

DIAGNÓSTICO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DEL  
MUNICIPIO DE JENESANO-BOYACÁ

MYRIAM CATALINA MARTINEZ FRACICA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA-UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
CEAD SOGAMOSO

2018

DIAGNÓSTICO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DEL  
MUNICIPIO DE JENESANO-BOYACÁ

MYRIAM CATALINA MARTINEZ FRACICA

ASESOR:

GUISSET ADELINA GOMEZ SIACHOQUE

Ing. Ambiental

Trabajo de Grado tipo Proyecto Aplicado para optar por el Título en Ingeniería Ambiental

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA-UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
CEAD SOGAMOSO

2018

## **Dedicatoria**

El presente proyecto y mi carrera universitaria la dedico a mi padre, madre y hermana que con su amor y apoyo incondicional permitieron el alcance de este logro.

Lo dedico a mi prima Claudia Elena Ojeda Fracica que con sus consejos e instrucción me oriento y me dio ánimo para recorrer este camino.

A la ingeniera Guisett Adelina Gómez Siachoque por el apoyo, orientación y paciencia.

A todas las personas que están por iniciarse en el camino de la Ingeniería Ambiental para que con dedicación, disciplina y amor por la investigación puedan desarrollarse como profesionales idóneos.

Catalina Martínez

### **Agradecimientos**

Quiero agradecer a Dios padre eterno que me otorgo salud y entendimiento para terminar mi carrera universitaria.

Agradezco a mi familia por su apoyo ferviente y el ánimo que me dieron cada día para salir adelante.

Agradezco a la vida por darme el privilegio de crecer personal y profesionalmente

Agradezco de todo corazón a la Ingeniera Martha Enitt Vargas Pérez, porque con sus consejos, paciencia y apoyo he aprendido lo interesante de la ingeniería.

## **Resumen**

El Municipio de Jenesano carece de un documento base sobre el estado actual de su sistema de tratamiento de agua potable, cuando se desconoce lo que se tiene es difícil tomar decisiones adecuadas a la hora de invertir los recursos de manera coherente y articulada con las necesidades del sistema.

El Diagnóstico del Sistema de Potabilización de Agua del Municipio de Jenesano busca identificar sus componentes, su funcionamiento y operatividad con el objetivo de establecer las deficiencias operativas que me permitan formular alternativas de optimización del sistema, de tal manera que se mejore la calidad y continuidad en la prestación de los servicios públicos del municipio.

Se llevó a cabo una primera etapa de diagnóstico de cada uno de los componentes del sistema de tratamiento de agua mediante entrevistas con las personas encargadas de la operación y mantenimiento permitiendo una visualización del funcionamiento y estado actual de las estructuras, se evaluó técnicamente y se plantearon las medidas de optimización.

El producto esperado es el diagnóstico y optimización del Sistema de Potabilización de Agua del Acueducto del Municipio de Jenesano.

### **Abstract**

The Jenesano municipality doesn't have a base document about water purification, for that reason it is difficult to make decisions about how to spend resources properly.

The Diagnostic objective of the water purification system of Jenesano Boyacá is to identify components, functionality and operability in order to establish operative deficiencies that allow me to formulate optimization alternatives of the system, to improve the quality and continuity in the provision of public services of the Municipality.

The first diagnostic stage was through interviews with people in charge of the operation and maintenance who allowed me to visualize the state and functioning of the structures in order to evaluate the optimization measures.

The principal objective of this project is to prepare the technical and operational diagnostic of the Potabilization System of the Municipality of Jenesano-Boyacá.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
2. JUSTIFICACIÓN .....	3
3. OBJETIVO GENERAL.....	4
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
4. MARCO CONCEPTUAL .....	5
5. MARCO TEÓRICO.....	9
6. MARCO LEGAL.....	13
7. MARCO GEOGRÁFICO .....	16
8. MARCO INSTITUCIONAL .....	17
8.1. UNIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE JENESANO .....	17
8.2. UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA-UNAD.....	18
9. METODOLOGÍA .....	19
9.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	20
9.2. DISEÑO METODOLÓGICO .....	20
9.2.1. Método y técnicas. ....	21
9.2.2. Variables. ....	21
10. DIAGNOSTICO SISTEMA DE ACUEDUCTO .....	25
10.1.CAPTACIÓN LA ROSA .....	26

10.1.1.Caja De Recolección.....	26
10.1.2.Rejilla. ....	27
10.2. LÍNEA DE ADUCCIÓN LA ROSA .....	27
10.3. DESARENADOR LA ROSA .....	28
10.3.1.Caja de Válvulas del Desarenador. ....	29
10.4. LÍNEA DE CONDUCCIÓN LA ROSA.....	30
10.5. CAPTACIÓN LA ÚNICA .....	30
10.5.1.Caja de Recolección. ....	31
10.6. LÍNEA DE ADUCCIÓN LA ÚNICA .....	32
10.7. DESARENADOR LA ÚNICA .....	32
10.7.1.Caja de Válvulas .....	33
10.7.1.2. Salida. ....	34
10.8. LÍNEA DE CONDUCCIÓN LA ROSA.....	34
10.9. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	34
10.9.1.Cajas de entrada .....	35
10.9.2.Sistema de Macromedición.....	36
10.9.3.Sistema De Bypass.....	36
10.9.4.Mezcla Rápida.....	37
10.9.5.Coagulación.....	38
10.9.6.Caja De Desagüe.....	40
10.9.7.Floculación.....	40



10.9.10.Zona De Sedimentación. ....	43
10.9.11.Zona De Lodos.....	43
10.9.12.Zona De Salida.....	44
10.9.13.Válvulas De Lavado.....	44
10.9.14.Filtración. ....	45
10.9.15.Hidráulica De Lavado. ....	46
10.9.16.Desinfección.....	46
10.9.17.Almacenamiento. ....	47
10.9.17.1.Tanque N° 1.....	47
10.9.17.2.Tanque N° 2.....	48
10.9.17.3.Tanque N° 3.....	50
11. ESTIMACIÓN DE CAUDALES .....	54
11.1.AFORO FUENTE DE ABASTECIMIENTO QUEBRADA LA ROSA. ....	54
11.2.AFORO FUENTE DE ABASTECIMIENTO QUEBRADA LA ÚNICA.....	55
11.3.AFORO DE CAUDAL DE ENTRADA AL SISTEMA .....	56
11.4.CAUDAL DE CONSUMO TANQUE N° 2.....	58
12. EVALUACIÓN SISTEMA DE POTABILIZACIÓN.....	60
12.1. MEZCLA RÁPIDA.....	60
12.2. FLOCULACIÓN.....	63

12.3. SEDIMENTACIÓN .....	65
12.7. FILTRACIÓN .....	67
13. CALIDAD DE AGUA CRUDA.....	68
12. CALIDAD DE AGUA TRATADA.....	71
13. ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS PÚBLICOS .....	74
14. PRESUPUESTO .....	76
18. OPTIMIZACIÓN PTAP .....	81
19. CRONOGRAMA.....	86
20. CONCLUSIONES .....	87
21. RECOMENDACIONES.....	89
ANEXOS.....	91
BIBLIOGRAFÍA.....	102

### **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1 Normas Ambientales que aplican al Proyecto .....	13
Tabla 2 Fase 1 .....	22
Tabla 3 Fase 2 .....	23
Tabla 4 Fase 3 .....	24
Tabla 5 Aforo Caudal de Entrada.....	57
Tabla 6 Volúmenes Suministro Tanque N° 2 .....	58
Tabla 7 Relación Temperatura/Viscosidad .....	65
Tabla 8 Características Físicas, Químicas y Microbiológicas Fuentes de Captación .....	68
Tabla 9 Características Físicas, Químicas y Microbiológicas Agua Tratada.....	72
Tabla 10 Presupuesto Proyecto .....	76
Tabla 11 Presupuesto Optimización.....	78
Tabla 12 Actividades de Optimización .....	81

### **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1. Reporte de Resultados Físico-químico Quebrada La Rosa .....	92
Anexo 2. Reporte de Resultados Microbiológicos Quebrada La Rosa .....	93
Anexo 3. Reporte de Resultados Físico-químico Quebrada la Única .....	94
Anexo 4. Resultados Análisis Microbiológico Quebrada la Única.....	95
Anexo 5. Resultados Análisis Físico-químico Agua Tratada .....	96
Anexo 6. Resultados de Análisis Microbiológico Agua Tratada .....	97
Anexo 7. Formato 001.....	98
Anexo 8. Formato 002.....	99
Anexo 9. Formato 003.....	100
Anexo 10. Formato 004.....	101

## LISTA DE IMAGENES

Imagen 1. Bocatoma la Rosa.....	26
Imagen 2. Caja de Recolección.....	27
Imagen 3. Válvula de 6".....	27
Imagen 4. Rejilla.....	27
Imagen 5. Orificio tubería de Aducción.....	28
Imagen 6. Desarenador.....	29
Imagen 7. Caja de Entrada.....	29
Imagen 8. Caja Válvula de Lavado.....	29
Imagen 9. Caja Válvula de Salida.....	30
Imagen 10. Bocatoma La Única.....	31
Imagen 11. Caja de Recolección.....	31
Imagen 12. Desarenador.....	32
Imagen 13. Caja de Entrada.....	32
Imagen 14. Vástago de Válvula.....	33
Imagen 15. Válvula de 10".....	33
Imagen 16. Caja de Salida.....	34
Imagen 17. Cajas de Entrada.....	35
Imagen 18. Macromedidor Q. La Rosa.....	36
Imagen 19. Macromedidor Q. La Única.....	36
Imagen 20. Bypass.....	37
Imagen 21. Vertedero.....	37
Imagen 22. Dosificación.....	38

Imagen 23. Tanques Preparación de Sustancias Químicas .....	38
Imagen 24. Tanque Elevado.....	39
Imagen 25. Caja de Desagüe .....	40
Imagen 26. Floculador .....	41
Imagen 27. Parte Interna Floculador.....	41
Imagen 28. Válvula Desagüe .....	41
Imagen 29. Unidades de Sedimentación .....	42
Imagen 30. Panel Tipo Colmena.....	42
Imagen 31. Zona de Sedimentación.....	43
Imagen 32. Zona de Lodos.....	43
Imagen 33. Zona de Salida.....	44
Imagen 34. Válvula Desagüe .....	44
Imagen 35. Válvula de 6".....	44
Imagen 36. Filtros .....	45
Imagen 37. Entrada Filtros.....	45
Imagen 38. Canaleta Salida Filtros .....	45
Imagen 39. Aplicación Ca (CLO) <sub>2</sub> .....	47
Imagen 40. Dosificador.....	47
Imagen 41. Tanque N° 1 .....	48
Imagen 42. Válvulas Tanque N° 1.....	48
Imagen 43. Tanque N° 2 .....	49
Imagen 44. Válvulas Tanque de 6".....	49
Imagen 45. Caja de Salida.....	50

Imagen 46. Tanque N° 2 .....	50
Imagen 47. Caja de Salida.....	50
Imagen 48. Caseta de Preparación de Sustancias Químicas .....	51
Imagen 49. Prueba de Jarras.....	51
Imagen 50. Colorimetro.....	51
Imagen 51. Cuarto de Almacenamiento de Sustancias Químicas .....	52
Imagen 52. Sustancia Químicas .....	52
Imagen 53. Elementos de Seguridad Industrial.....	53
Imagen 54. Botiquin.....	53
Imagen 55. Aforo .....	54

## **Introducción**

El suministro de agua potable para la cabecera municipal de Jenesano es una prioridad de la administración municipal, ya que permite suplir las necesidades básicas de sus habitantes y así mismo brindar agua apta para consumo humano, lo cual representa un mejoramiento de su calidad de vida. El acueducto municipal cuenta con las construcciones físicas y personal capacitado encargado de operar, monitorear y distribuir agua tratada a cada uno de sus habitantes. El sistema de potabilización en donde se realiza el tratamiento del agua, cuenta con una serie de procesos unitarios dependiendo de las características físicas y químicas del agua cruda y mediante la aplicación de conceptos técnicos, operativos y de mantenimiento se obtiene agua tratada para posteriormente ser distribuida a la población.

Para lograr una articulación entre la administración municipal y la empresa encargada de la operación del acueducto es conveniente realizar como primera medida un diagnóstico del estado actual y con el análisis del mismo, formular los programas y proyectos que se necesitan para la optimización y/o renovación del sistema de potabilización de agua, de tal manera que los recursos económicos y humanos disponibles se aprovechen de manera eficiente.

El presente proyecto de grado se enfoca en el diagnóstico del sistema de potabilización del municipio de Jenesano-Boyacá, con el fin de identificar las necesidades del sistema y proponer alternativas de optimización encaminadas a mejorar la prestación del servicio y la calidad del agua suministrada a los usuarios.



## **1. Planteamiento del Problema**

El suministro de agua potable en calidad y continuidad en cada uno de los municipios del territorio nacional viene siendo un objetivo para el Estado Colombiano. Este reto de brindar agua potable a cada uno de los colombianos es una enorme inversión técnica y financiera.

Salinas (2011) afirma que: “en 800 municipios con menos de 20 mil habitantes, el agua presenta deficiencias en cuanto a su calidad y potabilidad, situación que afecta el 20% de la población nacional” (p.8). De acuerdo a Salinas (2011) para lograr la disminución de dicho porcentaje se ha invertido hasta 2009 una suma de 13,1 billones de pesos. Pero para que este valor influya de manera positiva en el mejoramiento del servicio de acueducto es necesario identificar de primera mano el estado de la infraestructura actual del sistema de potabilización de agua, de tal manera que la toma de decisiones sea lo más acertada posible en pro del progreso en materia de saneamiento ambiental.

En el caso del Municipio de Jenesano en el departamento de Boyacá este cuenta con un sistema de potabilización con más de cuarenta y cinco (45) años de funcionamiento lo que advierte de instalaciones físicas e hidráulicas en mal estado y por ende el cumplimiento de su vida útil, adicional a esto presenta falencias de operación derivadas de la carencia de equipos de dosificación que permiten un control y monitoreo adecuado.

La Administración del Acueducto Municipal, ha venido trabajando en la planificación del documento maestro de Acueducto y Alcantarillado, con el objetivo de implementarlo en su Primera Fase para el año 2017 y así cumplir con el mejoramiento de la prestación del servicio de acueducto en cada uno de sus componentes.

## **2. Justificación**

El agua es el recurso vital que permite la satisfacción de las necesidades básicas de abastecimiento y el desarrollo de las actividades diarias en las comunidades, para el municipio de Jenesano se tiene como prioridad brindar un servicio de suministro de agua potable con calidad y continuidad, la cual garantice la sostenibilidad de la salud pública en el municipio, por tal razón invertir en proyectos que se encaminen a fortalecer técnica y operativamente el sistema de abastecimiento de agua permite ofrecer entornos saludables que permitan el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores.

Con la elaboración del diagnóstico del sistema de potabilización del municipio de Jenesano, se identifican las condiciones hidráulicas actuales de sus componentes, la eficacia del sistema de dosificación, la eficiencia de remoción del sistema, las labores de operación y mantenimiento; al tener claridad de las falencias y carencias se hace fácil evaluar cuales medidas técnicas se pueden implementar en el mejoramiento de la operación del sistema.

La optimización del sistema de potabilización permite la implementación de esfuerzos, conocimiento y experiencia apoyada con la eficiencia tecnológica en el mejoramiento operativo de los componentes del sistema. El aporte técnico de la optimización genera ventajas en la disminución de los costos de operación y mantenimiento que se ven reflejadas en la satisfacción de los usuarios del sistema.

### **3. Objetivo General**

Elaborar el diagnóstico técnico y operativo del Sistema de Potabilización del Municipio de Jenesano-Boyacá.

#### **3.1. Objetivos Específicos**

- Identificar los componentes del sistema de acueducto del municipio de Jenesano.
- Evaluar la eficiencia operativa del sistema de potabilización del municipio de Jenesano.
- Generar alternativa de solución para el mejoramiento y/o optimización de los componentes del sistema potabilización del municipio de Jenesano.

#### 4. Marco Conceptual

**Acueducto:** “Conjunto de sistemas acoplados que permite transportar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en que esta es accesible en la naturaleza hasta un punto de consumo distante” (Enciclopedia Libre Universal, 2009).

**Aducción:** “Componente que se encuentra entre la captación y el desarenador que transporta el agua a flujo o presión” (Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico - RAS, Titulo B, 2010, p.459).

**Agua Cruda:** “Agua natural proveniente de fuentes superficiales o subterráneas que no ha sido sometida ningún tipo de tratamiento” (RAS, Titulo B, 2010, p.459).

**Agua Potable:** Es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el decreto 1575 de 2007 y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal. (RAS, Titulo B, 2010, p. 459).

**Almacenamiento:** “Acción destinada a almacenar un determinado volumen de agua para cubrir los picos horarios y la demanda contra incendios”. (RAS, Titulo B, 2010, p.459).

**Bocatoma:** “Es el conjunto de dispositivos destinados a conducir el agua de la fuente superficial para las demás partes que componen la captación”. (Moreno, 2004, p.4). De acuerdo a los aspectos topográficos y característicos del cauce, existen diferentes tipos de bocatomas.

**Bocatoma de Fondo:** “Se emplea en quebradas o ríos pequeños” (Barrera, 2009, p.32), con poca profundidad. Cuenta con muros transversales a manera de presa y rejilla.

**Bocatoma Lateral con bombeo:** “Se emplea para ríos con sección ancha y caudales grandes” (Barrera, 2009, p. 32) Se requiere de sistemas de bombeo.

**Bocatoma Lateral por gravedad:** “Se utiliza en ríos profundos” (Barrera, 2009, p.32). El diseño consta de compuertas y rejilla en mayores dimensiones que la bocatoma de fondo.

**Calidad de Agua:** “Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia” (RAS, Título B, 2010, p. 461).

**Calidad de Vida:** “Es la percepción que un individuo tiene de su lugar en la existencia en el contexto de la cultura y del sistema de valores en los que vive y en relación con sus objetivos, expectativas, normas e inquietudes” (Bonilla, S.f.).

