HIDRALOBRAS. Consulta al Ingeniero Oscar Pérez.

$$LongituddeSeditubo \approx \frac{Sen60^\circ}{0,70m} \approx 0,808m$$

- Espaciamiento entre seditubos: 5 cm.

DISEÑO DEL AIREADOR DE BANDEJAS

Esta unidad se ha diseñado para remover las cargas de hierro que llegan a la fuente y no son removidas con el proceso actual de la planta del municipio. El primer paso para diseñar el aireador es asumir un área por cada unidad de caudal que se va a tratar.¹⁶

$$\text{Área asumida: } 0.08m^2 * 7 \frac{L}{s} = 0,56m^2 \text{ (Área por cada bandeja).}$$

$$\text{Carga superficial: } q = \frac{604.8 \frac{m^3}{d}}{0,56m^2} = 1080 \frac{m^3}{m^2 \cdot d} \text{ (17)}$$

- N° de bandejas con carbón coque: 5.

Adicional a estas:

- 1 Bandeja superior con el mismo número de orificios *sin carbón* que distribuirá el agua uniformemente hacia las demás bandejas.
- 1 Bandeja inferior con el mismo número de orificios *sin carbón* que distribuirá el agua hacia la tubería de salida.
- Material superficial de las bandejas: Malla de alambre.
- Espacio entre bandejas: 40 cm.
- Lecho de contacto: Coque con un espesor de 15 cm.
- Material de toda la unidad: Fibra de vidrio
- Orificios de distribución: diámetro 10 mm.
- Espacio entre orificios: 5 cm.
- Profundidad de agua en la bandeja (h): 15 cm.

Verificación del diámetro de cada orificio en las bandejas

$$A = L * L = L^2 \text{ (Lado x Lado)}$$

$$L = \sqrt{A} = \sqrt{0.56m^2} = 0,75m$$

Para suponer el número de orificios que cabrían por lado y lado de la bandeja, dividimos la longitud entre el espacio que ocupa el diámetro de cada orificio sumado al espacio que hay entre cada uno de estos.

$$\# \text{ Orificios} = \frac{\text{longitudde labandeja}}{(\text{diámetrodelorificio} + \text{espacioentreorificios})}$$

¹⁶ ROMERO, Jairo Alberto. Acuípurificación. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería. Pág. 34.

¹⁷ Ibíd. Pág. 34.

$$\# \text{ Orificios} = \frac{0,75m}{(0,01m + 0,05m)} = 12,5 \text{ Orificios}$$

Ahora bien, estos 12,5 orificios son sólo los que cabrían por un solo lado. Para conocer el número de orificios que cabría en toda la bandeja y sabiendo que ambos lados de cada bandeja tienen la misma longitud y por consiguiente, el mismo número de orificios por cada lado, multiplicamos:

$$\# \text{ Orificios por cada bandeja} = 12,5 * 12,5 \text{ orificios} = 156,25 \text{ orificios}, \text{ aproximamos a } \mathbf{156}.$$

Y ahora verificamos el diámetro que debe tener cada orificio con la fórmula:

$$\frac{Q}{\# \text{ orificios}} = C_D * A_{\text{orificio}} * \sqrt{2gh}$$

$$A = \frac{Q}{\# \text{ orificios} * C_D * \sqrt{2gh}}$$

$$A = \frac{0,007m^3 / s}{156 * 0,6 * \sqrt{2 * 9,81m / s * 0,15m}} = 4,36 * 10^{-5} m^2$$

$$\text{Diámetro del orificio} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 4,36 * 10^{-5} m^2}{\pi}} = 7,45 * 10^{-3} m \approx 7,45mm.$$

Tubería de Salida de la Torre de Aireación

La velocidad de la tubería de salida debe estar alrededor de 0.65 m/s¹⁸, para esto hemos asumido una altura de lámina de agua en la bandeja de salida de 6 cm. El agua saldrá hacia el pozo de bombeo que impulsará el agua hacia el clarifloculador.

$$Q = C_D * A_{\text{orificio}} * \sqrt{2gh}$$

h= Altura de la lámina de agua en 0.06 la última bandeja
 C_D = Coeficiente de descarga en tuberías¹⁹.

