

**MANUAL DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE  
(PTAP) CONVENCIONAL DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE  
BOCHALEMA- NORTE DE SANTANDER**

**SANCHEZ CARRILLO SARA ESTHER**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL, CIVIL Y QUÍMICA  
PAMPLONA, COLOMBIA**

**2021**

**MANUAL DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE  
(PTAP) CONVENCIONAL DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE  
BOCHALEMA- NORTE DE SANTANDER**

**SANCHEZ CARRILLO SARA ESTHER**

**Trabajo de grado para optar por el título de:  
INGENIERA QUÍMICA**

**Directora: ANA MARÍA ROSSO CERÓN**

**Dra. en Ingeniería Química**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL, CIVIL Y QUÍMICA  
PAMPLONA, COLOMBIA**

**2021**

## *DEDICATORIA*

*El presente trabajo lo dedico a DIOS por ser mi sustento, para continuar este proceso y obtener uno de mis sueños más anhelados.*

*A mi familia, especialmente a mi madre Isabel Carrillo, por sus palabras de aliento, consejos, oraciones y gran amor.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Una de las partes más importantes para mí, es agradecer a cada una de las personas que estuvieron presentes en todo este proceso, puesto que, sin el apoyo y colaboración, no hubiese sido posible.*

*En primer lugar, a Dios por ser esa columna de apoyo, guía y fortaleza, cuando el tiempo o las situaciones se tornaban difícil. Por cumplir este sueño.*

*A mi familia por estar atentos a ayudarme incondicionalmente, a mis padres Isabel y Emilio, quienes son el motor principal de mi vida, a mis hermanas Aracely, Milena, Diana y Ana, por brindarme esa seguridad de que todo saldría bien.*

*A la unidad de servicios públicos por permitirme, la realización de mi pasantía profesional y de esta manera afianzar mis conocimientos, por aportarme la información necesaria, deseo agradecer al Ing. Johan Valderrama quien estuvo muy pendiente, al operario de la planta Jimmy Arias por su colaboración.*

*A la universidad de pamplona, a sus docentes, a los profesores de ingeniería química, por sus aportes compartidos a lo largo de mi formación como profesional, un agradecimiento especial a mi directora de trabajo de grado, la doctora en ingeniería química Ana María Rosso, por su dedicación, apoyo y guía.*

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN .....	11
3. OBJETIVOS.....	13
3.1 Objetivo general.....	13
3.2 Objetivos específicos .....	13
4. MARCO DE REFERENCIA .....	14
4.1 Marco conceptual.....	14
4.2 Estado del arte.....	16
4.3 Generalidades del municipio .....	18
4.3.1 Localización y límites geográficos.....	18
4.3.2 Actividad económica del municipio.....	18
4.3.3 Fuente de abastecimiento de agua y contaminación .....	20
4.3.4 Hidrografía .....	20
4.3.5 Población.....	22
4.3.6 Descripción general de la planta .....	22
4.4 Marco regulatorio .....	23
5. METODOLOGÍA .....	24
5.1 Etapa 1: Recopilación de información -revisión bibliográfica .....	24
5.2 Etapa 2: Descripción de la infraestructura y etapas del proceso de potabilización del agua .....	24
5.3 Etapa 3: Especificación y verificación del funcionamiento, operación y mantenimiento de la PTAP .....	25
5.4 Etapa 4: Especificación y revisión de estándares en cada uno de los procesos .....	25
5.5 Etapa 5: Elaboración de las fichas de seguridad de los reactivos químicos y calibración de equipos .....	25
5.6 Etapa 6: Elaboración del manual de operación.....	25
6. RESULTADOS.....	26
6.1 Características de la planta ( <i>Layout</i> ).....	26
6.2 Descripción de la infraestructura y las etapas del proceso de la planta de potabilización .....	29

6.2.1 Etapa de captación.....	32
6.2.2 Etapa de aducción.....	34
6.2.3 Etapa de pretratamiento.....	34
6.2.4 Etapa de tratamiento.....	36
6.2.5 Etapa de Distribución.....	44
6.3 Funcionamiento, operación y mantenimiento del sistema de potabilización .....	44
6.3.1 Captación.....	44
6.3.2 Desarenador.....	46
6.3.3 Coagulación.....	47
6.3.4 Floculador.....	49
6.3.5 Sedimentación .....	51
6.3.6 Filtración .....	52
6.3.7 Cloración .....	54
6.3.8 Tanque de almacenamiento .....	54
6.4 Descripción de los estándares de calidad.....	54
6.5 Fichas de seguridad y Calibración de equipos .....	63
6.5.1 Sulfato de Aluminio Tipo A.....	63
6.5.2 Hidróxido De Sodio ó Soda Caustica.....	67
6.5.3 Hipoclorito de Calcio al 70% .....	70
6.5.4 Cloro al 91%.....	74
6.5.5 Calibración de Equipos .....	78
7. CONCLUSIONES .....	81
8. RECOMENDACIONES .....	82
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	83
10. ANEXOS .....	86

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Estructuras de la Planta Convencional Antes de la Intervención de Optimización	29
<b>Tabla 2.</b> Zonas del Desarenador, Verificación y Observaciones	35
<b>Tabla 3.</b> Calidad de la Fuente	55
<b>Tabla 4.</b> Características Físicas del Agua para Consumo Humano	57
<b>Tabla 5.</b> Características Químicas que Tienen Reconocido Efecto Adverso en la Salud Humana	57
<b>Tabla 6.</b> Compuestos Químicos que Tienen Implicaciones Sobre la Salud Humana	58
<b>Tabla 7.</b> Características Químicas que Tienen Mayores Consecuencias Económicas e Indirectas sobre la Salud Humana	58
<b>Tabla 8.</b> Características Microbiológicas	59
<b>Tabla 9.</b> Calificación IRCA	59
<b>Tabla 10.</b> Clasificación IRCA Según el Nivel de Riesgo	60
<b>Tabla 11.</b> Frecuencia de Toma de Muestras del Seguimiento a la Calidad del agua	62
<b>Tabla 12.</b> Implementos de Laboratorio	86

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización General en Colombia y en Norte de Santander del Municipio de Bochalema .....	19
<b>Figura 2.</b> Límites Geográficos del municipio de Bochalema, Norte de Santander .....	20
<b>Figura 3.</b> Mapa Hidrológico del Municipio de Bochalema.....	21
<b>Figura 4.</b> Leyenda de la Figura 3 Mapa Hidrológico del Municipio de Bochalema.....	22
<b>Figura 5.</b> Diagrama de Bloques Procesos para el Tratamiento de Agua, PTAP Convencional Municipio de Bochalema.....	23
<b>Figura 6.</b> Layout PTAP Topacio .....	28
<b>Figura 7.</b> Estructura de Captación Quebrada Aguablanca Planta el Topacio.....	33
<b>Figura 8.</b> Esquema de Captación-Bocatoma de Fondo .....	33
<b>Figura 9.</b> Canal de Ingreso al Desarenador .....	36
<b>Figura 10.</b> Estructura del Desarenador .....	36
<b>Figura 11.</b> Tubería de Ingreso y Canaleta Parshall .....	38
<b>Figura 12.</b> Esquema Floculador Tipo Alabama.....	39
<b>Figura 13.</b> Canaleta Parshall y Floculador Tipo Alabama .....	39
<b>Figura 14.</b> Partes que Conforman un Sedimentador Laminar .....	40
<b>Figura 15.</b> Sedimentador Laminar.....	41
<b>Figura 16.</b> Filtro Rápido de Flujo Ascendente .....	42
<b>Figura 17.</b> Filtro Rápido con Dimensiones .....	42
<b>Figura 18.</b> Estructura Filtro Lento y Dimensiones .....	43
<b>Figura 19.</b> Unidad de Desinfección.....	44
<b>Figura 20.</b> Tanque de Almacenamiento Nuevo.....	44
<b>Figura 21.</b> Mantenimiento Desarenador .....	47
<b>Figura 22.</b> Ingreso de Agua a la Primera Cámara del Floculador .....	50
<b>Figura 23.</b> Trayecto del Agua en las 4 Primeras Cámaras del Floculador. ....	50
<b>Figura 24.</b> Componentes de Filtro lento.....	53
<b>Figura 25.</b> Metodología para la Obtención de la Dosis Optima de Coagulante .....	56
<b>Figura 26.</b> Cuarto de almacenamiento de insumos químicos.....	86



## RESUMEN

El presente manual describe las actividades y características de operación y mantenimiento correspondiente al servicio de acueducto del casco urbano del municipio de Bochalema-Norte de Santander, el cual es prestado por la Unidad de Servicios Públicos.

El municipio de Bochalema, cuenta con dos tipos de planta de potabilización, una de tipo convencional y otra de tipo compacta, se identificó la necesidad de un manual que indique las actividades y procedimientos para la correcta operación y mantenimiento de la planta convencional, puesto que en algunas ocasiones se realizan dichas actividades de forma empírica por parte de los operarios, es decir adquirido por varios años de experiencia en sus cargos, ignorando la importancia de contar con un manual que respalde el manejo operativo de la planta y brinde al personal que interviene, el conocimiento adecuado sobre los procedimientos que se desarrollan y sobre la mejor manera de operar las instalaciones, equipos e insumos. Capacitando a los encargados tanto los que están activos como aquellos que ingresen.

Los objetivos específicos se enfocan en: describir las partes que componen la planta de tratamiento convencional, especificar el funcionamiento, operación y mantenimiento de la PTAP, indicar los procesos y estándares de calidad para el tratamiento de agua, y elaborar las fichas de seguridad de los reactivos químicos.

Para lograr los objetivos anteriormente descritos, se organizaron en secciones de modo que cada una de ellas permita el desarrollo de un objetivo específico, de acuerdo con el análisis cualitativo y cuantitativo, realizado de las necesidades presentes en la planta de tratamiento convencional y de los operarios que en ella intervienen, acorde a la capacitación requerida para el óptimo funcionamiento de esta.

Con base en lo mencionado anteriormente y como resultado principal del proyecto, se realizó un manual detallado y práctico que logra satisfacer las necesidades, enfocado en la mejora de la calidad del agua suministrada a los habitantes del casco urbano del municipio de Bochalema y de las buenas prácticas de laboratorio.

**Palabras clave:** calidad del agua, capacitación, contaminación, potabilización

## 1. INTRODUCCIÓN

El reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS) establece que los sistemas de potabilización deben disponer de un manual que especifique y facilite las actividades de operación, del cual deben obtener acceso los operadores de la planta encargados del correcto funcionamiento del sistema. El manual debe ser escrito de manera clara en donde se contemplen las instrucciones directas y simples, evitando descripciones teóricas complejas, debe incluir la descripción detallada de la teoría de cada proceso. En la planta convencional del casco urbano del municipio de Bochalema no hay un manual para los operarios que respalde el manejo operativo de esta, por consiguiente, el objetivo de este proyecto es realizar un manual de operación y mantenimiento para la implementación en la planta.

En la actualidad la calidad del agua es un aspecto fundamental, especialmente cuando es destinada para el consumo humano, existiendo diversos procesos para su potabilización, sin embargo, existen carencias en cuanto a la manera de potabilizar el agua en aspectos de infraestructura y, en otros casos, asociados a que la metodología aplicada no satisface las necesidades requeridas por la población (Castro, Rubio & Rodriguez, 2014).

Los sistemas de tratamiento requieren para su correcto funcionamiento una cadena de acciones integrales que permitan establecer una rutina de operación y mantenimiento (Marin, 2020). Por consiguiente, el ingreso de nuevos operarios en las plantas de tratamiento representa un problema, cuando no existen documentos específicos para capacitarlos. En la actualidad, la capacitación en las organizaciones es de vital importancia porque contribuye al desarrollo de los colaboradores tanto personal como profesional. Por ello, las empresas deben encontrar mecanismos que den a su personal los conocimientos, habilidades y actitudes que se requiere para lograr un desempeño óptimo durante toda la estadía del trabajador dentro de la organización (Diaz, 2016).