**Captación:** “Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento” (RAS, Título B, 2010, p 462).

**Caudal:** “Cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo” (RAS, Título B, 2010, p. 462).

**Conducción:** “Componente a través del cual se transportar el agua potable, ya sea a flujo libre o a presión” (RAS, Título B, 2010, p. 463).

**Desarenador:** “Tanque construido con el propósito de sedimentador partículas en suspensión por la acción de la gravedad” (López Cualla, 1995, p. 153). Permite el tratamiento primario del agua cruda.

**Ensayo de Tratabilidad:** “Estudios efectuados a nivel de laboratorio o de planta piloto, a u una fuente de abastecimiento específica, para establecer el potencial de aplicación de un proceso de tratamiento” (RAS, Título C, 2010, p.34).

**Fuente de Abastecimiento de Agua:** “Deposito curso de agua superficial, subterránea o marina, destinada para el suministro de agua para una población” (RAS, Título B, 2010, p. 467).

**IRCA:** Siglas que corresponde al Índice de Riesgo de Calidad de Agua para Consumo Humano. El valor del IRCA es cero (0) puntos cuando cumple con los valores aceptables para cada una de las características físicas, químicas y microbiológicas y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos (Resolución 2115, 2007, p.7).

**Muestra:** “Pequeños volúmenes de agua recolectados de uno o varios puntos de un sistema de acueducto con el fin de hacer ensayos de cantidad y calidad para evaluar el funcionamiento del sistema” (RAS, Título B, 2010, p. 470).

**Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado (PMAA):** De acuerdo a la Unicef (s.f.) Es el documento soporte en donde diagnostica en detalle la situación del municipio en el sector de agua potable y saneamiento básico para establecer prioridades y así implementar y ejecutar programas y proyectos que permitan la optimización de los sistemas de Acueducto y Alcantarillado (p.43).

**Planta de Tratamiento:** “Conjunto de obras, equipos, materiales y personal para realizar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad de agua potable” (RAS, Título C, 2010, p.38).

**Potabilización:** Es el proceso que se realiza sobre cualquier tipo de agua para transformarla en agua potable (Fibras y Normas de Colombia S.A.S, S.f.) de tal manera que sea apta para consumo humano.

**Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA):** De acuerdo a la Ley 373 de 1997: “es el conjunto de programas y proyectos que deben elaborar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico”, esto con el fin de conservar y proteger el recurso agua.

**Velocidad Superficial:** “Método para medir caudales en canales o corrientes superficiales de sección más o menos constante y tramo recto, donde es posible suponer un flujo constante”

(López, 1995, p.67).

**Vertedero Triangular:** “Dispositivo hidráulico de rebose de líquido” (RAS, Título C, 2010, p. 42), permite medir caudal, se emplean para caudales menores de 30 l/s y cargas hidráulicas comprendidas entre 6 y 60 centímetros.

## 5. Marco Teórico

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 (Salazar, 2012, p.61) con el fin de minimizar los efectos a la salud de los consumidores. La caracterización del agua cruda nos permite definir el tipo de tratamiento a utilizar de tal manera que se obtenga agua apta para el consumo humano. Existen diferentes tipos de plantas (convencional y Filtración Lenta en Múltiples Etapas, Osmosis Inversa, Nanofiltración, Ultrafiltración y Microfiltración) que modifican las características físicas, químicas, organolépticas y microbiológicas inaceptables en aceptables de tal manera que no se generen afectaciones a los usuarios.

Para que se lleve a cabo la potabilización del agua cruda, se deben desarrollar una serie de procesos consecutivos, los cuales depende uno del otro para su eficiencia y que con la influencia de las interacciones químicas y físicas como lo son las fuerzas de transporte (movimiento browniano) y de adherencia o atracción entre las partículas (fuerzas de Van de Waal) por el efecto de la gravedad se produce la remoción de partículas coloidales, las cuales están conformadas por turbiedad y color en el agua.

El proceso de gran relevancia en el tratamiento del agua es la coagulación, de acuerdo a Salazar (2012), la coagulación química consiste en adicionar al agua una sustancia que tiene propiedades coagulantes, la cual transfiere sus iones a la sustancia que se desea remover, lo que



neutraliza la carga eléctrica de los coloides para favorecer la formación de flóculos de mayor tamaño y peso.

Los coloides son los causantes de la turbiedad y de color por lo que el tratamiento del agua está orientado a la remoción de estas partículas (Andia, 2000). Los coloides poseen carga eléctrica negativa en su superficie, mientras que la coagulante carga positiva y por la acción de una mezcla rápida, se neutralizan las cargas, formándose un puente que permite que se aglomeren las partículas disueltas en el agua para formar flóculos, esto se da gracias a una mezcla lenta a este proceso le llamamos Floculación. Para que estos procesos se den normalmente es indispensable controlar y ajustar los valores de pH y alcalinidad en el agua cruda, parámetros importantes para cuantificar y evaluar la eficiencia del coagulante; mediante la prueba de jarras se observa el comportamiento del coagulante en el agua y se define la dosis optima, de tal manera que se dosifique la menor dosis con el mejor resultado en la remoción de partículas coloidales.

La coagulación se expresa de dos (2) formas: Coagulación por captura de un precipitado de hidróxido metálico; la precipitación rápida de los hidróxidos, genera una aglomeración de las partículas por barrido, atrapando los coloides. (Pérez, 1991).

Coagulación por adsorción: El coagulante al entrar en contacto con el agua, empieza a formar unas largas cadenas tridimensionales con extremos activos llamada hidrolisis, estos se adhieren a otros coloides formando puentes, y por lo tanto ocurre la desestabilización, para que este fenómeno se presente es indispensable contar de un mezclador rápido ya sea mecánico o hidráulico, para evaluar la estabilidad del resalto se debe calcular el Número de Froude.

“En el proceso de floculación pueden emplearse floculadores hidráulicos mecánicos o hidromecánicos” (RAS Titulo C, 2010). Para evaluar la eficiencia del resalto

Floculadores Hidráulicos: emplean el cambio de dirección del flujo del agua, mediante mecanismos que producen turbulencia para promover la formación de floc y derivan su energía de la carga de velocidad que el líquido adquiere en su viaje por un conducto (RAS, Titulo C, 2010, pag. 80). De este tipo tenemos: de Flujo Horizontal, de Flujo Vertical, de Flujo Helicoidal, Alabama y de Lechos Porosos.

De acuerdo a Pérez (2005) “definimos como sedimentación al proceso natural por el cual las partículas más pesadas que el agua, que se encuentran en su seno en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad” (p.2). Para que este proceso se dé es necesario someter el agua al proceso de coagulación y además de ello factores como el tamaño de las partículas, la temperatura y la velocidad del paso del agua a través del sedimentador son determinantes para lograr que las partículas se asienten en el fondo del sedimentador. Se emplean sedimentadores de Flujo Horizontal y Flujo Vertical esto dependiendo del nivel de complejidad del sistema y del ensayo de tratabilidad. “La unidad de sedimentación debe constar de: a) Zona de entrada, b) Zona de sedimentación. c) Zona de Salida y d) Zona de recolección de lodos.” (RAS Titulo C 2010, p. 82).

Para continuar con el tratamiento del agua se emplea un método tan común como antiguo: el proceso de Filtración en el cual se dan dos fases importantes el transporte de las partículas remanentes de la sedimentación a través de los poros del medio filtrante y la adherencia de estas en los granos del medio. Según el RAS, Titulo C, (2010): “El proceso convencional de filtración puede ser rápida o lenta. La filtración rápida se divide en filtración ascendente o descendente y puede ser por gravedad o por presión” (p.85). El medio filtrante de tipo granular puede estar

constituido por un lecho de grava seguido de arena de alta densidad, antracita o carbón activado.

Las características del medio filtrante a utilizar vienen dadas por las características físicas y químicas del agua a tratar.

Pérez (1991) afirma que: la eficiencia de la filtración está relacionada con las características de la suspensión y el lecho filtrante, con la hidráulica de filtración y con la calidad del efluente. Partículas suspendidas menores a  $1\text{ }\mu\text{m}$  son retenidas con mayor facilidad por el lecho filtrante. Para obtener efluente de mejor calidad se debe tener especial control en la operación de los procesos preliminares de tal manera que la tasa de filtración sea mayor, con el transcurso del tiempo las unidades de filtración se colmatan, aumentando la resistencia del lecho poroso y la tasa disminuye lo que indica un lavado del mismo. Existen filtros lentos compuestos por 3 capas de grava y arena y filtros rápidos compuestos por gravas, arena y antracita.

Con los procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración se remueve turbiedad, color, iones metálicos y compuestos inorgánicos que permiten preparar el agua para la aplicación de agentes físicos como el calor y los rayos ultravioleta; agentes químicos como el ozono, cloro el más empleado, bromo y yodo llamado proceso de desinfección, el cual tiene como objetivo eliminar microorganismos patógenos causantes de un sin número de enfermedades gastrointestinales en los seres humanos. Para que la desinfección tenga éxito es recomendable someter el agua aun tiempo de contacto, así mismo el pH y la temperatura del agua deben estar en un rango óptimo de tal manera que con bajas dosis de desinfectante los microorganismos sean eliminados con mayor efectividad y el cloro residual impida la recontaminación del agua tratada en las redes de distribución.

## 6. Marco Legal

En el desarrollo del presente proyecto se tuvo en cuenta las siguientes normas ambientales colombianas:

Tabla 1

*Normas Ambientales que Aplican al Proyecto.*

<b>NORMA</b>	<b>FECHA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Constitución Política de Colombia	1991	En el Artículo 366 se menciona las responsabilidades del Estado Colombiano en el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida mediante la satisfacción de las necesidades en Salud, Educación, Saneamiento ambiental y agua potable (Const., 1991, art.366).
Decreto 1575	2007	Se estable el Sistema para la Protección y Control de la Calidad para consumo Humano. En el Capítulo II artículo 9 se confieren las responsabilidades de las personas prestadoras en el control de calidad del agua que suministran a sus usuarios. Señala las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control de calidad y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano (Decreto 1575, 2007, art. 9).

---

Resolución 2115		En el Capítulo II y III, se expresa los valores
Ministerio de Ambiente y	2007	máximos admisibles de las características físicas,
Desarrollo Sostenible		químicas y microbiológicas que debe contar el agua destinada para consumo humano.
		Se establecen los lineamientos para establecer los puntos de muestreo en la red de distribución para controlar y vigilar la calidad del agua destinada para consumo humano (Resolución 2115, 2007).
Resolución 0811		En el artículo 2 se determinan los criterios para la
ministerio de la Protección	2008	ubicación de los puntos de muestreo para que las
social		entidades competentes realicen control y vigilancia a la calidad del agua (Resolución 0811, 2008).
Reglamento Técnico del		Fija los criterios básicos, los requisitos mínimos y
Sector de Agua Potable y	2010	los valores específicos que deben tenerse en cuenta en
Saneamiento Básico		los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, construcción, supervisión técnica, la operación y el mantenimiento de los sistemas de acueducto en Colombia (RAS, Titulo B, 2010).

---

---

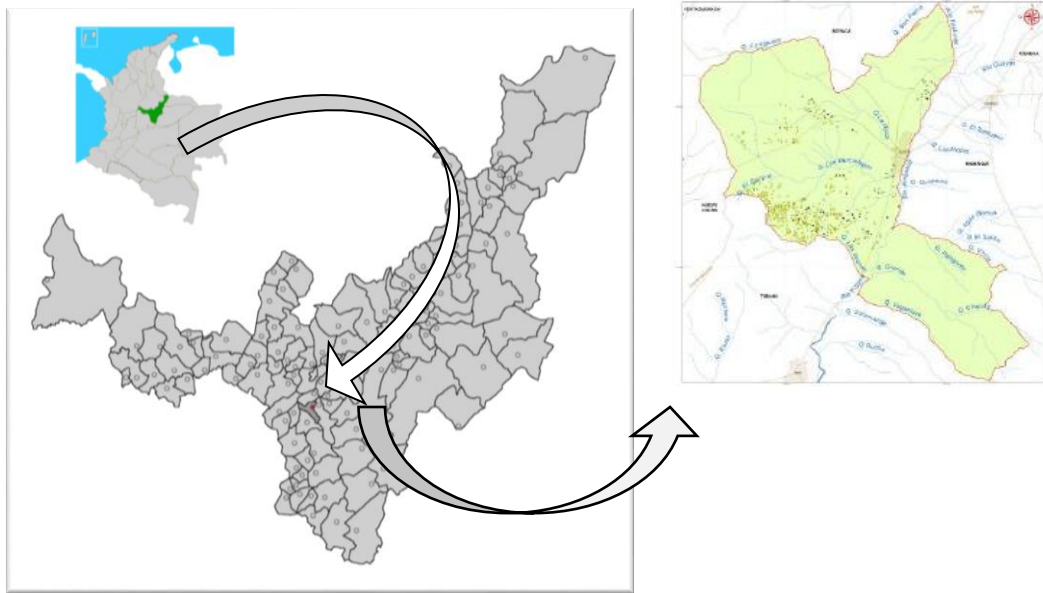
Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.	2010	Presenta el tratamiento adecuado para la potabilización del agua de acuerdo a su calidad, eliminando los riesgos para la salud pública el consumo de agua deficiente química y microbiológicamente. (RAS, Título C, 2010).
Resolución 0330 Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	2017	Se adoptan los requisitos técnicos para el diseño, implementación, vigilancia y control de suministro y distribución de agua potable a la población (Resolución 0330, 2017).
Resolución 082 Ministerio de Protección Social	2009	Se dan a conocer los requisitos evaluativos durante la inspección sanitaria de las autoridades competentes a los sistemas de suministro de agua para consumo humano.

---

*Fuente:* Elaborado por autor

## 7. Marco Geográfico

La cabecera municipal de Jenesano se encuentra ubicada a los 5° 23' y 20" de Latitud Norte y 73° 22' 05" de longitud al Oeste del Meridiano de Greenwich, la altura sobre el nivel del mar es de 2100 metros, la temperatura media es de 18° centígrados, abarca un área de 59 Km<sup>2</sup>. Limita por el Norte con el municipio de Boyacá, por el Este con el municipio de Ramiriquí, por el Sur con el municipio de Tibaná y por el Oeste con el municipio de Nuevo Colón. ( EOT Jenesano, 2000).



*Fuente:* Sistema de Información Geográfica SIG Municipales. 2013

El acueducto del municipio de Jenesano cuenta con sistema de captación, aducción, desarenador, sistema de potabilización y distribución. El sistema es por gravedad, la captación se realiza en dos (2) fuentes superficiales denominadas Quebrada la Rosa y la Única respectivamente, cuenta con una planta de tratamiento de tipo convencional ubicada en la cota 2145,71 m.s.n.m. en la Vereda los Naranjos.

## **8. Marco Institucional**

Las entidades involucradas en el desarrollo del presente proyecto son: La Unidad Prestadora de Servicios Públicos del municipio de Jenesano, la cual se encarga de administrar la prestación de los servicios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo del municipio y la Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD la cual brinda asesoría y apoyo profesional para la ejecución de cada una de las fases del proyecto.

### **8.1. Unidad Prestadora de Servicios Públicos de Jenesano**

La Unidad de Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo se creó mediante el Acuerdo N° 34 de 05 de Julio de 2002, como una dependencia de la administración municipal, en donde se le otorgan facultades al alcalde Municipal para su reglamentación, de igual forma se le confirió la constitución de una caja especial para el manejo independiente de sus ingresos y egresos. (TAS Consultores E.U., 2015, p. 13).

De acuerdo al Informe de Vigilancia de Calidad del Agua Para Consumo Humano para el año 2016 la Unidad de Servicios Públicos de Acueducto y Alcantarillado y Aseo de Jenesano tiene un IRCA promedio de 1,43 lo cual indica que suministra agua sin riesgo (apta para consumo humano) a los habitantes del municipio de Jenesano. (Gobernación de Boyacá, 2016, p. 4) Esto advierte de las políticas de mejoramiento continuo y compromiso administrativo en la prestación de servicios que velen por la calidad de vida de sus usuarios.



## **8.2. Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD**

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, fue creada por la Ley 52 de 1981 por el Ministerio de Educación Nacional como un establecimiento público de orden nacional y fue transformada en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia mediante Ley 396 del 05 de agosto de 1997 (UNAD, 2017).

La UNAD dentro de sus funciones académicas y sociales busca ampliar la visión del estudiante para identificar las necesidades de las comunidades y por medio de las competencias adquiridas en el transcurso de nuestra formación académica formular proyectos que permitan aportar en el crecimiento económico y social a nivel local y regional.

## 9. Metodología

Para la elaboración de proyecto de Diagnóstico y Optimización del Sistema de potabilización de Agua Potable del municipio de Jenesano, se planteó el desarrollo de tres (3) fases detalladas así:

**FASE 1:** en la cual se realizó una recopilación de información primaria y secundaria existente en la alcaldía municipal y en la unidad de servicios públicos del municipio de Jenesano-Boyacá, representada en los estudios base como lo son el PMAA y el Programa de Uso Eficiente del Agua (PUEAA). Se realizó la revisión de estos estudios, extrayendo la información relevante que aplica a este proyecto como lo es el diagnóstico hidráulico y estructural del sistema de tratamiento de agua del municipio y de a partir de esto se determinó las condiciones de funcionamiento actuales del sistema de potabilización del municipio.

**FASE 2:** en la cual se realizó las actividades de trabajo de campo que comprende la inspección visual del sistema de abastecimiento y de potabilización del municipio, posteriormente se efectuó la descripción de los componentes del sistema de potabilización, partiendo de la información obtenida se realizó la evaluación hidráulica con el objetivo de determinar la funcionalidad del sistema. Para esta fase se emplearon formatos para la recopilación de la información y se encuentran en los anexos del presente documento. El formato 001 se empleó para realizar los aforos de las fuentes de captación, el formato 002 se empleó para consignar las lecturas de aforos de caudal a la entrada del sistema de potabilización por el método de vertedero y macromedidor.

