

**EVALUACION, DIAGNOSTICO Y ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE
CAPITANEJO (SANTANDER)**

**JUAN ANDRES RUEDA CABALLERO
YOIRYN RINCON MURILLO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTADA DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2017**

**EVALUACION, DIAGNOSTICO Y ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE
CAPITANEJO (SANTANDER)**

**JUAN ANDRES RUEDA CABALLERO
YOIRYN RINCON MURILLO**

**Monografía presentada para optar por el título de Especialista en Ingeniería
Ambiental**

**DIRECTOR
Crisóstomo Barajas Ferreira
Ingeniero Químico M.Sc.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTADA DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2017**

DEDICATORIA

A mi Dios Todopoderoso
por darme la posibilidad de ser
mejor cada día en mente y espíritu.
A mi esposa LuzMila y mi hija Dalia Fernanda
por ser la motivación más grande
para alcanzar cada meta en mi vida

YOIRYN RINCON MURILLO

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a

La Universidad Industrial de Santander por ser el Alma Mater donde se fortalecen los conocimientos y se adquiere el crecimiento profesional

Al Director del trabajo de grado MSc. en Ingeniería química Crisóstomo Barajas Ferreira por su acompañamiento y direccionamiento durante la realización del proyecto

A las Autoridades Administrativas del municipio de Capitanejo por facilitarnos la información disponible y permitirnos realizar el trabajo de campo en las instalaciones de la planta de agua potable

Al señor Juan Barragan, operador de la planta de tratamiento de agua potable por su colaboración durante las visitas técnicas

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE CAPITANEJO	18
1.1 POBLACIÓN	19
1.2 AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO	19
1.3 TURISMO	20
1.4. DIMENSIÓN AMBIENTAL	21
2. MARCO TEÓRICO	22
2.1 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA POTABLE	22
2.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS QUE INFLUYEN EN LA SALUD HUMANA.	23
2.3 UNIDADES DE TRATAMIENTO.....	23
2.3.1 Captación.....	24
2.3.2 Cribado	24
2.3.3 Desarenado	24
2.3.4 Aireación	24
2.3.5 Coagulación	24
2.3.6 Floculación.....	25
2.3.7 Sedimentación	25
2.3.8 Filtración	25
2.3.9 Desinfección.	25
3. MARCO NORMATIVO	27

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	29
5. JUSTIFICACIÓN.....	30
6. OBJETIVOS.....	31
6.1 OBJETIVO GENERAL	31
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
7. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA EXISTENTE EN CAPITANEJO.....	32
7.1 CAPTACIÓN.....	33
7.2 DESARENADO	33
7.3 CÁMARAS DE QUIEBRE	34
7.4 MEDICIÓN DE CAUDAL.....	34
7.5 CÁMARA DE REPARTICIÓN	34
7.6 FLOCULADOR	35
7.7 SEDIMENTACIÓN DE ALTA TASA CON MÓDULOS	35
7.8 FILTRACIÓN RÁPIDA EN ARENA	36
7.9 DESINFECCIÓN CON CLORO	37
7.10 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA.....	37
8. METODOLOGÍA	38
9. RESULTADOS Y ANÁLISIS	39
9.1. MATERIALES Y EQUIPOS.....	39
9.2 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EXISTENTE	40
9.2.1 Inspección de instalaciones	40
9.2.2 Revisión de Funcionamiento de la Planta	41

9.2.3 Aforo de la planta.....	41
9.2.4 Preparación de coagulante	43
9.2.5 Dosificación de Coagulante	44
9.2.6 Determinación de dosis óptima de coagulante	45
9.2.7 Determinación de eficiencia de la planta	46
9.2.8 Prueba de jarras con hidroxiclورو de aluminio.....	48
9.2.9 Sistema de filtración.....	49
9.2.10. Análisis de Dimensionamiento Hidráulico	50
9.2.11 Resultados de laboratorio para agua cruda	50
9.2.12 Histórico de análisis fisicoquímico y microbiológico.....	52
10. PROPUESTAS DE MEJORA PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL MUNICIPIO DE CAPITANEJO – DEPARTAMENTO DE SANTANDER.....	54
10.1. ESTIMACIÓN DE CAUDAL DE DISEÑO PARA LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL MUNICIPIO.....	54
10.2. GESTIÓN EN LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA LÍNEA DE ADUCCIÓN DEL RÍO NEVADO	55
10.3. IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA.....	55
10.4. PLAN DE CONTINGENCIA POR DESABASTECIMIENTO.....	56
10.5. PROGRAMA DE CONTROL DE PÉRDIDAS Y DISMINUCIÓN DE ÍNDICES DE AGUA NO CONTABILIZADA.....	56
10.5.1 Índice de Agua no contabilizada (IANC)	57
10.5.2 Informe financiero.	59
10.6. CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE DE COMPENSACIÓN.	60
10.7. OPTIMIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS TANQUES EXISTENTES.	60

10.8. REUBICACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y COMPRA DE LOTES.61

11. CONCLUSIONES62

12. RECOMENDACIONES.....63

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....64

BIBLIOGRAFÍA.....65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de Capitanejo.....	18
Figura 2 Imagen aérea zona urbana Capitanejo.....	20
Figura 3. Esquema de sistema de potabilización de agua.....	24
Figura 4. Modelo de un sistema típico de tratamiento de agua potable.....	26
Figura 5. Planta de tratamiento de agua potable Capitanejo.....	32
Figura 6. Tanque desarenador.....	33
Figura 7. Sedimentador.....	36
Figura 8. Materiales utilizados en prueba de campo.....	39
Figura 9. Equipo de jarras utilizado en planta.....	40
Figura 10. Imagen general de la Planta de tratamiento de Capitanejo.....	41
Figura 11. Entrada de agua cruda a canaleta Parshall.....	43
Figura 12. Policloruro de aluminio usado en planta.....	44
Figura 13. Caseta de dosificación de químicos.....	44
Figura 14. Resultado prueba de jarras con PAC.....	46
Figura 15. Prueba de jarras con PAC.....	46
Figura 16. Módulos de floculación tipo alabama.....	47
Figura 17. Sedimentador de alta tasa.....	48
Figura 18. Turbiedad vs concentración con Hidroxicloruro de Aluminio.....	49
Figura 19. Filtros rápidos multicapa.....	50
Figura 20. Caudal facturado vs caudal de entrada a la planta.....	57
Figura 21. Índice de agua no contabilizada.....	58
Figura 22. Grafica de consumo facturado VS consumo no facturado.....	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Características físicas del agua	22
Tabla 2 Características químicas del agua	22
Tabla 3 Sustancias con riesgo a la salud humana	23
Tabla 4 datos de aforo de entrada a planta monitoreo 1	42
Tabla 5 Datos de aforo de entrada de agua a planta monitoreo 2	42
Tabla 6. Condiciones de agua cruda.	45
Tabla 7.Prueba de jarras con PAC	45
Tabla 8.Turbiedad en unidades de proceso.....	47
Tabla 9.Parámetros de agua cruda.....	48
Tabla 10. Resultados de prueba de jarras con ACH4.....	48
Tabla 11.Resultados de laboratorio de agua cruda	51
Tabla 12.Datos promedio por año de calidad de agua de Capitanejo	52
Tabla 13.Resultado de IRCA mensual año 2013 Capitanejo.....	53
Tabla 14.Estimación de caudales de diseño para la población actual y futura 2016-2041.....	54
Tabla 15.Volumen facturado vs volumen mensual de entrada a la planta.....	57
Tabla 16.. Índice de agua no contabilizada.....	58
Tabla 17.Informe financiero de consumo no facturado	59

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A Resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos de agua cruda
- ANEXO B. Histórico de Población año 2008 - 2016
- ANEXO C Calculo de proyección de población, dotación y caudal máximo (QMD) diario al año 2041
- ANEXO D Cálculo capacidad tanque de almacenamiento
- ANEXO E Chequeo hidráulico planta existente de 15 l del municipio de Capitanejo - Santander.

RESUMEN

TITULO: EVALUACION, DIAGNOSTICO Y ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CAPITANEJO (SANTANDER)*

Autores: CABALLERO RUEDA, Juan A. RINCÓN MURILLO, Yoilyn.**

Palabras Claves: Coagulante, Agua potable, Calidad de Agua, RAS 2000.

DESCRIPCION

El agua es el recurso natural más estratégico para el desarrollo sostenible de una sociedad. El estado colombiano ha establecido objetivos para los próximos años que buscan mejorar el suministro de agua en calidad y cantidad, para lo cual ya se cuenta con un estudio técnico del panorama general de la situación en el país.

Se hace necesario que se realicen estudios que permitan conocer las condiciones en que se encuentran los sistemas de captación, tratamiento y abastecimiento de agua potable en cada población. El municipio de Capitanejo presenta deficiencias en su sistema de suministro por lo que se requiere una intervención en sus operaciones, procesos y equipos, así como incorporar nuevos. Se detectan oportunidades de mejora en las etapas de floculación, filtración, desinfección y distribución que requieren la intervención de las autoridades municipales. Asimismo, este estudio identifica aspectos como baja capacidad de la planta de tratamiento de agua, elevado consumo y procedimientos rudimentarios que no garantizan permanentemente su calidad. Se realiza el dimensionamiento hidráulico con base en el consumo actual y se determina la capacidad necesaria para la ampliación de la planta de tratamiento de acuerdo al Reglamento Técnico RAS 2000, así como la estimación de agua no contabilizada por deficiencias en la red de abastecimiento y la necesidad de generar conciencia ambiental en el ahorro y uso eficiente.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director: Crisóstomo Barajas Ferreira, MSc en Ingeniería Química.

ABSTRACT

TITLE: EVALUATION, DIAGNOSIS AND ALTERNATIVES FOR IMPROVEMENT OF THE DRINKING WATER TREATMENT PLANT OF CAPITANEJO MUNICIPALITY (SANTANDER)*

Authors: CABALLERO RUEDA, Juan A. RINCON MURILLO, Yoiry^{**}

Keywords: Coagulant, Drinking Water, Water Quality, RAS 2000.

DESCRIPTION

Water is the most strategic natural resource for the sustainable development of a society. The Colombian State has set goals for the coming years that seek to improve water supply in quality and quantity; for this purpose, is already available a technical study of the general situation of the Country.

It is necessary to carry out studies that allow to know the current conditions of the systems of capture, treatment and supply of drinking water in each population. The municipality of Capitanejo has deficiencies in its supply system, so it requires an intervention in its operations, processes and equipment, as well as incorporate new processes. Opportunities for improvement in the stages of flocculation, filtration, disinfection and distribution are detected and they require the intervention of the municipal authorities. In this way, this study identifies aspects such as low capacity of the water treatment plant, high consumption and rudimentary procedures that do not guarantee permanently its quality. The hydraulic sizing is carried out based on current consumption and the capacity required for the expansion of the treatment plant is determined according to the technical regulation RAS 2000, as well as the estimation of water not accounted for by deficiencies in the supply network and the need to generate environmental awareness in saving and efficient use.

* Degree Work

** Physical – Chemistry Engineering Faculty. Chemical Engineering School. Specialization in Environmental Engineering . Directed by: Crisóstomo Barajas Ferreira, MSc Chemical Engineering

INTRODUCCIÓN

El Gobierno Nacional a través del Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) ha venido desarrollado desde el 2010 con una proyección a 12 años, su gestión del recurso agua a través de la Política Integral de Gestión del Recurso Hídrico, la cual establece como objetivo principal garantizar la sostenibilidad del mismo. Para ello se han planteado una serie de principios y objetivos específicos, para los cuales se han definido estrategias y directrices que permitan a cada una de las instituciones y usuarios del recurso elaborar su plan de acción. Uno de los principios establecidos es el uso prioritario para el consumo humano que sumado al de ahorro y uso eficiente, determinan lo que debe tener en cuenta las administraciones municipales en materia de abastecimiento y calidad del agua.