El presente manual corresponde a un conjunto de instructivos que se sugieren para el adecuado manejo de las unidades de tratamiento presentes dentro de la planta convencional del casco urbano de Bochalema. El contenido del manual se encuentra conformado por 4 secciones, en la primera se realiza la descripción de la infraestructura y las etapas de potabilización, en la segunda se encuentran la especificación de la operación y el mantenimiento para el correcto funcionamiento del sistema, en la tercera se especifican los procesos y estándares de calidad para el tratamiento del agua y finalmente se elaboraron las fichas de seguridad de los reactivos y se indica el proceso de calibración de los equipos.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

El agua es conocida como el solvente universal y sin duda alguna es fundamental para el ser humano, así como para el resto de los animales y seres vivos. El agua recibe dos tipos de contaminación: la contaminación natural, que se da cuando el agua lluvia al descender recoge del aire partículas de polvo y gases, una vez en el suelo arrastra materia orgánica es decir la que proviene de organismos vivos e inorgánica de minerales o productos químicos y el segundo tipo lo comprende la contaminación artificial, que es la producida por las diversas actividades del hombre. Trayendo como consecuencia modificaciones en los recursos hídricos (Ministerio de Desarrollo Económico y Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, 2015).

En el caso de Bochalema, Norte de Santander, las principales fuentes de contaminación en la fuente hídrica Aguablanca (quebrada desde donde se potabiliza el agua) se da por las actividades de agricultura tradicional, piscicultura, ganadería vacuna, porcina, y avicultura desarrollada por las fincas que se encuentran en la parte alta a la captación de la planta, adicional a los puntos de vertimiento de aguas residuales (Unidad de Servicios Públicos de Bochalema, 2013). Lo cual lleva como resultado que no sea apta para el consumo, y se deban realizar tratamientos específicos para asegurar protección de la salud, el tratamiento tiene relevancia dado que un mal manejo puede afectar a la comunidad, es importante disponer de los recursos materiales, instalaciones y equipos como el saber utilizarlos, operarlos y mantenerlos adecuadamente para cumplir con el objetivo de suministrar agua potable.

Por otra parte, desde el año 2018 se vienen presentando mejoras en la infraestructura para la optimización de los procesos en la planta convencional con la que cuenta el casco urbano, mediante la ejecución de un proyecto proveniente del Plan Departamental de Aguas, del cual el municipio de Bochalema fue beneficiario, el proyecto ha sido ejecutado mediante el consorcio aguas 2018 con una inversión de COP 2.004.554.227 dos mil cuatro millones quinientos cincuenta y cuatro mil doscientos veintisiete pesos, en cumplimiento con los parámetros emitidos por el gobierno nacional en el plan de potabilización del agua, siguiendo a su vez las vigentes exigencias plasmadas en el decreto 1575 y la resolución 2115 de 2007 se busca brindar a los usuarios un sistema de suministro continuo y de calidad, asimismo ofreciendo una mejor respuesta al aumento de la demanda presentada por los nuevos usuarios producto del crecimiento poblacional.

Así, con la entrega de este proyecto por parte del consorcio se optimiza la infraestructura y procesos de la PTAP convencional, creando la necesidad de instruir a los operarios encargados, teniendo en cuenta que con el transcurso del tiempo pueden ingresar nuevos operarios; se ve la importancia para que puedan ejecutar con más facilidad sus actividades.

Por lo que amerita contar con un manual, que se ajuste a la operatividad y funcionamiento propio de esta y de los procesos que se llevaran a cabo en ella.

Por las razones anteriores se plantea como objetivo de la presente pasantía, la elaboración de un manual de operación y mantenimiento el cual brinde orientación de la infraestructura y etapas del proceso de la PTAP convencional del casco urbano, donde el operario tenga pleno conocimiento de los procesos que se llevan a cabo y de estándares de calidad contemplados en el decreto 1575 y la resolución 2115.

Igualmente, en dicho manual se especificará como es el funcionamiento, así como también cuales son los protocolos de mantenimiento para la correcta operatividad. Presentando las distintas fichas de seguridad de los reactivos químicos a emplear. Los conocimientos que se presentan darán orientación básica, sobre la función y características de cada una de las unidades y equipos que constituyen la planta; para que conscientes de la función que desempeñen comprendan la importancia de ejecutar con precisión y exactitud las actividades de operación, mantenimiento y control de la planta.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Elaborar un manual de operación y funcionamiento para la implementación de la planta de tratamiento convencional de agua potable (PTAP) del casco urbano del municipio de Bochalema- Norte de Santander.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Describir la infraestructura y las etapas del proceso de la planta de potabilización convencional de agua del casco urbano del municipio de Bochalema, Norte de Santander.
- Especificar el funcionamiento, operación y mantenimiento de la planta de potabilización convencional de agua del casco urbano del municipio de Bochalema, Norte de Santander.
- Especificar los procesos y estándares de calidad para el tratamiento de agua en la planta de potabilización convencional del casco urbano del municipio de Bochalema, Norte de Santander.
- Elaborar las fichas de seguridad de los reactivos químicos y de calibración de equipos a emplear en cada una de las distintas etapas de la planta de potabilización convencional del casco urbano del municipio de Bochalema, Norte de Santander.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 Marco conceptual

Para interpretar y aplicar este Manual se tendrán en consideraciones las siguientes definiciones que fueron tomadas del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico -RAS-título B y C, además de otros documentos que se referencian en el transcurso del trabajo.

1. **AGUA CRUDA:** así se denomina el agua que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento.
2. **AGUA POTABLE:** es el agua adecuada para el consumo, por su características físicas, químicas y bacteriológicas. No afecta la salud del hombre, no produce rechazo y no ocasiona daños a la tubería y otros materiales.
3. **CALIDAD DEL AGUA:** es el conjunto de características física químicas y microbiológicas que se deben satisfacer con el fin de que el agua suministrada sea segura para la población.
4. **COLOIDES:** solidos finamente divididos (que no disuelven) que permanecen dispersos en un líquido por largo tiempo debido a su menor diámetro y a la presencia de una carga eléctrica en su superficie.
5. **CONTAMINACIÓN DEL AGUA:** alteración de sus características organolépticas, físicas, químicas, radioactivas y microbiológicas, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales, que producen o pueden producir, rechazo, enfermedad o muerte al consumidor.
6. **CLARIFICACIÓN:** proceso de separación de los sólidos del agua por acción de la gravedad (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, Titulo C, Sistema de Potabilización, 2000).
7. **COLORO RESIDUAL LIBRE:** aquella porción que queda en el agua después de un período de contacto definido, que reacciona química y biológicamente como ácido hipocloroso o como ion hipoclorito(Ministerio de la protección social ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial, 2007).
8. **ENSAYO DE JARRAS:** estas pruebas consisten en simular en vasos de precipitado o jarras, el proceso de coagulación-floculación que se producirá en la planta de tratamiento y evaluar distintos parámetros durante o al final de los ensayos para caracterizar su funcionamiento.
9. **OPERADOR:** persona calificada y responsable de la operación y el mantenimiento de las instalaciones del sistema de potabilización (López & Jimenez, 2016).

10. **POBLACIÓN SERVIDA O ATENDIDA:** es el número de personas abastecidas por un sistema de suministro de agua (Ministerio de la protección social ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial, 2007).
11. **RED DE DISTRIBUCIÓN:** conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o, planta de tratamiento hasta los puntos de consumo (RAS TITULO B).
12. **MANTENIMIENTO:** se refiere al conjunto de acciones que se ejecutan en las instalaciones de las plantas de tratamiento en forma permanente y programadas para asegurar el buen estado de operación en cada uno de los componentes, dicho en otras palabras son las acciones que se deben realizar en las estructuras y equipos con el objetivo de prevenir o reparar daños (Ministerio de Desarrollo Economico & SENA, 1999).
13. **MANTENIMIENTO CORRECTIVO:** acciones que se realizan para reparar daños que se producen por efectos del deterioro o mal funcionamiento de un sistema y que no ha sido posible evitar con el mantenimiento preventivo (Sanabria, 2010).
14. **MANTENIMIENTO PREVENTIVO:** son las acciones que se realizan periódicamente en el sistema de abastecimiento con el fin de prevenir fallas en el servicio y el deterioro de los equipos y las instalaciones (Sanabria, 2010).

## 4.2 Estado del arte

Dada la gran importancia que tiene el suministro de agua en una población y de la calidad que esta debe poseer para el consumo humano, se ha requerido la optimización del proceso de potabilización del agua en el municipio de Bochalema, con el fin de suministrar un líquido apto para su consumo.

Las plantas de tratamiento de agua potable no siempre cuentan con todos los procesos de tratamientos requeridos y la potabilización del agua se puede ver afectada, porque no cuentan con trabajadores debidamente calificados, no se les suministra los insumos necesarios para su buen funcionamiento, no se les hace el mantenimiento requerido, no cuentan con un laboratorio adecuado para controlar y garantizarla calidad del agua que tratan (Fässler, 2014).

En el proyecto titulado Plan de mejora de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) en los campamentos Tacuá y Cuní, localizada en cercanías al poblado del corregimiento El Valle, municipio de Toledo, del noreste Antioqueño desarrollado por Laura Marín, se enfocó en el mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable a partir del análisis de la información obtenida e inspecciones técnicas y operativas, permitiendo establecer las necesidades y prioridades de la PTAP, con un caudal de operación de aproximadamente 9 l/s, beneficiando alrededor de 3700 personas.

Por medio de este proyecto se mejoró la calidad del agua mediante la aplicación de la siguiente metodología: diagnóstico, evaluación de los procesos y la calidad del agua e identificación de falencias, en el cual se detectó que se presentaban altos niveles de turbidez, y por ende la estructura con la que contaba no lograba satisfacer los niveles de calidad requeridos por la normativa, lo que ameritó la inclusión de una nueva, que contribuyera con la disminución de un 80 % UNT de Unidades Nefelométricas de Turbidez (Marin, 2020).

También se encontró el manual propuesto por Diana Garzón y David Piraquive, (2017) del sistema de acueducto de la cabecera municipal de San Francisco de Sales–Cundinamarca, se presenta la descripción del sistema de acueducto, en el cual se llevan a cabo los procesos de potabilización propios de una planta convencional, procesando un caudal de 17 l/s para una población de 9872 habitantes (2017), se describen las actividades de operación y mantenimiento recomendadas para garantizar un adecuado funcionamiento, con la elaboración de este manual se espera un impacto positivo tanto en la comunidad, como la entidad prestadora del servicio de acueducto, puesto que será una base para capacitar de mejor manera a los nuevos fontaneros que tomen el trabajo de operación y mantenimiento del acueducto (Garzon & Piraquive, 2017).



Se han elaborado manuales en distintos acueductos municipales con el fin de orientar a los operarios en el buen funcionamiento de las plantas, como es el caso del acueducto del municipio de Rio de Oro, ubicado en el Departamento del Cesar, el cual limita al norte con el municipio de González y el Departamento de Norte de Santander; por el sur con San Martín, por el Oriente con Ocaña y Por el Occidente con Aguachica. En donde se implementó un manual para un acueducto con una capacidad de 13,5 l/s para abastecer a 6.133 habitantes en la zona urbana beneficiaria del acueducto, con una altitud de 1.150 m s. n. m. En este estudio Castillo Armenta realiza un diagnóstico que especifica las condiciones de operación de la planta, teniendo en cuenta los lineamientos necesarios para la calidad del agua, también presenta una serie de recomendaciones en cuanto al mantenimiento de equipos. Adicionalmente, habla de la importancia de adquirir un equipo necesario para el diagnóstico de la calidad del agua (Armenta, 2012).

Para elaborar un manual de operación y mantenimiento de un sistema de acueducto se debe disponer de información concerniente a los componentes del sistema, donde se den instrucciones a los operadores con objeto de que las labores se ejecuten de la forma más eficiente posible y como resultado se alcance el objetivo de un sistema de acueducto el cual es abastecer agua de calidad para una población (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - CEPIS, 2006). Para la elaboración del presente manual se llevó a cabo una revisión bibliográfica donde se indagó documentos como el RAS, manuales, artículos de: calidad del agua, potabilización, de diagnóstico, mantenimiento e infraestructura.

Con la revisión de los manuales, se logró observar que estos poseen un contenido donde de acuerdo con el RAS este debe proveer como mínimo introducción, descripción operativa de la planta de tratamiento para cada uno de sus componentes, entrada de agua, medición de caudal de afluente, dosificación de productos químicos (coagulantes, alcalinizantes y desinfectantes), mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración, tanque de cloración, tanque de almacenamiento, medición de caudal efluente, instrumentación, adicionalmente debe presentarse un diagrama de flujo de la planta completa. Es necesario anexar debidamente clasificados todos los catálogos de los fabricantes.