**FASE 3:** en la cual se realizó un análisis de las características físico-químicas y microbiológicas del agua en la salida del sistema, determinando así el cumplimiento de la

normatividad legal vigente y la eficiencia operativa, posteriormente se plantearon las alternativas de optimización del sistema en las etapas en donde se no se cuenta tecnificada, deterioro por falta de mantenimiento preventivo y mal funcionamiento. En esta fase se diseñaron formatos para aplicar durante las actividades de operación y mantenimiento, el formato 003 el cual se empleará para el monitoreo diario del sistema y el formato 004 el cual servirá de apoyo para llevar control de las actividades de mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable.

### **9.1. Tipo de Investigación**

Con el objetivo de obtener una visión detallada de la situación actual del sistema de potabilización del municipio de Jenesano se plantea una investigación de tipo descriptiva-cualitativa, esta permite mediante la observación e interacción con los involucrados en la operación del sistema, recolectar datos en campo los cuales serán la base para la descripción de la situación actual de funcionamiento del sistema y así plantear las medidas de mejoramiento.

### **9.2. Diseño Metodológico**

El presente proyecto pretende verificar la eficiencia del sistema de potabilización del municipio de Jenesano, el cual permite la sostenibilidad ambiental y de salud pública del municipio.

**9.2.1 Método y técnicas.** El método empleado para la ejecución del presente proyecto fue la observación, este permitió la obtención de información preliminar del funcionamiento del sistema, con este método se logró identificar y describir tanto los componentes del sistema de abastecimiento como de la planta de tratamiento de agua, en esta parte se tomaron datos como dimensiones, tipo de estructura y estado de la misma.

Se realizaron visitas al sistema de abastecimiento inspeccionando visualmente las actividades de operación y mantenimiento de cada uno de los componentes del sistema.

Las técnicas empleadas para la recopilación de la información se concibieron con la revisión preliminar de documentos y estudios suministrados por la unidad de servicios públicos, esta información se cotejo con las visitas y entrevistas realizadas a los operarios del sistema de potabilización con el fin de filtrar la información, finalmente se procedió a la evaluación del funcionamiento del sistema de potabilización mediante la comparación de los parámetros que establece el RAS para el diseño de un sistema de tratamiento de agua de acuerdo a las características iniciales del agua ya los componentes con los que cuenta.

El parámetro que presenta mayor relevancia es el caudal, ya que de este depende el adecuado funcionamiento de la planta y el suministro constante a la población, por lo tanto, se determinó realizar las actividades de recopilación de datos los días en los cuales la planta no presentará interrupciones en su operación derivadas de mantenimiento de las estructuras o de las redes de conducción.

### **9.2.2. Variables.**

-Dependientes: Caudal, calidad del agua, actividades de mantenimiento de las estructuras.

-Independientes: población abastecida, ubicación PTAP, floculantes o desinfectantes utilizados.

**FASE 1:** Comprende la recopilación de la información y se detalla de la siguiente manera:

Tabla 2

*Fase 1*

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RECURSOS UTILIZADOS</b>	<b>DIAS</b>
Recopilación de Información	Visitas a la Unidad de Servicios Públicos del Municipio de Jenesano solicitando de manera verbal y con el apoyo de la Ingeniera Martha Enitt Vargas Pérez contratista consultora del PMAA, los documentos que consoliden información sobre el funcionamiento y operación del sistema de acueducto del municipio.	Investigador, Unidad de Almacenamiento, CD, computador, transporte intermunicipal y alimentación.	1

*Fuente:* Elaborado por autor

**FASE 2:** Comprende las actividades de descripción de las estructuras de captación, aducción, desarenador y conducción del sistema de abastecimiento y el diagnóstico del sistema de tratamiento de agua y se detalla así:

Tabla 3

*Fase 2*

Actividad	Descripción	Recursos utilizados	Días
Visita Técnica Estructuras de captación y conducción de agua cruda	Revisión de dimensiones y estado de las estructuras, observación de condiciones de funcionamiento. Realización de aforo en las fuentes de captación	Investigador, metro, pita, pelota, cronómetro, papelería, esferos, cámara Imagen gráfica impermeable, hospedaje, transporte y alimentación.	4
Visita Técnica Planta de Tratamiento de Agua	Revisión de dimensiones y estado de las estructuras. Verificación del caudal de entrada y Salida.	Investigador, metro, papelería, cámara Imagen gráfica, transporte y alimentación.	2
Muestreos Agua Cruda y Tratada	Recolección de muestras puntuales in situ: una (1) muestra para cada una de las fuentes de abastecimiento, una (1) muestra a la salida Tanque de Almacenamiento N° 2 el cual estaba en operación para ese día.	Investigador, recipientes de vidrio y plástico, papelería, nevera con gel refrigerante, guantes, tapabocas.	1

*Fuente:* Elaborado por Autor

**FASE 3:** Corresponde a la fase de análisis e interpretación de la información recolectada, posteriormente se genera el planteamiento de alternativas de optimización de acuerdo al cotejo de los resultados obtenidos con lo reglamentado en la normatividad legal vigente.

Tabla 4

*Fase 3*

Actividad	Descripción	Recursos utilizados	Días
Análisis e Interpretación de la Información	Compilación de la información, chequeo hidráulico de cada una de las unidades de tratamiento, posteriormente se procede a revisión y cotejo con el RAS 2010.	Investigador, libros, consulta de legislación y computador.	15
Elaboración de Alternativa de Optimización	Realización de la alternativa de optimización de acuerdo a los resultados obtenidos en la actividad de análisis e interpretación.	Investigador, libros, computador.	2
Elaboración de Presupuesto	Realización de presupuesto de acuerdo a la alternativa seleccionada	Investigador, catálogos, precios gobernación computador,	2

*Fuente:* Elaborado por Autor

## 10. Diagnostico Sistema De Acueducto

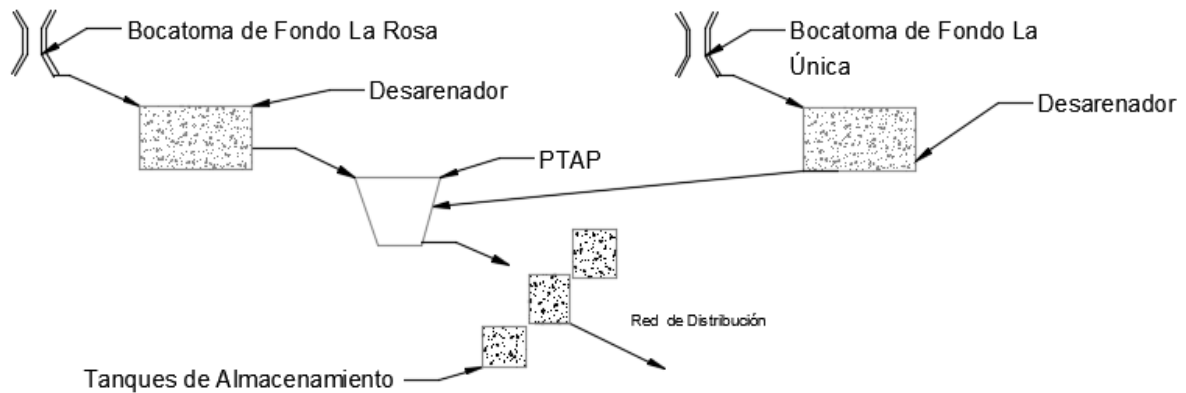
El sistema de acueducto es administrado por la Unidad Prestadora de Servicios Públicos de Jenesano, la cual fue conformada desde el año 2002.

El sistema de tratamiento de agua potable está en funcionamiento desde hace 40 años. (Vargas Pérez, 2015, p. 45). El sistema se abastece por gravedad. Las fuentes de captación son:

1. Quebrada la Rosa
2. Quebrada la Única

*Figura 1.*

Esquema General Sistema de Abastecimiento



*Fuente: Autor*



### 10.1. Captación La Rosa

Sobre la Quebrada la Rosa en la Vereda Pinanguatá, en las coordenadas geográficas  $5^{\circ} 23' 57, 18''$  Latitud Norte y Longitud Oeste  $73^{\circ} 22' 41,30''$  con una elevación de 2300,05 m.s.n.m se encuentra una Bocatoma de Fondo, la cual fue construida en enero de 2015 en concreto reforzado y se encuentra en buen estado, cuenta con rejilla, sistema de rebose, caja de recolección y válvula de control de caudal. (Vargas Pérez, 2015, p.52).



**Imagen 1.** Bocatoma La Rosa

*Fuente:* Autor

**10.1.1. Caja de Recolección.** La caja de recolección tiene las siguientes dimensiones largo: 2,56 m, ancho: 1,20 m y Profundidad de 1,14 m. Se encuentra en buen estado con su respectiva tapa, cuenta con una tubería de salida de 6" en PVC y válvula HF de 6" en buen estado, se le ha retirado la manija de maniobra para evitar la manipulación indebida.



**Imagen 2.** Caja de Recolección.  
*Fuente:* Autor



**Imagen 3.** Válvula de 6".  
*Fuente:* Autor

**10.1.2. Rejilla.** Cuenta con una rejilla en acero con las siguientes mediciones: Largo: 1,04 m y Ancho 0,33 m con 26 barrotes. Se encuentra en buen estado, se realiza mantenimiento periódico debido al taponamiento por hojas y material de arrastre que impiden el paso normal del agua al desarenador.



**Imagen 4.** Rejilla.  
*Fuente:* Autor

## 10.2. Línea de Aducción La Rosa

En PVC de 6" con una longitud de 1636,42 m hasta el desarenador. Fue renovada hace un año aproximadamente. A lo largo de esta línea encontramos cuatro (4) pasos elevados los cuales se

encuentran en buen estado. Cuenta con una ventosa artesanal ubicada en la cota 2290,80. No presenta problemas de presiones altas.



**Imagen 5:** Orificio Tuberia de Aducción.  
*Fuente:* Autor

### **10.3. Desarenador La Rosa**

Se localiza a 2188,89 m.s.n.m, se construyó hace aproximadamente 40 años. Es una estructura en concreto reforzado, se encuentra en buen estado y cuenta con cerramiento. No cuenta con válvula de control de entrada. Cuenta con su respectivo rebose. Se realiza mantenimiento cada mes.



**Imagen 6.** Desarenador La Rosa.  
*Fuente:* Autor.



**Imagen 7.** Caja de Entrada.  
*Fuente:* Autor.

### 10.3.1. Caja de Válvulas del Desarenador.

**10.3.1.1. Lavado.** Cuenta con una Válvula Ascendente en HF de 6", se encuentra en buen estado, pero presenta signos de oxidación. Cuenta con escalera de acceso.



**Imagen 8.** Caja de Lavado.  
*Fuente:* Autor

**10.3.2. Salida.** Cuenta con una válvula en HF de 6", la cual presenta deterioro por pintura de protección, cuenta con caja y tapa en buen estado.



**Imagen 9.** Caja Válvula de Salida. *Fuente:* Autor

#### **10.4. Línea de Conducción La Rosa**

En PVC de 6", con una longitud de 747,88 m, fue instalada hace 13 años y no presenta problemas de sobrepresiones. En esta línea se encuentra dos (2) pasos elevados.

#### **10.5. Captación la Única**

Sobre la Quebrada la Única en la Vereda Noncetá, con coordenadas geográficas 5° 21' 17,01" Latitud Norte y 73° 20' 34,75" Longitud Oeste, encontramos la Bocatoma de Fondo, construida en concreto reforzado hace aproximadamente 22 años, presenta desgaste de la represa y crecimiento de musgo en la capa superficial del concreto.



**Imagen 10.** Bocatoma La Única.  
Fuente: Autor

**10.5.1. Caja de Recolección.** La caja de recolección tiene las siguientes dimensiones internas largo: 1,10 m, ancho: 1,22 m y Profundidad de 1,15 m. Se encuentra en mal estado al igual que la tapa, cuenta con una tubería de salida de 6" a una profundidad de 56 cm. No cuenta con válvula de salida. Presenta deterioro del concreto.



**Imagen 11.** Caja de Recolección.  
Fuente: Autor

**10.5.2 Rejilla.** Cuenta con una rejilla en acero con las siguientes mediciones: Largo: 0,68 m y Ancho 0,34m, con 36 barrotes y espacio entre barrotes de 1 cm. Se encuentra en buen estado. El canal de aducción tiene una profundidad de 36 cm y conecta a un tubo de Gress de 8".

### 10.6. Línea de Aducción La Única

En PVC de 6" con una longitud de 92,49 m hasta el desarenador. Con 22 años de antigüedad. No cuenta con purga, ni ventosa.

### 10.7. Desarenador La Única

Se localiza en la cota 2203,9 m.s.n.m, fue construido hace aproximadamente 40 años. Es una estructura en concreto reforzado, presenta crecimiento de musgo y deterioro del concreto. La estructura cuenta con cerramiento. No cuenta con válvula de control de entrada, cuenta con su respectivo rebose. Se realiza mantenimiento en verano cada mes y en invierno cada 15 días.



**Imagen 12.** Desarenador La Única.  
*Fuente:* Autor



**Imagen 13.** Caja de Entrada.  
*Fuente:* Autor

### 10.7.1. Caja de Válvulas

**10.7.1.1. Lavado.** Caja en estado regular con las siguientes dimensiones: ancho: 0,51 m, largo 0,51 cm y profundo de 1,57 m. Cuenta con una Válvula de Compuerta en HF de 10" y desagüe de 8", se encuentra en mal estado y presenta signos de oxidación. Cuenta con escalera de acceso, no tiene tapa.



**Imagen 14:** Válvula de Lavado.  
*Fuente:* Autor



**Imagen 15:** Válvula de 10".  
*Fuente:* Autor



**10.7.1.2. Salida.** Caja en regular estado y tiene la siguientes dimensiones: ancho: 0,51 cm, largo: 0,51 cm, y profundidad de 0,45 m. no cuenta con válvula de control de caudal de salida, la tapa está oxidada.



**Imagen 16.** Caja de Salida.  
*Fuente:* Autor

## **10.8. Línea de Conducción La Única**

En PVC de 4” y 6” con una longitud total de 5580,49 m, fue instalada hace 22 años y no presenta problemas de sobrepresiones, pero en época de invierno aumentan los deslizamientos en el sector y por ende rupturas de tubería. Cuenta con una cámara de Quiebre ubicada en la cota 2191,31 m.s.n.m. A 356,58 m de la Planta de Tratamiento de Agua Potable la tubería aumenta a 6”.

## **10.9. Planta de Tratamiento de Agua Potable**

La Planta de Tratamiento de Agua Potable del Municipio de Jenesano ubicada en la cota 2145,71 m.s.n.m. en la Vereda Los Naranjos es de tipo convencional y fue construida hace 40

años. La estructura cuenta con cerramiento, cuarto de dosificación, laboratorio y cuarto de operarios. La operación de la planta es de 24 horas y se tratan entre 6 y 9 l/s. dependiendo del consumo de los usuarios durante el día y el aprovisionamiento de agua en los tanques. Al sistema entra agua de las dos fuentes de abastecimiento.

A continuación, se una realiza una descripción de los componentes del sistema:

**10.9.1. Cajas de entrada.** Cada fuente de abastecimiento cuenta con su respectiva caja y Válvula para el control de caudal de entrada. Para la quebrada la única se cuenta con una caja en mampostería con las siguientes dimensiones: 1,20 m x 0,90 m con una válvula en HF de 6". Para la quebrada la rosa se cuenta con una caja en mampostería de 0,80 m x 0,70 m y una válvula en HF en 6" en buen estado.



**Imagen 17.** Cajas de Entrada.  
*Fuente:* Autor.

**10.9.2. Sistema de Macromedición.** En la entrada al sistema de tratamiento encontramos dos (2) cajillas con su respectivo macromedidor distribuidos para las líneas de conducción de la quebrada la rosa y la quebrada la única respectivamente los cuales no están en funcionamiento.



**Imagen 18.** Macromedidor 1.

*Fuente:* Autor.



**Imagen 19.** Macromedidor 2.

*Fuente:* Autor.

### **10.9.3. Sistema De Bypass**

Cada fuente de abastecimiento cuenta con sistema de Bypass de 6". Las Válvulas en HF de 6" no cuentan con cajas de protección. Se encuentran en buen estado y funcionando de manera adecuada.



**Imagen 20.** Bypass.

*Fuente:* Autor.

**10.9.4. Mezcla Rápida.** El canal se encuentra en concreto reforzado con las siguientes dimensiones: ancho: 0,97 m, largo: 1,79 m y profundo de 0,85 m. entran dos (2) tubos en PVC de 6". En este encontramos un vertedero triangular que permite la determinación del caudal de entrada.



**Imagen 21.** Vertedero.

*Fuente:* Autor

En la Imagen 21 se observa que el resalto hidráulico es estable, la adición de la solución de Sulfato de Aluminio y Soda Cáustica se realiza en forma puntual y en simultáneo permitiendo la mezcla homogénea e instantánea del Coagulante a toda la masa de agua.

**10.9.5. Coagulación.** Consiste en la adición de una sustancia química soluble, la cual Transfiere sus iones a sustancias coloidales, formando agregados o sólidos fácilmente sedimentables. La precipitación de los iones se presenta en condiciones adecuadas de pH y alcalinidad. En la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Jenesano se adiciona sulfato de aluminio y soda cáustica en el punto de mayor turbulencia, permitiendo una dosificación óptima y estable.





**Imagen 24.**Tanque Elevado.

*Fuente:* Autor

La solución de Sulfato de Aluminio se prepara en un tanque plástico de 500 litros y se agrega 20 Kg del químico, se disuelve manualmente y se dosifica por gravedad en el resalto hidráulico que genera el vertedero. Debido a la calidad del agua cruda se realizan a diario Pruebas de Jarras con el fin de determinar las dosis óptimas, pero se presenta una falencia en esta etapa ya que no existe dosificador que garantice la estabilidad de la dosis, aunque se ha diseñado un sistema de dosificación que ha permitido la adecuada adición de la sustancia química. Para la Soda Caustica se agregan 800 gr en un tanque de 65 litros ubicado en el canal de entrada, esta solución se dosifica por gravedad en el resalto del vertedero.

En la Imagen 24, se observa un Tanque Elevado el cual, se emplea para almacenar el agua filtrada, la cual se emplea para llenar los Tanques de Preparación de Sustancias Químicas que se emplean en la dosificación.