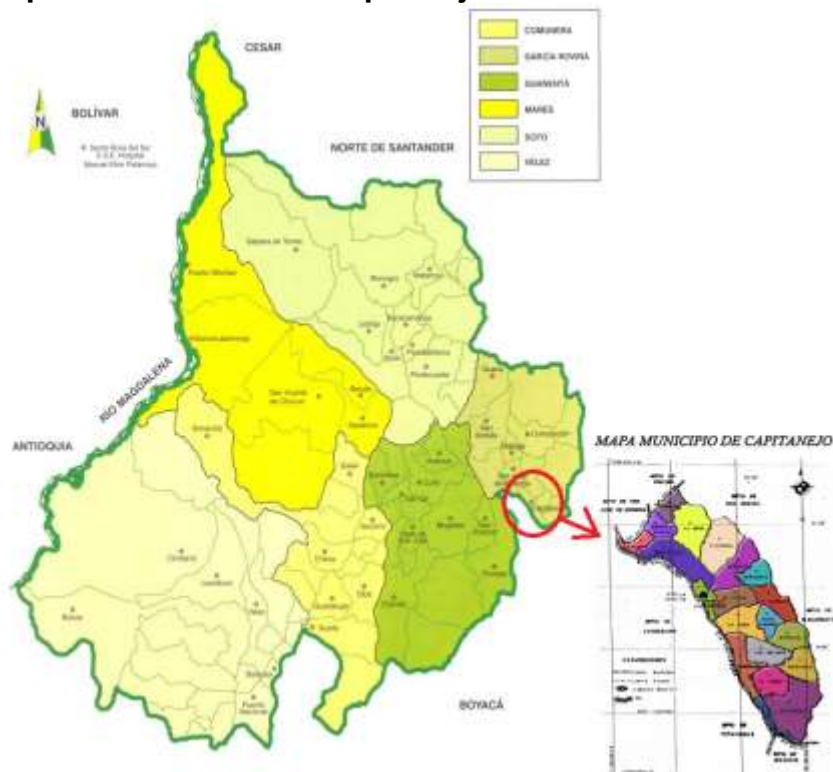
La calidad del agua que se le viene suministrando a la población es en muchos casos deficiente, lo que se refleja en los innumerables reportes de enfermedades asociadas a su consumo. De acuerdo a la información publicada por el Instituto Nacional de Salud, el agua suministrada a gran parte de los municipios de Santander no es potable según el índice de riesgo de calidad del agua (IRCA) calculado para cada uno de ellos. Este indicador es debido en gran parte a las deficientes condiciones en que se encuentran las plantas de tratamiento, que en muchos casos no cuentan con la capacidad instalada suficiente o presentan una baja eficiencia de remoción de contaminantes.

El municipio de Capitanejo no es ajeno a esta problemática y debido a la poca gestión realizada en los últimos años para garantizar no solo cantidad sino calidad del agua suministrada a sus habitantes, además teniendo en cuenta la proyección turística la zona, está en la obligación de elaborar un plan de acción que le permita alcanzar los objetivos del Gobierno Nacional y contribuir al desarrollo económico de la región. Lo desarrollado en el presente estudio busca contribuir al diagnóstico inicial del sistema de abastecimiento de agua potable del municipio y formular alternativas que le permitan a la administración definir los proyectos a ejecutar y los recursos a gestionar con el Gobierno Departamental y Nacional.

1. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE CAPITANEJO

El municipio de Capitanejo se localiza en el centro oriente del departamento de Santander en la Provincia de García Rovira, con una extensión de 81 Km², posee una altitud media de 1.090 m. s. n. m. con un clima cálido seco a una temperatura de 25 °C. Se ubica a 197 Km de la ciudad de Bucaramanga por carretera de difícil tránsito que comunica los municipios de San José de Miranda, Málaga, San Andrés, Guaca y Piedecuesta para llegar a la capital en un lapso de ocho horas.¹

Figura 1. Mapa de ubicación de Capitanejo



Fuente: PINZON HIGUERA, Johnny. Plan de Desarrollo de Capitanejo 2016-2019. [en línea] disponible en: <http://capitanejo-santander.gov.co>

Limita al norte con los municipios de San José de Miranda y Enciso, al oriente con San Miguel y Macaravita, al sur con el río nevado y al occidente con el departamento de Boyacá con los municipios de Covarachía y Tipacoque después del Río Chicamocha.

La cabecera municipal de este municipio se localiza a los 6° 32' de latitud norte y a los 72° 42' de longitud al oeste del meridiano de Greenwich, la precipitación promedio es de 950 milímetros anuales.

Cuenta con una topografía que va desde terreno plano hasta muy escarpado, por estar localizado en la falla geológica conocida como el Cañón del Chicamocha, se destacan las alturas de: El Peñón, (Montecillo), Altamira (Sabavita), Las varas (Platanal), Peña larga (Aguachica), El morro de Berberico (Sebaruta) y Chamorro (Gorguta).

A pesar de tener un sistema topográfico difícil, en constante erosión y de gran aridez, el municipio es conocido por su producción de tabaco, papaya, mamoncillo, melón, yuca, frijol y maíz. La ganadería constituye el principal ingreso para las familias, las explotaciones pecuarias para el municipio están representadas por bovinos doble propósito (leche y crías), bovinos ceba integrada, caprinos, porcinos, equinos de labor, aves de postura y aves de carne, principalmente.

El municipio se encuentra dividido en 19 áreas geográficas identificadas como veredas y el casco urbano comprendido por los barrios Centro I, Centro II, Libertadores, Las Acacias, Santa Isabel, Villa Paz, Villas de San José, La Palmera, Sagrado Corazón, Santo Domingo y San Antonio.

1.1 POBLACIÓN

De acuerdo con las cifras del Censo General del DANE en el 2005, El municipio de Capitanejo se conforma por una población de 5.593, el 50,4% son del género masculino (2.821) y el 49,5% de género femenino (2.772), de las cuales en edad fértil y productiva (15 a 49 años) representan el 46,35% (1.285) del total de mujeres; por su parte para el departamento, el total de mujeres en edad fértil representan el 52% (540.865) del total de la población femenina.²

1.2 AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

El manejo de los servicios de agua potable y saneamiento básico están a cargo de la unidad de servicios públicos que depende de la administración central. Para controlar el consumo y el valor de la tarifa cada usuario cuenta con medidor y el valor de su consumo se establece de acuerdo a las tarifas reglamentadas por la Comisión Nacional de Servicios Públicos.

Figura 2. Imagen aérea zona urbana Capitanejo



Fuente: Google earth

Actualmente el municipio cuenta con 1.829 viviendas habitadas por 2.027 familias; en el sector urbano se localizan 1.106 viviendas, de las cuales están conectadas con servicio de acueducto y alcantarillado 934, lo que representa una cobertura total de acueducto y alcantarillado urbano del 84,44%; el sector rural está conformado por 723 viviendas de las cuales solamente 196 se encuentran conectadas al servicio de acueducto para una cobertura total de 27,10%; en cuanto a alcantarillado en el sector rural solamente hay 14 viviendas que cuentan con este servicio y presentan una cobertura del 2%.³

1.3 TURISMO

La ubicación geográfica en la ribera del río ofrece la vista del majestuoso paisaje del Cañón del Chicamocha, el cual se constituye en su principal atractivo turístico; su clima cálido también es una atracción turística para los pobladores de municipios vecinos, que se desplazan generalmente los fines de semana a disfrutar de las piscinas, comida típica, el Río Chicamocha, el canotaje y deportes de aventura, además de la calidez de su gente.

1.4. DIMENSIÓN AMBIENTAL

El municipio cuenta con 4.055 hectáreas de las cuales 833 (ha) están dedicadas a cultivos agrícolas, 159 (ha) conformadas por bosques y 3.063 (ha) dedicadas a otros usos.⁴ La deforestación en el municipio ha incrementado la fragilidad del ecosistema de cuencas que llevan a la reducción de los caudales de las quebradas que abastecen de agua para el consumo doméstico, urbano y rural. Capitanejo es bañado por la hoya del río Chicamocha, situado a la margen occidental del municipio riega la mayor parte de territorio, aunque por la calidad de sus aguas no es óptima para consumo humano debido a los desechos industriales de Acerías Paz del Río y contaminación de otros municipios por vertimiento de aguas servidas. Parte de la población la utiliza para sus quehaceres domésticos, es aprovechado para riego de cultivos por gravedad o con motobomba; es límite con el departamento de Boyacá, y en temporada de verano el río es utilizado como balneario natural por los habitantes de la región. En el Río Chicamocha desembocan las siguientes microcuencas:

El Río Tunebo: Nace en la región de páramos del municipio de Carcasí, sirve como límite con el municipio de Enciso, baña las veredas de Carrizal y Quebrada de Vera.

Quebrada de Balahula: Sirve como límites con el municipio de San Miguel y es la que proporciona el agua para el consumo local, con muy poco trabajo de reforestación, sostenimiento y conservación por parte de nuestro municipio.

Quebrada de San Pedro o Chorrera: Baña las veredas de la Chorrera, El Datal y La Loma, su caudal es aprovechado con doble propósito, para consumo humano y riego de cultivos, a la altura de la escuela de la chorrera, forma una cascada de aproximadamente 90 m brindando un espectáculo digno de admirar que es proyectado como sitio para la práctica del eco-turismo.

Quebrada de los Molinos: Baña las Veredas Gorguta, Molinos y Rodeo.

Río Nevado: Deriva su nombre por ser el producto del descongelamiento de la Sierra Nevada del Cocuy, conocido como reserva natural y parque ecológico. Sirve de límites con el municipio de Boavita Boyacá, irriga la vereda de Las Juntas antes de desembocar sobre el río Chicamocha; en la actualidad se proyecta como sitio ideal para la práctica de deportes como el canotaje.

2. MARCO TEÓRICO

El agua en su estado natural presenta una serie de componentes que permiten caracterizarla y de allí definir su uso potencial. Asimismo si el objetivo es aprovecharla para el consumo humano se deben conocer sus condiciones antes de su captación para definir los componentes del tratamiento requerido para su potabilización.

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA POTABLE

El agua potable debe cumplir ciertos requisitos físicos, químicos y biológicos, que garantizan la inocuidad de la misma y que están debidamente reglamentados. El agua potable obtenida en una planta de tratamiento, no exceder los parámetros establecidos por la normatividad, específicamente la resolución 2115 de 2007, así:

Tabla 1 Características físicas del agua

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	VALOR MAXIMO ACEPTABLE
Color aparente	15 UPC
Olor y sabor	Aceptables
Turbiedad	2 UNT

El principal agente químico desinfectante usado en potabilización de agua es el cloro gaseoso, el cual tiene muchas ventajas, tales como su bajo costo, amplio espectro y efecto residual. Para monitorear la eficiencia de la desinfección la normatividad ha establecido un rango óptimo y también el pH en el cual éste es más efectivo y que se señala en la siguiente tabla.

Tabla 2. Características químicas del agua

CARACTERÍSTICAS FISICO-QUIMICAS	VALOR ADMISIBLE
Conductividad	< 1000 μ Siemens/cm
PH	6.5 – 9.0
Cloro residual libre	0.3 – 2.0 mg/L

El valor aceptable para cloro residual libre aplica para cualquier punto en la red de distribución del agua para consumo humano. La dosis de cloro a aplicar para la desinfección del agua y asegurar el residual libre resulta de pruebas frecuentes de demanda de cloro.

2.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS QUE INFLUYEN EN LA SALUD HUMANA

Se monitorea con una frecuencia anual las sustancias químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, de manera que no supere los valores máximos establecidos, tal como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 3 Sustancias con riesgo a la salud humana

ELEMENTO O COMPUESTO QUÍMICO	VALOR MAXIMO ACEPTABLE mg/L
Carbono Orgánico total	5.0
Nitritos	0.1
Nitratos	10
Fluoruros	1.0

Cualquier incremento en las concentraciones habituales de Carbono Orgánico Total – COT – debe ser analizado e investigado con el fin de establecer el tratamiento correspondiente para su reducción.