Por consiguiente, con el presente manual se buscó brindar una herramienta para la toma de decisiones a partir de un instructivo y conocimiento de los procesos llevados a cabo en la planta de potabilización convencional, el presente manual otorga a los operarios de conocimientos en cuanto a la infraestructura, operación y mantenimiento propios de las condiciones en las que se desarrolla el proceso de potabilización en el municipio de Bochalema. El manual que se propone aporta a los anteriores en la socialización y

capacitación al personal que se encuentra operando, suministrando el conocimiento técnico, siendo una base de la fundamentación de los operarios en el tratamiento de agua.

Por esta razón ha sido necesario tener aspectos esenciales como la descripción de la infraestructura, el mantenimiento y la operación de la planta a mayor profundidad, que en su conjunto brindan un panorama para la toma de decisiones, recomendando la importancia de mantener adecuadamente las estructuras para que estas puedan cumplir con la función para lo cual se han establecido en el proceso.

### **4.3 Generalidades del municipio**

A continuación, se presenta un breve resumen de las características y aspectos físicos y económicos del Municipio de Bochalema.

#### ***4.3.1 Localización y límites geográficos***

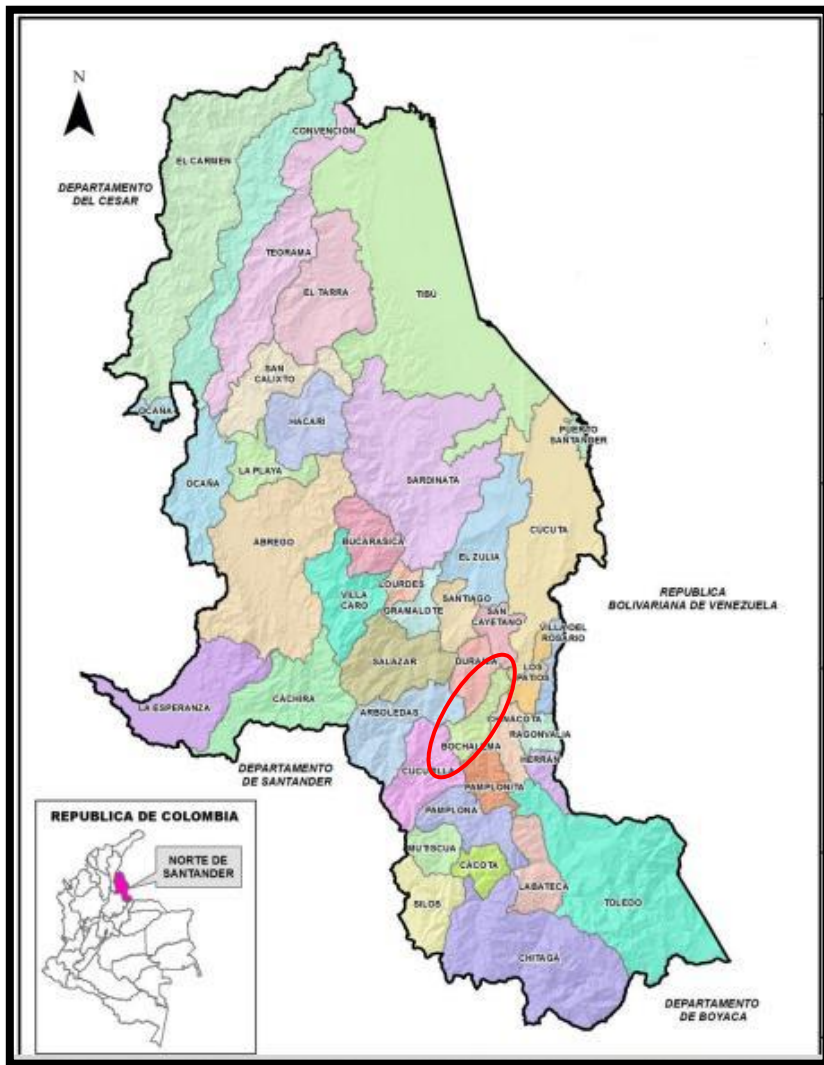
Bochalema es un municipio perteneciente al Departamento de Norte de Santander, ubicado en la subregión sur oriental, el casco urbano del municipio se encuentra a 45 Km de la capital del Departamento y a 33 km del municipio de Pamplona. En la figura 1 se muestra la ubicación del Departamento Norte de Santander a nivel nacional, presentando un esquema general del Departamento, resaltando el municipio el cual se encuentra seleccionado con color rojo.

En la figura 2 se presenta los siguientes límites geográficos del territorio municipal: Por el norte con San Cayetano y Cúcuta, por el sur con Cucutilla y Pamplonita por el oriente con Los Patios y Chinácota y por el occidente con Arboledas y Durania.

#### ***4.3.2 Actividad económica del municipio***

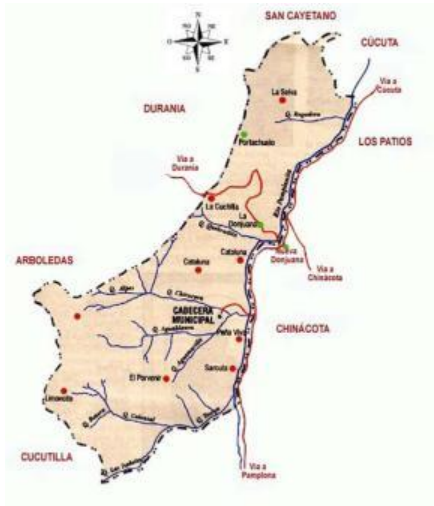
Las principales actividades económicas del municipio son: ganadería, agricultura y minería. En cuanto a la ganadería se destaca la producción en bovinos, porcinos y aves de corral, el sector agrícola ocupa el 40% de las áreas productivas del municipio. Se produce en mayor potencialidad el café. Así mismo, se cuentan con cultivos de caña panelera, maíz tradicional, tomate tecnificado, plátano, yuca y habichuela, lulo y mora. En la parte minera se destaca el carbón, feldespato y minas de caliza (Corporación Nueva Sociedad de la Región Nororiental de Colombia CONSORNOC, 2015).

Es importante resaltar que en los últimos años el turismo ha sido parte del desarrollo de este municipio con diferentes atractivos, como lo son las piscinas entre ellas Aguablanca, Chiracoca y villa luz, centros recreacionales como el cordillera country club y puntos de contacto con la naturaleza como el sendero ecológico y la cascada La Peronia, entre otros, lo cual ha generado el aumento de visitantes principalmente los fines de semana, en donde los hoteles, restaurantes y ventas alrededor del parque y en zonas de concurrencia, han sido beneficiados (Gracia, 2020).



**Figura 1.** Localización General en Colombia y en Norte de Santander del Municipio de Bochalema

Fuente: Sistema de Información Ambiental (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental, 2016)



**Figura 2.** Límites Geográficos del municipio de Bochalema, Norte de Santander

Fuente: (Corporación Nueva Sociedad de la Región Nororiental de Colombia [CONSORNOC], 2015)

### **4.3.3 Fuente de abastecimiento de agua y contaminación**

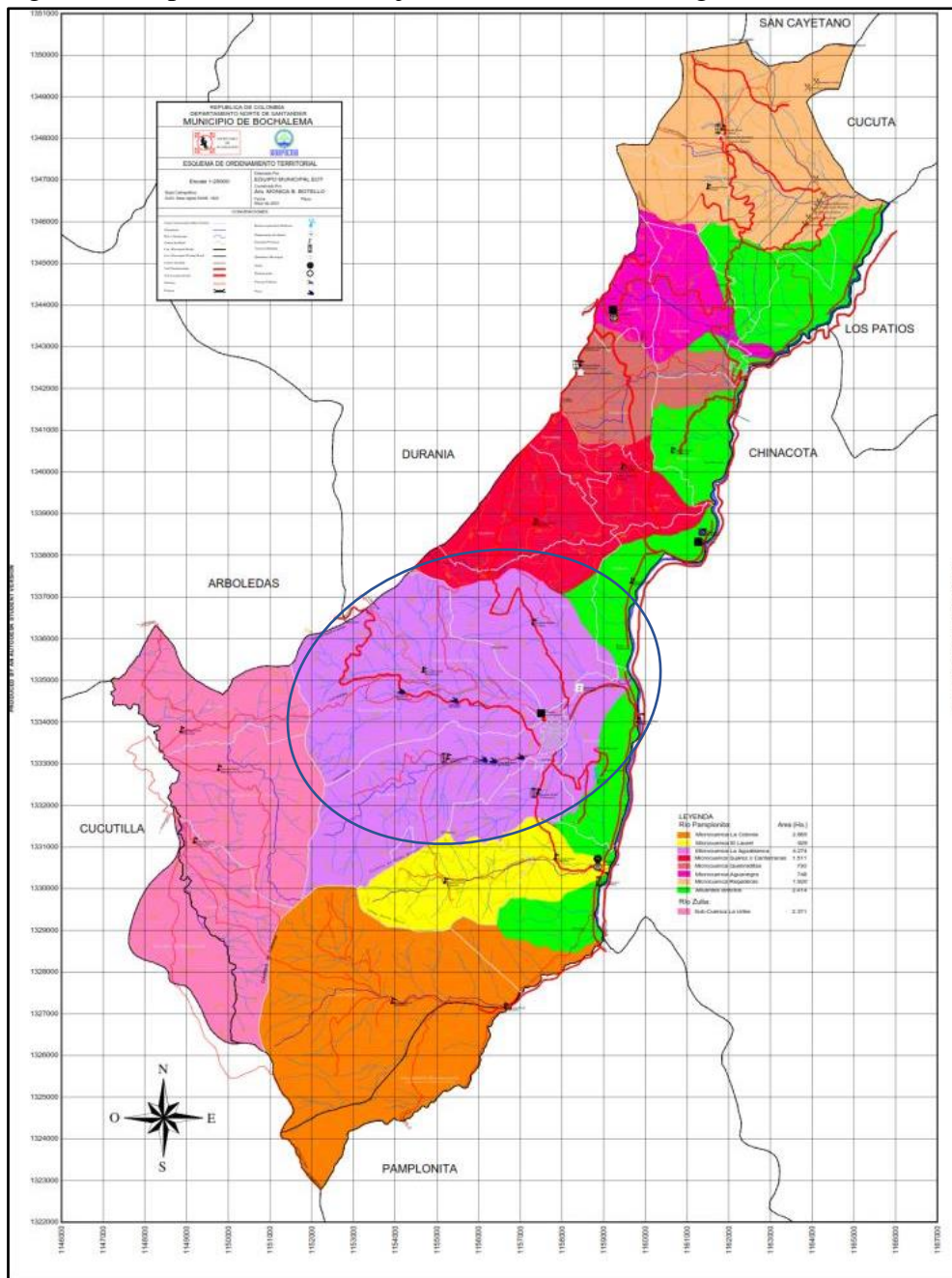
El sistema de abastecimiento del Municipio de Bochalema se realiza por medio de la Quebrada Aguablanca afluente del Río Pamplonita que nacen al norte del casco urbano en un área rural intervenida por actividades agropecuarias, las cuales se intensifican en las partes medias y bajas de las cuencas, agravando el deterioro del recurso con las descargas de buena parte de las aguas residuales urbanas cerca de su desembocadura sobre la quebrada Aguablanca (Unidad de Servicios Públicos de Bochalema, 2013), adicionalmente se ve el impacto ambiental causado por el flujo turístico al sendero ecológico, el cual se encuentra sobre la rivera de la fuente hídrica. Por tal motivo se ha incentivado mediante campañas orientadas a la protección y cuidado del medio ambiente.

### **4.3.4 Hidrografía**

En la cabecera municipal el recurso hídrico más importante es la quebrada Aguablanca, el caño el Chorrerón y la quebrada La Chiracoca; en la DonJuana es el río Pamplonita y las quebradas Aguanegra, Quebraditas y Los Caños, La Nicolasa y Cote.










La red hidrográfica de Bochalema forma parte de la Gran Cuenca del río Catatumbo, dentro de ella, en descendente orden jerárquico de la Cuenca Mayor del río Zulia, a su vez conformada por sectores de las Cuencas de los ríos Pamplonita y Zulia. El 86,65% del territorio municipal pertenece al río Pamplonita y el restante 13,35% del territorio del municipio pertenece a la cuenca del río Zulia (Unidad de Servicios Públicos de Bochalema, 2013). En la figura 3 se presenta el mapa hidrológico con las cuencas del municipio de

Bochalema, Norte de Santander en el que se selecciona la microcuenca de la quebrada Aguablanca, para efectos de mejor visualización en la figura 4 se muestra la leyenda de este.