### 10.9.6. Caja De Desagüe



**Imagen 25.** Caja de Desagüe.  
*Fuente:* Autor

En la Imagen 25 encontramos una caja en mampostería de 0,40 m x 0,40 m sin tapa en donde está una Válvula de 6" que permite el desagüe del Canal de Entrada. La Caja de Desagüe en mampostería tiene las siguientes dimensiones: largo: 1,23 m, por 0,98 m de ancho; permite la salida de agua del Bypass y de la unidad de Floculación.

**10.9.7. Floculación.** Se realiza en (2) dos unidades de floculación tipo Alabama, construidos en concreto reforzado. Cada unidad consta de 9 cámaras separadas colocadas en serie, el agua fluye de una cámara a la siguiente ingresando al fondo de cada división a través de codos de 4", dirigidos hacia arriba. Las dimensiones de cada cámara son: largo: 1,36 m, ancho: 0,50 m y profundidad: 1,60 m para un volumen de 1,088 m<sup>3</sup>, para un volumen total de 19,584 m<sup>3</sup>.

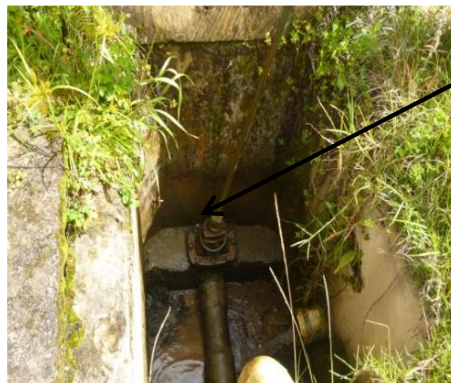


**Imagen 26.** Floculador.  
*Fuente:* Autor



**Imagen 27.** Parte Interna Floculador.  
*Fuente:* Autor

Cada compartimiento tiene las siguientes dimensiones: largo: 1,36 m, ancho de 0,50 m y profundo 2,20 m, cuenta con Válvula de 10" se encuentra deteriorada.

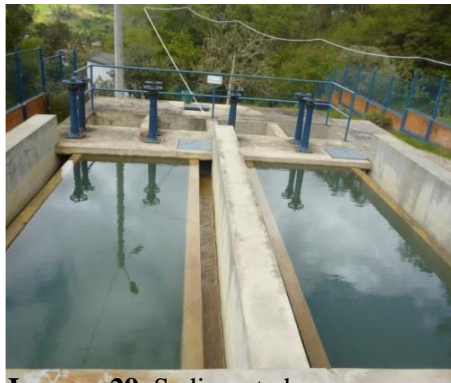


Válvula HF  
10"  
Desagüe

**Imagen 28.** Válvula Desague.  
*Fuente:* Autor

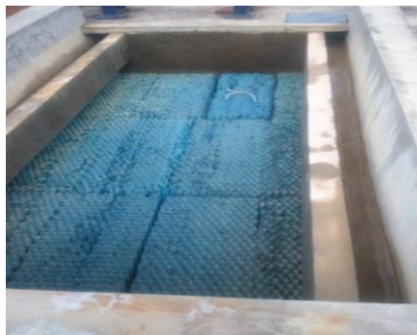
**10.9.8. Sedimentación.** Se realiza en dos (2) unidades de Flujo Horizontal Ascendente, construidos en concreto reforzado, con canaletas de recolección laterales, provisto de paneles tipo colmena. Tiene las siguientes dimensiones: Largo: 5,30 m, ancho: 1,62 m y Profundo: 5,00 m.





**Imagen 29.** Sedimentadores.

*Fuente:* Autor.



**Imagen 30.**Panel Tipo Colmena.

*Fuente:* Autor.

En la Imagen 30, se observa que los paneles se encuentran en buen estado. Se realiza mantenimiento cada 15 días.

**10.9.9. Zona de Entrada.** Se encarga de la distribución del agua de forma que la velocidad sea uniforme en toda la sección transversal. El flujo de agua entra por la misma zona de lodos produciéndose interferencia en el entre los lodos y el proceso de sedimentación.

**10.9.10. Zona De Sedimentación.** Permite la remoción de los sólidos del agua, el agua se fluye horizontalmente, mientras que las partículas caen. Se tienen en cuenta aspectos como calidad del floc, el periodo de detención, la profundidad y la velocidad de sedimentación.



**Imagen 31.** Zona de Sedimentación.

*Fuente:* Autor

#### **10.9.11. Zona De Lodos**

Se utiliza para almacenar los lodos sedimentados hasta el momento de ser retirados durante el mantenimiento. Cuenta con una válvula de 6" para la evacuación de lodos.



**Imagen 32.** Zona de Lodos.

*Fuente:* Autor

**10.9.12. Zona De Salida.** Se encarga de recoger el agua clarificada de forma que la velocidad sea la más uniforme posible. Cuenta con una canaleta la cual se encarga de distribuir el agua a los filtros.

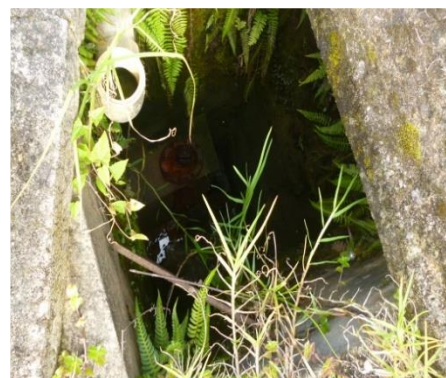


**Imagen 33.** Zona de Salida.  
*Fuente:* Autor

**10.9.13. Válvulas De Lavado** cuenta con dos (2) válvulas ascendentes para el desagüe de cada una de las unidades. Se encuentran deterioradas, pero aún presentan su servicio. Para la salida total del sistema se cuenta con válvula en HF de 6". Los lodos se disponen en una quebrada aledaña, siendo pertinente la adecuada disposición de lodos.



**Imagen 34.** Válvula Desague.  
*Fuente:* Autor

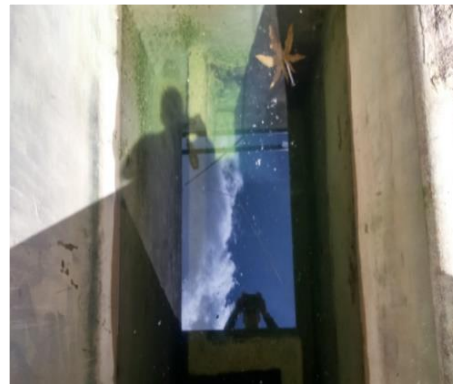


**Imagen 35.** Válvula de 6"  
*Fuente:* Autor

**10.9.14. Filtración.** Se realiza en cuatro (4) unidades de filtros rápidos ascendente, construidos en concreto reforzado, cada unidad tiene las siguientes dimensiones: largo: 1,00 m, ancho 1,00 m por 7,18 de profundidad total. cada filtro cuenta con un sistema de drenaje el cual está compuesto por un falso fondo el cual se encarga de recolectar y extraer uniformemente el agua filtrada, se continúa con el lecho filtrante compuesto por una capa de piedra gruesa, grava media, arena fina y antracita. El tiempo de operación de cada filtro de 6 a 8 horas.



**Imagen 36.** Filtro.  
*Fuente: Autor.*



**Imagen37** Entrada Filtro.  
*Fuente: Autor*



**Imagen 38.** Canaleta Salida Filtros.  
*Fuente: Autor*

**10.9.15. Hidráulica De Lavado.** El lavado es la operación en la que se suspende la filtración de una de las unidades y se invierte en ella el sentido del flujo con una velocidad tal que se produzca una expansión del lecho de tal manera que se desprenda todo el material que ha quedado retenido durante la operación de filtrado. El lavado de cada filtro se realiza en un tiempo entre 8-10 minutos.

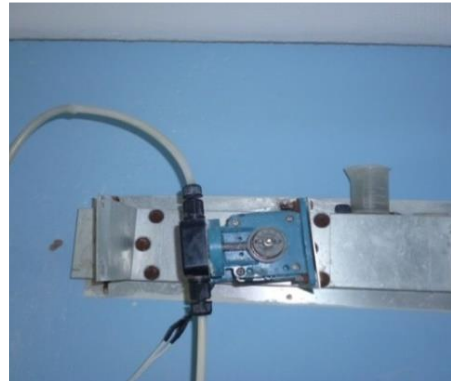
**10.9.16. Desinfección.** La desinfección se refiere a la destrucción de los organismos patógenos, constituidos por bacterias, protozoarios y virus. “Tales microorganismos son capaces de sobrevivir en el agua por días inclusive semanas, dependiendo de factores ambientales, morfológicos y fisiológicos tales como temperatura, pH, oxígeno disuelto, nutrientes existentes, competición con otros organismos, resistencia a influencias tóxicas etc.” (Pérez, 1981. p.338).

Para la etapa de desinfección se emplea Hipoclorito de Calcio al 70%, el cual es aplicado en solución en la canaleta de salida de los filtros. La solución se prepara agregando 1 Kg de Hipoclorito de Calcio ( $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ) en 250 lt de agua.

Esta dosificación es más exacta ya que se realiza con un dosificador por tipo membrana, el cual se encuentra funcionando.



**Imagen 39.** Aplicación de Cloro.  
*Fuente:* Autor



**Imagen 40.** Dosificador.  
*Fuente:* Autor

**10.9.17. Almacenamiento.** Se cuenta con tres (3) tanques para el almacenamiento de agua, a diario se almacena agua en cada uno de ellos y se trabajan aleatoriamente. Los tanques están distribuidos de la siguiente manera:

**10.9.17.1. Tanque N° 1.** Es una estructura enterrada, construido en concreto reforzado hace 40 años, tiene las siguientes dimensiones: largo: 7,21 m, ancho: 4,78 m, profundo: 2,40 m. con un volumen útil de 58,02 m<sup>3</sup>.

#### **Entrada de Agua al Tanque**

El caudal de agua entra por la parte superior, cuenta con una válvula de 6" para el control de caudal. No tiene sistema de macromedición.

#### **Acceso al Interior del Tanque**

Cuenta con escaleras internas de acceso las cuales se encuentran oxidadas.

### **Cubierta del Tanque**

Presenta crecimiento de musgo en la parte superior. Según el RAS Titulo B (2010): “la cubierta debe estar inclinada a una o dos aguas, con una pendiente no inferior al 2%, con el fin de evitar encharcamiento en su superficie” (p. 406), en este aspecto el tanque no cumple ya que como se observa en la Imagen 36, se observa charcos de agua en la superficie del tanque.

### **Caja de Salida**

La caja de salida es de 1,90 m x 1,00 m. Cuenta con tres (3) válvulas de 4” la primera permite la distribución de agua al Sector Sur y la segunda al Sector Norte, la tercera es de lavado. Estas se encuentran deterioradas y la caja de protección se encuentra en mal estado y no tiene tapa.



**Imagen 41.** Tanque N° 1

*Fuente: Autor*



**Imagen 42.** Válvulas

*Fuente: Autor*

**10.9.17.2. Tanque N° 2.** Es una estructura semienterrada, construido en concreto reforzado hace diecisiete (17) años, con las siguientes dimensiones: largo: 11 m, ancho: 5,03 m, profundo: 2,10 m. con un volumen útil de 93,63 m<sup>3</sup>.

**10.9.17.2.1 Entrada de Agua al Tanque.** El caudal de agua entra por la parte superior, cuenta con una válvula de 6" para el control de caudal. No tiene sistema de macromedición.

**10.9.17.2.2 Acceso al Interior del Tanque.** Cuenta con escaleras internas de acceso las cuales se encuentran oxidadas. Presenta fisuras en los muros laterales.

**10.9.17.2.4 Caja de Lavado.** En la parte lateral encontramos dos (2) válvulas de 6", una de ellas corresponde al desagüe y la siguiente al Bypass.

**10.9.17.2.5 Caja de Salida.** En la caja de Salida en mampostería encontramos dos (2) válvulas de 4". La primera permite la distribución de agua al Sector Sur y la segunda al Sector Norte. Estas se encuentran presentan signos de corrosión y la caja de protección de 1,15 m x 1,15 m se encuentra en buen estado, pero sin tapa.



**Imagen 43.**Tanque N° 2.  
*Fuente:* Autor.



Válvula  
HF 4"

Válvula  
HF 4"

**Imagen 44.**Válvulas 4".  
*Fuente:* Autor.





**Imagen 45.** Caja de Salida.

*Fuente:* Autor

**10.9.17.3. Tanque N° 3.** Es una estructura enterrada, construido en concreto reforzado hace cuatro (4) años, con las siguientes dimensiones: largo: 10,56 m, ancho: 4,81 m y profundidad: 1,50 m. con un volumen útil de 50,31 m<sup>3</sup>.

**10.9.17.3.1 Entrada de agua al Tanque.** El caudal de agua entra por la parte superior, cuenta con una válvula de 6" para el control de caudal. No tiene sistema de macromedición.

Cuenta con escaleras internas de acceso las cuales se encuentran oxidadas. Presenta crecimiento de musgo en la parte superior. Cuenta con tres (3) válvulas de 4" la primera permite la distribución de agua al Sector Sur y la segunda al Sector Norte, la tercera es de lavado. Estas se encuentran deterioradas y la caja de protección se encuentra en buen estado con su respectiva tapa.



**Imagen 46.** Tanque N° 3

*Fuente:* Autor.



**Imagen 47.** Caja de Salida.

*Fuente:* Autor.

**10.9.18 Obras Complementarias.** La planta de tratamiento de agua potable cuenta con una construcción en donde encontramos el cuarto de preparación de soluciones químicas, el laboratorio y el cuarto de los operadores y baño; de manera independiente encontramos la caseta de almacenamiento de sustancias químicas.



**Imagen 48.** Caseta.

*Fuente:* Autor

**10.9.18.1 Laboratorio.** Cuenta con un laboratorio dotado de los equipos básicos para el análisis diario de los parámetros básicos. La dotación incluye con un (1) equipo de Jarras, un (1) Colorímetro, el cual se encarga de medir turbiedad, color, pH y cloro residual. Este está dotado de material para análisis volumétricos. Los intervalos de muestreo son realizados cada 2 horas o dependiendo la calidad del agua cruda y se reportan en un formato. Los equipos funcionan de manera adecuada. Los análisis volumétricos y microbiológicos son contratados por un laboratorio certificado, el cual se encarga de tomar una muestra mensual de agua tratada.



**Imagen 49.** Prueba de Jarras.

*Fuente:* Autor.



**Imagen 50.** Colorímetro.

*Fuente:* Autor.

**10.9.18.1 Cuarto de Operarios.** Se cuenta con un cuarto a disposición de los operarios, utilizada como zona de descanso y vestier. Las labores de mantenimiento y operación son realizadas por tres (3) operarios que laboran en turnos rotativos de 12 Horas.

**10.9.18.2 Cuarto Almacenamiento de Sustancias Químicas.** La instalación se encuentra en buen estado y cuenta con estivas para el correcto almacenamiento del Sulfato de Aluminio.



**Imagen 51** Bodega.

*Fuente:* Autor



**Imagen 52** Sulfato de Aluminio.

*Fuente:* Autor.

**10.9.18.2 La PTAP.** Cuenta con botiquín y extintor dispuestos de manera adecuada para la atención oportuna de cualquier accidente laboral.



**Imagen 53.** Extintor.  
*Fuente:* Autor.



**Imagen 54.** Botiquin.  
*Fuente:* Autor.

## 11. Estimación de Caudales

### 11.1. Aforo Fuente de Abastecimiento Quebrada La Rosa.

Con el objetivo de estimar la cantidad de agua captada se realizó un aforo por el método de Flotador. De acuerdo a Román (2013):“el cual se basa en medir la velocidad del agua y aplicar la ecuación caudal= Sección x Velocidad, la velocidad se calcula arrojando algún objeto que flote al agua y la sección se estima (anchura x profundidad)”. La velocidad media  $V_m$  se obtiene de multiplicar la velocidad superficial por un coeficiente de 0,8 para canales abiertos; se obtuvieron los siguientes resultados:

#### **Datos iniciales:**

Ancho del rio (b): 3,76 m

Altura Lámina del agua (H): 18,6 cm

Tramo (L): 4 m

Tiempo recorrido (T): Se realizaron 3 mediciones de tiempo para un promedio de: 9,5seg

$$V_s = \frac{L}{T} = \frac{4 \text{ m}}{9,5 \text{ seg}} = 0,42 \text{ m/seg}$$

$$V_m = 0,8 \times V_s = 0,8 \times 0,42 = 0,33 \text{ m/seg}$$

$$A = b \times H = 3,76 \text{ m} \times 0,186 \text{ m} = 0,70 \text{ m}^2$$

$$Q = V_m \times A = 0,33 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \times 0,70 \text{ m}^2 = 0,23 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \rightarrow 231 \text{ l/seg}$$



**Imagen 55.** Aforo.  
*Fuente:* Autor

## 11.2. Aforo Fuente de Abastecimiento Quebrada la Única

Con el objetivo de estimar la cantidad de agua captada se realizó un aforo por el método de Flotador; arrojando los siguientes resultados:

### **Datos iniciales:**

Ancho del rio (b): 4,30 m

Alturas Lámina del agua (H): 49 cm

Tramo (L): 5 m

Tiempo recorrido (T): Se realizaron tres (3) mediciones de tiempo para un promedio de 10seg

$$V_s = \frac{L}{T} = \frac{5 \text{ m}}{10 \text{ seg}} = 0,50 \text{ m/seg}$$

$$V_m = 0,8 \times V_s = 0,8 \times 0,50 = 0,40 \text{ m/seg}$$

$$A = b \times H = 4,30 \text{ m} \times 0,49 \text{ m} = 2,10 \text{ m}^2$$

$$Q = V_m \times A = 0,40 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \times 2,10 \text{ m}^2 = 0,84 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \rightarrow 840 \text{ l/seg}$$

### 11.3. Aforo De Caudal De Entrada Al Sistema

Para la realizar la verificación del caudal de agua cruda que entra a la planta de tratamiento se empleó la ecuación presentada en la figura 2 y se comparó con las lecturas del macromedidor que para ese día solo estaba en operación la línea de conducción La Rosa.