2.3 UNIDADES DE TRATAMIENTO

Una planta de tratamiento es una secuencia de operaciones o procesos unitarios, convenientemente seleccionados con el fin de remover totalmente los contaminantes microbiológicos presentes en el agua cruda y parcialmente los físicos y químicos, hasta llevarlos a los límites aceptables estipulados por las normas.

Figura 3. Esquema de sistema de potabilización de agua



Fuente: CONSTRUMATICA Estación de tratamiento de agua [en línea] disponible en:

www.construmatica.com/construpedia/Estacion_de_tratamiento_de_agua_potable

Los procesos tradicionales de tratamiento del agua potable son los siguientes:⁵

2.3.1 Captación Es el proceso mediante el cual se toma el agua desde la fuente natural de abastecimiento utilizando estructuras que derivan del cauce en un caudal determinado para tratamiento o mediante succión con sistemas de bombeo.

2.3.2 Cribado Es una etapa que permite separar los sólidos suspendidos de mayor tamaño y que pueden provocar daños al resto de las unidades del proceso. Generalmente se utilizan rejillas o mallas que retienen sólidos gruesos, las cuales son periódicamente limpiadas para facilitar el paso del agua

2.3.3 Desarenado Permite retener por sedimentación la arena y lodos suspendidos que trae el agua cruda a fin de evitar que ingresen al proceso de tratamiento y lo obstaculicen creando serios problemas.

2.3.4 Aireación La aireación es el proceso de tratamiento mediante el cual se incrementa el área de contacto del agua con el aire para facilitar el intercambio de gases y sustancias volátiles. Permite remover gases disueltos, introducir oxígeno en el agua para oxidar metales presentes y remover sustancias causantes de sabores y olores

2.3.5 Coagulación La coagulación tiene como finalidad anular las cargas eléctricas de las partículas y transformar las impurezas que se encuentran en

suspensiones finas o en estado coloidal y algunas que están disueltas en partículas que puedan ser removidas por sedimentación y filtración.

2.3.6 Floculación Es el proceso mediante el cual las partículas ya desestabilizadas chocan unas con otras para aglutinarse formando lo que se conoce como flocs que al aumentar de tamaño tienden a sedimentar. En esta fase existe cierta estabilidad hidrodinámica y el régimen ya no es turbulento lo que facilita la sedimentación

2.3.7 Sedimentación Es el proceso mediante el cual se promueve la acumulación del material en suspensión por acción de la gravedad en el fondo de un tanque. La remoción de materiales en suspensión se obtiene al reducir la velocidad del agua, hasta lograr que las partículas en suspensión se depositen en determinado tiempo de retención.

2.3.8 Filtración La filtración del agua consiste en hacerla pasar a través de sustancias porosas que puedan retener o remover algunas de sus impurezas. Por lo general, se utiliza como medio poroso la arena soportada por capas de piedras, debajo de las cuales existe un sistema de drenaje. Igualmente se utiliza carbón activado cuando se requiere aumentar el grado de purificación.

2.3.9 Desinfección. Es un proceso en el cual se elimina la carga bacteriana que no haya sido removida en los procesos previos. La desinfección del agua en las plantas de tratamiento de agua se realiza con cloro y, por ello, el término desinfección comúnmente se substituye por cloración. La desinfección es una medida que se debe adoptar en todos los sistemas de abastecimiento, tanto como medida correctiva como preventiva. Esto se debe a que toda agua pura o purificada en una planta de tratamiento puede tener un largo recorrido hasta el momento en que es consumida.

Figura 4. Modelo de un sistema típico de tratamiento de agua potable



Fuente: SALAZAR, L. diseño de plantas de tratamiento. módulo didáctico Medellín universidad nacional abierta y a distancia-UNAD, 2013.

3. MARCO NORMATIVO

El Ministerio de Salud y Protección Social, con sus denominaciones anteriores, como entidad rectora de la salud en Colombia, viene normalizando desde hace varias décadas la calidad del agua potable en el país y lleva a cabo la vigilancia de la misma a través de las entidades territoriales de salud. Para perfeccionar la realización de esta tarea, se creó el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua, Este Sistema establece no solamente los instrumentos de vigilancia y control del suministro de agua para consumo humano, sino también los diferentes niveles de responsabilidad de los actores involucrados, frente al deber constitucional de brindar agua apta para consumo humano, es decir, sin riesgo para la salud de la población colombiana

Decreto 1575 del 09 de Mayo de 2007

A través del cual el Ministerio de la Protección Social junto con el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial establecen el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, con el propósito de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada.

Resolución 2115 del 22 de Junio de 2007

Mediante la cual los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, establecen las características de calidad del agua para consumo humano, se disponen para todo el territorio colombiano, por lo que se deben acatar en todo sistema de abastecimiento de agua potable.

Resolución 1096 del 17 de Noviembre del 2000

El Ministerio de Desarrollo Económico adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, documento en que se señalan los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias que adelanten las Entidades prestadoras de los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo o quien haga sus veces.

Resolución 0811 del 05 de Marzo de 2008

En la que los Ministerios de la protección social y de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, fijan los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.

Ley 373 de 1997

Define el accionar de las empresas prestadoras del servicio de agua potable y saneamiento básico en Colombia, y brinda las herramientas necesarias para la formulación de los programas de uso eficiente y ahorro de agua desde los cuales se materializan los propósitos de la política ambiental. El Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua es el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El suministro de agua de calidad para la población en Colombia se ha venido dificultando cada vez más debido a la pérdida de fuentes de abastecimiento que presenten condiciones óptimas para su tratamiento, esto debido a los niveles altos de contaminación que padecen las fuentes hídricas producto de actividades antrópicas. El consumo de agua no potable por parte de la población en Colombia es alto y el aumento de los casos de enfermedades relacionadas con esta situación, tal como lo reporta el Instituto nacional de Salud, es progresivo. Uno de los factores más incidentes en esta problemática es la baja eficiencia de los sistemas de tratamiento y los rudimentarios que son sus instalaciones. Sumado a esto está la deficiente operación y el poco o nulo mantenimiento que se les realiza, lo cual lleva al abandono y pérdida de funcionalidad. En el Municipio de Capitanejo se cuenta con un sistema de tratamiento compacto que desde su diseño no se consideró la demanda futura de agua de la población y que tiene hoy al municipio con índices bajos de cumplimiento de calidad del agua potable por menor capacidad de tratamiento y un sobreconsumo que obliga a buscar nuevas fuentes de abastecimiento.

Teniendo en cuenta lo anterior, presentaremos un informe del estado actual de cada uno de los procesos de la planta de tratamiento de agua potable y finalmente establecer alternativas para la optimización y mejoramiento de la misma.

5. JUSTIFICACIÓN

El consumo de agua en Colombia es uno de los aspectos ambientales más significativos en su desarrollo social y económico, ya que es un recurso natural del cual no se cuenta con sustituto alguno. Nuestra sociedad debe tomar conciencia de la importancia que tiene, especialmente para las generaciones futuras, el utilizar el agua de una manera razonable sin generar despilfarro. Debido a estos altos consumos, en gran parte de las ciudades y municipios del país, el agua suministrada es de una calidad deficiente ya que los tratamientos llegan a sus niveles máximos de operación, a pesar de ser diseñados con proyección. Hoy en día las plantas de tratamiento se diseñan para 20 o 25 años y mucho tiempo antes ya han alcanzado el 100% de su capacidad.⁶ Tal es el caso del Municipio de Capitanejo, en el departamento de Santander, donde también se han sumado situaciones de deterioro de los equipos, falta de mantenimiento y poca capacitación del personal operativo. Este trabajo surge de la necesidad de plantear alternativas que le permitan a la administración local tomar acciones no solo con el objetivo de garantizar el suministro de agua de calidad, sino también el de reducir el volumen de vertimientos que están impactando seriamente las condiciones naturales del Río Chicamocha.

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la evaluación y diagnóstico de la operación de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Capitanejo y plantear alternativas para mejorar su eficiencia

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información relacionada con el diseño inicial de la planta, la calidad del agua suministrada y compararla con la normatividad vigente en Colombia
- Elaborar un análisis de las diferentes etapas de la PTAP para determinar la capacidad instalada y compararla con el funcionamiento actual
- Plantear alternativas de mejoramiento para el sistema completo que permitan suministrar con la calidad requerida y de manera eficiente.

7. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA EXISTENTE EN CAPITANEJO

Inicialmente se revisó la información suministrada por la Secretaría de Planeación Municipal relacionada con los diseños básicos de la planta de tratamiento de agua potable descritos en el plan maestro de acueducto y alcantarillado del año 2004, el cual contiene los cálculos de diseño y dimensionamiento de las unidades que la componen.⁷ La actual planta de tratamiento de agua potable del municipio de Capitanejo es un sistema compacto fabricado en fibra de vidrio para un caudal de 15 L/s, conformada por: caseta de dosificación de químicos, floculador hidráulico tipo Alabama, sedimentadores, filtros rápidos de arena y tanque de almacenamiento en concreto. Fue fabricada por la Empresa MSA Ingeniería de la ciudad de Bogotá.

Figura 5. Planta de tratamiento de agua potable Capitanejo Año 2004



Fuente: MSA Ingeniería Manual de Operación de la Planta de Agua Potable. Capitanejo. Santander

El sistema completo de tratamiento, para efectos del presente estudio se puede dividir de la siguiente manera:⁷

7.1 CAPTACIÓN

El sistema de acueducto del Municipio de Capitanejo se surte con un afloramiento en la vereda San Isidro del Municipio de San Miguel en el límite nororiental a una Altura de 2350 msnm y que más tarde forma la quebrada Balahula que tiene un recorrido aprox. de 12 Km con afluencia al Río Chicamocha. Del sitio donde se toma el agua hasta los tanques de almacenamiento existen 6 km.

La captación para el acueducto del Municipio se realiza mediante una rejilla de fondo en el nacimiento. El agua se capta del primer nacimiento “El Higuerón”, derivándola hacia una caja con un caudal de 12 l/s, de allí se conduce al desarenador en tubería pvc de 4”. Este nacimiento generalmente es el que abastece el acueducto del Municipio en forma permanente. Se cuenta con un segundo afloramiento denominado El Saud (Nombre del árbol) del cual se captan 3 l/s

7.2 DESARENADO

Figura 6. Tanque desarenador



Fuente: Plan maestro acueducto y alcantarillado del municipio de Capitanejo – Santander tomo III

Se cuenta con un desarenador ubicado aprox. a 300 m de la bocatoma número uno El Higuierón de dimensiones totales de 11,5 m x 3 m con una profundidad que varía de 0,7 m hasta 2,2 m en su parte más profunda. La estructura consta de una cámara de llegada donde, por medio de una pantalla conformada por un muro de 15 cm de espesor en ladrillo con orificios rectangulares, el flujo es transformado de turbulento a laminar. Se observa que la pantalla no es muy eficiente ya que después de esta, el flujo aún se comporta de manera turbulenta y no presenta una velocidad adecuada. El desarenador presenta tubos metálicos de salida de aire, válvula de lavado, y una estructura de coladera al final donde el flujo es entregado a un tubo de 6" en pvc que tiene un tramo aproximado de 24 m después del cual pasa a ser de 4" también en pvc hasta llegar a la cámara de quiebre No 1.

7.3 CÁMARAS DE QUIEBRE

Estas se encuentran aproximadamente cada 1000 m y su función es la de proporcionar cambio de dirección a la tubería y disipar energía. En términos generales todas se encuentran en buen estado a excepción de la cámara 6. Tienen como dimensiones 2,8 m x 2,25 m y con altura de 1,40 m.