$$A = \frac{Q}{C_D * \sqrt{2gh}}$$

$$A = \frac{0,007m^3 / s}{0,6 * \sqrt{2 * 9,8m / s * 0,06m}}$$

¹⁸ Op. Cit. Consulta al Ing. Roberto Balda

¹⁹ Ibíd.

$$A = 0.01075m^2$$

$$\text{Diámetro} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0.01075m^2}{\pi}} = 0.1170m \approx 4.6''$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.007m^3 / s}{0.01075m^2} = 0.651 \frac{m}{s}$$

La tubería comercial recomendada es de 4'' con la cual habrá una velocidad de 0.86 m/s.

SISTEMA DE BOMBEO PARA LA TORRE DE AIREACIÓN

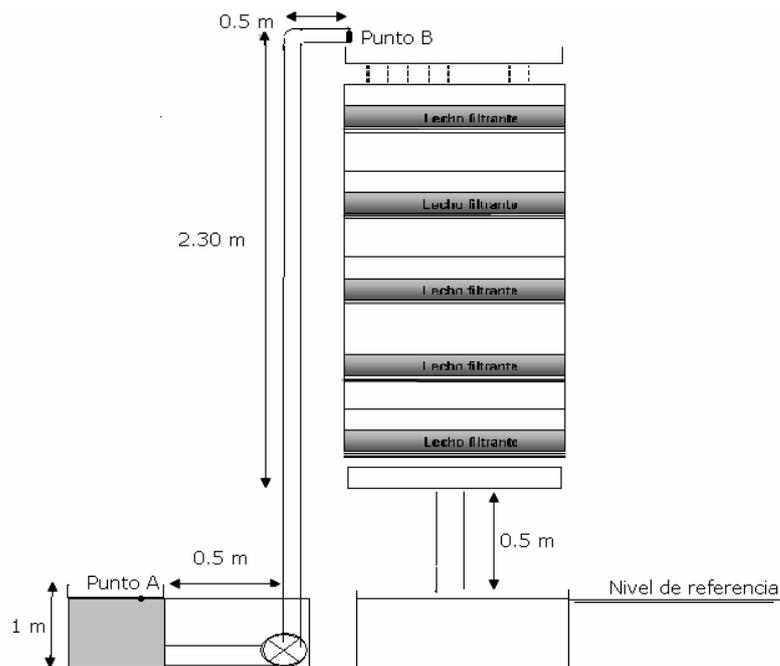
$$\text{Tubería de succión y de salida} = 3plg * \frac{0.0254m}{1plg} = 0.0762m$$

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * (0.0762m)^2}{4} = 4.56 * 10^{-3} m^2$$

$$V_{\text{Tubería de Salida}} = \frac{Q}{A} = \frac{0.007 \frac{m^3}{s}}{4.56 * 10^{-3} m^2} = 1.53 \frac{m}{s}$$

Ecuación de Bernoulli para el cálculo de la cabeza de presión de la bomba.

$$\frac{P_A}{\gamma} + Z_A + \frac{V_A^2}{2g} + h_A - h_L = \frac{P_B}{\gamma} + Z_B + \frac{V_B^2}{2g}$$



Considérese el Punto A la superficie del pozo de bombeo y el punto B la salida de la tubería hacia las bandejas como se muestra en la imagen. Como las presiones en los puntos A y B son iguales a la presión atmosférica, estos dos términos de la ecuación se cancelan, al igual que la velocidad en el punto A que se considera despreciable. A su vez como el nivel del suelo es el nivel de referencia y el punto A se encuentra al nivel del suelo, Z_A se cancela también. De acuerdo a esto la ecuación queda de la siguiente manera:

$$h_A - h_L = Z_B + \frac{V_B^2}{2g}$$

$$Z_B = 2.8m.$$

$$\frac{V_B^2}{2g} = \frac{\left(1.53 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 0.12m$$

$h_L = ?$ (Perdidas por fricción y accesorios)

$h_A = ?$ (Adición de energía al sistema por la bomba).

Calculo de las perdidas h_L .