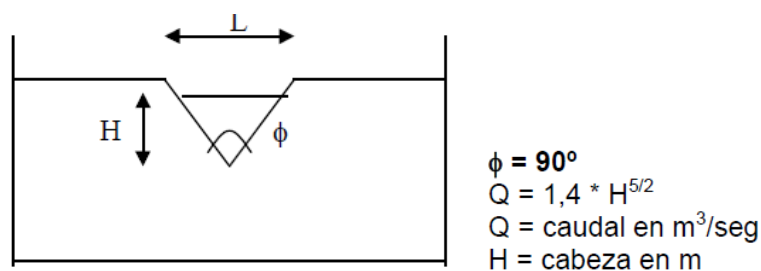


Figura 2.

Ecuación según tipo de Vertedero

Fuente: RAS 2010

Se realizó un aforo en el vertedero triangular ubicado en el canal de entrada, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 5

*Aforo Caudal de Entrada*

Hora	Lectura altura vertedero		Lectura macromedidor de entrada		
	H (m)	Q (m <sup>3</sup> /seg)	Q l/seg	Lectura	Q l/seg
6:00 a.m.	0,13	0,0085	8,5	36284	
7:00 a.m.	0,13	0,0085	8,5	36289	1,38
8:00 a.m.	0,13	0,0085	8,5	36293	1,11
9:00 a.m.	0,13	0,0085	8,5	36303	2,77
10:00 a.m.	0,13	0,0085	8,5	36311	2,22
11:00 a.m.	0,13	0,0085	8,5	36317	1,66
12:00 a.m.	0,13	0,0085	8,5	36322	1,38
1:00 p.m.	0,13	0,0085	8,5	36327	1,38
2:00 p.m.	0,13	0,0085	8,5	36333	1,66
3:00 p.m.	0,12	0,0077	7,7	36342	2,50
4:00 p.m.	0,12	0,0069	6,9	36353	3,00
5:00 p.m.	0,12	0,0069	6,9	36362	2,50
6:00 p.m.	0,12	0,0069	6,9	36368	1,60
Promedio			8,06		1,93

*Fuente:* Elaborado por Autor.

En la tabla 5 se puede evidenciar que las lecturas del macromedidor no concuerdan con las lecturas del vertedero, lo cual indica que el macromedidor no está funcionando adecuadamente



#### 11.4. Caudal De Consumo Tanque N° 2

Caudal de Consumo (Qc): Para determinar el consumo real de los habitantes del Municipio de Jenesano, se realizó aforo al Tanque de Almacenamiento N° 2 para un periodo de 12 horas, obteniendo con los siguientes resultados:

##### Dimensiones del Tanque de Almacenamiento N° 2

Ancho: 4,73 m Largo: 10,70 m Altura Lámina de Agua: 1,85 m

$$Vt = 4,73 \text{ m} \times 10,70 \text{ m} \times 1,85 \text{ m} = 93,63 \text{ m}^3$$

Tabla 6

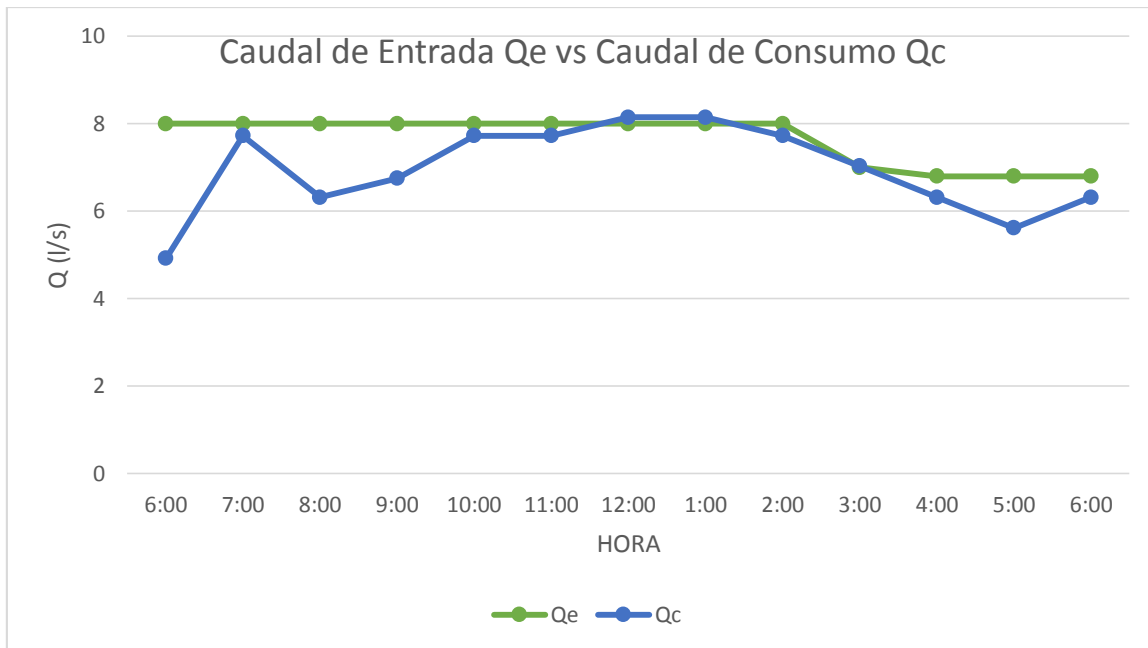
##### *Volúmenes Suministro Tanque N° 2*

Horas	H (m)	Vt m <sup>3</sup>	V gastado m <sup>3</sup> /h	V gastado m <sup>3</sup>	Qc l/s
6:00 am	1,50	93,63	75,91	17,72	4,92
7:00 am	1,30	93,63	65,79	27,84	7,73
8:00 am	1,40	93,63	70,85	22,78	6,32
9:00 am	1,37	93,63	69,33	24,3	6,75
10: 00 am	1,30	93,63	65,79	27,84	7,73
11:00 am	1,30	93,63	65,79	27,84	7,73
12:00 pm	1,27	93,63	64,27	29,36	8,15
1:00 pm	1,27	93,63	64,27	29,36	8,15
2:00 pm	1,30	93,63	65,79	27,84	7,73
3:00 pm	1,35	93,63	68,32	25,31	7,03
4:00 pm	1,40	93,63	70,85	22,78	6,32
5: 00 pm	1,45	93,63	73,38	20,25	5,62
6:00 pm	1,40	93,63	70,85	22,78	6,32
Promedio					6,96

Fuente: Tomado PMMA (2015).

Grafica 1.

*Comportamiento del Consumo Tanque N° 2*



*Fuente:* Elaborado por Autor.

De acuerdo al análisis del comportamiento del Tanque de Almacenamiento N° 2, se considera lo siguiente: en las horas pico se presenta un caudal de consumo que no afecta la continuidad del servicio, en las horas de la tarde se regula el caudal de entrada para evitar el rebose, el operario de la planta me informa que los días de mayor consumo el cual corresponde a los fines de semana se colocan en funcionamiento dos (2) tanques para suplir el abastecimiento.

## 12. Evaluación Sistema de Potabilización

### 12.1. Mezcla Rápida

Para el día de la evaluación el caudal de entrada fue de 0,0085 m<sup>3</sup>/seg. Según Resolución 0330 (2017) en el Artículo 111, la estabilidad resalto hidráulico se da mediante el parámetro del Numero de Froude y se determina de la siguiente manera:

Datos Iniciales:

$$Q = 0,0085 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ancho del Vertedero (B)} = 0,40 \text{ m}$$

$$\text{Gravedad (g)} = 9.1 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Altura de la Cresta (P)} = 0,42 \text{ m}$$

- Altura de la Lámina de Agua sobre el vertedero (h)

$$h = \left[ \frac{Q}{1.4} \right]^{0,4} \quad (1)$$

$$h = \left[ \frac{0,0085}{1.4} \right]^{0,4} = 0,13 \text{ m}$$

- Caudal Unitario (q)

$$q = \frac{Q}{B} \quad (2)$$

Dónde:

q: Caudal Unitario (m<sup>3</sup>/s. m)

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/s)

B: Ancho Vertedero (m)

$$q = \frac{0,0085 \text{ m}^3/\text{s}}{0,40 \text{ m}} = 0,021 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$$

- Altura Critica ( $h_c$ )

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad (3)$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{0,021^2}{9,81}} = 0,035 \text{ m}$$

- Altura al Inicio del Resalto ( $h_1$ )

$$h_1 = \frac{1,41 \times h_c}{\sqrt{2,56 + \frac{P}{h_c}}} \quad (4)$$

$$h_1 = \frac{1,41 \times 0,035}{\sqrt{2,56 + \frac{0,42}{0,035}}} = \frac{0,04935}{3,8157} = 0,013 \text{ m}$$

- Velocidad al Inicio del Resalto ( $V_1$ )

$$V_1 = \frac{q}{h_1} \quad (5)$$

$$V_1 = \frac{0,021}{0,013} = 1,61 \text{ m/s}$$

- Número de Froude

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g h_1}} \quad (6)$$

$$F_1 = \frac{1,61}{\sqrt{9,81 \times 0,013}} = 4,60$$

- Altura de Agua después del Resalto ( $h_2$ )

$$h_2 = \frac{h_1}{2} [\sqrt{1 + 8F_1} - 1] \quad (7)$$

$$h_2 = \frac{0,013}{2} [\sqrt{1 + 8(4,60)} - 1] = 0,033 \text{ M}$$

- Velocidad al Final del Resalto ( $V_2$ )

$$V_2 = \frac{q}{h_2} \quad (8)$$

$$V_2 = \frac{0,021}{0,033} = 0,63 \text{ m/s}$$

- Energía Disipada en el Resalto ( $h_p$ )

$$h_p = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1 \times h_2} \quad (9)$$

$$h_p = \frac{(0,033 - 0,013)^3}{4 \times 0,013 \times 0,033} = \frac{0,0000086}{0,001716} = 0,00466 \text{ m}$$

- Longitud del Resalto ( $L_m$ )

$$L_m = 6 (h_2 - h_1) \quad (10)$$

$$L_m = 0,12$$

- Distancia del Vertedero a la Sección ( $L'$ )

$$L' = 4,3 P \left[ \frac{h_c}{P} \right]^{0,9} \quad (11)$$

$$L' = 4,3 (0,42) \left[ \frac{0,035}{0,42} \right]^{0,9} = 0,19 \text{ m}$$

- Velocidad Promedio en el Resalto ( $V_m$ )

$$V_m = \frac{V_1 + V_2}{2} \quad (12)$$

$$V_m = \frac{1,61 + 0,63}{2} = 1,12 \text{ m/s}$$

- Tiempo de Mezcla ( $T$ )

$$T = \frac{L_m}{V_m} \quad (13)$$

$$T = \frac{0,12}{1,12} = 0,10 \text{ s}$$

Según Resolución 0330 (2017) los valores recomendados para Número de Froude y Tiempo de Mezcla están dentro de los límites adecuados.

## 12.2. Floculación

Para determinar su eficiencia se determina el gradiente de velocidad en cual se produce en los puntos de paso (codos), localizados en el fondo de la unidad. Por lo tanto, tenemos:

Datos Iniciales:

Diámetro Codos ( $D$ )=4"

Caudal ( $Q$ )= 0,085 m<sup>3</sup>/s- 0,51325 m<sup>3</sup>/min

- Tiempo de Retención ( $T_r$ )

$$T_r = \frac{V}{Q} \quad (15)$$

$$T_r = \frac{19,584 \text{ m}^3}{0,51325 \text{ m}^3/\text{min}} = 38,15 \text{ min}$$

- Según Resolución 0330 (2017): “Se requieren tiempos de retención hidráulica de 20 a 40 minutos” (p. 68). Se cumple en este parámetro.

- Perdida de Carga ( $h_c$ )

De acuerdo a Veronesse-Datei para tuberías PVC tenemos:

$$h_c = \frac{0,00092}{D^{4,80}} \cdot Q^{1,80} \quad (16)$$

$$h_c = \frac{0,00092}{0,1016^{4,80}} \cdot 0,0031^{1,80} = 0,00161 \text{ m}$$

- Perdidas Localizadas ( $h_s$ )

$$h_s = k \times N \frac{v^2}{2g} \quad (17)$$

k = constante empírica (2 a 4, comúnmente 3.0) = 3

N = número de accesorios = 18

V = velocidad promedio de flujo = 0.4 m/s

G = aceleración de la gravedad = 9.8 m/s<sup>2</sup>

$$h_s = 3 \times 18 \frac{0,4^2}{2 \times 9,81} = 0,440$$

- Pérdidas Totales

$$H_T = h_c + h_s = 0,440 + 0,00161 = 0,4416$$

Tabla 7

*Relación Temperatura/Viscosidad*

TEMPERATURA (°C)	$\sqrt{\gamma/\mu}$
0	2,337
4	2,502
10	2,737
15	2,920
17	2,998
20	3,115
25	3,267

*Fuente:* Tomado RAS (2010).

$$G = \sqrt{\frac{\delta}{\mu}} \times \sqrt{\frac{H_T}{T_r}}$$

$$G = 2737 \times \sqrt{\frac{0,44161 \text{ cm}}{2289 \text{ seg}}} = 38,01 \text{ S}^{-1}$$

- Según Resolución 0330 (2017): “El Gradiente de Velocidad debe estar entre  $10 \text{ S}^{-1}$  y  $70 \text{ S}^{-1}$ ” (p.68). En este parámetro se cumple.

### 12.3. Sedimentación

Para determinar la eficiencia del componente de sedimentación tenemos lo siguiente:

Datos Iniciales

Tiempo de Retención  $T_0 = 4$  horas

Área Superficial (A) =  $8,1 \text{ m}^2$

- Velocidad de Sedimentación (Vs)



$$V_s = \frac{Q}{A} \quad (18)$$

Dónde:

Vs: Velocidad de Sedimentación

Q: Caudal

A: Área Superficial

$$V_s = \frac{0,0085 \text{ m}^3/\text{s}}{8,1 \text{ m}^2} = \frac{0,001\text{m}}{\text{s}} \rightarrow 0,1 \text{ cm/s}$$

- De acuerdo a Resolución 0330 (2017) en la Tabla 8 se tiene que para el Sedimentador de Flujo Horizontal la velocidad de Flujo debe ser  $< 1 \text{ cm/s}$ , indicando que en este parámetro se cumple.
- Carga Superficial (q)

La carga superficial de un sedimentador de Flujo Horizontal ( $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ ) está dada por la siguiente por la siguiente relación:

$$q = \frac{H \times 100}{T_o \times 60} \times 864 \quad (19)$$

Dónde:

To: Tiempo de retención (seg)

H: Profundidad (m)

$$q = \frac{5,00 \times 100}{240 \times 60} \times 864 = 30 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$$

- La Carga superficial debe estar entre  $15 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  y  $30 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ , (Resolución 0330, 2017. P.68) cumpliéndose en este aspecto para cada unidad de sedimentación.

## 12.7. Filtración

Para determinar la eficiencia del proceso unitario de filtración tenemos los siguientes datos de entrada

Tasa de Filtración  $T_f = 180\text{-}350 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$

Caudal Total  $Q = 734,4 \text{ m}^3/\text{día}$  para un filtro serán:  $183,6 \text{ m}^3/\text{día}$

Área Filtro =  $1,00 \text{ m}^2$

- Carga Superficial ( $C_s$ )

La filtración se evalúa por la velocidad del agua a través del lecho poroso que se conoce como carga superficial.

$$C_s = \frac{Q}{A_f} \quad (20)$$

Dónde:

$Q$ : Caudal ( $\text{m}^3/\text{día}$ )

$A_f$ : Área Superficial de cada filtro ( $\text{m}^2$ )

Entonces tenemos:

$$C_s = \frac{183,6 \text{ m}^3/\text{día}}{1,00 \text{ m}^2} = 183,6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$$

De acuerdo al artículo 114 de Resolución 0330- 2017 la tasa de filtración para un filtro rápido con lecho mixto debe estar entre  $180\text{-}350 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$  dándose cumplimiento para este parametro.

Cabe aclarar que los lechos filtrantes están realizando de manera adecuada el proceso de filtración pues en los reportes de resultados para agua tratada se reporta un valor de turbiedad de  $0,40 \text{ NTU}$ , indicando que este corresponde al proceso de pulimiento final del agua.