Cada cámara tiene una pantalla que la divide en dos zonas: a la primera llega el tubo y se disipa la energía por el golpe del flujo sobre la superficie del agua, luego pasa, ya sea por la parte superior a manera de vertedero o por la parte inferior de la pantalla hacia la segunda zona donde se encuentra el tubo de salida. Inmediatamente después de la cámara de quiebre existe una caja donde se encuentra la válvula.

7.4 MEDICIÓN DE CAUDAL

Se cuenta con una canaleta Parshall de un ancho de garganta ($W=3''$) en fibra de vidrio ubicada a la entrada de la planta conectada a la tubería que trae el agua desde la cámara de disipación N° 6. Allí mismo se aplican por goteo los coagulantes en el punto de máxima turbulencia facilitando una mezcla rápida.

7.5 CÁMARA DE REPARTICIÓN

Aguas abajo del vertedero se cuenta con una cámara de repartición para los módulos de floculación, permitiendo una desviación con una tubería de 6" hacia los filtros, para hacer filtración directa de ser necesario.

7.6 FLOCULADOR

Se cuenta con un sistema de coagulación- floculación Tipo Alabama, el cual consiste de un tanque con 12 cámaras, dividido en 2 módulos de 6 cámaras. El tiempo de retención establecido es de 30 minutos. Debido a la baja turbiedad de la fuente, no se consideró necesario la adopción de floculadores mecánicos, pues su alto costo es opuesto al factor de utilización del sistema. Por otra parte, debido a las restricciones topográficas, se vio la conveniencia de usar cámaras de alta profundidad y de área pequeña para ajustarse a la disponibilidad del terreno de construcción de la planta. El sistema de floculación tipo Alabama existente consiste en dos módulos de floculación y cada uno de estos con ocho cámaras de 0,60 m x 0,68 m de base por 3,3 m de profundidad garantizando un periodo de retención de 30 minutos. La interconexión entre cámaras se hace mediante codos ahogados de 6" con platinas a la salida de los mismos para controlar el gradiente de velocidad. La salida de cada módulo tiene unos pasamuros con una válvula de mariposa que regula la entrada del fluido a cada módulo de sedimentación. Los codos están ubicados de forma alternada, en una cámara a la derecha y en la que sigue a la izquierda; en el fondo se ubica un desagüe para la evacuación de lodos.

La distribución del agua floculada a los compartimientos de sedimentación se efectúa mediante el ducto central el cual está provisto de 4 orificios de 0,30 m de diámetro a distancia de 0,75 m entre centros.

7.7 SEDIMENTACIÓN DE ALTA TASA CON MÓDULOS

Este sistema opera mediante el uso de módulos de sedimentación, con dos decantadores cada uno constituido por un compartimiento de 2,00 m X 4,06 m y 3,98 m de profundidad. En el nivel superior se encuentra la canaleta de recolección de agua sedimentada con dimensiones de 0,9 m de ancho por 4,35 m hasta el vertedero de entrada al filtro con una profundidad de 0,6 m. Los módulos de sedimentación o panales tienen las siguientes características: a) son conductos cuadrados de dimensión 0,6 x 0,6 m ubicados a 60° b) la separación entre cada una de los componentes del módulo es de 5 cm. Se diseñaron 2 módulos tal como lo establece el RAS 2000.

Figura 7. Sedimentador



Para la evacuación de los lodos se cuenta con un sistema simplificado de tolvas longitudinales de 60° de pendiente transversal que los concentra en “manifolds” longitudinales de 3,5 m con cubiertas en losas prefabricadas de concreto de 0,40 m X 1,00 m y 0,05 m de espesor provistas de un orificio central de 3”, con un total de 4 orificios de recolección de lodos por “manifold”. Al final de cada “manifold” se cuenta con una válvula tipo mariposa de 10” la cual puede operarse manualmente, dependiendo de la turbiedad del agua, por pocos minutos sin necesidad de vaciar la unidad de sedimentación

7.8 FILTRACIÓN RÁPIDA EN ARENA

El tipo de filtración con que se cuenta es un de flujo rápido de arena y flujo descendente con retrolavado ascensional. Como se trataba inicialmente de un caudal pequeño se determinó el uso de 2 filtros. Las conexiones entre filtros se realizan por tubería de 4”. Las especificaciones del medio filtrante corresponden a la de una arena estándar. Cada filtro es de 3,73 m de longitud por 2,45 m de diametro , dividido longitudinalmente por un canal central de lavado de 0,52 m de ancho, con un ducto inferior de distribución de agua de lavado (Múltiple), se dispone en esta forma de una área neta de filtración de 7,2 m² por filtro resultando un área total de filtración de 14,4 m².

De acuerdo a las memorias de diseño, cada filtro se distribuye de la siguiente forma:

Sistema de drenaje (Falso fondo) en bloques leopol de arcilla vitrificada, incluido mortero de pega	0,27 m
Lecho de grava	0,20 m

Lecho de arena	0,50 m
Altura del vertedero sobre el lecho de arena	0,43 m

El agua filtrada de cada unidad se recolecta en el ducto central de distribución de agua de lavado, sale por una tubería de 6" con válvula de mariposa y llega a una cámara de recolección de agua filtrada.

7.9 DESINFECCIÓN CON CLORO

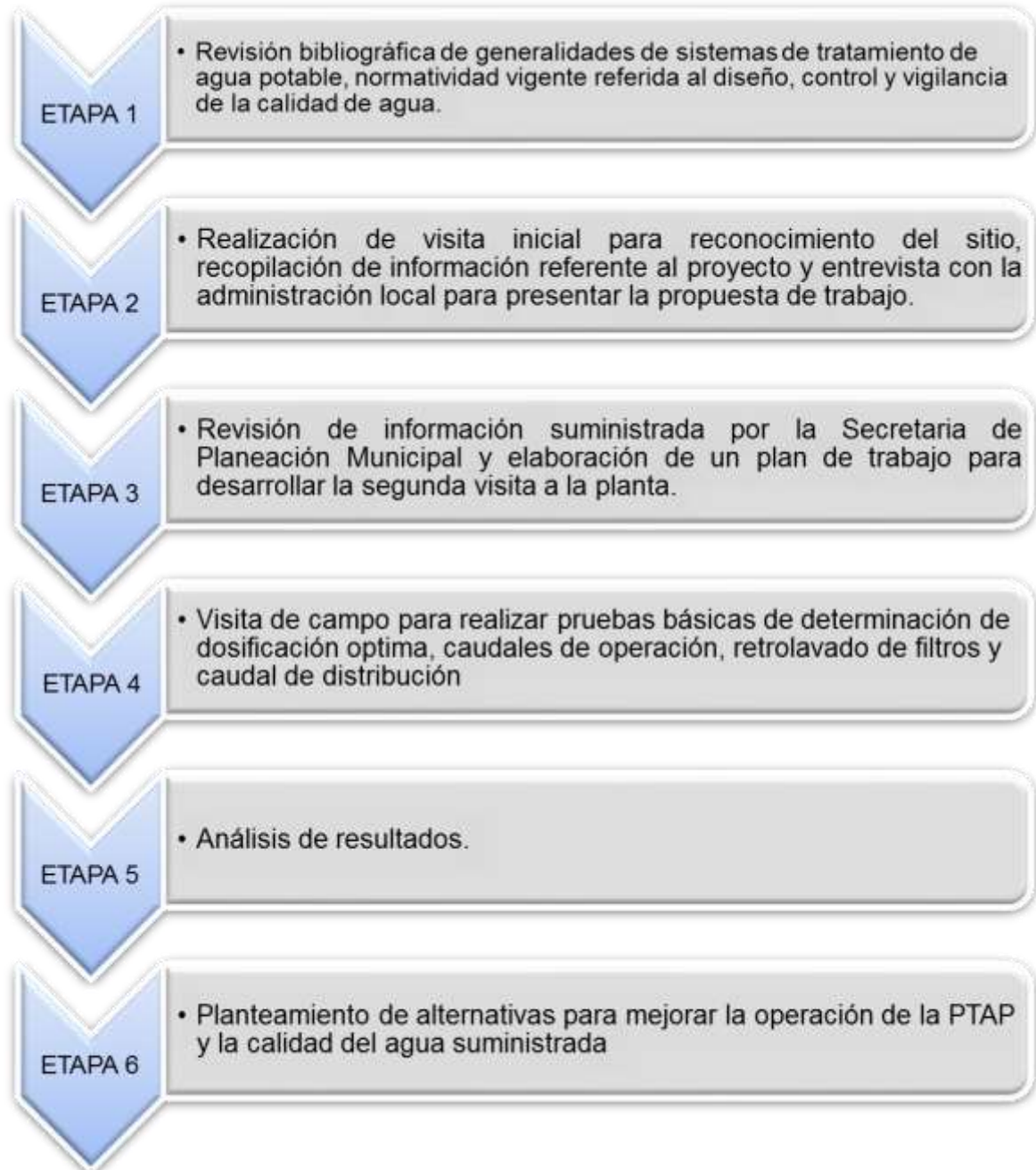
Se ha previsto la aplicación de cloro en solución al agua filtrada, para lo cual se especifica un clorador de tipo vacío. Para la difusión de la solución de cloro se proyectó después de la cámara de recolección de agua filtrada una pantalla sumergida a 1,6 m a partir de la lámina de agua en condiciones normales de filtrado, en este punto se debe aplicar la solución de cloro.

Después de la aplicación de la solución de cloro el flujo es conducido por un canal que en su parte final dispone de un vertedero triangular de control.

7.10 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA

Para el almacenamiento se cuenta de un tanque de 377 m³, dividido en dos módulos de 2,45 m por 21,97 m, interconectados entre sí por una compuerta, con el fin de facilitar el mantenimiento del tanque permitiendo la operación de la planta de tratamiento. El tanque No. 2 aguas abajo presenta problemas estructurales ya que se ven fisuras en los muros.

8. METODOLOGÍA



9. RESULTADOS Y ANÁLISIS

9.1. MATERIALES Y EQUIPOS

Durante la visita de campo se emplearon los siguientes equipos y materiales:

- Equipo de prueba de jarras de 4 puestos lineal
- Turbidímetro HI 93703 marca Hanna
- Medidor portátil multiparámetro (pH, conductividad, TDS, temperatura) HI 9811 marca Hanna
- Probetas de 100 ml y 25 ml.
- Cronómetro
- Jeringas de 1 ml
- Policloruro de aluminio
- Envases de 1 litro para almacenamiento de muestras

Figura 8. Materiales utilizados en prueba de campo



Figura 9. Equipo de jarras utilizado en planta



9.2 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EXISTENTE

9.2.1 Inspección de instalaciones De la visita realizada a la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Capitanejo se pudieron evidenciar diferentes aspectos de su estado y funcionamiento actual. Se revisaron las dimensiones de cada unidad de tratamiento y se compararon con lo establecido en el diseño inicial encontrándose acorde a este. Con relación al funcionamiento pudo evidenciarse que se viene operando a criterio del operador, de una manera que según él, le permite garantizar el suministro de agua para el municipio. El hallazgo más relevante es el no tratamiento de toda el agua suministrada al municipio. Dentro de lo observado se aprecian dos líneas de aducción principales, una de ellas proveniente de la quebrada Balahula la cual abastece actualmente la planta. La otra línea proviene del Rio Nevado, pero se encuentra en su etapa final de construcción (Empresa de servicios Públicos de Santander)⁸ la cual ya cuenta con su conexión a la planta de tratamiento actual. Cada una de sus líneas de aducción se deriva en dos líneas secundarias, una directamente al tanque de abastecimiento de agua tratada y la otra hacia el ingreso a la planta. En el tanque principal de almacenamiento se viene mezclando tanto agua tratada como agua cruda y de ahí se abastece la población.