Perdidas por entrada del pozo de bombeo a la tubería de succión.

$$h_1 = K * \frac{V^2}{2g} \quad K: 0.5 \text{ (Mott, Robert, Pág. 280)}$$

$$h_1 = 0.5 * \frac{\left(1.53 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 0.06m$$

Perdidas por fricción en la tubería.

$$h_2 = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad f: 0.0018 \text{ (Mott, Robert, Diagrama de Moody, Pág. 241)}$$

Tanto la tubería de succión como la de descarga será de 3", por lo tanto:

$$L = 0.5m + 1m + 0.5m + 2.30m + 0.5m = 4.8m$$

$$h_2 = 0.018 * \frac{4.8m}{0.0762m} * \frac{\left(1.53 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 0.136m$$

Perdida por codo, longitud equivalente. $L/D = 30$ (codo estándar 90°).²⁰

$$h_{4codo} = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

²⁰ Op. cit. MOTT, Robert. Tabla 10.4.

$$h_{4\text{codo}} = 0.0185 * 30 * \frac{\left(1.53 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 0.066m$$

Perdidas a la salida.

$$h_5 = K * \frac{V^2}{2g}$$

K: 1 (Mott, Robert, Pág. 280)

$$h_5 = 1 * \frac{\left(1.53 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 0.12m$$

$$H_{total} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

$$H_{total} = 0.06m + 0.136m + 0.066m + 0.12m$$

$$H_{total} = 0.382m$$

$$h_A - h_L = Z_B + \frac{V_B^2}{2g}$$

$$h_A - 0.382m = 2.8m + 0.12m$$

$$h_A = 2.8m + 0.12 + 0.382m$$

$$h_A = 3.302m$$

Se requiere una bomba centrífuga tipo GSP1 – 2B de 1.750 RPM de $\frac{3}{4}$ de HP²¹ de potencia según la misma curva que se utilizó para hallar la bomba del sistema de bombeo para el clarifloculador.

²¹ Op. Cit. BARNES DE COLOMBIA. Pág. 286. 2006.

ANEXO F

**MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL CLARIFLOCULADOR Y LA
TORRE DE AIREACIÓN**

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA TORRE DE AIREACIÓN

FUNCIONAMIENTO BÁSICO:

El agua debe entrar por una tubería de 3" hasta la bandeja superior que la distribuirá por sus orificios en forma descendente hacia cada una de las cinco bandejas con carbón coque las cuales también tienen diseñados orificios superficiales para permitir el paso del agua en forma de goteo. Al llegar a la última bandeja de contacto ésta conducirá el agua por tubería en PVC de 4" hacia el tanque que bombeará el agua hacia el clarifloculador.

El material de construcción recomendado es en fibra de vidrio, así en el momento de la implementación antes de empezar a operar se debe aplicar una resina protectora de rayos UV.

MANTENIMIENTO BÁSICO

- La aparición de algas en la torre se evita tratando el agua cruda con Cloro y Sulfato de Cobre.
- El cambio del Carbón Coque debe hacerse en un período aproximado de seis meses. Al mismo tiempo debe realizarse la limpieza de las bandejas.

CONTROL

- Para impedir que caigan elementos extraños en la bandeja superior y haya taponamiento de los orificios, ubicar encima a una altura de 20 cm aproximadamente una cubierta protectora.
- Revisar que la lámina de agua en las bandejas superior e inferior no sea inferior a 5 cm, ni inferior a 15 cm en las bandejas que contienen carbón para lo cual debe asegurarse el bombeo constante.
- El espesor del carbón coque debe conseguirse de 15 cm siempre que se cambie.

MANUAL DE OPERACIÓN DEL CLARIFLOCULADOR

COAGULACIÓN.

Coagulantes. Concentración y dosificación

Debe determinarse la dosis óptima en el laboratorio mediante la prueba de jarras de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana 3903. El coagulante que puede emplearse en el tratamiento del agua de la planta es Sulfato de Aluminio

Tipo de dosificador.

Se recomienda seguir las indicaciones de la tabla ya que este tipo de materiales son resistentes a la corrosión generada por la solución química.