**Figura 3.** Mapa Hidrológico del Municipio de Bochalema

Fuente: Estudio de Ordenamiento Territorial del Municipio de Bochalema.

LEYENDA			Area (Ha.)
Río Pamplonita:			
	Microcuenca La Colonia		2.865
	Microcuenca El Laurel		929
	Microcuenca La Aguablanca		4.274
	Microcuenca Suárez o Cantarranas		1.511
	Microcuenca Quebraditas		730
	Microcuenca Aguanegra		748
	Microcuenca Regaderas		1.920
	Afluentes directos		2.414
Río Zulia:			
	Sub-Cuenca La Uribe		2.371

**Figura 4.** Leyenda de la Figura 3 Mapa Hidrológico del Municipio de Bochalema

Fuente: Estudio de Ordenamiento Territorial del Municipio de Bochalema.

#### 4.3.5 Población

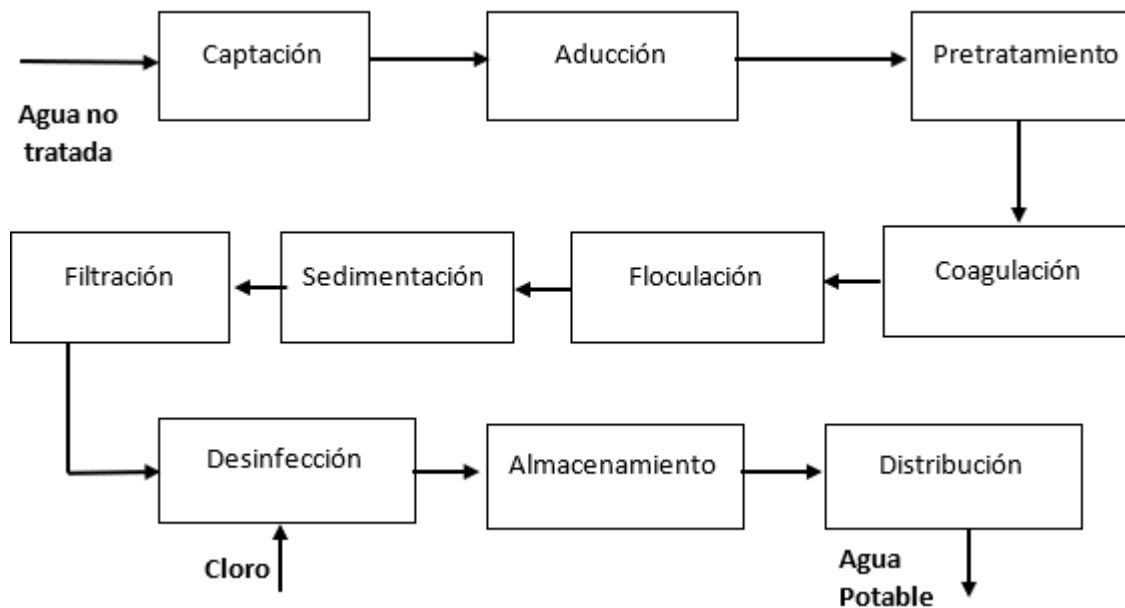
Bochalema es un municipio de Norte de Santander, con una población de 8.105 habitantes aproximadamente (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2018). El municipio está conformado por el casco urbano, centro poblado de la DonJuana y las veredas, el área urbana cuenta con 14 barrios ubicados en la cabecera municipal de Bochalema y 8 en la DonJuana, mientras que el área rural cuenta con 24 veredas.

Según la información suministrada por la Unidad de Servicios Públicos cuenta con 1.000 usuarios en el sistema de acueducto del casco urbano del Municipio (2021), con una población servida de aproximadamente 4.000 habitantes, del cual el 67% del agua tratada es emitida de la planta convencional.

#### 4.3.6 Descripción general de la planta

La planta de tratamiento de agua potable de tipo convencional recibe el nombre “El Topacio”, se encuentra ubicada en la vereda Agua Blanca, a unos 470 metros del casco urbano, la cual capta el agua cruda de la quebrada Aguablanca y cuenta con los siguientes procesos:

coagulación, floculación, sedimentación y filtración, posteriormente, se lleva a cabo la desinfección mediante la aplicación de cloro granulado para la eliminación de los organismos patógenos presentes en el agua, finalmente pasa a los tanques de almacenamiento de donde se distribuyen a los usuarios mediante la red de acueducto, en la figura 5 se muestra un diagrama con los procesos que se llevan a cabo.



**Figura 5.** Diagrama de Bloques Procesos para el Tratamiento de Agua, PTAP Convencional Municipio de Bochalema

En la parte de resultados, es decir en el capítulo 6, se desarrolla el manual, la primera y segunda sección abarcan los procesos de tratamiento, donde se describen las estructuras, y las etapas del proceso de potabilización, así como la operación y mantenimiento de la PTAP convencional.

#### 4.4 Marco regulatorio

La normatividad colombiana de agua potable es regulada por una serie de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos los cuales permiten conocer si el agua es propicia para el consumo humano y así evitar enfermedades que causen daños a la salud en la población, estos parámetros varían según el país y son establecidos por la autoridad según sus políticas ambientales. Colombia cuenta con una diversidad normativa, entre ellas se encuentra el Decreto Nacional 1575 de 2007 y la Resolución 2115 del mismo año. El objeto del decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano, con el propósito de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana

causados por su consumo, aplicándose a aquellas personas prestadoras que suministren o distribuyan agua para el consumo humano (ministerio de la proteccion social, 2007), y la siguiente es la resolución por la cual se señalan características, instrumentos básicos, frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. En el que se establecen los valores máximos permisibles para los parámetros físicos ,químicos y microbiológicos del agua (Ministerio de la protección social y ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial, 2007).

La realización del manual de operación y mantenimiento requiere de la orientación del reglamento vigente para determinar los lineamientos a seguir en el sistema de acueducto.

## **5. METODOLOGÍA**

La metodología que se llevó a cabo para la elaboración del manual de operación de la PTAP, se presenta a continuación. El estudio para el proyecto es de tipo investigativo y de campo, mediante la recolección de datos en la inspección de la planta y funcionamiento actual de las estructuras.

### **5.1 Etapa 1: Recopilación de información -revisión bibliográfica**

Se inició mediante una revisión bibliográfica y teórica, buscando información de fuentes internas es decir, dentro de la empresa como lo fue la verificación de la documentación archivada concerniente al sistema de potabilización convencional y toma de muestras aplicadas, así como características del municipio de esta forma se logró obtener una herramienta de partida para el conocimiento de los procesos que se han llevado a cabo, evidenciando que dentro de la empresa se encuentra documentación anticuada, por tal motivo es necesario realizar actualizaciones, puesto que con la intervención del proyecto de optimización muchas de las estructuras se han modificado. Al mismo tiempo se indago en fuentes externas buscando en libros relacionados con el sistema de potabilización, en manuales de operación y mantenimiento con plantas similares teniendo en cuenta capacidad, tal como caudal, población, y procesos de potabilización, revisión de artículos y demás documentos normativos vigentes en el marco nacional que permitieron enriquecer el contenido del presente manual.

### **5.2 Etapa 2: Descripción de la infraestructura y etapas del proceso de potabilización del agua**

Con la recolección de información realizada en la etapa 1 se encontró referentes de la planta convencional, se emplearon métodos de recolección de datos tales como entrevistas, observación y medición en campo. Obtención de información directamente de la empresa de acueducto del municipio, operario, fontanero y habitantes; y de otras fuentes primarias tales como organizaciones afines al objeto de investigación (personas prestadoras, alcaldía



municipal, gobernación de Norte de Santander). Los datos recolectados fueron tanto medibles u observables como inferidos y extraídos del lenguaje verbal.

Se empezó por hacer una tabla resumen de la infraestructura de la planta de tratamiento antes de la intervención en el que se aprecia los cambios y se realizó una descripción de las mejoras presentadas en la infraestructura, es decir el panorama actual, donde a través de figuras o imágenes ilustrativas se muestra la infraestructura y los datos obtenidos mediante entrevista con los operarios y el personal a cargo de la planta, conviene aclarar que a la fecha la PTAP no está en funcionamiento dado que el proyecto de “optimización sistema de acueducto urbano del municipio” está en 85,55% de su culminación (Unidad de Servicios Públicos, 2021).

### **5.3 Etapa 3: Especificación y verificación del funcionamiento, operación y mantenimiento de la PTAP**

Se proporciono una descripción de cómo funciona cada una de las etapas de la planta y como es el mantenimiento, teniendo en cuenta las adaptaciones que se deben ejecutar para el óptimo funcionamiento de la planta, permitiendo orientar en la importancia de cada una de ellas, y del óptimo funcionamiento de las partes implicadas en el proceso de potabilización.

### **5.4 Etapa 4: Especificación y revisión de estándares en cada uno de los procesos**

Se hizo una revisión del decreto 1575 y la resolución 2115 de 2007 verificando los estándares de calidad del agua exigidos para la planta.

Con la búsqueda de información referente a la calidad de la fuente, dentro de la empresa se tomaron en cuenta algunas muestras que se realizaron al agua, en los que se encontró que es una fuente deficiente, mostrando que el agua tiene una mala calidad.

### **5.5 Etapa 5: Elaboración de las fichas de seguridad de los reactivos químicos y calibración de equipos**

Se elaboraron las fichas de seguridad, tomando como base documentos de literatura sobre seguridad de procesos para que el operario cuente con la información necesaria y conozca los procedimientos de seguridad recomendados, se llevó a cabo una capacitación al personal, con esta se permite orientar en el manejo y conozca los procedimientos de seguridad recomendados para la correcta manipulación.

### **5.6 Etapa 6: Elaboración del manual de operación**

En esta actividad se elaboró el documento final donde está contemplado cada una de las actividades anteriores que le permitirá al operario acudir al documento para su capacitación e instrucción en aspectos de operación de la planta, permitiéndoles despejar incertidumbres que se puedan presentar.

## 6. RESULTADOS

El presente manual proporciona una guía de procedimientos que se recomiendan para el manejo apropiado de las unidades de tratamiento, empezando en primer lugar con un resumen de las características de la planta e ilustrando por medio de un *Layout* su distribución, en las siguientes secciones se trabajan los objetivos específicos, iniciando con la descripción de la infraestructura y las etapas de potabilización, especificando la operación y el mantenimiento para el adecuado funcionamiento y además se exponen los parámetros físicos, químicos y microbiológicos según la normatividad vigente, finalmente se indican las fichas de seguridad de los insumos químicos utilizados para los procesos de coagulación y desinfección.

### 6.1 Características de la planta (*Layout*)

En la figura 6 se muestra un esquema de la infraestructura de la planta convencional, dando una idea de cómo es su distribución y cuáles son las estructuras que la conforman. El proceso de potabilización comprende varias etapas, empezando por la captación, aducción, pretratamiento, tratamiento y posteriormente la distribución de agua potable.

El proceso se inicia con la captación, donde a través de una estructura conocida como captación de toma en dique, la cual se extiende de lado a lado de la quebrada cuya área de captación se ubica sobre la cresta del vertedero central, que esta provista de una rejilla para el paso del agua, en la rejilla se da la remoción del material flotante más grueso, seguido de la captación el agua se dirige a la aducción, que es un componente del sistema para el transporte de agua cruda hasta el desarenador, en el cual se realiza la remoción de material suspendido, especialmente arena. La remoción del material flotante y la remoción del material suspendido se realizan para evitar daños en las posteriores estructuras o equipos a esto se le conoce como pretratamiento.