Figura 10. Imagen general de la Planta de tratamiento de Capitanejo



9.2.2 Revisión de Funcionamiento de la Planta De acuerdo a lo establecido en las memorias de diseño enviadas por la autoridad del municipio, la planta de tratamiento fue diseñada para un caudal máximo de 15 l/s, que evidencia que no fue un proyecto planificado para suplir las necesidades de agua de la población a largo plazo sino para la población existente para la época. De acuerdo a la RAS 2000, estos diseños deben proyectarse para un crecimiento poblacional de 25 años para un municipio como Capitanejo⁹. Realizando un chequeo de la población futura a partir del año 2004 (año de diseño de la planta) y con proyección a 25 años (2029) se debió construir una planta para un caudal de tratamiento de 25.9 l/s (Ver anexo N° 2 y Anexo N° 3)

9.2.3 Aforo de la planta Se verificó el caudal máximo de operación de la planta encontrándose que el máximo caudal que la planta puede tratar en estado estable es entre 11 y 12 l/s. Al intentar aumentar el caudal a la entrada se generaba una inundación en los módulos del floculador provocando un eventual rebose del mismo. Igualmente el caudal de entrada presenta unas intermitencias producto de la caída del agua desde la cámara 6 de quietamiento. Se tomaron lecturas de la canaleta parshall para registrar la variación del caudal:

Muestreo 1 (6:00 am)

Tabla 4 datos de aforo de entrada a planta monitoreo 1

Registro	Altura en canaleta (cm)	Caudal (l/s)
1	14-13	7,84
2	15-16	9,71
3	14-15	8,76
4	18-19	13,85
5	16-17	10,7
6	14-13	7,84

Muestreo 2 (5:00 pm)

Tabla 5 Datos de aforo de entrada de agua a planta monitoreo 2

Registro	Altura en canaleta (cm)	Caudal (l/s)
1	17-18	11,72
2	13-14	7,84
3	15-16	9,71
4	13-14	7,84
5	16-17	10,7
6	13-14	7,84

De lo anterior se puede evidenciar que aunque el caudal de entrada es variable durante el tratamiento, no es posible operar la planta a su caudal máximo de diseño, sino hasta máximo un 71% de este. Del muestreo 2 que se realizó finalizando la tarde se aprecia un aumento estimado del 5.5% en el caudal aportado por la bocatoma. El caudal total suministrado en la mañana fue de 16 l/s y en la tarde de 18 l/s.

Figura 11. Entrada de agua cruda a canaleta Parshall



9.2.4 Preparación de coagulante Para la coagulación se viene utilizando policloruro de aluminio (PAC) sólido al 30-31% de Al_2O_3 marca SDJIAHUA fabricado en China.¹⁰ Para la aplicación en planta se prepara en solución al 1% en un tanque de 500 litros. No se cuenta con agitación mecánica, para lo cual el operador realiza agitación manual con ayuda de un listón de madera al momento de preparar la mezcla. De acuerdo a las recomendaciones del fabricante el producto normalmente debe prepararse en solución entre el 5-15%.

Figura 12. Policloruro de aluminio usado en planta



9.2.5 Dosificación de Coagulante Para la dosificación de coagulante se cuenta con una bomba dosificadora marca Seko con perilla de ajuste de caudal. Sin embargo a juicio del operador esta bomba no suministra el caudal necesario para realizar el tratamiento. La dosificación se realiza por gravedad en la salida de la canaleta parshall (Punto de menor turbulencia) mediante ajuste de la apertura de la válvula de salida del tanque de preparación de 500 litros. El operador ajusta la dosificación en una sola posición sin tener en cuenta la turbiedad de entrada. Se midió la dosis definida por el operador en 7.48 ml/s. Esta dosificación corresponde a una concentración entre 6.3-9.5 ppm.

Figura 13. Caseta de dosificación de químicos



Se realizó un aforo de la bomba de dosificación existente variando la perilla de ajuste, estableciéndose un rango de flujo de trabajo de 3.6-12.6 L/ h (1-3.5 ml / s). De lo anterior se puede determinar que la bomba sería funcional para el proceso

siempre y cuando se prepare la solución a una concentración entre 5 - 10%, de manera que sea posible dosificar en un rango entre 10 – 35 ppm, dependiendo de la turbiedad del agua de entrada.

9.2.6 Determinación de dosis óptima de coagulante Se realizó una prueba de jarras con el coagulante empleado actualmente en la planta (PAC solido) para determinar la dosis óptima requerida para las condiciones del agua cruda. El agua cruda presenta unas condiciones de baja turbiedad, la cual la hace de difícil tratamiento, siendo este casi innecesario:

Tabla 6. Condiciones de agua cruda.

Parámetro	Valor
Turbiedad (NTU)	1,8
pH	7,2
Conductividad (us/cm)	30

Para la prueba de jarras se definió un tiempo de mezcla rápida de 1 minuto a 200 rpm y de mezcla lenta de 15 minutos a 20 rpm. Posteriormente se suspende la agitación y se deja en reposo. Durante la prueba se evidenció una floculación muy lenta y solo después de 45 minutos se logró observar el floc formado con un tamaño apreciable. Se emplearon inicialmente concentraciones de coagulante de 20, 40, 60, 80, 100, 150 y 200 ppm para establecer un rango más reducido y definir la concentración óptima. De la prueba preliminar se estableció que la dosis optima estaba entre 20 y 40 ppm. Se realizó una segunda prueba de jarras arrojando los siguientes resultados

Tabla 7. Prueba de jarras con PAC

Concentración	Turbiedad	pH	Floculación
5	1,8	7,4	Lenta
15	1,3	7,4	Lenta
25	1,4	7,4	Lenta
35	1,7	7,5	Lenta
45	2,5	7,5	Lenta

Figura 14. Resultado prueba de jarras con PAC

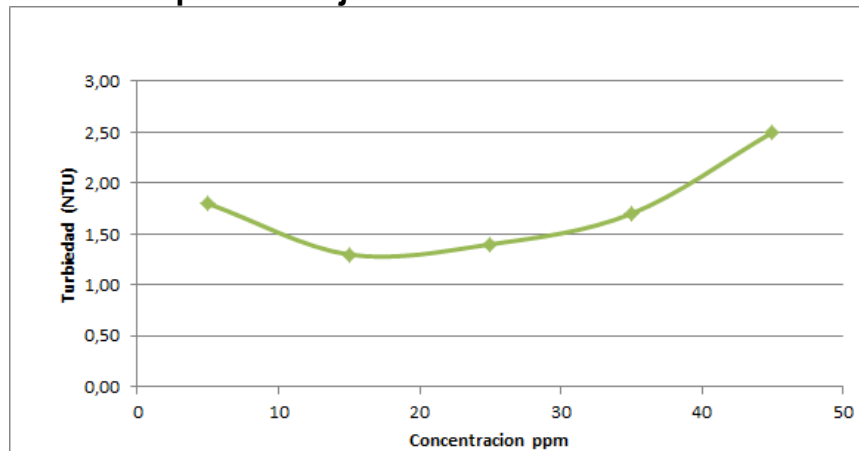


Figura 15. Prueba de jarras con PAC



De acuerdo a la prueba se obtuvo una concentración óptima de 15 ppm, superior a lo dosificado en planta por parte del operador (7,4 ppm).

9.2.7 Determinación de eficiencia de la planta Durante la visita a la planta se tomaron lecturas de turbiedad en diferentes puntos a través del tratamiento con el propósito de evaluar la eficiencia de remoción de material suspendido. Se monitoreó en la entrada a la planta, entrada de floculador, zona intermedia de floculador, salida de floculador, salida de sedimentador y salida de filtros. Las lecturas se realizaron en tres momentos del día para tener en cuenta los cambios del agua a la entrada de la planta.

Tabla 8. Turbiedad en unidades de proceso

TURBIEDAD (NTU)	HORA		
	09:00	12:00	18:00
Entrada Planta	1,45	1,41	4,1
Entrada floculador	1,97	2,02	4,1
Intermedio Floculador	1,70	1,90	4,6
Salida de floculador	1,58	1,8	4,1
Salida sedimentador	1,54	1,71	2,99
Salida filtros	1,69	1,8	1,63

De lo anterior puede evidenciarse que cuando la turbiedad del agua cruda es baja ($< 2\text{NTU}$), la remoción de material suspendido por coagulación-floculación-sedimentación es prácticamente nula en términos de turbiedad. Cuando la turbiedad del agua cruda aumenta se logra una disminución considerable de la turbiedad. Esto es debido principalmente a que para aguas de baja turbiedad el proceso de formación de floc es muy lento, al igual que la sedimentación. La presencia de mayor cantidad de material suspendido en el agua permite más rápida concentración de flocs por acción del coagulante y por ende se acelera la sedimentación.

Figura 16. Módulos de floculación tipo alabama



Figura 17. Sedimentador de alta tasa



9.2.8 Prueba de jarras con hidroxocloruro de aluminio Adicionalmente se realizó una prueba de jarras empleando como coagulante el Hidroxocloruro de Aluminio (ACH4) de la marca Sulfoquímica, el cual se diferencia del PAC porque no presenta especies polinucleares del metal, lo que le permite alcanzar una alta concentración de alúmina.¹¹ El resultado de lo anterior es lograr un desempeño eficiente en costos en casos de aguas especiales de formación de floc, sin causar disminución en el pH. Se preparó un solución de ACH4 al 1% (13000 ppm) y aplicaron dosis a cada muestra para definir la concentración óptima. Igualmente a lo evidenciado con el PAC de la planta, la formación fue muy lenta debido a la baja turbiedad del agua al momento de la prueba, aunque con mejor consistencia del lodo sedimentado. Los resultados de la prueba se muestran en la siguiente tabla:

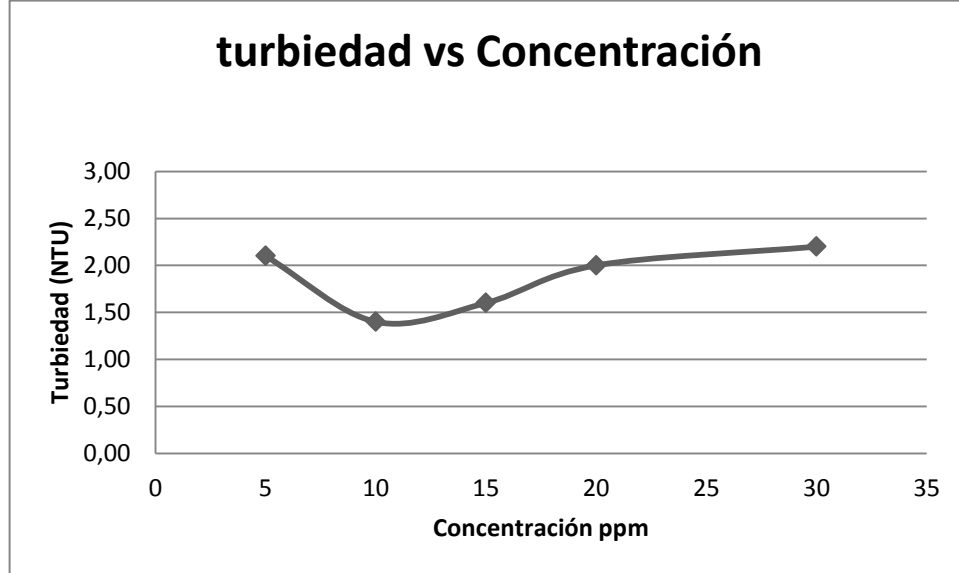
Tabla 9. Parámetros de agua cruda

Agua Cruda	Valor
Turbiedad (NTU)	2.2
pH	7.3
Conductividad (us/cm)	30
Temperatura (°C)	23

Tabla 10. Resultados de prueba de jarras con ACH4

Concentración ppm	Turbiedad NTU	pH	Floculación
5	2,1	7,3	Lenta
10	1,4	7,3	Lenta
15	1,6	7,3	Lenta
20	2,0	7,2	Lenta
30	2,2	7,2	Lenta

Figura 18. Turbiedad vs concentración con Hidroxicloruro de Aluminio



De la prueba se establece una dosis óptima de 10 ppm de hidroxocloruro de aluminio, lo cual concuerda con lo esperado para este tipo de coagulante, por ser más eficiente en aguas de baja turbiedad.