Coagulante	Tipo de Dosificador	Material	
		Tuberías	Tanques de Disolución (protegidos contra la corrosión)
Sulfato de Aluminio	Dosificadores en seco o en solución con tanques	Caucho, plástico, PVC	Concreto revestido con pintura bituminosa o epóxica

Como producto auxiliar se puede emplear cal viva en el tratamiento, ya que este ayuda a regular el pH del agua. El tipo de dosificador junto con el material se presenta a continuación.

Dosis: se necesita de cal un tercio de la dosis de sulfato de aluminio.

Producto	Dosificador	Material	
		Tuberías	Tanques
Cal Viva	Apagador, dosificador en seco o en solución	Hierro Fundido Acero Galvanizado Plástico	Concreto Acero Madera

Mezcla rápida

Para el mezclado del coagulante y el auxiliar de coagulación se debe realizar en el punto de mayor turbulencia.

CONTROL DE LOS PROCESOS Y OPERACIÓN

Para garantizar la eficiencia del proceso de coagulación, debe vigilarse la correcta operación de los procesos de dosificación y mezcla rápida.

En la operación de dosificación debe controlarse la aplicación del coagulante, cuidando que esta sea constante y que se disperse de manera uniforme en toda la masa del agua, en la cual debe existir una fuerte turbulencia para que la mezcla del coagulante se realice en la forma más adecuada.

Para garantizar que la coagulación - floculación esté realizándose correctamente, deben verificarse los siguientes parámetros:

- La eficiencia de remoción de la turbiedad en el agua decantada o filtrada, si se trata de un tratamiento por filtración directa.
- La eficiencia de remoción del color en el agua decantada o filtrada, o del carbón orgánico disuelto (COD).
- La concentración residual de Al^{+3} o Fe^{+3} del agua filtrada o efluente de la planta, la cual debe cumplir con el Decreto 475 de marzo 10 de 1998.

De la eficiencia de este proceso dependen los rendimientos de todos los tratamientos posteriores al agua, como la sedimentación, la filtración y la desinfección.

Dosificador.

Debe determinarse la dosis óptima de coagulante necesaria para el agua cruda que se esté tratando para ello se recomienda un ensayo de test de jarras. Esta dosis óptima debe ofrecer la formación de un floculo estable.

Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos en la operación de los dosificadores operación:

1. Fijar la cantidad de sustancia química a dosificar.
2. Obtener la concentración óptima para la dosis a aplicar.
3. Observar que se esté efectuando la dosificación.

Se recomienda una concentración de sulfato de aluminio a una solución de 60 g/l o 6%, con un tiempo mínimo de retención de la cámara de disolución de 5 minutos, tuberías de PVC, polietileno, polipropileno o material similar y aplicado por gravedad. El sulfato de aluminio líquido se dosifica en solución al 50% sin diluirlo.

Se recomienda que la cal pase por un tamiz de 3/4" y que sea retenido por lo menos el 95% sobre tamiz N° 100, para facilitar el manejo y evitar polvo, la dosificación se debe realizar por gravedad, hasta donde sea posible por canales abiertos, junto con accesorios plásticos, caucho, acero o concreto.

Mezclador hidráulico.

Las siguientes condiciones deben tenerse en cuenta para la operación del mezclador hidráulico. Como se presencia en el cono de mezcla.

1. Debe verificarse que la estructura de control de entrada permita el acceso del agua al cono.
2. Debe verificarse que la dosificación del coagulante esté realizándose por el eyector, regadera o tubo perforado.

3. Debe constatarse que la solución esté aplicándose uniformemente en el punto de máxima turbulencia.

4. Debe determinarse el gradiente de velocidad por medio de la evaluación de la pérdida de carga.

5. La velocidad con la cual el coagulante debe dispersarse en toda la masa de agua depende de la velocidad de reacción del coagulante con la alcalinidad y con los otros constituyentes del agua. Una vez obtenido, este gradiente óptimo debe verificarse y corregirse cuando sea necesario.

6. Debe tenerse en cuenta que la concentración de iones hidrógeno de la mezcla final de agua y el coagulante es de fundamental importancia en la formación del floculo, por tanto debe medirse el pH antes y después de la coagulación.

9. Debe determinarse el tiempo óptimo de reacción, para lo cual debe tenerse en cuenta el pH de la solución y la alcalinidad del agua.