### 13. Calidad de Agua Cruda

Para efectos del presente estudio se realizó la caracterización de las dos (2) fuentes de abastecimiento (ver reporte de resultados N° 0752-2015 y 0755-2015), para ello se tomaron muestras con el objetivo de determinar las características físicas, químicas y microbiológicas, los cuales se detallan así:

Tabla 8

*Características Físicas, Químicas y Microbiológicas Fuentes de Captación.*

Parámetro	Unidades	Técnica	Resultados		Valores Permisibles (Res. 2115 /07)
			Q. La Rosa	Q. La Única	
Alcalinidad	mg/l CaCO <sub>3</sub>	Titulométrico	26,1	23,1	200
Calcio	mg/l Ca	Titulométrico	12,4	9,58	60
Cloruros	mg/l Ca <sup>-1</sup>	Titulométrico	11,0	6,00	250
Color Aparente	UPC	Espectofométrico	45	32	15
Conductividad	µS/cm	Electrométrico	85,5	63,7	1000
Dureza Total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	Titulométrico	37,4	38,2	300
Fosfatos	mg/l PO <sub>4</sub>	Espectofométrico	0,25	0,32	0,5
Hierro Total	mg/l Fe	Fotométrico	1,12	0,64	0,3
Magnesio	mg/ Mg	Cálculo	1,58	3,48	36
Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	Espectofométrico	4,40	3,96	10
Nitritos	mg/l NO <sub>2</sub>		0,01	0,01	0,1
PH		Electrométrico	7,30	7,03	6,5-9,0
Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub>	Fotométrico	8,00	8,00	250

Turbiedad	NTU	Nefelométrico	20,6	9,32	2
Coliformes	UFC	Filtración por	170	120	0
Totales		membrana			
E. Coli	UFC	Filtración por	90	70	0
		membrana			

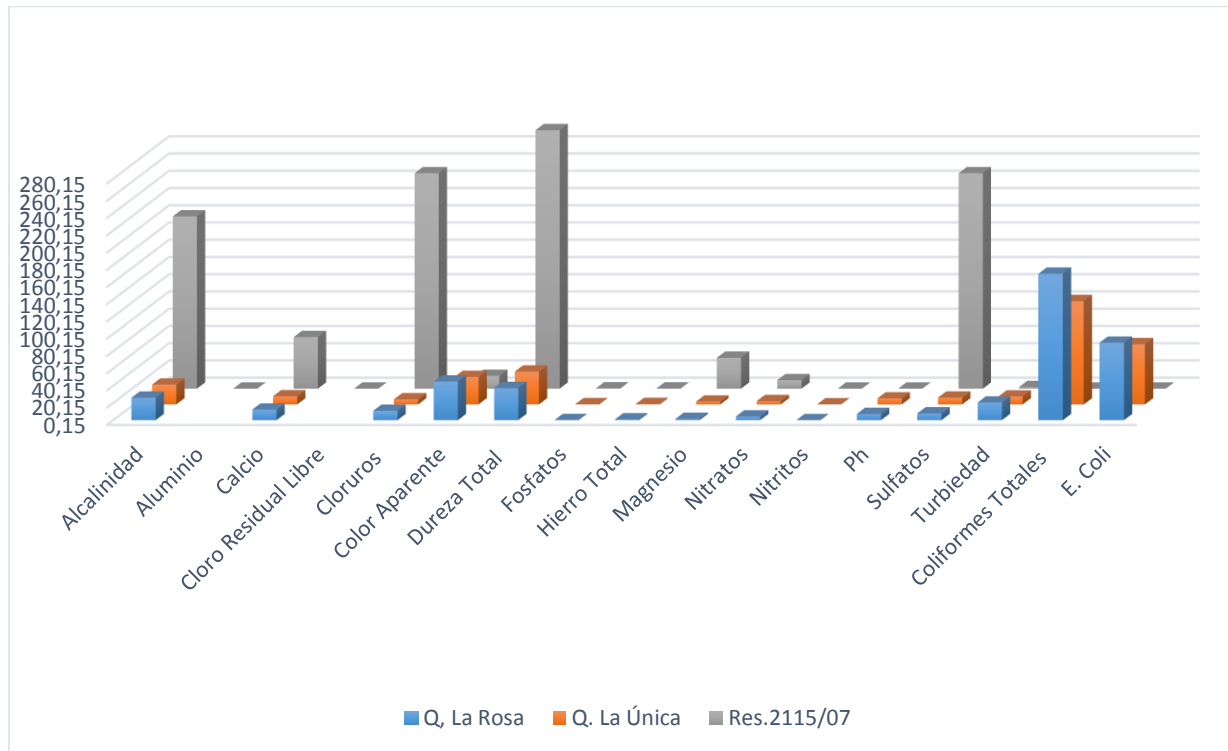
Fuente: Tomado PMAA (2015).

Según el RAS, Título C (2010) en la Tabla C 2.1 de acuerdo al grado de contaminación de la fuente se debe contar con un tratamiento específico, para el caso de la Quebrada la Rosa y La Única por sus niveles altos de Turbiedad, Color, Hierro, Coliformes Totales y Fecales se plantea un sistema de tipo convencional, para permitir el adecuado tratamiento del agua. El acueducto municipal cumple en este aspecto ya que el tratamiento se realiza en un sistema convencional con su respectiva desinfección y posteriormente almacenamiento.

En la siguiente grafica se realiza una comparación entre la calidad del agua cruda y la Resolución 2115 de 2007.

Gráfica 2.

*Comparación calidad de agua cruda vs Resolución 2115/07*



*Fuente:* Elaborado por Autor.

De acuerdo a el gráfico 2 para las muestras de agua cruda los parámetros de color, turbiedad, coliformes totales y E. coli indican que debe realizarse tratamiento convencional, el acueducto municipal cumple en este aspecto.

## **12. Calidad de Agua Tratada**

Por el nivel de complejidad del sistema y el número de usuarios, el Acueducto es sometido a dos (2) visitas mensuales por parte de la Secretaria de Salud de Boyacá, la cual toma muestras de agua suministrada a los usuarios en los cinco (5) puntos ubicados la red de distribución, de igual forma el Municipio realiza contra-muestreo con la Empresa ServiQuimicos e.u. para contar con registro de la calidad de agua que suministra la Unidad.

De acuerdo a la información reportada sobre Índice de Riesgo de Calidad de Agua (IRCA) por Secretaria de Salud de Boyacá se reporta que, para las muestras del mes de marzo, abril, mayo, junio, julio del 2015 el IRCA fue de 0,00% lo cual indica que el agua suministrada por el Acueducto está catalogada como SIN RIESGO, siendo apta para el consumo humano.

Para corroborar la información suministrada por el Acueducto Municipal, se realizó la toma de una (1) muestra de agua tratada, de acuerdo al reporte de resultados N° 0754-2015, se puede evidenciar que el agua que consumen los habitantes del Municipio de Jenesano es apta y con un IRCA sin riesgo.

Tabla 9

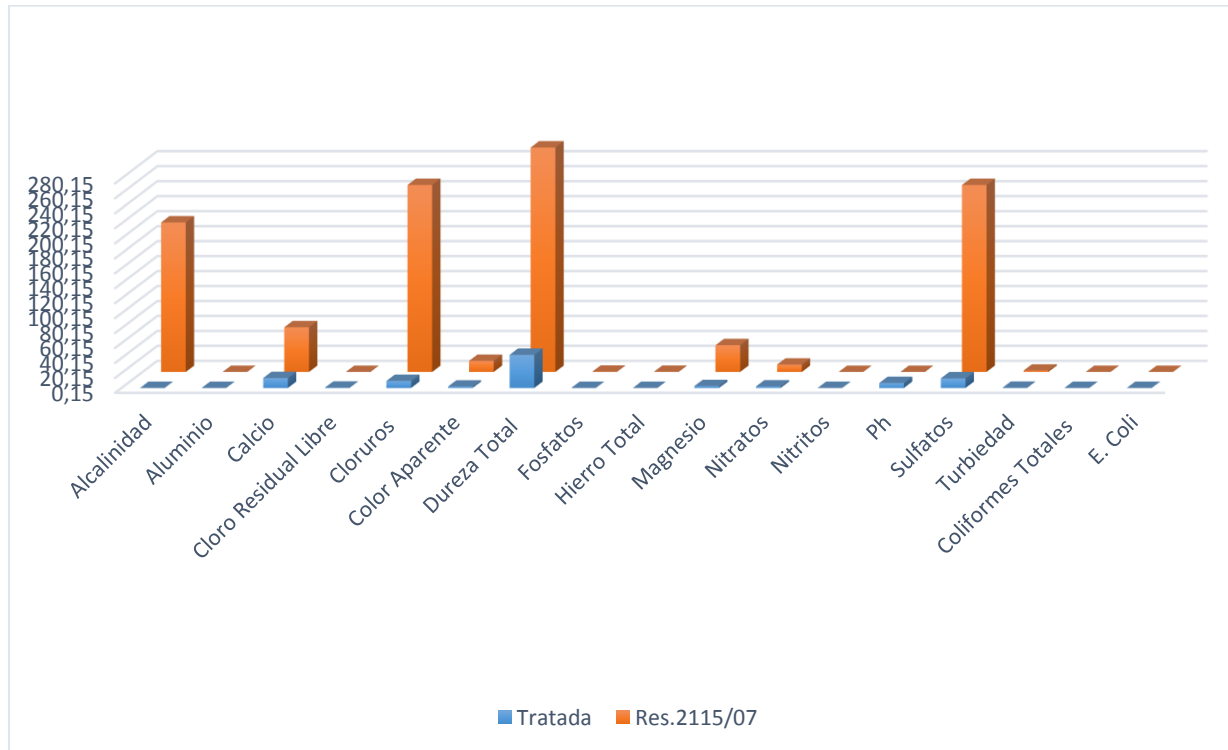
*Características Físicas, Químicas y Microbiológicas Agua Tratada.*

Parámetro	Unidades	Técnica	Resultados	Valores
			Tanque de Almacenamiento	Permisibles (Res.2115/07)
Alcalinidad	mg/l CaCO <sub>3</sub>	Titulométrico	14,0	200
Aluminio	mg/l AL	EspectroImagenmétrico	0,12	0,2
Calcio	mg/l Ca	Titulométrico	13,4	60
Cloro Residual Libre	mg/l CL <sub>2</sub>	Espectofométrico	0,50	0,3-2,0
Cloruros	mg/l Ca <sup>-1</sup>	Titulométrico	9,50	250
Color Aparente	UPC	Espectofométrico	2	15
Conductividad	μS/cm	Electrométrico	99,3	1000
Dureza Total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	Titulométrico	44,5	300
Fosfatos	mg/l PO <sub>4</sub>	Espectofométrico	0,20	0,5
Hierro Total	mg/l Fe	Fotométrico	0,08	0,3
Magnesio	mg/ Mg	Cálculo	2,66	36
Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	Espectofométrico	2,20	10
Nitritos	mg/l NO <sub>2</sub>	Imagenmétrico	0,01	0,1
PH		Electrométrico	6,84	6,5-9,0
Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub>	Fotométrico	13,0	250
Turbiedad	NTU	Nefelométrico	0,40	2
Coliformes Totales	UFC	Filtración por membrana	0	0
E. Coli	UFC	Filtración por membrana	0	0

Fuente: Tomado PMAA (2015).

Grafica 3.

*Comparación calidad de agua tratada vs Resolución 2115/07*



*Fuente:* Elaborado por Autor.

De acuerdo al gráfico 3 para el agua tratada se cumple en todos los parámetros establecidos por la Resolución 2115 de 2007.



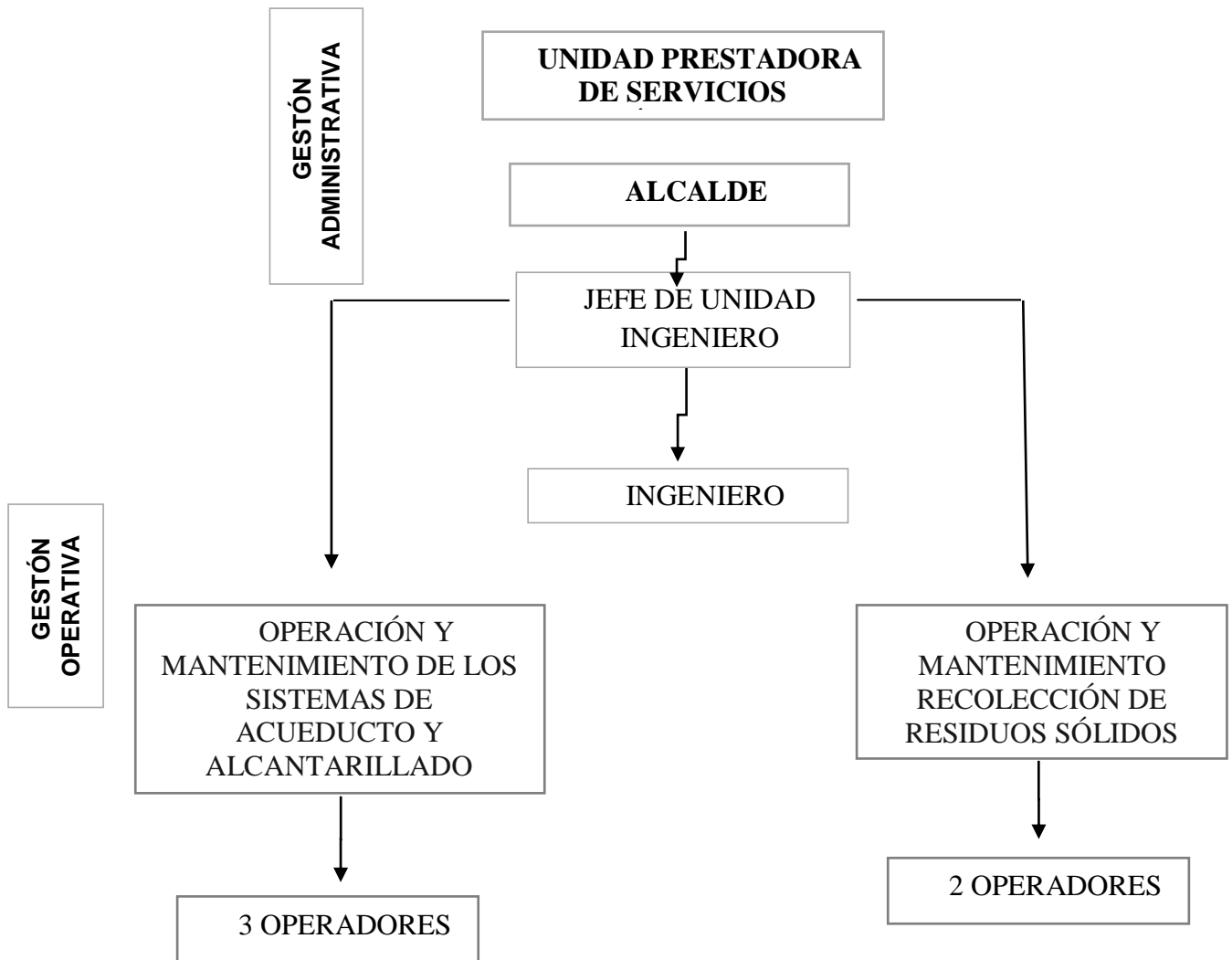
### **13. Entidad Prestadora de Servicios Públicos**

La Unidad Prestadora de Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo fue creada mediante el acuerdo N° 003 de 23 de Marzo de 2002, bajo la administración del Municipio de Jenesano, en el conceden facultades al alcalde municipal para su reglamentación, en este acuerdo se confunde la creación de una empresa con la conformación la unidad de servicios como prescribe el artículo 6.3 de Ley 142 de 1.994, pues se creó como una dependencia de la administración municipal sobre las siguientes bases: la constitución de una junta municipal de servicios públicos y la constitución de una caja especial mediante la cual se manejan en forma independiente los ingresos y egreso de los servicios públicos, seguidamente se reglamentó la unidad administradora de servicios públicos mediante el decreto No. 34 del 05 de julio del 2002 (TAS Consultores E.U., 2015, p.13).

La Unidad Prestadora de Servicios Públicos de Acueducto y Alcantarillado está conformada de la siguiente manera:

Figura 3.

*Organización Unidad Prestadora de Servicio Públicos de Acueducto*



Fuente: Tomado PMAA (2015).

#### 14. Presupuesto

El presente proyecto se ejecutó en 3 fases, para la adquisición, análisis y consolidación de la información, en cada una de las fases se emplearon recursos humanos y económicos, los cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 10

*Presupuesto Elaboración Diagnóstico Sistema de Tratamiento de Agua- Municipio de Jenesano*

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Personal			
Apoyo Profesional	1	\$ 0	\$ 0
Materiales e Insumos			
Papelería e Impresión de Documento	1	\$ 350.000	\$ 350.000
Material Bibliográfico			
Libro Manual de Potabilización del Agua	1	\$ 100.000	\$ 100.000
Servicios Técnicos			
Aforo	2	\$ 250.000	\$ 500.000
Toma Muestras fisicoquímicas y Microbiológicas Agua Cruda y Tratada	3	\$ 180.000	\$540.000
Viajes	3	\$ 129.000	\$ 387.000
Salidas De Campo	2	\$ 80.000	\$ 160.000
<b>Total</b>			<b>\$ 2.037.000</b>

*Fuente:* Elaborado por Autor.

De acuerdo a la evaluación del sistema de tratamiento de agua potable se puede afirmar que cada uno de los procesos unitarios cumple con su propósito de diseño logrando agua apta para consumo humano. Aunque se cumpla en esta materia y los índices de calidad de agua sean bajos, es necesario advertir que se presenta deterioro de las estructuras y carencia de equipos indispensables para el adecuado funcionamiento de la planta de tratamiento. De acuerdo a la Resolución 082 (2009) las entidades prestadoras de servicios publicos de acueducto estan sometidas a visitas periodicas por parte de la autoridad ambiental competente, la cual se encargara de realizar la inspección sanitaria del sistema de tratamiento en donde se verifican los procesos y registros, procedimientos y Buenas Practicas Sanitarias (BPS) para dar un concepto sanitario. Dentro de los requerimientos exigidos por la autoridad sanitaria se encuentra el estado fisico de las edificaciones e instrumentación de la planta de tratamiento, enfatizando que en estos aspectos no cumple repercutiendo en conceptos sanitarios desfavorables, por lo tanto presento a continuación el presupuesto de optimización del sistema de tratamiento, el cual permitirá invertir a corto, mediano y largo plazo en las mejoras fisicas al sistema .

Tabla 11

*Presupuesto Optimización Sistema de Tratamiento de Agua- Municipio de Jenesano*

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
<b>Sistema Monitoreo Caudal De Entrada</b>				
Suministro Macromedidor de 6", tipo turbina helicoidal Woltman	Und	1,00	2.199.000,00	\$ 2.199.000
Brida Roscada de 6"	Und	2,00	140.000,00	\$ 280.000
Suministro Macromedidor de 4", tipo turbina helicoidal Woltman	Und	1,00	1.491.000,00	\$ 1.491.000
Brida Roscada de 4"	Und	2,00	109.000,00	\$ 218.000
<b>Bypass</b>				
Suministro cajas de protección Bypass	Und	2,00	386.000,00	\$ 772.000
<b>Sistema de dosificación</b>				
Suministro de dosificador automático de Sulfato y Soda Cáustica	Und	4,00	12.300.000,00	\$ 49.200.000
Suministro de sistema de agitación temporizado	Und	2,00	4.200.000,00	\$ 8.400.000
<b>Floculador</b>				
Pañete Impermeabilizado 1:3 del Floculador	M2	13,50	22.730,00	\$ 306.855
Pañete liso 1:5 muros cajas del floculador	M2	1,80	17.386,00	\$ 31.295
Válvula Compuerta Elástica E.L. de 10"	Und	1,00	2.690.000,00	\$ 2.690.000
Suministro e instalación marco en lámina A= 0,90 m. Cal 18 Inc. Anticorrosivo	Und	2,00	139.670,00	\$ 279.340

Fuente: Elaborado por Autor.