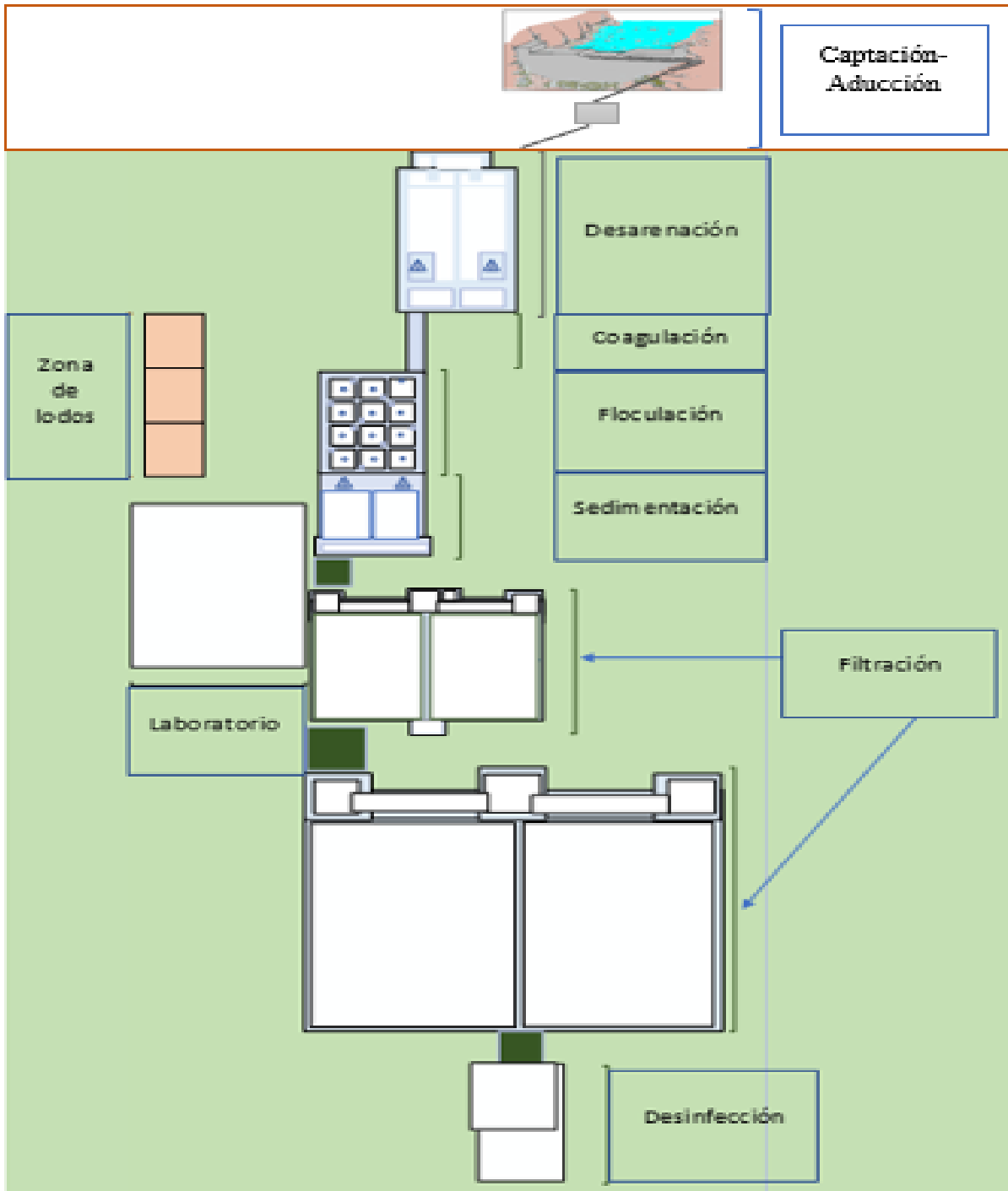
A continuación, sigue el proceso de coagulación-mezcla rápida que se realiza por medio de la adición de una sustancia química conocida como coagulante, cuya función es la desestabilización de las partículas que suelen rodear o están presentes en el agua, a través de una prueba de jarras, se toman diferentes muestras de agua, y mediante la aplicación de coagulantes en diferentes proporciones se escogerá aquel que arroje mejores resultados en cuanto a remoción y también la parte económica (bajo costo), en algunos coagulantes es necesario ajustar el pH. En la planta de tratamiento se lleva a cabo en una unidad conocida como mezcla rápida.

Posteriormente sigue la floculación donde se reúnen las partículas desestabilizadas para formar aglomeraciones de mayor peso y tamaño (flóculos) para promover el crecimiento de los flóculos se hace pasar el agua a través de unas cámaras que posee el floculador tipo

Alabama, en donde se da la floculación ortocinética la cual se basa las colisiones de las partículas ocasionadas por el movimiento del agua.

En el proceso de sedimentación por efecto de la gravedad las partículas que por su peso se dirigen al fondo, el sedimentador es laminar esta provisto de vertederos en donde se capta la capa superior del agua, pasando a la zona de filtración donde a través del filtro rápido, se retienen las partículas que no se sedimentaron y obteniendo agua filtrada en la parte superficial, que es conducida al filtro lento donde en este la filtración tiene un flujo descendente es decir el agua filtrada es recogida en el fondo por una tubería perforada.

Posteriormente va al proceso de desinfección, donde se aplica una solución de cloro granulado, para anular los microorganismos que están aún presentes en el agua, por último, se dirige a un tanque de distribución, donde es almacenada y distribuida a los usuarios.




**Figura 6.** *Layout PTAP Topacio*

## 6.2 Descripción de la infraestructura y las etapas del proceso de la planta de potabilización

En esta sección es importante resaltar que la planta convencional ha tenido una serie de modificaciones como consecuencia de las mejoras en la infraestructura para la optimización de los procesos de la planta. En la tabla 1 se muestra cuáles eran sus estructuras previo a la intervención del consorcio de agua 2018.

**Tabla 1.** Estructuras de la Planta Convencional Antes de la Intervención de Optimización

Etapa	Ilustración
<p><b>Captación:</b></p> <p>La captación esta provista de una estructura que va de lado a lado de la quebrada, posee una rejilla de 0.70 m de largo, y 0.50 m de ancho provista con varillas de diámetro de 1.59 cm separadas cada 5 cm. (DAG INGENIERIA, 2014) construida en 1960 para un caudal de 35 l/s (Unidad de Servicios Públicos de Bochalema, 2013)</p> <p>La Aducción se realiza por medio de una tubería de PVC de 10 pulgadas de diámetro una longitud de 76 metros desde la captación hasta una cámara de quiebre de la cual salen dos tuberías de 6 pulgadas en PVC y HF (hierro fundido) con una longitud de 36 m hasta el desarenador La tubería se encontraba en algunos tramos dañada, se encuentra descubierta a lo largo de su trayecto (DAG INGENIERIA, 2014).</p>	

**Desarenador:**

El desarenador es de tipo convencional, La zona de desarenación cuenta con dos tanques en paralelo de dimensiones 4,50 m de largo, 1,50 m de ancho y profundidad variable de 2 m en los extremos y 2.5 m en el centro. por otro lado presentaba filtraciones internas perdida de agua captada (DAG INGENIERIA, 2014). Presentaba humedales y fugas, estaba en riesgo de estabilidad (Unidad de Servicios Públicos de Bochalema, 2013)



**Planta de tratamiento:**

Tiene los procesos de mezcla rápida-floculación, sedimentación, filtración y cloración. Necesita trabajos de reforzamiento estructural y mantenimiento estructural (DAG INGENIERIA, 2014).



**Mezcla rápida-Floculador:**

Químicos: se dosifica sulfato de aluminio tipo A por goteo que se realiza gravedad mediante un tanque dosificador de PVC (DAG INGENIERIA, 2014).



**Floculador tipo Alabama:**

compuesto por 9 cámaras de 1 m de ancho por 1 m de largo y 1.9 m de profundidad, presentaba filtraciones internas (DAG INGENIERIA, 2014).



**Sedimentador**

la recolección de las aguas sedimentadas se realiza en cada unidad por medio de canaletas dientes de sierra, presentaba problemas de filtración (Unidad de Servicios Públicos de Bochalema, 2016)



**Filtración rápida**

Se presentaban problemas con el lecho filtrante capas estaban mezcladas las granulometrías Capa de 1 m de espesor (DAG INGENIERIA, 2014)



**Tanque de almacenamiento** Es de tipo enterrado Construido en concreto, tiene respiraderos, válvulas de entrada salida y de purga. Las dimensiones son 8,80 m de largo, 8,70 m ancho y 3,40 m de profundidad. (260 m<sup>3</sup>). Evaluación de la capacidad (volumen total de almacenamiento útil de 230m<sup>3</sup> (DAG INGENIERIA, 2014).



El tanque 2 está localizado junto a la PTAP compacta en el predio de la escuela José Rozo Contreras, el tanque de almacenamiento es de tipo enterrado en concreto que tiene unas dimensiones de 12 m de largo, 12 m de ancho y 2 m de profundidad para una capacidad de 288 m<sup>3</sup>, ubicado en la parte alta del casco.

El tanque de almacenamiento presenta fisuras y grietas, además en el interior de la estructura se encuentran algas (Unidad de Servicios Públicos de Bochalema, 2016).

**Tratamiento de lodos y desagües:**

La Planta de Tratamiento no cuenta con tratamiento de los lodos, las aguas sobrantes del mantenimiento y limpieza son vertidas directamente a la Quebrada (DAG INGENIERIA, 2014).

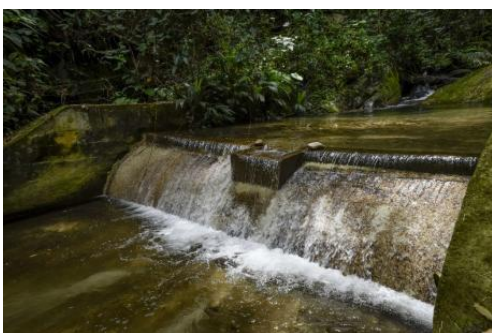
Entiéndase por procesos de potabilización al conjunto de operaciones que se realizan sobre el agua cruda para modificar sus características físicas, químicas y microbiológicas, con el objetivo de hacerla apta para el consumo humano (Ministerio de la protección social ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial, 2007).

**6.2.1 Etapa de captación**

Las obras de captación son estructuras hidráulicas, encargadas de captar un determinado caudal, según la fuente de abastecimiento se construye una estructura específica conforme a unos criterios de diseño (Corcho & Duque, 2005). En general, en los casos de agua superficial se habla de bocatomas.



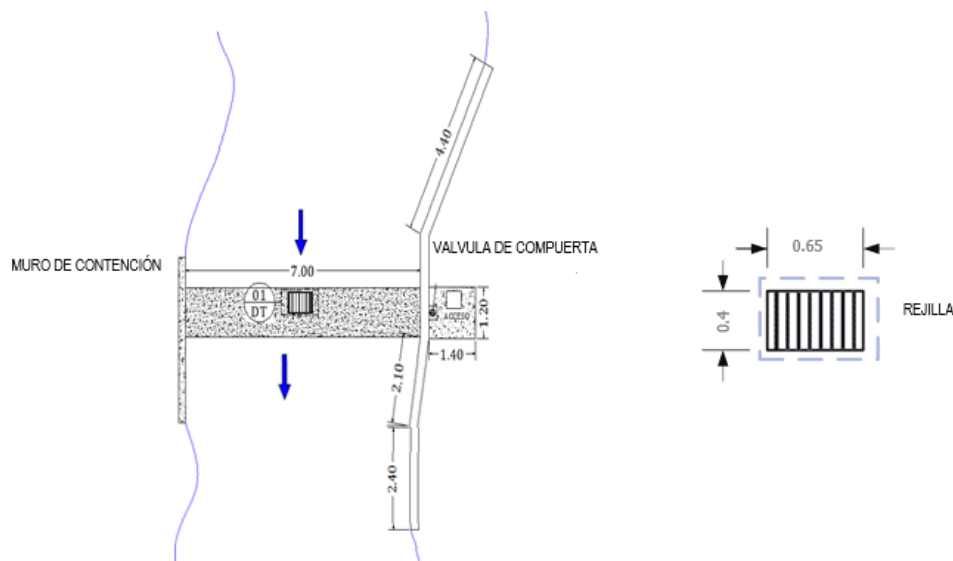
El agua que abastece el casco urbano del municipio de Bochalema es captada de una fuente superficial (Quebrada Aguablanca), ubicada en la vereda Agua Blanca a 586 metros del casco urbano. El sitio de captación se encuentra en las coordenadas geográficas X: 1.333.130 de latitud y Y: 1.156.940 de longitud, sobre la cota 1146 m s. n. m. En la figura 7 se muestra una fotografía de la estructura de captación de la Quebrada.



**Figura 7.** Estructura de Captación Quebrada Aguablanca Planta el Topacio

Fuente: (Sarmiento, 2020).