Nota: las sales de hierro tienen una ventaja sobre las sales de aluminio, forman un floc mas pesado y de mayor velocidad de asentamiento además trabajan en un rango mas amplio de pH y se usan cuando el sulfato de aluminio no produce una coagulación adecuada o los sedimentos están demasiado recargados y resulta económico aumentar el peso del floc para incrementar la eficiencia de ellos.

FLOCULACION.

La agitación no debe ser ni muy lenta que favorezca la sedimentación, ni muy rápida que provoque el rompimiento de los flóculos ya formados. El tiempo y el gradiente óptimo deben ser los obtenidos en la prueba de jarras. Para el gradiente medio de la velocidad es necesario tener en cuenta el cambio de escala y la hidrodinámica en el sistema real. Además debe contar con un espacio al final para la extracción de los lodos generados en dicha parte. Las unidades de floculación y mezcla rápida deben ubicarse lo más cerca posible.

CONTROL DE LOS PROCESOS Y OPERACIÓN.

Floculador hidráulico.

Para la agitación de la masa líquida, el floculador hidráulico deriva su energía de la carga de velocidad que el flujo adquiere al escurrir por un conducto. Una correcta operación en un floculador hidráulico requiere las siguientes condiciones:

1. Debe verificarse que la dosificación y la mezcla rápida estén operando satisfactoriamente.

2. Debe mantenerse el gradiente medio óptimo de velocidad en el floculador.

3. Debe garantizarse que el tiempo de contacto en la unidad sea el suficiente, para permitir que los flóculos alcancen el tamaño y peso adecuado, lo cual es función de la dosis, el gradiente de velocidad y el tiempo que se mantenga la agitación en concordancia con la prueba de jarras.

Debe ser esencial la selección de coagulantes, la aplicación de los mismos y el control de la efectividad en los procesos.

La selección de los coagulantes y ayudas de coagulación es un programa continuo de evaluación con base, generalmente, en el ensayo de jarras. El operador, con base de las características de temperatura, pH, alcalinidad, turbiedad y color del agua cruda, evalúa mediante el ensayo de jarras, el tipo de coagulante a usar y la dosis optima.

El operador deberá mantener los registros de calidad del agua cruda, de los coagulantes y de las dosis óptimas así como de las observaciones pertinentes a los procesos de coagulación y floculación. Una vez establecida la operación permanente de la planta, se deben comparar las dosis aplicadas con las del ensayo de jarras y ajustarlas a la producción de una calidad optima de agua.

Cuando se dosifica cal, para ajuste de pH o ablandamiento, se produce precipitado de carbonato de calcio que pueden adherirse a las paredes de la tubería o del canal y obstruir el flujo; por lo tanto, debe hacerse una inspección rutinaria y la limpieza necesaria. En todas las líneas de dosificación se debe asegurar que los difusores estén limpios, libres de obstrucciones y colocados en el punto donde la mezcla tenga la máxima eficiencia.

Todas las unidades motoras del proceso de coagulación y floculación, deberán someter a inspección para observación de daños o defectos, así como a un programa rutinario de engrase y lubricación.

SEDIMENTACIÓN.

Este tanque es circular con fondo cónico y con un tubo central por donde entra el agua a la unidad, y se realiza la floculación integrada a la unidad. El área de sedimentación debe tener las mismas cargas que un sedimentador de flujo horizontal.

Recolección del agua sedimentada.

El agua sedimentada puede recolectarse mediante un sistema de tubos perforados sumergidos, canaletas o vertederos, organizados de modo que garanticen un caudal uniforme a lo largo de estos. Todos los sistemas de sedimentación deben tener escaleras permanentes o escalones en las paredes interiores sobre el nivel del agua, con el fin de tener acceso al fondo de la unidad para mantenimiento. Los sedimentadores deben estar provistos de dispositivos que permitan la limpieza.

Remoción y descarga de lodos.

Deben tenerse en cuenta los siguientes criterios para la remoción y descarga de lodos:

1. Las válvulas de descarga del lodo deben situarse en un lugar de fácil acceso para realizar el mantenimiento.
2. Los sedimentadores deben poderse vaciar en menos de seis horas.
3. El punto de descarga del sedimentador debe situarse preferencialmente en la zona de mayor acumulación de lodo.