Sedimentador

Esmalte lámina llena 3 manos	M2	Metro cuadrado	1,00	10.951,00	\$	10.951
------------------------------	----	----------------	------	-----------	----	--------

Filtración

Suministro e Instalación Grava para lecho filtrante de Canto rodado (3-5 mm)	M3	Metro cubico	1,64	536.501,00	\$	879.862
--	----	--------------	------	------------	----	---------

Suministro e Instalación Arena para lecho filtrante (Canto rodado, % sílice >99, CE= (0,7-0,9) % Solubilidad HCL < 4%, CU=(2-3,5)	M3	Metro cubico	3,83	556.657,00	\$	2.131.996
---	----	--------------	------	------------	----	-----------

Suministro e Instalación Antracita	M3	Metro cubico	1,64	511.052,97	\$	838.127
------------------------------------	----	--------------	------	------------	----	---------

Sistema De Dosificación Cloro Gaseoso

Suministro dosificador de Cloro Gaseoso	Und	Unidad	1,00	6.800.000,00	\$	6.800.000
---	-----	--------	------	--------------	----	-----------

Optimización tanque de almacenamiento n° 1

Pañete Impermeabilizado 1:3	M2	Metro cuadrado	34,46	21.773,00	\$	750.298
-----------------------------	----	----------------	-------	-----------	----	---------

Pañete liso bajo placa 1:4	M2	Metro cuadrado	17,30	19.959,00	\$	345.291
----------------------------	----	----------------	-------	-----------	----	---------

Optimización tanque de almacenamiento n° 2

Esmalte lámina llena 3 manos	M2	Metro cuadrado	0,50	10.951,00	\$	5.476
------------------------------	----	----------------	------	-----------	----	-------

Suministro e instalación marco en lámina A= 0,90 m. Cal 18 Inc. Anticorrosivo	Und	Unidad	1,00	139.670,00	\$	139.670
---	-----	--------	------	------------	----	---------

Sistema Monitoreo Caudal De Salida

Diagnostico Y Optimización Sistema De Potabilización  
Del Municipio de Jenesano-Boyacá

80

Suministro Macromedidor de 4", tipo turbina helicoidal Woltman	Und	Unidad	2,00	1.491.000,00	\$	2.982.000
Brida Roscada 4" Línea De Aducción	Und	Unidad	2,00	109.000,00	\$	218.000
Suministro ventosa doble cámara, triple acción roscada	Und	Unidad	1,00	957.800,00	\$	957.800
		Subtotal Obra Civil			\$	81.926.959,40
		Administración e impuestos		24,00%	\$	19.662.470
		Imprevistos		1,00%	\$	819.269,59
		Utilidad		5,00%	\$	4.096.347,97
		Subtotal obra civil		30,00%	\$	24.578.087,82
		Total costo directo e indirecto			\$	106.505.047
		Interventoría		8,00%	\$	8.520.403,78
		Valor total del proyecto			\$	115.025.451


---

### 18. Optimización PTAP

De acuerdo a las deficiencias técnicas encontradas en el diagnóstico del sistema de potabilización de agua del municipio de Jenesano a continuación se describirá la solución planteada para cada uno de los componentes del sistema, el cual se basa principalmente en la implementación de mejoras físicas y control operativo de cada una de las estructuras que componen la PTAP.

Tabla 12

*Actividades de Optimización*

Componente	Descripción	Actividades	Imagen
Sistema de Monitoreo de Caudal de Entrada	Se propone instalar un sistema de Macro medición a la entrada del sistema para cada una de las fuentes de abastecimiento.	Tomar lectura diaria de los caudales de entrada. Diligenciar Formato 002.	



Bypass

Se propone adecuar  
cajas de protección del  
Bypass

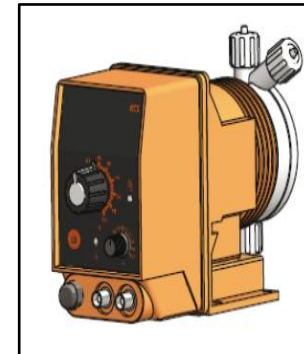
Mantener  
lubricada el vástago  
de la válvula.  
Mantener limpia la  
caja de protección.  
Diligenciar Formato  
004.



Sistema de  
Dosificación

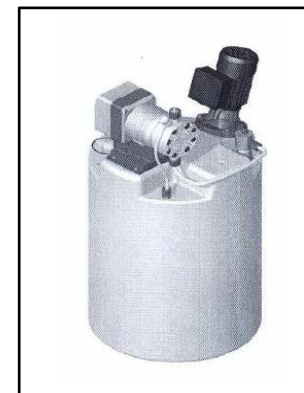
Se plantea instalar un  
sistema de  
dosificación  
automática de Sulfato  
de Aluminio y Soda  
Caustica.

Realizar Prueba de  
Jarras y aplicar  
dosis óptima.



Adecuar sistema de  
agitación temporizado

Verificar el estado  
de los equipos con  
regularidad.



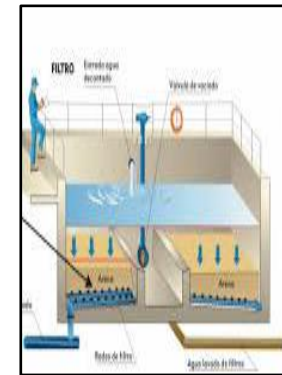
Floculador            Reparar fisuras de la estructura.  
                           Mejoramiento de las cajas de protección.  
                           Realizar pañete impermeabilizado.  
                           Realizar mantenimiento a las válvulas y reparar cajas. Diligenciar Formato 004



Sedimentador        Mejoramiento sistema de válvulas de lavado.  
                           Realizar pintura y lubricación de las válvulas.  
                           Diligenciar Formato 004



Filtración            Mantenimiento lechos filtrantes  
                           Instalación de nuevo de lechos filtrantes.



Sistema de Dosificación de Cloro	Optimización del sistema.	Se plantea la instalación de un sistema de dosificación de cloro gaseoso.		
Tanque de Almacenamiento N° 1	Mantenimiento correctivo	Pañete Impermeabilizado y reparación de la cubierta a dos aguas.		
Tanque de Almacenamiento N° 2	Mantenimiento correctivo	Pintura válvulas, realizar limpieza y adecuar tapa en lámina a la caja de protección.		

Sistema de Monitoreo de Agua suministrada	Adecuar sistema de control de caudal de agua suministrada	Instalar un (1) macromedidor de 4” a la salida del sistema de tratamiento
---	---	---



Áreas Complementarias	Mantenimiento	Coordinar la limpieza periódica de las áreas comunes. Diligenciar Formato 004
-----------------------	---------------	--



---

Fuente: Elaborado por Autor.

## 19. Cronograma

Las actividades del proyecto fueron desarrolladas en 3 fases, la primera de ellas corresponde a la recopilación de la información con el apoyo de entidad prestadora de servicios públicos, la segunda corresponde a fase de descripción de los componentes del acueducto, enfatizando en el diagnóstico del sistema de tratamiento y la tercera fase al análisis e interpretación de resultados. A continuación, se presenta el cronograma de actividades respectivo.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO DIAGNOSTICO Y OPTIMIZACIÓN SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL MUNICIPIO DE JENESANO									
ACTIVIDADES	AGOSTO 2015		SEPTIEMBRE 2015		OCTUBRE 2016			NOVIEMBRE 2016	
	SEMANA 4		SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1
Recopilacion de la información	1								
Visita Técnica estructuras de Captación, Desarenador y Conducción		2	2						
Visita Técnica estructura de Planta de Tratamiento				2					
Muestreos Agua Cruda y Tratada					1				
Analisis e Interpretación de la Información					5	5	5		
Elaboración de Alternativas de Optimización								2	
Elaboración de Presupuesto									2

Nota: La casillas gris indican los dias de la semana que se emplearon en las actividades desarrolladas para la ejecución del proyecto.

## **20. Conclusiones**

### *Sobre el sistema de potabilización del Municipio de Jenesano*

Cada uno de los componentes del sistema de potabilización de agua funcionan adecuadamente, el resultado final del agua tratada es aceptable y se encuentra en los límites permisibles establecidos en la Resolución 2115 de 2007. Sin embargo, presenta deficiencias en la dosificación, siendo indispensable implementar un sistema acorde a los requerimientos del sistema con el objetivo de cumplir con la inspección sanitaria por la autoridad ambiental competente.

El agua tratada suministrada a la población del municipio de Jenesano se encuentra en un índice de riesgo del 0%, indicando que las actividades de operación y mantenimiento son adecuadas para el tipo de agua, para permanecer con los buenos puntajes del IRCA es conveniente realizar las mejoras a las estructuras, adecuar los equipos y capacitar periódicamente al personal.

Al realizar la dosificación optima de los productos químicos se logrará controlar el gasto de los mismos evitando su desperdicio de tal manera que se vea reflejado en la disminución los gastos operativos, de igual forma se tendrá registro de todas las actividades realizadas en pro del mejoramiento de la calidad del servicio.

Al no contar con sistema de macromedición a la entrada y salida del sistema es difícil contabilizar a ciencia cierta la cantidad de agua tratada y suministrada, por tal razón es conveniente instalar los equipos adecuados para dicho fin.

*Sobre la Línea de Aducción*

Al realizar la instalación de una ventosa en la línea de aducción se elimina la acumulación de aire en la tubería y se permite el libre flujo del agua hacia la planta de tratamiento.

## **21. Recomendaciones**

Continuar con el mantenimiento y diligenciar los formatos establecidos para cada componente con el ánimo de mantener control de la frecuencia y eficiencia del mantenimiento.

Para evitar el mantenimiento correctivo o reposición de las válvulas y equipos es recomendable realizar el mantenimiento preventivo con frecuencia y con el personal adecuado, otorgándole mayor tiempo de vida útil y por ende disminuyendo los gastos operativos.

El operador es el recurso humano de mayor relevancia en el sistema de tratamiento, por tal razón es recomendable capacitarlo de manera permanente en normatividad ambiental, seguridad industrial y pautas de ambiente laboral seguro y sano.

Se recomienda que, al realizar la adecuación del sistema de cloro gaseoso, se realice la instalación del sistema de detección de fugas con el objetivo de evitar las afectaciones a la salud de los trabajadores y de igual forma a los habitantes que se encuentran cercanos a la planta.

Implementar una estructura que permita el almacenamiento del agua de lavado de los filtros para que esta sea utilizada posteriormente en mantenimiento de las estructuras, de tal manera que se disminuya el desperdicio de agua en el sistema.



Realizar las adecuaciones físicas y dotar el laboratorio de equipos e insumos químicos con el objetivo de realizar los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua captada y suministrada para evitar subcontratar con laboratorios regionales.

## **ANEXOS**

Anexo 2. Reporte de Resultados Físico-químico Quebrada La Rosa



**ServiQuimicos E.U.**  
Análisis de aguas, suelos y minerales, asesorías relacionadas con el ramo  
Venta de reactivos químicos, analíticos, industriales y diagnóstica  
Equipos para laboratorio y vidriería en general  
NIT. 826.002.964-0

Sogamoso; 09 de Septiembre de 2015. Proceso: Gestión de Laboratorio  
Fecha de versión: 2012-06-26  
Versión: 01  
Codigo: GL-FT-03

### REPORTE DE RESULTADOS

Reporte No.: 0752-2015 Página 1 de 2

<b>1. INFORMACION DEL CLIENTE</b>		<b>4. INFORMACION DE LA MUESTRA</b>			
Nombre / Razón Social: MARTHA ENITT VARGAS PEREZ		No. Muestra: 0752-2015			
Nit o CC: 23.556.732		Nombre de la Fuente: QUEBRADA LA ROSA			
Nombre del Contacto: MARTHA ENITT VARGAS PEREZ		Sitio de Toma: CANAL DE ENTRADA PLANTA DE TRATAMIENTO JENESANO			
Dirección: FLORESTA CLUB	Ciudad: DUITAMA	Fecha de Toma: 2015-09-04	Hora: 6:36 AM		
Telefono: 3105089378	Email: marthaenitt@yahoo.es	Clasificación de la Muestra: AGUA CRUDA			
Cotización No.: CESQL-0277-2015		Tipo de Muestreo: PUNTUAL O SIMPLE			
<b>2. INFORMACION DEL RECOLECTOR</b>		Análisis Solicitado: FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO			
Nombre: CATALINA MARTINEZ FRACICA		Plan de Muestreo: CLIENTE			
No. CC: 46.386.741	Telefono: 3133784409	Procedimiento de Muestreo: N/E			
<b>3. LOCALIZACION SITIO DE MUESTREO</b>		<b>5. OBSERVACIONES DEL CLIENTE O RECOLECTOR</b>			
Departamento: BOYACA		Uso destinado para el agua: Agua para consumo Humano.			
Ciudad / Municipio: JENESANO		<b>6. RECEPCION Y ANALISIS DE LA MUESTRA</b>			
Vereda / Barrio: PIRANGUATA		Fecha de recepción: 2015-09-04	Hora: 11:00 AM		
Dirección: N/A		Fecha de Análisis: 04 a 09 de Septiembre de 2015.			
Coordenadas: N/A					
<b>7. RESULTADOS</b>					
<b>7.1 FISICOQUIMICOS</b>					
PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO ANALÍTICO	RESULTADOS	VALORES
					Ref: Resolución 2115/07
PH	UNIDADES	ELECTROMÉTRICO	SM 4500 - H <sup>+</sup> B	7,30	6,5 - 9,0
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	TITULOMÉTRICO - VOLUMETRICO	SM 2320 - B	26,1	200
CALCIO	mg Ca/L	TITULOMÉTRICO - EDTA	SM 3500 - Ca B	12,4	60
CLORUROS	mg Cl <sup>-</sup> /L	TITULOMÉTRICO - ARGENTOMÉTRICO	SM 4500 - Cl B	11,0	250
COLOR APARENTE	UPC	ESPECTROFOTOMÉTRICO	SM 2120 - C	45	15
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	ELECTROMÉTRICO	SM 2510 - B	85,5	1000
DUREZA TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	TITULOMÉTRICO - EDTA	SM 2340 - C	37,4	300
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	HACH 8040	0,25	0,5

Fuente: Tomado PMAA (2015).

Anexo 3. Reporte de Resultados Microbiológicos Quebrada La Rosa

Sogamoso; 09 de Septiembre de 2015.

Proceso: Gestión de Laboratorio  
Fecha de versión: 2012-06-26  
Versión: 01  
Codigo: GL-FT-03

**REPORTE DE RESULTADOS**

Reporte No.: 0752-2015

Página 2 de 2

7.1 FISICOQUIMICOS					
PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO ANALÍTICO	RESULTADOS	VALORES Ref: Resolución 2116/07
HIERRO TOTAL	mg Fe/L	FOTOMÉTRICO	MERCK 14761	1,12	0,3
MAGNESIO	mg Mg/L	CÁLCULO	SM 3500 - Mg B	1,58	36
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	HACH 8039	4,40	10
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /L	FOTOMÉTRICO	MERCK 14776	0,01	0,1
SULFATOS	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	HACH 8051	8,00	250
TURBIEDAD	UNT	NEFELOMÉTRICO	SM 2130 - B	20,6	2

7.2 MICROBIOLÓGICOS					
PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO ANALÍTICO	RESULTADO	VALORES Ref: Resolución 2116/07
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	SM 9222 - B	170	0 UFC/100 mL
ESCHERICHIA COLI	UFC/100 mL	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	SM 9222 - D	90	0 UFC/100 mL

N/E.: No Especificado    N/A.: No Aplica    \*Parámetro subcontratado    \*\* Parámetro medido "in situ"    †: Resultado pendiente

**8. INFORMACION ADICIONAL: N/A**

**9. OBSERVACIONES REALIZADAS POR SERVIQUIMICOS E.U:**  
Los resultados analíticos del presente reporte corresponden exclusivamente a la muestra recibida en el laboratorio ServiQuímicos E.U.

Revisado y aprobado por:

*[Firma]*  
WILLIAM ROBERTO ALZA CAMACHO  
T.P. PQA-312  
QUIMICO DE ALIMENTOS

**FIN DEL REPORTE**

Prohibida la reproducción total o parcial del presente reporte de resultados, sin autorización previa de la Dirección del laboratorio.  
Solamente son validas las copias del reporte con sello seco del laboratorio.

Fuente: Tomado PMAA (2015).