La estructura de captación se realiza mediante un muro de contención en concreto, ubicado transversalmente con una longitud de 7 metros, el área de captación se ubica sobre la cresta del vertedero central, compuesta por una rejilla de fondo conformada por un marco de hierro rectangular de 0,40 m de largo y 0,65 m de ancho, con 8 tubos de hierro de 1 pulgada de diámetro, que tienen una separación entre sí de 0,05 m. para efectos de mejor comprensión se presenta en la figura 8, el esquema con las principales dimensiones descritas aquí.



**Figura 8.** Esquema de Captación-Bocatoma de Fondo

Fuente: adaptación (DAG Ingenieria, 2014)

### **6.2.2 Etapa de aducción**

Es el transporte de agua por gravedad o por bombeo desde los sitios de captación hasta las plantas de tratamiento, prestando el servicio de suministro de agua cruda a lo largo de su extensión (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014).

La aducción se realiza por medio de una tubería de PVC de 10 pulgadas de diámetro la cual funciona por gravedad, presenta una longitud de 76 metros desde la **captación hasta una cámara de quiebre** de la cual salen dos tuberías de 6 pulgadas en PVC con una longitud de 40 metros hasta el desarenador. **Cámara de Quiebre**, esta se encuentra a unos 40 metros de distancia del desarenador, su estructura consta de un reforzamiento de concreto de 20 cm de espesor, con unas dimensiones de 1,40 metros de ancho, 1,90 metros de largo y 1,70 metros de alto. La importancia que tiene esta estructura es disminuir la presión con la que es transportada el agua cruda desde la captación hasta el desarenador, debido a que esta es conducida por gravedad y por ende se da un aumento en la presión de llegada al desarenador dado a la diferencia de altura (Saldarriaga & Alvarez, 2010). lo que se está diciendo entonces es que aumenta la presión porque el desarenador se encuentra a menor altura.

### **6.2.3 Etapa de pretratamiento**

Cuando el agua viene de ríos o quebradas, es normal que arrastre arena o materia en suspensión. Para eliminarla, es necesario construir entre la captación y el tanque de distribución una serie de infraestructuras que lleven a cabo unos procesos que transforman el agua cruda como materia prima, en agua potable como producto final, entre estas se encuentra el desarenador, cuya función consiste en la retención de materiales en suspensión principalmente arena, para evitar daños en las válvulas (Mesa & Sanabria, 2018), adicionalmente facilitan que mediante la retención de los sólidos gruesos suspendidos se inicie el proceso de clarificación del líquido.

#### **6.2.3.1 Desarenador.**

Un desarenador puede tener diferentes zonas tal como se muestra en la tabla 2 Al ingresar a la planta el Topacio la primera estructura que se encuentra es un desarenador constituido por las zonas que se muestran en la tabla 2, la zona de lodos, se encuentra diseñado bajo un sistema de embudo en el fondo del desarenador, el cual se activa por medio de succión de los precipitados que se encuentran depositados y que son extraídos por válvulas que dirigen el material al cauce de la quebrada cada uno de los módulos del desarenador cuenta con un vertedero, los cuales están protegidos por una cubierta en concreto, la salida de los vertederos se unen con la tubería de la extracción de lodos y sedimentos.

**Tabla 2.** Zonas del Desarenador, Verificación y Observaciones

<b>Zonas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Cámara de aquietamiento</b>	Es la cámara donde se disipa la energía del agua que llega con alguna velocidad de la captación. El paso del agua a la zona siguiente se puede hacer por medio de un canal de repartición con orificios sumergidos. Lateralmente se encuentra un vertedero de exceso que lleva el caudal sobrante de nuevo al río mediante una tubería que se une con la zona de lavado		X	Reducción de velocidad
<b>Entrada al desarenador</b>	Constituida entre la cámara de aquietamiento y una cortina la cual obliga a las líneas de flujo a descender con rapidez, de manera que se sedimente el material más grueso inicialmente.		X	Consta de 25 entradas de 2” de diámetro.
<b>Zona de sedimentación</b>	Lugar donde se sedimentan todas las partículas restantes y en donde se cumplen con rigor las leyes de sedimentación.		X	La estructura cuenta con una profundidad de 2.78 m, se recomienda por ende no sobrepasar los 30 cm de sedimentación según la RAS (volumen total desarenador)
<b>Salida del desarenador</b>	Constituida por una pantalla sumergida, el vertedero de salida y el canal de recolección. El fondo tiene pendientes longitudinales y transversales hacia la tubería de lavado		X	2 vertederos de salida y canal de recolección
<b>Almacenamiento de lodos</b>	Comprende el volumen entre la cota de profundidad útil en la zona de sedimentación y el fondo del tanque		X	El agua sobrante de mantenimiento y limpieza son vertidas directamente a la quebrada Aguablanca.

Fuente: Adaptado de (Corcho & Duque, 2005)

La figura 9 muestra la tubería proveniente de la caja de quiebre, donde se observa su ingreso al desarenador.



**Figura 9.** *Canal de Ingreso al Desarenador*

Pocos metros después de la bocatoma (116 m) se encuentra el desarenador figura 10, conformado por dos módulos en concreto de tipo paralelo, cuenta con dos compuertas, dos válvulas de desagüe y un paso directo (bypass). El agua de lavado del desarenador se evacua mediante un canal abierto, cuyo receptor es la quebrada.



**Figura 10.** *Estructura del Desarenador*

#### **6.2.4 Etapa de tratamiento**

En una planta de tratamiento de agua potable es fundamental conocer el caudal de agua que se va a tratar, y existen diversas formas de medir dicho caudal, una de estas, es por medio de

una estructura hidráulica conocida como canaleta Parshall. Cuya medición contemplada en la norma técnica colombiana NTC 3933, método estándar de medición de flujo en canal abierto con canaletas Parshall (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, Título C, Sistema de Potabilización, 2000).

#### **6.2.4.1 Coagulación.**

Los objetivos que se esperan durante las etapas de clarificación son: la eliminación de los sólidos en suspensión, la eliminación de los microorganismos patógenos y la corrección de las características fisicoquímicas que hacen el agua no apta para consumo, para que los coloides puedan retirarse del agua, deben efectuarse dos acciones que es la desestabilización de los coloides mediante la adición de coagulante y la agregación de los coloides a través de la floculación (Lozano & Lozano, 2015).

Las canaletas Parshall constan de un cambio rápido en la pendiente y encogimiento o constricción en la garganta que producen un resalto hidráulico, este resalto ayuda a que se produzca turbulencia, lo que es necesario para la aplicación de coagulantes en el proceso de mezcla rápida (Garzón & Piraquive, 2017).

La canaleta Parshall esta provista de tres secciones, la primera es una zona convergente donde ingresa el agua proveniente del desarenador a través de una tubería de PVC de 6 pulgadas, la segunda consta de una compuerta que facilita la mezcla del sulfato de aluminio como coagulante gracias al efecto de cambio de pendiente se produce turbulencia y finalmente se tiene la sección divergente donde se da la disminución de velocidad para posteriormente pasar al proceso de floculación. En la figura 11 se muestra la canaleta Parshall donde se observa 2 resaltos hidráulicos, el primero de 30 cm y el siguiente de 50 cm.



**Figura 11.** Tubería de Ingreso y Canaleta Parshall

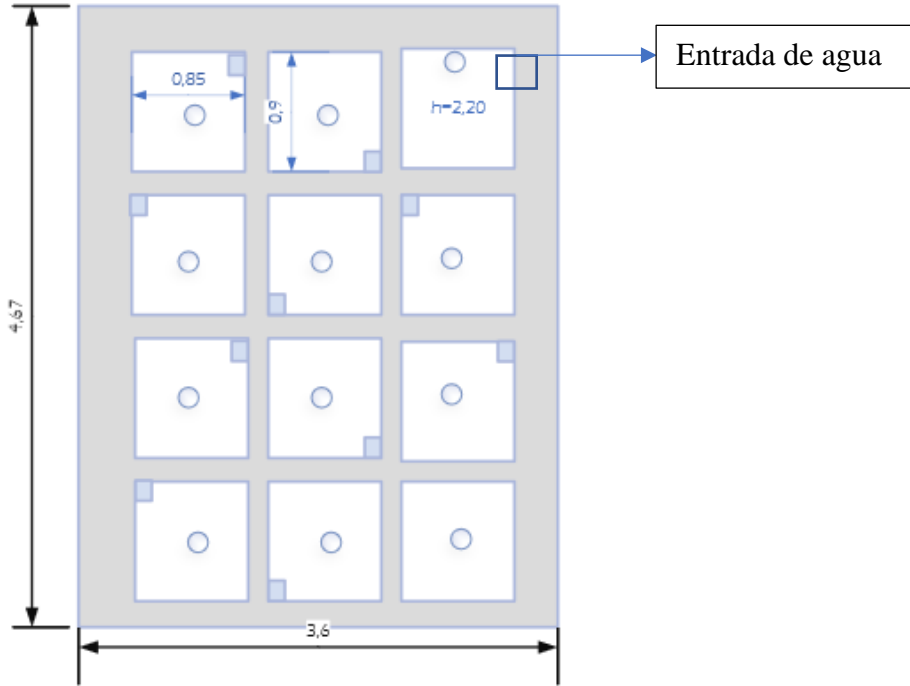
#### 6.2.4.2 Floculación.

La floculación o mezcla lenta es un proceso de agitación suave cuyo objetivo principal es reunir las partículas coaguladas de mayor peso y tamaño llamados flóculos o *flocs*, lo que permite que sean removidos más fácilmente en el proceso de sedimentación (Lozano & Lozano, 2015).

Este proceso se realiza mediante un floculador tipo Alabama, El floculador está construido en concreto, es de tipo hidráulico de flujo vertical, diseñado con doce cámaras cada una con su respectiva pantalla o codo, se ubican en forma alternada, cumpliendo las características de un floculador tipo Alabama. Cada cámara tiene un tapón que permite la extracción de lodos, en la figura 12 se realizó una representación, de acuerdo con lo evidenciado en la inspección a la estructura.

En los floculadores Alabama debe ubicarse un codo en cada cámara para impulsar el fluido hacia arriba. Los codos deben colocarse de forma alternada, en una cámara a la derecha y en la que sigue a la izquierda (RAS, TITULO C, Sistema de Potabilización, 2000). En el fondo cada cámara posee un desagüe, que están conectadas o enlazado con cada cámara para

permitir la eliminación de los lodos, gracias al accionamiento de una válvula que permite la extracción de los sedimentos provenientes de las doce cámaras del floculador.



**Figura 12.** Esquema Floculador Tipo Alabama



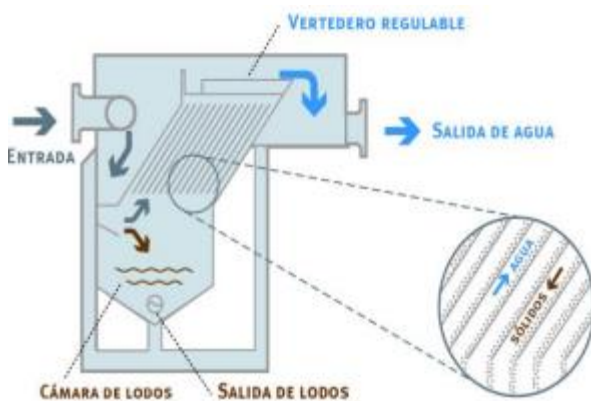
**Figura 13.** Canaleta Parshall y Floculador Tipo Alabama

#### 6.2.4.3 Sedimentación.

Consiste en el asentamiento de los flóculos formados en el proceso anterior y por acción de la gravedad se precipitan en el fondo en forma de lodos, obteniéndose como resultado un agua más clarificada en la superficie. El agua sedimentada se puede recolectar mediante un

sistema de vertederos de rebose y tubos perforados que están conectados (RAS, TITULO C, Sistema de Potabilización, 2000).

El sedimentador laminar se divide en varias zonas o partes tal como se muestra en la figura 14, una zona de entrada de agua, una zona de sedimentación conformada por placas instaladas con un ángulo de inclinación de 60° pero también pueden ser valores de hasta 45° (en el caso de tratarse de sedimentación de arenas o partículas más pesadas), con objeto de asegurar una continua y eficiente remoción de lodos. Una zona de extracción de lodos y una zona de salida o vertedero en los cuales se capta el agua superior del agua que contiene menos turbiedad o que está más clarificada (Martinez & Estrada, 2011).