CONTROL DE LOS PROCESOS Y OPERACIÓN.

Para obtener una buena operación de sedimentación, es necesario que la etapa de coagulación - floculación se realice adecuadamente, luego se debe asegurar una distribución adecuada del caudal, minimizar los cambios bruscos de flujo, asegurar una carga de rebose apropiada sobre los vertederos efluentes y controlar las cargas superficiales y los tiempos de retención.

Una vez la unidad entra en operación debe determinarse la turbiedad y/o color del agua sedimentada. Deben realizarse las siguientes actividades de operación:

1. Comprobar si por el efluente hay salida de flóculos.
2. Retirar el material flotante en el decantador por medio de una espumadera.
3. Verificar si existe desprendimiento de burbujas de aire, originadas por fermentación de lodos.
4. Verificar semanalmente si existe crecimiento de algas.
5. Medir el nivel de lodo depositado por medio del equipo adecuado para determinar si se ha excedido la zona de lodos.
6. Cuando el nivel de lodos alcance el nivel máximo de la zona de lodos, debe drenarse la unidad y realizarse la limpieza de los lodos depositados.
7. Cuando se realice una parada de periodo largo (mayor a 24 horas) debe mantenerse un residual de cloro por lo menos de 5 ppm o vaciar la unidad para evitar la fermentación de los lodos.

Este proceso depende de la realización adecuada de la coagulación y floculación, el operador debe asegurar la obtención del mejor floc posible antes del sedimentador. En los sedimentadores se debe asegurar una distribución adecuada del caudal, minimizar los cambios bruscos de flujo, asegurar una carga de rebose apropiada sobre los vertederos efluentes y controlar las cargas superficiales y los tiempos de retención. Si se sospecha la existencia de cortos circuitos se deben realizar análisis del tiempo de retención real mediante trazadores.

El crecimiento de algas y películas biológicas, sobre las paredes del sedimentador, pueden ocasionar problemas en el proceso de sedimentación. Estos crecimientos pueden causar olores y sabores así como el taponamiento en los filtros, esto crecimientos e pueden controlar mediante la aplicación, sobre las paredes, con cepillo, cuando los tanques estén vacíos, de una mezcla de 10 g. de sulfato de cobre y 10 g. de cal por litro de agua.

La turbiedad del agua sedimentada se recomienda estar por debajo de 10 UNT. Los registros de control deben incluir: cargas superficiales, cargas de rebose en los vertederos, turbiedad del agua afluente y efluente de cada tanque de sedimentación, cantidad de lodo bombeado o extraído de cada tanque, tipos de problemas de operación encontrados y medidas correctivas adoptadas en caso de una emergencia que se llegase a presentar en la operación.