Anexo 4. Reporte de Resultados Físico-químico Quebrada la Única



**Servi Químicos e.u.**  
Análisis de aguas, suelos y minerales, asesorías relacionadas con el ramo  
Venta de reactivos químicos, analíticos, industriales y diagnóstica  
Equipos para laboratorio y vidriería en general  
NIT. 826.002.964-0

Sogamoso; 09 de Septiembre de 2015. Proceso: Gestión de Laboratorio  
Fecha de versión: 2012-06-26  
Versión: 01  
Codigo: GL-FT-03

**REPORTE DE RESULTADOS**

Reporte No.: 0755-2015 Página 1 de 2

<b>1. INFORMACION DEL CLIENTE</b>		<b>4. INFORMACION DE LA MUESTRA</b>			
Nombre / Razón Social: MARTHA ENITT VARGAS PEREZ		No. Muestra: 0755-2015			
Nit o CC: 23.556.732		Nombre de la Fuente: QUEBRADA LA UNICA			
Nombre del Contacto: MARTHA ENITT VARGAS PEREZ		Sitio de Toma: QUEBRADA			
Dirección: FLORESTA CLUB	Ciudad: DUITAMA	Fecha de Toma: 2015-09-04	Hora: 7:30 AM		
Telefono: 3105089378	Email: marthaenitt@yahoo.es	Clasificación de la Muestra: AGUA CRUDA			
Cotización No.: CESQL-0277-2015		Tipo de Muestreo: PUNTUAL O SIMPLE			
<b>2. INFORMACION DEL RECOLECTOR</b>		Análisis Solicitado: FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO			
Nombre: CATALINA MARTINEZ FRACICA		Plan de Muestreo: CLIENTE			
No. CC: 46.386.741	Telefono: 3133789409	Procedimiento de Muestreo: N/E			
<b>3. LOCALIZACION SITIO DE MUESTREO</b>		<b>5. OBSERVACIONES DEL CLIENTE O RECOLECTOR</b>			
Departamento: BOYACA		Uso destinado para el agua: Agua para consumo Humano.			
Ciudad / Municipio: JENESANO		<b>6. RECEPCION Y ANALISIS DE LA MUESTRA</b>			
Vereda / Barrio: NONCETA		Fecha de recepción: 2015-09-04			
Dirección: N/A		Hora: 11:00 AM			
Coordenadas: N/A		Fecha de Análisis: 04 a 09 de Septiembre de 2015.			
<b>7. RESULTADOS</b>					
<b>7.1 FISICOQUIMICOS</b>					
PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO ANALÍTICO	RESULTADOS	VALORES Ref: Resolución 2115/07
PH	UNIDADES	ELECTROMÉTRICO	SM 4500 - H <sup>+</sup> B	7.03	6.5 - 9.0
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	TITULOMÉTRICO - VOLUMÉTRICO	SM 2320 - B	23.1	200
CALCIO	mg Ca/L	TITULOMÉTRICO - EDTA	SM 3500 - Ca B	9.58	60
CLORUROS	mg Cl <sup>-</sup> /L	TITULOMÉTRICO - ARGENTOMÉTRICO	SM 4500 - Cl <sup>-</sup> B	6.00	250
COLOR APARENTE	UPC	ESPECTROFOTOMÉTRICO	SM 2120 - C	32	15
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	ELECTROMÉTRICO	SM 2510 - B	65.7	1000
DUREZA TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	TITULOMÉTRICO - EDTA	SM 2340 - C	38.2	300
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	HACH 8040	0.32	0.5

Prohibida la reproducción total o parcial del presente reporte de resultados, sin autorización previa de la Dirección del laboratorio.  
Solamente son validas las copias del reporte con sello seco del laboratorio.

Carrera 9A No. 16 -01 Esquina Los Alisos Tel (8)772 97 00 Telefax: (8)771 85 86 Sogamoso (Boyacá)  
E-mail: serviquimicos\_eu@yahoo.es

Fuente: Fuente PMAA (2015).

Anexo 5. Resultados Análisis Microbiológico Quebrada la Única

Serviquímicos E.U.

Sogamoso; 09 de Septiembre de 2015.

Proceso: Gestión de Laboratorio  
Fecha de versión: 2012-06-26  
Versión: 01  
Codigo: GL-FT-03

**REPORTE DE RESULTADOS**

Reporte No.: 0755-2015 Página 2 de 2

7.1 FISICOQUIMICOS					
PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO ANALÍTICO	RESULTADOS	VALORES Ref: Resolución 2115/07
HIERRO TOTAL	mg Fe/L	FOTOMÉTRICO	MERCK 14761	0,64	0,3
MAGNESIO	mg Mg/L	CÁLCULO	SM 3500 - Mg B	3,48	36
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	HACH 8039	3,96	10
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /L	FOTOMÉTRICO	MERCK 14776	0,01	0,1
SULFATOS	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	HACH 8051	8,00	250
TURBIEDAD	UNT	NEFELOMÉTRICO	SM 2130 - B	9,32	2

7.2 MICROBIOLÓGICOS					
PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO ANALÍTICO	RESULTADO	VALORES Ref: Resolución 2115/07
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	SM 9222 - B	180	0 UFC/100 mL
ESCHERICHIA COLI	UFC/100 mL	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	SM 9222 - D	70	0 UFC/100 mL

N/E.: No Especificado    N/A.: No Aplica    \*Parámetro subcontratado    \*\* Parámetro medido "In situ"    φ Resultado pendiente

**8. INFORMACION ADICIONAL: N/A**

**9. OBSERVACIONES REALIZADAS POR SERVIQUIMICOS E.U:**  
Los resultados analíticos del presente reporte corresponden exclusivamente a la muestra recibida en el laboratorio Serviquímicos E.U.

Revisado y aprobado por: \_\_\_\_\_  
  
 WILLIAM ROBERTO ALZA CAMACHO  
 T.P. PQA- 312  
 QUIMICO DE ALIMENTOS

FIN DEL REPORTE

Prohibida la reproducción total o parcial del presente reporte de resultados, sin autorización previa de la Dirección del laboratorio.  
Solamente son validas las copias del reporte con sello seco del laboratorio.

Anexo 6. Resultados Análisis Físico-químico Agua Tratada



**ServiQuimicos S.A.S.**  
Análisis de aguas, suelos y minerales, asesorías relacionadas con el ramo  
Venta de reactivos químicos, analíticos, industriales y diagnóstica  
Equipos para laboratorio y vidriería en general  
NIT. 826.002.964-0

Sogamoso; 09 de Septiembre de 2015

Proceso: Gestión de Laboratorio  
Fecha de versión: 2012-06-26  
Versión: 01  
Codigo: GL-FT-03

### REPORTE DE RESULTADOS

Reporte No.: 0754-2015 Página 1 de 2

**1. INFORMACION DEL CLIENTE**

Nombre / Razón Social: MARTHA ENITT VARGAS PEREZ  
Nit o CC: 23.556.732  
Nombre del Contacto: MARTHA ENITT VARGAS PEREZ  
Dirección: FLORESTA CLUB Ciudad: DUITAMA  
Telefono: 3105089378 Email: marthaenitt@yahoo.es  
Cotización No.: CSQL-0277-2015

**2. INFORMACION DEL RECOLECTOR**

Nombre: CATALINA MARTINEZ FRACICA  
No. CC: 46.386.741 Telefono: 3133789409

**3. LOCALIZACION SITIO DE MUESTREO**

Departamento: BOYACA  
Ciudad / Municipio: JENESANO  
Vereda / Barrio: PARTE ALTA DEL MUNICIPIO  
Dirección: N/A  
Coordenadas: N/A

**4. INFORMACION DE LA MUESTRA**

No. Muestra: 0754-2015  
Nombre de la Fuente: QUEBRADA LA ROSA  
Sitio de Toma: TANQUE DE ALMACENAMIENTO No. 2  
Fecha de Toma: 2015-09-04 Hora: 6:50 AM  
Clasificación de la Muestra: AGUA POTABLE  
Tipo de Muestreo: PUNTUAL O SIMPLE  
Análisis Solicitado: FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO  
Plan de Muestreo: CLIENTE  
Procedimiento de Muestreo: N/E

**5. OBSERVACIONES DEL CLIENTE O RECOLECTOR**

Uso destinado para el agua: Agua para consumo Humano.

**6. RECEPCION Y ANALISIS DE LA MUESTRA**

Fecha de recepción: 2015-09-04 Hora: 11:00 AM  
Fecha de Análisis: 04 a 09 de Septiembre de 2015.

**7. RESULTADOS**

**7.1 FISICOQUIMICOS**

PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO ANALÍTICO	RESULTADOS	VALORES
					Ref: Resolución 2115/07
PH	UNIDADES	ELECTROMÉTRICO	SM 4500 - H <sup>+</sup> B	6,84	6,5 - 9,0
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	TITULOMÉTRICO - VOLUMÉTRICO	SM 2320 - B	14,0	200
ALUMINIO	mg Al <sup>3+</sup> /L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	HACH 8012	0,12	0,2
CALCIO	mg Ca/L	TITULOMÉTRICO - EDTA	SM 3500 - Ca B	13,4	60
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg Cl <sub>2</sub> /L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	SM 4500 - Cl G	0,50	0,3 - 2,0
CLORUROS	mg Cl <sup>-</sup> /L	TITULOMÉTRICO - ARGENTOMÉTRICO	SM 4500 - Cl B	9,50	250
COLOR APARENTE	UPC	ESPECTROFOTOMÉTRICO	SM 2120 - C	2	15
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	ELECTROMÉTRICO	SM 2510 - B	99,3	1000
DUREZA TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	TITULOMÉTRICO - EDTA	SM 2340 - C	44,5	300
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	HACH 8040	0,20	0,5

Prohibida la reproducción total o parcial del presente reporte de resultados, sin autorización previa de la Dirección del laboratorio.  
Solamente son válidas las copias del reporte con sello seco del laboratorio.

Carrera 9A No. 16 -01 Esquina Los Alisos Tel (8)772 97 00 Telefax: (8)771 85 86 Sogamoso (Boyacá)  
E-mail: serviquimicos\_eu@yahoo.es

Fuente: Tomado PMAA (2015).

Anexo 7. Resultados de Análisis Microbiológico Agua Tratada

Sogamoso; 09 de Septiembre de 2015

Proceso: Gestión de Laboratorio  
Fecha de versión: 2012-06-26  
Versión: 01  
Codigo: GL-FT-03

**REPORTE DE RESULTADOS**

Reporte No.: 0754-2015 Página 2 de 2

7.1 FISICOQUIMICOS					
PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO ANALÍTICO	RESULTADOS	VALORES Ref: Resolución 2115/07
HIERRO TOTAL	mg Fe/L	FOTOMÉTRICO	MERCK 14761	0,08	0,3
MAGNESIO	mg Mg/L	CÁLCULO	SM 3500 - Mg B	2,66	36
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	HACH 8039	2,20	10
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /L	FOTOMÉTRICO	MERCK 14776	0,01	0,1
SULFATOS	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	HACH 8051	13,0	250
TURBIEDAD	UNT	NEFELOMÉTRICO	SM 2130 - B	0,40	2

7.2 MICROBIOLÓGICOS					
PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO ANALÍTICO	RESULTADO	VALORES Ref: Resolución 2115/07
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	SM 9222 - B	0	0 UFC/100 mL
ESCHERICHIA COLI	UFC/100 mL	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	SM 9222 - D	0	0 UFC/100 mL

N/E.: No Especificado    N/A.: No Aplica    \*Parámetro subcontratado    \*\* Parámetro medido "In situ"    φ Resultado pendiente

**8. INFORMACION ADICIONAL:**  
 CALCULO DEL INDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA (IRCA) SEGÚN DECRETO 1575/07 RESOLUCIÓN 2115/07:  
 Σ Puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables = 0,0  
 Σ Puntajes de riesgo asignado a todas las características analizadas = 93  
 IRCA (%) = 0,0      NIVEL DE RIESGO: SIN RIESGO

**9. OBSERVACIONES REALIZADAS POR SERVIQUIMICOS E.U:**  
 Los resultados analíticos del presente reporte corresponden exclusivamente a la muestra recibida en el laboratorio ServiQuimicos E.U.

Revisado y aprobado por:

  
 WILLIAM ROBERTO ALZA CAMACHO  
 T.P. PQA-312  
 QUIMICO DE ALIMENTOS


FIN DEL REPORTE

Prohibida la reproducción total o parcial del presente reporte de resultados, sin autorización previa de la Dirección del laboratorio.  
Solamente son validas las copias del reporte con sello seco del laboratorio.

Fuente: Tomado PMAA (2015).




Anexo 8. Formato 001

												
<b>MUNICIPIO DE JENESANO-BOYACÁ</b>												
<b>AFORO</b>												
<u>DATOS</u>												
ANCHO RIO:												
TRAMO:												
N°	ALTURAS LAMINA DE AGUA (m)				TIEMPO RECORRIDO (S)				CAUDAL (L/S)			
	PRUEBA	A1	A2	A3	Promedio	T1	T2	T3	Promedio	Velocidad Superficial	Area	Caudal
1												
2												
3												
4												
5												
6												
FECHA DE LA PRUEBA:												
HORA DE LA PRUEBA:												
PRUEBA N° :												
EPOCA DEL AÑO:												
REALIZADA POR:												

Fuente: Elaborado por Autor


Anexo 9. Formato 002

		<b>MUNICIPIO DE JENESANO-BOYACÁ</b>			
<b>AFORO</b>					
<u>DATOS</u>					
<b>LECTURA ALTURA VERTEDERO</b>				<b>LECTURA MACROMEDIDOR DE ENTRADA</b>	
<b>Hora</b>	<b>H (m)</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/seg)</b>	<b>Q l/seg</b>	<b>Lectura</b>	<b>Q l/seg</b>
<b>PROMEDIO</b>					
<b>FECHA DE LA PRUEBA:</b>					
<b>HORA DE LA PRUEBA:</b>					
<b>PRUEBA N° :</b>					
<b>EPOCA DEL AÑO:</b>					
<b>REALIZADA POR:</b>					

Fuente: Elaborado por Autor



Anexo 11. Formato 004

		<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE JENESANO</b>					
		<b>MANTENIMIENTO</b>					
OPERADOR		FECHA		HORA			
FLOCULADOR							
<b>MANTENIMIENTO</b>							
<b>LUBRICACIÓN VÁLVULAS</b>		<b>EVACUACIÓN DE LODOS</b>		<b>OBSERVACIONES</b>			
SI	NO	SI	NO				
SEDIMENTADOR							
<b>MANTENIMIENTO</b>							
<b>LUBRICACIÓN DE VÁLVULAS</b>		<b>EVACUACIÓN DE LODOS</b>		<b>OBSERVACIONES</b>			
SI	NO	SI	NO				
FILTROS							
<b>MANTENIMIENTO</b>							
<b>LUBRICACIÓN DE VÁLVULAS</b>		<b>LAVADO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>			
SI	NO	SI	NO				
TANQUES DE ALMACENAMIENTO							
<b>MANTENIMIENTO</b>							
<b>LUBRICACIÓN DE VÁLVULAS</b>		<b>LAVADO</b>		<b>VERIFICACIÓN DE FUGAS</b>			
SI	NO	SI	NO	SI	NO		
AREAS COMUNES							
<b>MANTENIMIENTO</b>							
<b>PODA DE ARBOLES Y PASTO</b>		<b>LIMPIEZA GENERAL</b>		<b>OBSERVACIONES</b>			
SI	NO	SI	NO	SI	NO		
<b>OBSERVACIONES</b>							

Fuente: Elaborado por Autor

## BIBLIOGRAFÍA

- EOT del Municipio de. (2000). *Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Jenesano*.  
Jenesano-Boyacá.
- Andia Cardenas, Y. (Abril de 2000). *Tratamiento de Agua: Coagulación y Floculación*.  
Obtenido de [http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154).
- Barrera, S. P. (2009). *Prediseño Hidráulico de la Vereda Santa Lucia Cabrera-Cundinamarca*.  
Bogotá D.C.:  
<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15453/T40.09%20H43p.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- Bonilla, M. A. (S.f.). *Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo*. Obtenido de Universidad  
Autonoma del Estado de Hidalgo:  
<https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa2/n2/m2.html#n0>
- Constitución política de Colombia. (1991). *wsp.presidencia.gov.co*. Obtenido de  
<http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Documents/Constitucion-Politica-Colombia.pdf>
- Decreto 1575. (09 de Mayo de 2007). *Min Ambiente.gov.co*. Obtenido de  
[http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec\\_1775\\_2007.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec_1775_2007.pdf)
- Enciclopedia Libre Universal. (29 de Junio de 2009). *Enciclopedia Libre Universal*. Obtenido de  
Enciclopedia Libre Universal: <http://enciclopedia.us.es/index.php/Acueducto>
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (S.f.). *Fibras y Normas de Colombia S.A.S*. Obtenido de  
Fibras y Normas de Colombia S.A.S:  
<https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/potabilizacion-definicion-etapas-del-proceso-e-importancia/>

Gobernación de Boyacá. (2016). *Informe de Vigilancia de la Calidad del Agua Para Consumo Humano*. . Tunja-Boyacá.

Ley 373. (1997). Bogotá D.C.:

[http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley\\_0373\\_1997.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0373_1997.pdf).

López Cualla , R. A. (1995). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Santa Fé de Bogota-Colombia: Escuela Colombiana de Ingenieria.

Moreno, J. (2004). Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/e115-04disenocapta.pdf>

Pérez Farrás, L. (2005). Teoria de la Sedimentación.

Pérez, J. A. (s.f.). *Manual de Potabilización del Agua*. Medellín, Colombia: 3ra Edición.

RAS. (2010). Titulo B. Santa Fé de Bogotá, Colombia.

RAS. (2010). Titulo C. Snata Fé de Bogotá, Colombia.

RAS. (2010). [www.minvivienda.gov.co](http://www.minvivienda.gov.co). Obtenido de Titulo C:

<http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>

Resolución 0330. (08 de Junio de 2017). [www.minvivienda.gov.co](http://www.minvivienda.gov.co). Obtenido de

<http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330%20-%202017.pdf>

Resolución 0811. (05 de Marzo de 2008). [www.alcaldiabogota.gov.vo](http://www.alcaldiabogota.gov.vo). Obtenido de

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=29337>

Resolución 082. (16 de Enero de 2009). Ministerio de Protección Social. Bogotá D.C., Colombia.

Resolución 2115. (22 de Junio de 2007). *www.minvivienda.gov.co*. Obtenido de

[http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislacion\\_del\\_agua/Resoluci%C3%B3n\\_2115.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislacion_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf)

Román, J. S. (Abril de 2013). Obtenido de <http://hidrologia.usal.es/temas/Aforos.pdf>

Salazar Gámez, L. (2012). Diseño de Plantas Potabilizadoras. *Módulo Didáctico*. Medellín,

Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD.

Salinas Ramirez, J. M. (2011). *www.cepal.org*. Obtenido de

<https://www.cepal.org/publicaciones/xml/3/42733/lcw379e.pdf>

TAS Consultores E.U. (2015). *Actualización y Ajuste al Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua del Municipio de Jenesano*. Jenesano-Boyacá.

Unicef. (s.f.). La infancia, el agua y el saneamiento básico en los planes de desarrollo departamentales y municipales. Colombia.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD. (20 de Agosto de 2017). *www.unad.edu.co*.

Obtenido de <https://informacion.unad.edu.co/transparencia-y-acceso-a-la-informacion/acerca-de-la-unad/resena-historica>

Vargas Pérez, M. E. (2015). *PMAA*. Jenesano-Boyacá.