9.2.9 Sistema de filtración El sistema de filtros rápidos con que cuenta la planta presentan un lecho de grava, arena y carbón antracita, el cual dependiendo del tamaño del floc que es arrastrado hacia la zona clarificada, permite remover partículas suspendidas y reducir la turbiedad. Asimismo el operador de la planta no cuenta con unos criterios técnicos que le permitan programar un retrolavado basado en monitoreo del agua filtrada y en la pérdida de capacidad de remoción del filtro. El retrolavado se viene haciendo en cualquier momento que el operador estime necesario por tiempo de uso o dependiendo de ciertas observaciones en la línea de salida del desfogue (Aparición de burbujas). Adicionalmente por momentos durante el proceso se observó que el los filtros se inundan y el agua rebosa, al parecer debido a que el nivel del agua en el tanque de almacenamiento alcanza el nivel de salida del agua clarificada del filtro (filtro ascendente) y por hidráulica el agua no ingresa al tanque y se rebosa. Solamente cuando el nivel del tanque baja se normaliza la filtración. Esto genera un desperdicio frecuente de agua tratada

Figura 19. Filtros rápidos multicapa



9.2.10. Análisis de Dimensionamiento Hidráulico Con base en el caudal inicial de diseño de la planta existente se realizó un análisis hidráulico en cada uno de los procesos para corroborar el dimensionamiento de la misma. (Ver anexo 5). De este se puede determinar que la unidad de floculación debería contar con 15 módulos de tratamiento, cumpliendo con las especificaciones de diseño para un floculador Alabama¹², y no con 12 como actualmente está instalado. Para lo anterior se tuvo en cuenta un área óptima de cada módulo de $0,040 \text{ m}^2 / \text{l-s}$ y un tiempo de retención de 30 minutos, recomendada para este tipo de floculadores.

Con respecto al sedimentador se cuenta con unas dimensiones mencionadas en la descripción de la planta, dando un área superficial de 15 m^2 a partir de la velocidad de sedimentación y el caudal de diseño. De esta área se determina la longitud del sedimentador, la cual debe ser de 7.85 m, que no coincide con la longitud instalada de 4.92 m.

Con respecto a las unidades de filtración se determinó que el cálculo del dimensionamiento cumple con lo medido en planta.

9.2.11 Resultados de laboratorio para agua cruda Se tomó una muestra puntual de agua al ingreso de la Planta y se almacenó refrigerada para ser llevada al laboratorio y proceder a su análisis. El análisis fue realizado por el laboratorio SIAMA Ltda, el cual se encuentra debidamente acreditado por el IDEAM y certificado por la Secretaria de salud Departamental. Se realizaron análisis

microbiológicos y fisicoquímicos básicos establecidos para la determinación del IRCA.

Tabla 11. Resultados de laboratorio de agua cruda

ANALISIS FISICOQUIMICO				
Variable	Unidades	Resultado	Valor maximo permisible	Norma
pH (25°C)	Und pH	7,12	6,5-9,0	Res. 2115 de 2007
Conductividad (25°)	µs /cm	31,2	<1000	Res. 2115 de 2007
Color Aparente	Und Pt -Co	47	Max. 15	Res. 2115 de 2007
Turbidez	NTU	5,84	<2,0	Res. 2115 de 2007
Cloro residual	mg Cl ₂ / L	ND	0,3-2,0	Res. 2115 de 2007
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	11,6	Max. 200	Res. 2115 de 2007
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	16	Max. 300	Res. 2115 de 2007
Magnesio	mg Mg /L	0,6	Max. 36	Res. 2115 de 2007
Cloruros	mg Cl / L	< 2	Max.250	Res. 2115 de 2007
Calcio	mg Ca / L	5,5	Max. 60	Res. 2115 de 2007
Sulfatos	mg SO ₄ / L	< 5,0	Max. 250	Res. 2115 de 2007
Nitritos	mg NO ₂ / L	<0,016	Max.0,1	Res. 2115 de 2007
ANALISIS MICROBIOLOGICO				
Recuento total de Mesofilos	UNF / 100ml	340	Max. 100	Res. 2115 de 2007
Coliformes Totales	UNF / 100ml	20	0	Res. 2115 de 2007
E. Coli	UNF / 100ml	0	0	Res. 2115 de 2007

Los resultados microbiológicos mostraron presencia de coliformes totales los cuales demuestran la necesidad de realizar un tratamiento completo al agua y no suministrarla a la población únicamente con cloración. Asimismo esto demuestra porque el cloro residual se degrada rápidamente sin completar la acción desinfectante, ya que se consume por la presencia de microorganismos.

9.2.12 Histórico de análisis fisicoquímico y microbiológico Se revisó la información contenida en la página del Instituto Nacional de Salud¹³ sobre las características físicas y microbiológicas del agua suministrada a la población de Capitanejo desde el año 2007 al 2012.

Tabla 12. Datos promedio por año de calidad de agua de Capitanejo

Parámetro	AÑO					
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Color	5.5	12	0.0	19.67	7.61	7.1
Turbiedad	2.25	2.73	0.83	5.04	3.92	0.79
pH	6.8	7.10	6.7	6.72	6.93	7.21
Cloro Residual	0.23	NM	0.0	NM	NM	0.50
Alcalinidad	29.25	47.25	12	17.33	20.49	40
Calcio	6.99	76.95	0.0	18.90	14.69	32.9
Fosfatos	0.0	0.0	NM	NM	NM	NM
Manganeso	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Molibdeno	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Magnesio	2.6	1.78	0.0	33.90	13.37	18.5
Zinc	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Dureza Total	18.3	187.67	10	150.33	64.92	110
Sulfatos	NM	NM	NM	NM	35	NM
Hierro	0.03	0.11	NM	NM	0.10	NM
Cloruros	26.4	6.22	8.0	22.33	17.25	3.7
Nitratos	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Nitritos	0	0.01	NM	NM	NM	NM
Aluminio	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Fluoruros	NM	NM	NM	NM	NM	NM
COT	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Coliformes Totales	540.5	4702	17.0	5633	247.7	NM
Ecoli	11.44	1144	3.0	26.67	0.56	NM
IRCA Promedio	29.8	39.1	67.6	41.5	29.1	NM

*Datos obtenidos del Consolidado anual de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos por municipio, departamento e índices de riesgo. (<http://www.ins.gov.co/sivicap>)

**NM. Parametro no medido.

El incumplimiento en los parámetros medidos es consecuencia del deficiente sistema de tratamiento con que cuenta el municipio que ha llevado a la necesidad

de abastecer con agua sin tratamiento, que aunque en el tanque es clorada, la alta carga orgánica del agua cruda degrada rápidamente el cloro suministrado y no permite la completa acción desinfectante.

Tabla 13. Resultado de IRCA mensual año 2013 Capitanejo

IRCA AÑO 2013		
MES	IRCA (%)	NIVEL DE RIESGO
ENERO	0	SIN RIESGO
ABRIL	0	SIN RIESGO
MAYO	18,4	MEDIO
JUNIO	0	SIN RIESGO
JULIO	1,14	SIN RIESGO
AGOSTO	17,14	MEDIO
SEPTIEMBRE	0	SIN RIESGO
OCTUBRE	33,71	MEDIO
NOVIEMBRE	0	SIN RIESGO
DICIEMBRE	0	SIN RIESGO

De acuerdo a lo datos anteriores y a lo evidenciado en la visita a la planta se puede concluir que el servicio de suministro de agua potable se ha venido prestando de manera deficiente en cuanto a la calidad del agua y son urgentes las medidas a tomar para dar cumplimiento a lo establecido en la normatividad vigente y en la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico.

10. PROPUESTAS DE MEJORA PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL MUNICIPIO DE CAPITANEJO – DEPARTAMENTO DE SANTANDER.

Después de revisar la información recopilada tanto en la documentación existente como en lo obtenido en la visita de campo, las pruebas y mediciones realizadas se plantean las siguientes alternativas para mejorar el sistema de tratamiento y servicio de suministro de agua:

10.1. ESTIMACIÓN DE CAUDAL DE DISEÑO PARA LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL MUNICIPIO.

Tabla 14. Estimación de caudales de diseño para la población actual y futura 2016-2041.

Parámetros de diseño 2016			Parámetros de diseño 2041		
PARÁMETRO DE DISEÑO			PARÁMETRO DE DISEÑO		
Número de viviendas actuales	1312	Viviendas	Número de viviendas actuales	1312	Viviendas
Habitantes por vivienda	5	Habitantes	Habitantes por vivienda	5	Habitantes
Rata de crecimiento	2,96%		Rata de crecimiento	2,96%	
Período de diseño	25	años	Período de diseño	25	años
Población actual	6560	Habitantes	Población actual	6560	Habitantes
Población futura	6560	Habitantes	Población futura	13602	Habitantes
Proyección Viviendas (5 Hab/Mv)	1312	Viviendas	Proyección Viviendas (5 Hab/Mv)	2720	Viviendas
Nivel de complejidad del sistema	Medio Alto		Nivel de complejidad del sistema	Medio Alto	
Dotación Neta	135	L/hab-d	Dotación Neta	135	L/hab-d
Dotación Neta	135	L/hab-d	Dotación Neta	135	L/hab-d
Pérdidas Admisibles	25,0%		Pérdidas Admisibles	25,0%	
Dotación Bruta	180	L/hab-d	Dotación Bruta	180	L/hab-d
Consumo medio diario (Q_{md})	13,667	LPS	Consumo medio diario (Q_{md})	28,338	LPS
Dómetico	0	LPS	Dómetico	0	LPS
Comercial	0	LPS	Comercial	0	LPS
Industrial	0	LPS	Industrial	0	LPS
Rural	0	LPS	Rural	0	LPS
Público	0	LPS	Público	0	LPS
Escolar	0	LPS	Escolar	0	LPS
Institucional	0	LPS	Institucional	0	LPS
Total Consumo medio diario (Q_{md})	13,667	LPS	Total Consumo medio diario (Q_{md})	28,338	LPS
Coefficiente de QMD, k_1	1,30		Coefficiente de QMD, k_1	1,30	
Consumo Máximo Diario, QMD	17,767	LPS	Consumo Máximo Diario, QMD	36,840	LPS
Tipo de Red de Distribución	MENOR		Tipo de Red de Distribución	MENOR	
Coefficiente de QMH, k_2	1,65		Coefficiente de QMH, k_2	1,65	
Consumo Máximo Horario, QMH	29,315	LPS	Consumo Máximo Horario, QMH	60,786	LPS
Consumo máximo Horario por Vivienda	0,022	LPS/Mv.	Consumo máximo Horario por Vivienda	0,022	LPS/Mv.

De acuerdo a la tabla 14 se estima un caudal de diseño para una población de 13602 habitantes para el año 2041 (proyección a 25 años) que permita satisfacer los requerimientos mínimos de agua a la población. El cálculo realizado nos establece un caudal máximo diario de 36,84 l (Ver anexo 2 y anexo 3), que es el que se debe considerar para el diseño de la futura planta de tratamiento.¹⁴

10.2. GESTIÓN EN LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA LÍNEA DE ADUCCIÓN DEL RÍO NEVADO

Se debe Gestionar la pronta entrega de la obra que realiza la empresa de servicios públicos de Santander (ESANT), construcción de una nueva línea de aducción y captación (bocatoma, desarenador y línea de conducción a la planta) de la fuente del Rio el Nevado con el fin de aumentar el caudal actual a un máximo diario de 36,84 L/s.