**Figura 14.** Partes que Conforman un Sedimentador Laminar

Fuente:(Martínez & Estrada, 2011)

Después del proceso de floculación se lleva a un sedimentador laminar que cuenta con dos secciones paralelas denominadas naves construidas en concreto, las cuales están provistas de una fila de módulos formados por paneles de sedimentación instaladas con un ángulo de 45° elaboradas en polipropileno en forma de “paralelogramo” o tipo colmena. Cada módulo tiene en su parte inferior tolvas de recolección de lodos. El flujo de agua clarificada en cada nave es ascendente y es transportado por un sistema de tuberías de PVC con perforaciones en la parte superior, posteriormente se dirige a una cámara, en la cual se encuentran vertiendo los cuatro tubos perforados ver figura 15, de allí se conduce a la siguiente etapa de filtrado rápido por medio de una tubería de PVC de 6 pulgadas.





*Figura 15. Sedimentador Laminar*

#### **6.2.4.4 Filtración.**

La filtración es una de las operaciones que se realizan en toda planta de tratamiento, y consiste en retener las partículas suspendidas y coloidales, que no se sedimentaron, haciéndolas pasar a través de un medio poroso (Ministerio de desarrollo económico y SENA, 1999), los filtros son componentes que contienen un medio poroso por donde atraviesa el agua sedimentada, la dirección del flujo puede ser ascendente o descendente.

El filtro rápido tiene como objetivo retener los sólidos suspendidos a través de varias capas de material pétreo de diferentes granulometrías, las cuales disminuyen en dirección al flujo. En este tipo de sistemas el agua es forzada a fluir de manera ascendente a través de las diferentes capas de material filtrante (BIBLIOTECA LIBROS).

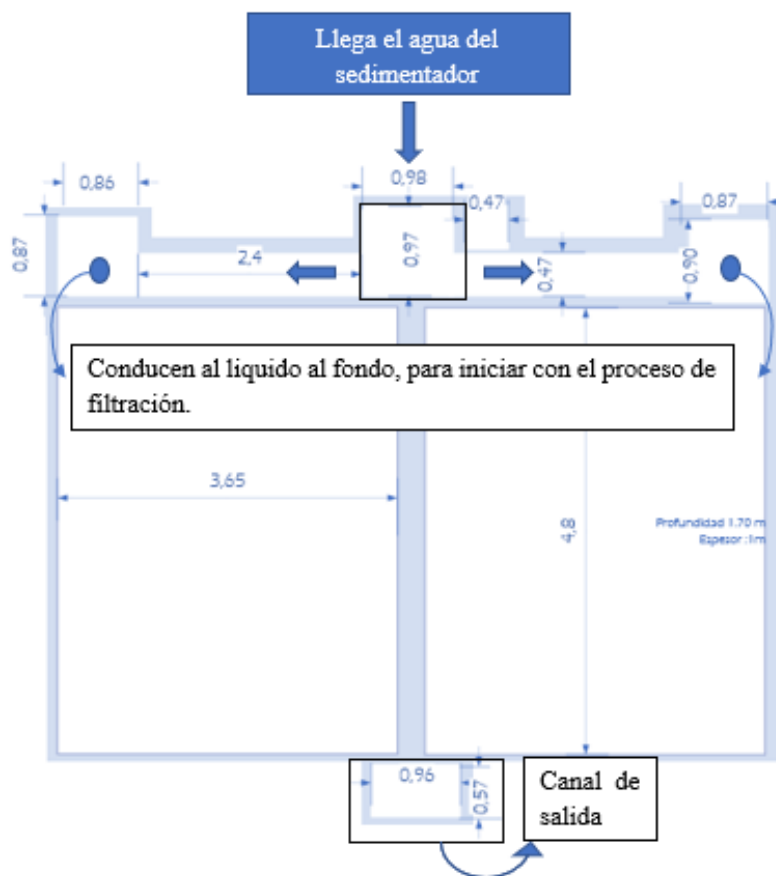
El agua proveniente del sedimentador laminar es conducida mediante una tubería de 6 pulgadas a una caja de distribución que se encuentra centrada, la cual direcciona mediante dos tramos de canales horizontales hacia cada uno de los extremos de esta, alimentando una estructura rectangular que se encuentra provista en el fondo de una tubería de 6 pulgadas que conduce el líquido hasta el fondo de los filtros en donde se inicia el proceso de filtración ascendente. Al final de la estructura se encuentra un canal de salida del agua donde se capta el agua de las dos unidades de filtración y una entrada adicional del bypass proveniente del floculador activada mediante una válvula, ver figura 16 y 17.

De la estructura del filtro rápido salen dos tubos de ocho (8) pulgadas, que se dirigen a la estructura de retrolavado, un tubo que corresponde a la unidad derecha y el otro tubo de la unidad izquierda del filtro. En la estructura de retrolavado se encuentran 2 llaves de bola para controlar el flujo de evacuación del retrolavado, hay dos orificios para el desagüe de cada unidad de filtración, se cierra la válvula de ingreso al filtro y mediante la apertura de las

válvulas de bola, se da el retrolavado, mediante la evacuación de la película de agua filtrada que se ha depositado en la parte superficial del filtro, en sentido contrario (descendente) al de su funcionamiento habitual, evacuando los sedimentos retenidos por el lecho filtrante, dándose de esta manera el mantenimiento en la estructura de filtración rápida.

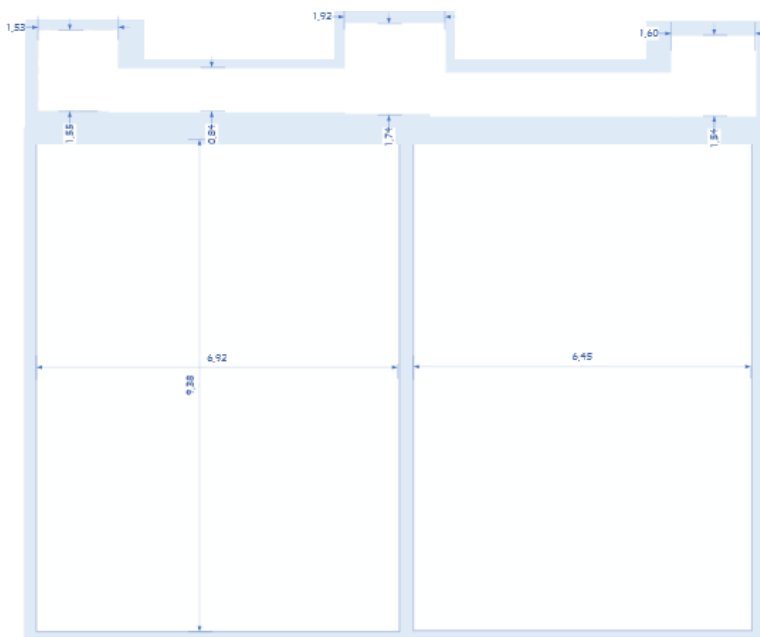


**Figura 16.** Filtro Rápido de Flujo Ascendente



**Figura 17.** Filtro Rápido con Dimensiones

Seguido de la estructura de filtración rápida, se encuentra el filtro lento, que está comprendido por 2 unidades con un lecho filtrante de arena sílice o (silica), la estructura de filtración lenta es más grande que el filtro anterior, además de que como su nombre lo indica la velocidad de filtración es más baja, en la figura 18 se muestra una representación general del filtro lento y sus dimensiones.



**Figura 18.** Estructura Filtro Lento y Dimensiones

#### 6.2.4.5 Desinfección.

La desinfección se realiza en una unidad ubicada después del filtro lento, y es el último proceso de la etapa de tratamiento del agua, cuyo objetivo es garantizar la calidad del agua desde un punto de vista microbiológico y asegurar que no cause daño para la salud de los consumidores (Chulluncuy, 2011), es una de las labores más importantes en una planta de tratamiento.

La desinfección consiste en la aplicación directa al agua de sustancias químicas o se usa un agente físico para destruir los microorganismos patógenos, que pueden transmitir enfermedades en el organismo del ser humano. En este caso en particular se aplica hipoclorito de calcio granulado, por medio de un tanque de PVC se realiza la respectiva solución de hipoclorito dependiendo de la dosis predeterminada para una correcta desinfección, en la figura 19 se muestra la estructura donde se realiza el proceso de desinfección.



*Figura 19. Unidad de Desinfección*

### 6.2.5 Etapa de Distribución

El tanque de almacenamiento o distribución ayuda a asegurar el abastecimiento de agua, al permitir almacenarla para utilizarla en las horas y épocas de mayor demanda.

Debido a la necesidad en las partes altas del casco urbano, de contar con un buen suministro de agua se ha requerido la implementación de dos tanques de almacenamiento de capacidad 250 m<sup>3</sup> y 100 m<sup>3</sup>, este último construido actualmente como se observa en la figura 20.



*Figura 20. Tanque de Almacenamiento Nuevo*

## 6.3 Funcionamiento, operación y mantenimiento del sistema de potabilización

### 6.3.1 Captación

#### 6.3.1.1 Funcionamiento.

En el proceso de captación se logra recibir una gran cantidad de líquido, los sólidos de mayor tamaño que se encuentran en el agua tales como hojas, ramas, troncos, piedras, plásticos

quedan retenidos gracias a una rejilla. En esta primera etapa es de suma importancia la limpieza de la rejilla puesto que estos materiales dificultan el paso del agua.

### **6.3.1.2 Operación.**

- Revisar variaciones de caudal y cambio en las propiedades fisicoquímicas del agua. La revisión del flujo es importante dado que para el buen funcionamiento de la planta se debe conocer el caudal que se tratara, puesto que, si el agua que entra a la planta sobrepasa su capacidad, conllevara a que no salga bien tratada, además la verificación de la fuente es de suma importancia, dado que el agua es un líquido cuyas propiedades cambian (épocas de invierno, verano, y que en su trayecto puede traer elementos que estén causando contaminación).
- De acuerdo con la capacidad de la PTAP abrir o cerrar la válvula o compuerta para regular el ingreso de agua al sistema.
- Verificar el funcionamiento de las válvulas en cada operación y lubricarlas periódicamente cada tres meses.
- Interrumpir el servicio cuando el agua esté muy turbia o tenga mucho lodo, principalmente cuando se presentan fuertes precipitaciones, en el cual se ven afectados los niveles de turbiedad.
- Programar actividades de limpieza o mantenimiento de los alrededores cada tres meses.

### **6.3.1.3 Mantenimiento.**

- Limpiar las rejillas.
- Remover con una pala la arena sedimentada en el interior de la bocatoma.
- El mantenimiento recomendado es que no sea inferior a una semana.

## **ADUCCIÓN**

### ***Operación:***

- La línea de aducción debe ser examinada en todo su recorrido para la detección de fugas y verificación de su estado una vez por semana, este se considera como una actividad preventiva, adicionalmente se debe tener en cuenta las condiciones del terreno cercanas a las líneas de aducción.

### ***Mantenimiento correctivo:***

- Reparación por rotura de tuberías, este mantenimiento es eventual, puesto que se desconoce el momento en que se pueda presentar daños en la tubería.

### **6.3.2 Desarenador**

#### **6.3.2.1 Funcionamiento.**

- El agua proveniente de la aducción ingresa por la tubería PVC 6 de pulgadas.
- El fluido desciende debido al muro de aquietamiento y se sedimenta el material más grueso (arena-grava).
- En la zona de sedimentación las partículas más finas decantan hasta llegar a la zona de lodos.
- La zona de lodos retiene las partículas que fueron sedimentadas y pueden ser expulsadas al abrir la válvula de la tubería de lavado.
- La zona de salida del desarenador está constituida por un vertedero que se dirige a un canal abierto.
- El agua con menor cantidad de partículas gruesas sale hacia el siguiente proceso por medio de una tubería PVC 6 pulgadas.