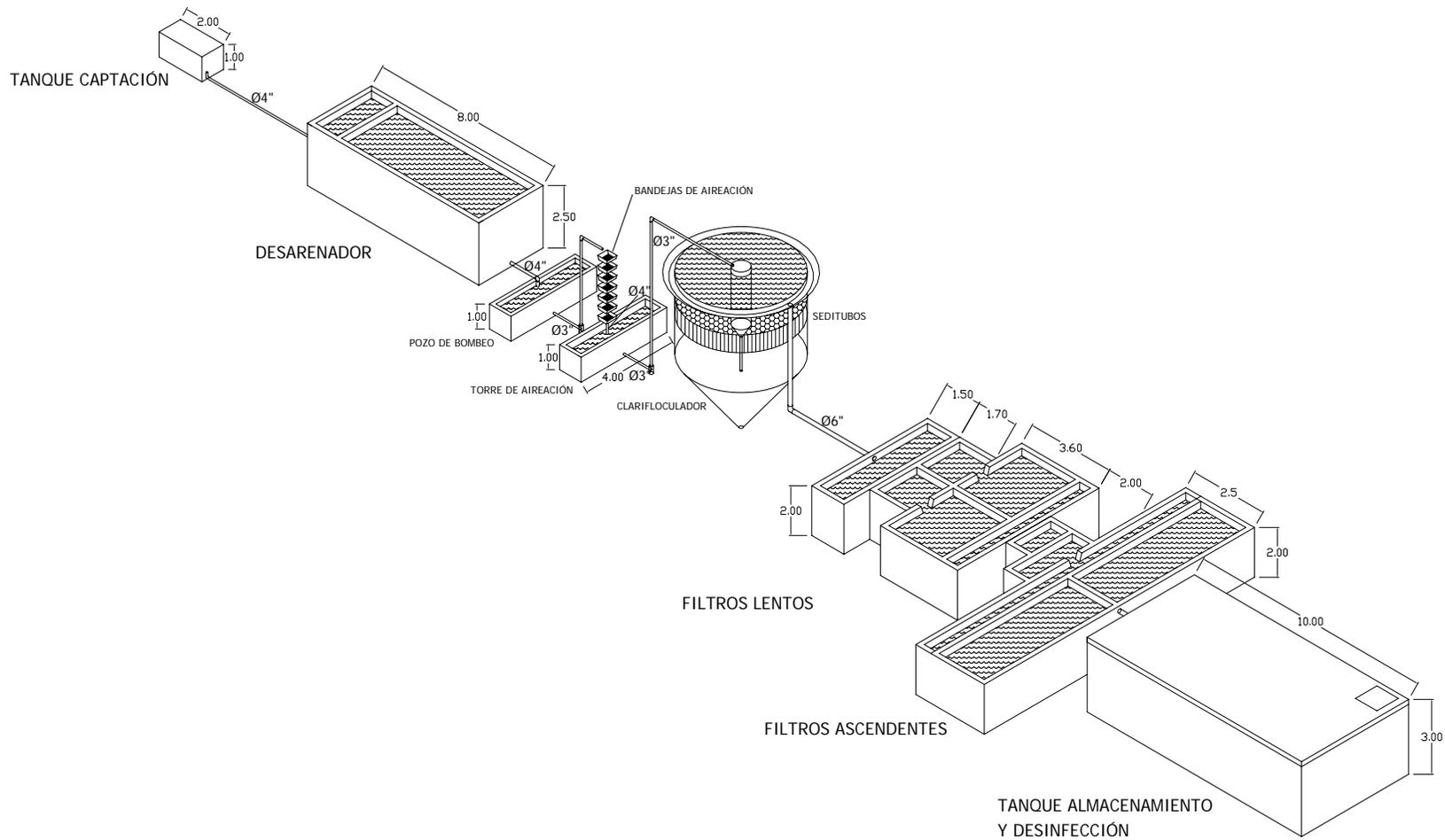
REGISTROS E INFORMES DE OPERACIÓN.

El mantenimiento de un registro de la operación de una planta de tratamiento hace parte de las funciones del operador, y constituye una ayuda de gran utilidad pues satisface entre otros, los siguientes objetivos:

- Cumplimiento de los requisitos legales.
- Ayuda al operador a resolver problemas de tratamiento.
- Permite evaluar cambios en la calidad del agua cruda.
- Permite demostrar la calidad del agua tratada.
- Responder a las quejas y reclamos de los consumidores.
- Ayuda a establecer los programas de mantenimiento preventivo.
- Permite evaluar costos de tratamiento.
- Provee parámetros de diseño para futuras plantas de Potabilización.
- Permite determinar la eficiencia de las diferentes operaciones y procesos de tratamiento.
- Permite formular y establecer programas y requerimientos de optimización de la operación.

ANEXO G

PLANOS. OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN DE SABOYÁ



UNIVERSIDAD DE LA SALLE
 FACULTAD
 ING Ambiental y Sanitaria

PROYECTO: Alternativas de Mejoramiento de la Calidad del Agua en las Fuentes de Abastecimiento para la Optimización de las Plantas de Potabilización de los Municipios Pertenecientes a la Cuenca de Ubaté - Suarez
 CONTIENE: Isométrico de la Planta de Potabilización municipio de Saboya con Torre de Aireación y Clarifloculador

PRESENTADO POR: Melissa Gonzalez Briceño cod 41992070
 Karen niño Castañeda cod 41982099
 DIRECTOR DE TESIS: ING. Yannet Parra

FECHA: 05 DE DICIEMBRE DE 2006
 ESCALA: 1:75
 PLANO N°: 1