10.3. IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA.

De acuerdo a lo establecido por el actual Gobierno Municipal en su Plan de Desarrollo, el cual define unas metas de prestación de servicios de agua potable y saneamiento básico¹⁵, es indispensable desarrollar una serie de programas como son de ahorro y uso eficiente del agua y control de perdidas, de manera que se puedan alcanzar los objetivos planteados

Para la Implementación de programa de ahorro y uso eficiente del agua según la ley 373 -1997, que evite los racionamientos en el municipio, se debe contemplar lo siguiente.

- Educación ambiental para el cumplimiento: Socialización a la población involucrándolos hacia el ahorro y uso eficiente del agua mediante campañas de sensibilización.
- Se requiere la instalación de macro medidores en las líneas de captación, entrada de agua a la planta y redes de distribución y compararlo con la medición realizada a los usuarios para estimar perdidas y evaluar la eficiencia de las medidas tomadas.
- Mejoramiento de la cuenca hídrica: protección de la cuenca, control de erosión y reforestación.
- Gestión, seguimiento, control y disminución de pérdidas en el sistema de conducción y distribución.

10.4. PLAN DE CONTINGENCIA POR DESABASTECIMIENTO

Se recomienda elaborar un Plan de contingencia por desabastecimiento. De acuerdo con la información divulgada por el IDEAM se viene presentando escases de lluvias como resultado de la inevitable ocurrencia del Fenómeno del Niño¹⁶. Tal situación se ha acentuado en la región andina, particularmente en Santander, ya que muchos municipios presentan desabastecimiento y otros presentan un alto riesgo. Para lo anterior se debe tener en cuenta que dicho plan de contingencia está referenciado en los siguientes apartes normativos:

- Literal i del artículo 5 del decreto 3102 de 1997 el cual establece dentro de las obligaciones de las entidades prestadoras de servicio de acueducto la elaboración de un plan de contingencia, en donde se definan las alternativas de prestación de servicio en situaciones de emergencia.
- Ley 142 de 1994 en el artículo 11 literal 7 establece que las entidades prestadoras de servicios públicos deben colaborar con las autoridades en caso de emergencia o de calamidad pública, para impedir perjuicios graves a los usuarios del servicio público.
- Artículo 201 de la resolución 1096 de 2000 – RAS, por el que se obliga a los prestadores de acueducto, alcantarillado y aseo a mantener planes de contingencia.

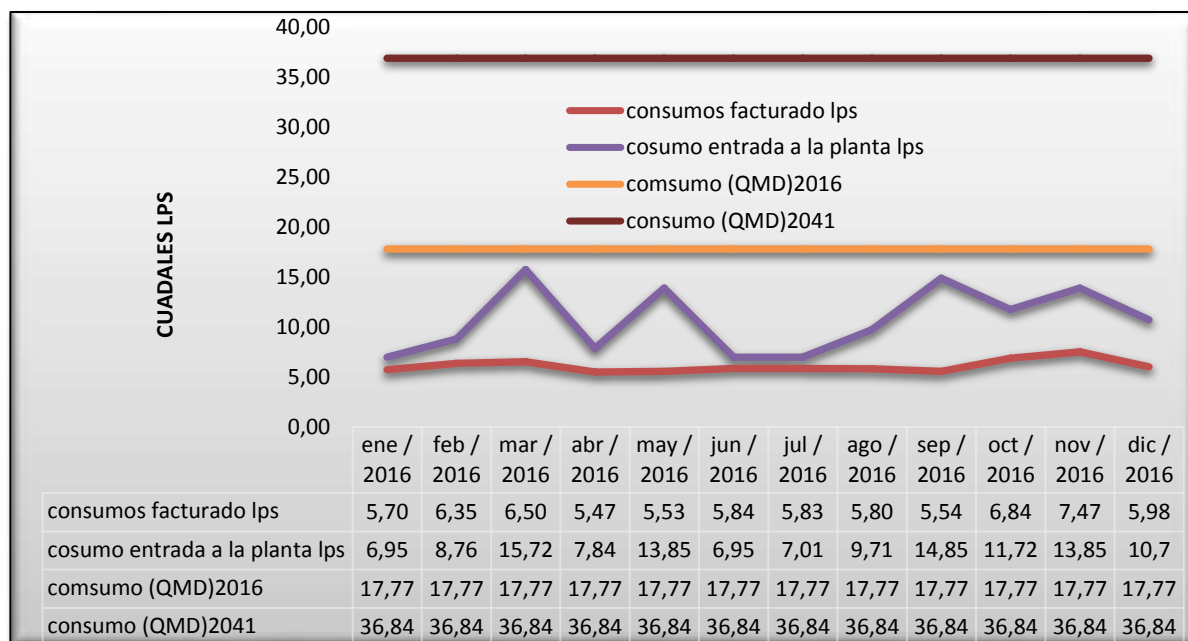
10.5. PROGRAMA DE CONTROL DE PÉRDIDAS Y DISMINUCIÓN DE ÍNDICES DE AGUA NO CONTABILIZADA

De acuerdo a la información de consumos facturados, número de suscriptores y valor por metro cúbico facturado que la empresa prestadora de servicio público de Capitanejo le reporta a la superintendencia de servicios públicos, se analizó lo reportado para el año 2016 con el fin de confrontar el consumo medido a los usuarios y el agua suministrada por la planta y con base en esto justificar la necesidad de implementar un programa de control de pérdidas que a su vez permita recaudar más ingresos para el mejoramiento de la planta de tratamiento. La información se muestra en la tabla 15, tabla16 y tabla 17.

Tabla 15. Volumen facturado vs volumen mensual de entrada a la planta

CAUDAL FACTURA VS CAUDAL A LA ENTRADA DE LA PLANTA.									
MES	Consumo total facturado (m3)	Cosumo QMD 2016 (m3)	Cosumo medido (m3) entrada a planta	Numero de suscriptores (und)	Consumo facturado m3/suscrp	Consumo facturado (lts)	Consumo promedio medido (lts)	Consumo QMD 2016 (lts)	Consumo QMD 2041 (lts)
ene / 2016	14.770	46.060	18.014	1.178	12,54	5,70	6,95	17,77	36,84
feb / 2016	16.447	46.060	22.706	1.205	13,65	6,35	8,76	17,77	36,84
mar / 2016	16.844	46.060	40.746	1.205	13,98	6,50	15,72	17,77	36,84
abr / 2016	14.182	46.060	20.321	1.205	11,77	5,47	7,84	17,77	36,84
may / 2016	14.327	46.060	35.899	1.207	11,87	5,53	13,85	17,77	36,84
jun / 2016	15.125	46.060	18.014	1.319	11,47	5,84	6,95	17,77	36,84
jul / 2016	15.113	46.060	18.170	1.310	11,54	5,83	7,01	17,77	36,84
ago / 2016	15.030	46.060	25.168	1.310	11,47	5,80	9,71	17,77	36,84
sep / 2016	14.358	46.060	38.491	1.310	10,96	5,54	14,85	17,77	36,84
oct / 2016	17.735	46.060	30.378	1.310	13,54	6,84	11,72	17,77	36,84
nov / 2016	19.375	46.060	35.899	1.312	14,77	7,47	13,85	17,77	36,84
dic / 2016	15.497	46.060	27.734	1.312	11,81	5,98	10,7	17,77	36,84

Figura 20. Caudal facturado vs caudal de entrada a la planta

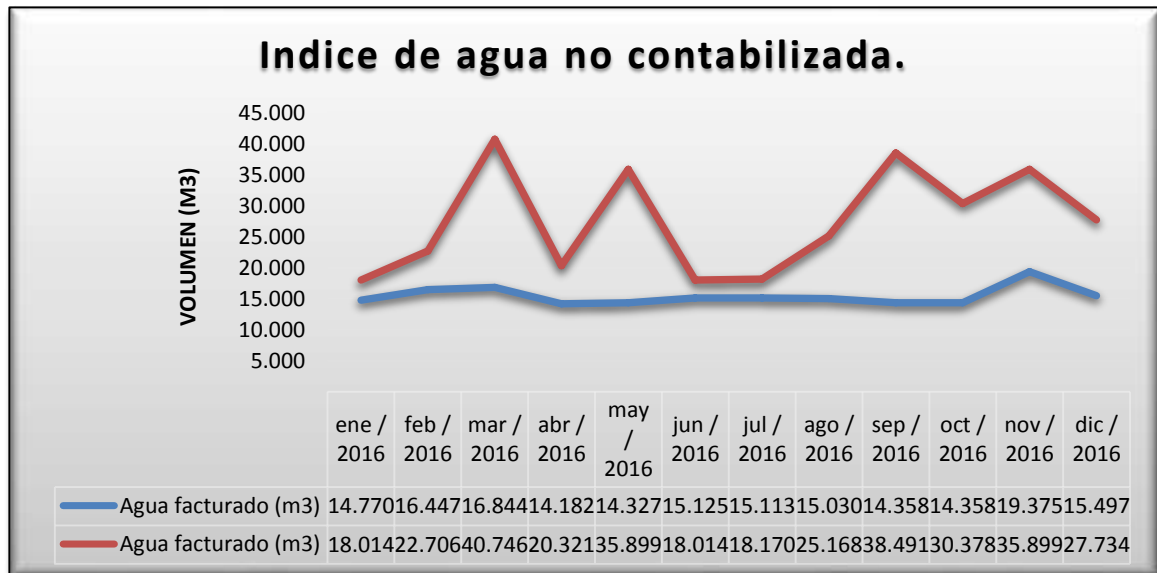


10.5.1 Índice de Agua no contabilizada (IANC) Es la relación porcentual entre el volumen de agua que capta el sistema de acueducto, se transforma y se procesa, y el volumen de agua que se entrega y factura a los usuarios del sistema.

Tabla 16. Índice de agua no contabilizada

INDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA.				
MES	volumen de agua facturado (m3).	Consumo real medido (lts)	volumen de agua producido (m3).	IANC %
ene / 2016	14.770	6,95	18.014	18%
feb / 2016	16.447	8,76	22.706	28%
mar / 2016	16.844	15,72	40.746	59%
abr / 2016	14.182	7,84	20.321	30%
may / 2016	14.327	13,85	35.899	60%
jun / 2016	15.125	6,95	18.014	16%
jul / 2016	15.113	7,01	18.170	17%
ago / 2016	15.030	9,71	25.168	40%
sep / 2016	14.358	14,85	38.491	63%
oct / 2016	14.358	11,72	30.378	53%
nov / 2016	19.375	13,85	35.899	46%
dic / 2016	15.497	10,7	27.734	44%

Figura 21. Índice de agua no contabilizada



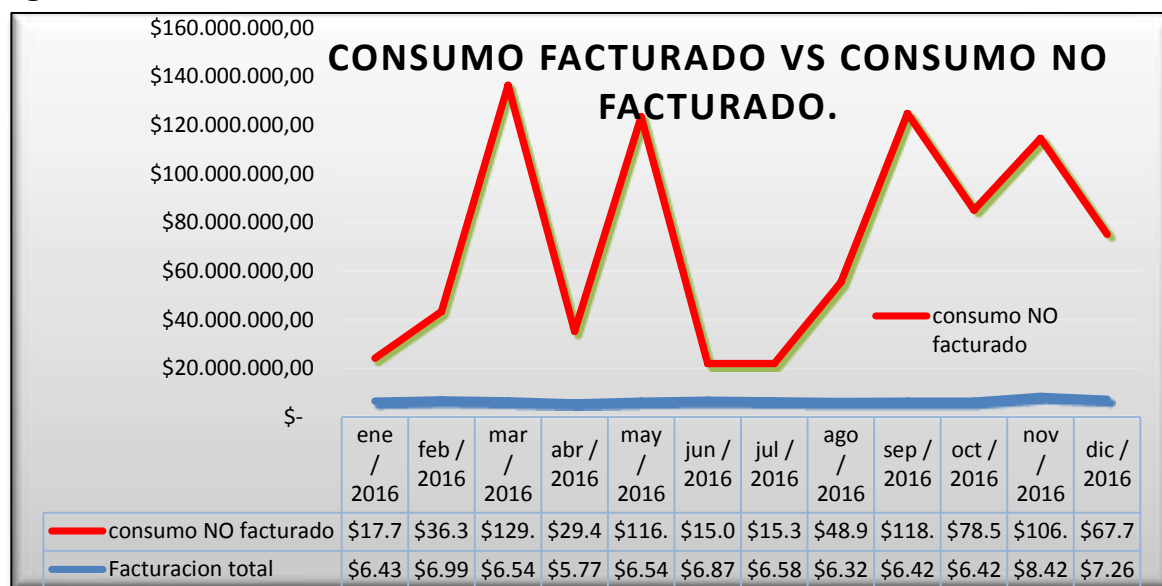
El índice de agua no contabilizada (IANC) en el municipio de Capitanejo es excesivamente alto, lo que se constituye en la mayor dificultad para que los sistemas puedan operar en condiciones técnicas y de equilibrio financiero.

10.5.2 Informe financiero. Con la información recopilada y analizada de la página web del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI) se encontró lo que se factura en el mes respecto con el agua tratada en la planta.

Tabla 17. Informe financiero de consumo no facturado

INFORME FINANCIERO 2016.								
MES	Facturación total	Consumo total (m3)	Volumen de agua producido (m3).	Volumen de perdidas (m3).	Numero de suscriptores (und)	Facturación total \$/suscri	unidad de consumo total \$/m3	consumo no facturado (m3)
ene / 2016	\$ 6.437.749,00	14.770	18.014	3.244	1.178	\$ 5.465	\$ 435,87	\$ 17.728.402
feb / 2016	\$ 6.997.549,00	16.447	22.706	6.259	1.205	\$ 5.807	\$ 425,46	\$ 36.346.141
mar / 2016	\$ 6.542.202,00	16.844	40.746	23.902	1.205	\$ 5.429	\$ 388,40	\$ 129.770.359
abr / 2016	\$ 5.770.619,00	14.182	20.321	6.139	1.205	\$ 4.789	\$ 406,90	\$ 29.400.370
may / 2016	\$ 6.540.840,00	14.327	35.899	21.572	1.207	\$ 5.419	\$ 456,54	\$ 116.901.664
jun / 2016	\$ 6.870.745,00	15.125	18.014	2.889	1.319	\$ 5.209	\$ 454,26	\$ 15.051.047
jul / 2016	\$ 6.589.525,00	15.113	18.170	3.057	1.310	\$ 5.030	\$ 436,02	\$ 15.376.833
ago / 2016	\$ 6.326.215,00	15.030	25.168	10.138	1.310	\$ 4.829	\$ 420,91	\$ 48.959.689
sep / 2016	\$ 6.423.780,00	14.358	38.491	24.133	1.310	\$ 4.904	\$ 447,40	\$ 118.340.739
oct / 2016	\$ 6.423.780,00	14.358	30.378	16.020	1.310	\$ 4.904	\$ 447,40	\$ 78.557.632
nov / 2016	\$ 8.424.223,00	19.375	35.899	16.524	1.312	\$ 6.421	\$ 434,80	\$ 106.100.263
dic / 2016	\$ 7.264.861,00	15.497	27.734	12.237	1.312	\$ 5.537	\$ 468,79	\$ 67.761.441
TOTAL	\$ 80.612.088,00	185.426	331.542	146.116	1.312	\$ 5.312	\$ 435,23	\$ 780.294.578

Figura 22. Grafica de consumo facturado VS consumo no facturado.



De acuerdo al análisis de la información anterior se propone un Programa de control de pérdidas con el fin de alcanzar y mantener un nivel en el que los

componentes y las causas de las pérdidas sean los mínimos posibles. Esta gestión está enmarcada en lograr alcanzar las siguientes metas.

- El sistema de abastecimiento de agua debe ser capaz de captar, conducir, tratar y distribuir volúmenes de agua suficiente para la atención de la demanda de la población (**cantidad**).
- El agua entregada a la población debe cumplir con los parámetros de calidad dentro de los estándares de potabilización reconocidos (**calidad**).
- El sistema de abastecimiento de agua debe proveer a la población un servicio continuo, sin intermitencia (**continuidad**).
- Las variables capaces de influir en el abastecimiento de agua deben ser bien conocidas y dominadas por el personal encargado de las labores de operación y mantenimiento (**confiabilidad**).
 - Control de fugas visibles y no visibles.
 - Sectorización de las redes de distribución.
 - Rehabilitación de las redes.
 - Instalación de micro medidores y macro medidores.
- El costo del agua entregada a la población debe ser el menor posible (**eficiencia costo**).
 - Diagnóstico y legalización de conexiones clandestinas.
 - Mantenimiento de los medidores (correctivos y preventivos).
 - Análisis del comportamiento de los consumos y de los medidores (tipos de consumidores).

10.6. CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE DE COMPENSACIÓN.

Se realizó una modelación de caudal de entrada a los tanques durante 24 horas continuas, con registros horarios de tal forma que se pueda conocer el volumen mínimo nocturno que se genera entre las 6 P.M y 6 A.M como se muestra en el Anexo N°4

10.7. OPTIMIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS TANQUES EXISTENTES.

Realizar optimización y mantenimiento de los tanques existentes de almacenamiento de capacidad 573 m³ y 150 m³. De acuerdo a lo visto en planta se encontraron fisuras leves y el operador de la planta manifestó que el material impermeabilizante del tanque se encuentra muy deteriorado.

10.8. REUBICACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y COMPRA DE LOTES.

De acuerdo a la información suministrada por el secretario de planeación del municipio de Capitanejo al plan maestro de acueducto y alcantarillado del municipio presentado en el 2004 se presentan dos alternativas para la reubicación de la planta de agua potable. Realizada la visita a la planta de tratamiento de agua potable se puede concluir que no se cuenta con área para construir una nueva planta u optimizar los procesos. Para ello se han estudiado desde la Secretaría de Planeación la compra de uno de los siguientes terrenos:

- Lote No. 1: A 350 m de distancia de los tanques del acueducto aguas arriba de la aducción.
- Lote No. 2: A 923 m de distancia de los tanques de almacenamiento de propiedad de Ramiro Triana, en el sector de Betania vereda Sebaruta donde está ubicada la cámara de quietamiento No. 6 sobre la conducción bocatoma – tanques (caney de secado de tabaco).

De acuerdo a estudios previos se recomienda seleccionar la ubicación que suministre una cabeza de presión estática de 94,6 m, prestando las mejores condiciones para allí construir la ptap y los tanques de almacenamiento, condición que permitirá solucionar problemas de presión en los diferentes puntos de la red de la ciudad conectando sus redes matrices desde los tanques de almacenamiento que se construyan con la Planta de Tratamiento

11. CONCLUSIONES

El tratamiento actual de potabilización se realiza con procedimientos y mecanismos rudimentarios, sin argumentos técnicos que validen la aplicación de insumos y permitan la operación de manera eficiente.

La planta de tratamiento de agua potable del municipio de Capitanejo no presenta las condiciones óptimas de funcionamiento que le permitan suministrar el agua a la población en las condiciones de calidad exigidas por la normatividad vigente.

Se requiere aumentar la capacidad actual de la planta de tratamiento, teniendo en cuenta que ya se vienen adelantando las obras de incorporación de la nueva aducción desde la bocatoma del Rio Nevado

El municipio de Capitanejo presenta unos consumos de agua por habitante superiores a los establecidos por norma y que obliga a buscar alternativas para abastecer a la población, generando inconvenientes de desabastecimiento en temporada de escasas de lluvias

Los análisis de laboratorio realizados al agua cruda muestran que esta no debe suministrarse a la población sin un tratamiento previo, aun cuando tenga apariencia aceptable y baja turbiedad.

12. RECOMENDACIONES

Se hace necesario aumentar la capacidad de tratamiento de la actual planta de potabilización que permita cubrir tanto la población actual como la población futura.

Desarrollar un programa intensivo de protección de las cuencas hidrográficas, rondas y cauces especialmente las que abastecen de agua para consumo humano al municipio mediante reforestación con especies nativas en área del municipio y adquisición de terrenos para conservación.

Incluir la necesidad de mejorar el sistema de tratamiento actual que permita cumplir la resolución 2115 de 2007. Teniendo en cuenta el poco espacio disponible en el área de la planta para la ampliación, es recomendable utilizar floculadores-sedimentadores verticales que permitan optimizar el espacio, esto en el caso de que no se logre la reubicación total de las instalaciones como se planteó inicialmente.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ibañez Pinedo, William; Mendoza Gómez, Monica Marcela. Recurso del Agua III: Tratamiento de Agua Potable, operación, proceso, talleres y monitoreo. Monografía Especialización en Ingeniería Ambiental. Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2007.
2. Pinzon Higuera, Johnny. Plan de Desarrollo de Capitanejo 2016-2019. <http://capitanejo-santander.gov.co>
3. Portal web del Instituto Nacional de Salud acceso directo SIVICAP <http://www.ins.gov.co/sivicap/Paginas/sivicap.aspx>
4. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. dirección de agua potable y saneamiento básico de la república de Colombia. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-200, título B y título C. Bogota, 2011.
5. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 2320 (27, noviembre, 2009) por lo cual se modifica parcialmente la resolución No. 1096 2000 que adopta el reglamento técnico para el sector del agua potable y saneamiento básico.
6. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 2115 de 2007 (22 junio 2007) por lo que establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para el consumo humano.
7. Silva G, Luis Felipe. diseño de plantas de purificación de aguas, 1 ed, universidad nacional de Colombia, Colombia, 1990.
8. Romero R. Jairo A. calidad del agua. 2 ed. Editorial escuela colombiana de ingeniería. Santafé de Bogotá, Colombia. 2002.
9. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Agua no contabilizada municipios menores y zonas rurales, cultura empresarial 3 acueducto-alcantarillado-aseo, año 2003.
10. Salazar, L. diseño de plantas de tratamiento. módulo didáctico Medellín universidad nacional abierta y a distancia-UNAD, 2013.

BIBLIOGRAFÍA

IBAÑEZ PINEDO, William; MENDOZA GÓMEZ, Monica Marcela. Recurso del Agua III: Tratamiento de Agua Potable, operación, proceso, talleres y monitoreo. Monografía Especialización en Ingeniería Ambiental. Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2007.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Agua no contabilizada municipios menores y zonas rurales, cultura empresarial 3 acueducto-alcantarillado-aseo, año 2003.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 2320 (27, noviembre, 2009) por lo cual se modifica parcialmente la resolución No. 1096 2000 que adopta el reglamento técnico para el sector del agua potable y saneamiento básico.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 2115 de 2007 (22 junio 2007) por lo que establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para el consumo humano.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. dirección de agua potable y saneamiento básico de la república de Colombia. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-200, título B y título C. Bogota, 2011.

PINZON HIGUERA, Johnny. Plan de Desarrollo de Capitanejo 2016-2019 [en línea] disponible en: <http://capitanejo-santander.gov.co>

PORTAL WEB DEL Instituto Nacional de Salud acceso directo SIVICAP [en línea] disponible en: <http://www.ins.gov.co/sivicap/Paginas/sivicap.aspx>

ROMERO R. Jairo A. calidad del agua. 2 ed. Editorial escuela colombiana de ingeniería. Santafé de Bogotá, Colombia. 2002.

SALAZAR, L. diseño de plantas de tratamiento. módulo didáctico Medellín universidad nacional abierta y a distancia-UNAD, 2013.

SILVA G, Luis Felipe. diseño de plantas de purificación de aguas, 1 ed, universidad nacional de Colombia, Colombia, 1990.