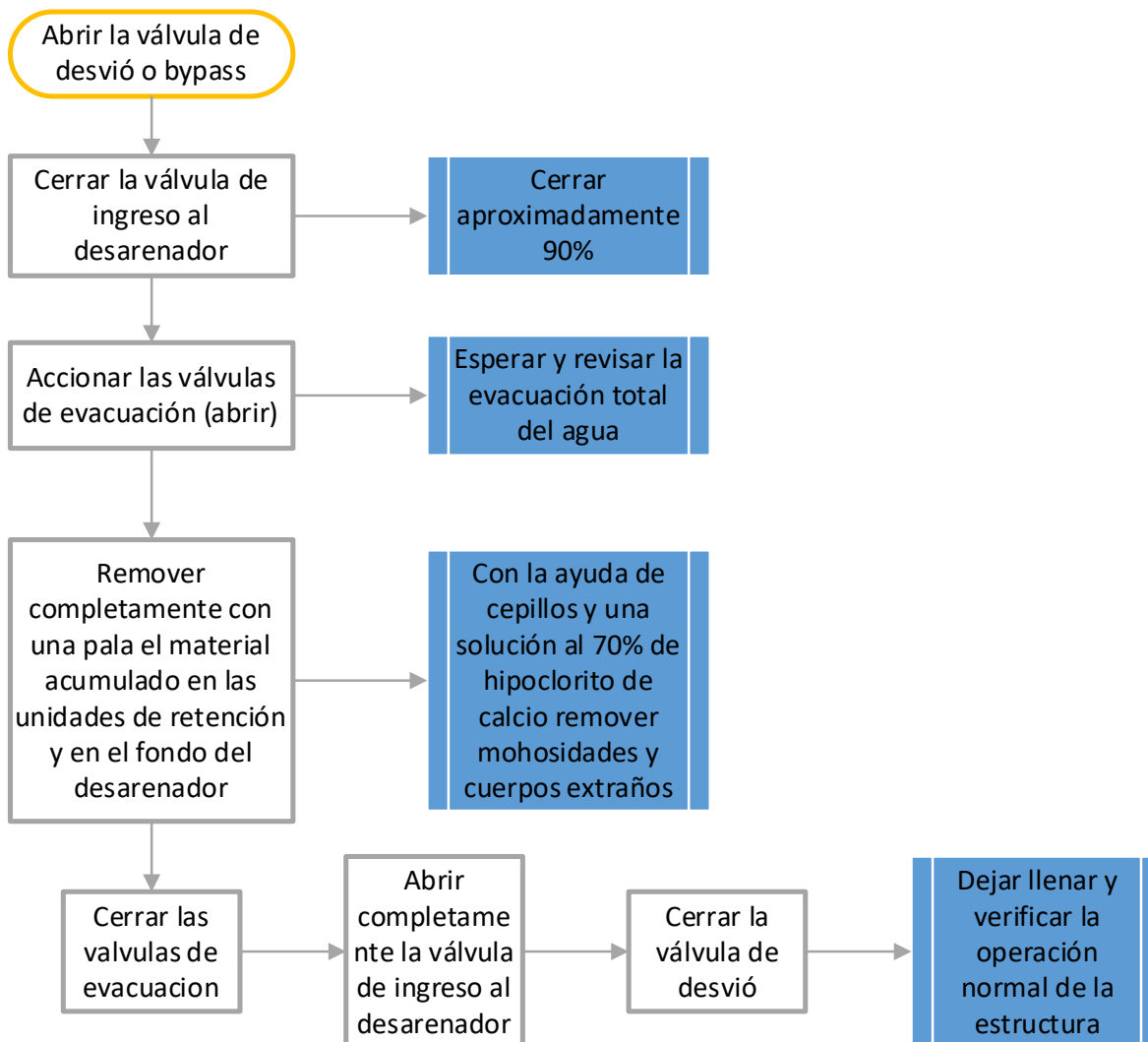
#### **6.3.2.2 Operación.**

En operación normal debe mantenerse cerradas las válvulas de bypass y de drenaje, y mantenerse abiertas las válvulas de entrada y salida al desarenador. Es importante decir que el desarenador está ubicado en una zona donde el ingreso de hojas es constante por tal motivo es necesario que el operador inspeccione y retire aquellos materiales que estén flotando en la superficie del agua, además se recomienda la instalación de un material protector (Polisombra) sobre la estructura a fin de mitigar el ingreso de objetos en el proceso.

- Inspección de la estructura y su funcionamiento se inspecciona el estado y funcionamiento de la estructura y accesorios de entrada y salida que no cuenten con roturas (indicio de grietas) o presenten alguna anomalía.

#### **6.3.2.3 Mantenimiento.**

Cerrar aproximadamente en un 90% la válvula de ingreso principal al desarenador, dejar un leve caudal de paso en la entrada para los posteriores enjuagues, seguir el esquema planteado en la figura 21 para realizar el mantenimiento al desarenador.



**Figura 21.** *Mantenimiento Desarenador*

### 6.3.3 Coagulación

#### 6.3.3.1 Funcionamiento.

El agua procedente del desarenador ingresa por medio de una tubería PVC de 6 pulgadas al canal de recepción de la canaleta Parshall. El agua continua el trayecto hasta llegar a la zona convergente de la canaleta Parshall, en esta:

- Se realiza la medición del caudal gracias a una compuerta con una regla graduada.
- La dosificación del sulfato de aluminio se realiza por medio de una manguera que transporta la solución desde un recipiente dosificador de 1000 litros.
- Se acciona la bomba eléctrica cuya función es suministrar la cantidad de dosis optima programada y ajustada de acuerdo con los requerimientos calculados en el ensayo de jarras.

- Se verifica la ubicación de la manguera evidenciando que este ubicada antes del resalto para aprovechar y asegurar que la mezcla sea homogénea.
- Finalmente sigue hacia la zona divergente de la canaleta donde se dirige al floculador.

#### ***6.3.3.1.1 Importancia del pH en el agua***

En un sistema de abastecimiento de agua el potencial de hidrogeno (pH) con el que ingresa el agua, es de suma importancia, la escala está comprendida de 0-14, llamando pH acido el rango comprendido de (0-7), un pH de 7 es considerado neutro y el rango que está de (7 -14) básico. El pH influye en el tratamiento como coagulación, desinfección y para el control de corrosión. (Ramon et al., 2003).

En los procesos de dosificación para la regulación del pH se emplea soda caustica en hojuelas, esta sustancia se aplica por medio de una bomba dosificadora, manguera de inyección. La bomba dosificadora funciona por medio de electricidad. Esta se encarga de succionar la solución de soda caustica desde un tanque con capacidad de 1000 litros y se encarga de eyectarla por medio de una manguera hacia la zona divergente de la canaleta Parshall, la dosificación se gradúa acorde al resultado del ensayo de jarras.

#### **6.3.3.2 Operación.**

- Comprobar que haya suficiente inventario de reserva, en el depósito de químicos. El cual cubra el tiempo de reaprovisionamiento de los químicos empleados en la potabilización este se puede ajustar o estimar de acuerdo con las variaciones meteorológicas presentadas cumpliendo con los estándares de calidad para operar en la PTAP.
- Verificar la disponibilidad de agua tratada para formar la solución del coagulante, teniendo en cuenta que el tanque cuenta con una capacidad para 1000 litros.
- Comprobar el estado de funcionamiento del equipo dosificador.
- Inspeccionar el equipo para la realización del ensayo de jarras, pH metro, turbidímetro.
- Ajustar el dosificador según el caudal de entrada y la dosis que se aplicara, de acuerdo con el ensayo de jarras.
- Verificar que el recipiente de la solución se encuentre en óptimas condiciones (no presente fugas). Abrir la válvula de agua hasta suministrar el caudal necesario al recipiente para formar la solución del coagulante con la dosis optima.
- Verificar que no se encuentren obstrucciones en la tubería que conduce la solución de coagulante hasta la mezcla rápida.
- Verificar que la dosis optima se aplicó en la canaleta Parshall en el punto de mayor turbulencia.
- Medición del caudal en esta actividad el operario encargado ya tiene establecido el punto del caudal requerido, este se deberá tener en cuenta de acuerdo con el periodo de demanda



durante la semana, puesto que los fines de semana por la actividad comercial tiende a un mayor requerimiento del suministro.

- Preparación y aplicación de coagulante (realizando el ensayo de jarras, verificando la dosis optima a aplicar de acuerdo con el cambio de la turbiedad presentada).
- Ajuste dosificación mediante bombas dosificadoras de soda cáustica y coagulante: Se ajusta la rata de dosificación mediante el tornillo regulador de la bomba. Acorde al ensayo de jarras.
- Actividades periódicas: Efectuar semanalmente la limpieza de los equipos del laboratorio.
- Actividades eventuales: calibrar los equipos periódicamente como intervalo mínimo una vez por mes.

### **6.3.3.3 Mantenimiento.**

Limpieza de la estructura se lleva a cabo mediante el uso de cepillos metálicos por medio del cual se lleva a cabo la remoción de mohocidades y demás materiales adheridos a las paredes de la estructura, además se deberá limpiar la compuerta.

#### **6.3.3.3.1 Mantenimiento bombas.**

Mantenimiento en las bombas dosificadora de soda cáustica y sulfato de aluminio tipo A, la frecuencia que se recomienda es cada 6 meses, y en caso de evidenciarse que estén presentando fallas por mínimas que parezcan, se deberá dar aviso, para programar el mantenimiento preventivo de estas en el menor tiempo para evitar daños mayores.

### **6.3.4 Floculador**

#### **6.3.4.1 Funcionamiento.**

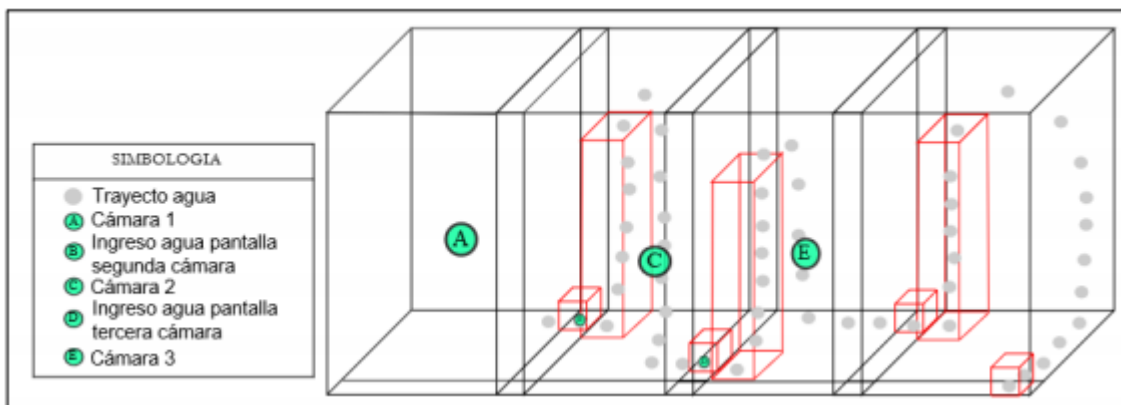
El agua ingresa a la primera cámara mediante conexión entre la canaleta Parshall y el floculador por medio de un orificio de 6 pulgadas para comenzar el proceso de mezcla lenta, ver figura 22.



**Figura 22.** Ingreso de Agua a la Primera Cámara del Floculador

Este proceso se lleva a cabo de manera vertical, como se ilustra en la figura 23, a continuación, se describe el funcionamiento del floculador tipo Alabama.

- El agua ingresa a la primera cámara (A) y desciende para introducirse por medio de una pantalla a la segunda cámara (B).
- Una vez el agua entra al codo de la segunda cámara (C) asciende a través de este para luego descender por el codo (D) y continua su recorrido a la tercera cámara (E) hasta completar el recorrido por las 12 cámaras. A medida que el agua sigue su trayectoria se van formando los *flocs*.



**Figura 23.** Trayecto del Agua en las 4 Primeras Cámaras del Floculador.

Fuente: Adaptación (Garzon & Piraquive, 2017)

#### **6.3.4.2 Operación.**

- Debe verificarse que la dosificación y la mezcla rápida estén operando satisfactoriamente.
- Es necesario constatar que el nivel del agua en las cámaras, no varíe más del 10% por arriba o por abajo del nivel de diseño (23 cm).
- Debe garantizarse que el tiempo de contacto en la unidad sea suficiente, para permitir que los flóculos alcancen el tamaño y peso adecuado, lo cual es función de la dosis, el gradiente de velocidad y el tiempo que se mantenga la agitación en concordancia en el ensayo de jarras.
- Debe observarse en la salida del floculador el tamaño del floculo y determinarse la turbiedad residual después de decantada y compararla con la obtenida bajo los mismos parámetros en el ensayo de jarras.
- Mantener el caudal de diseño constante, con el fin de garantizar un *floc* adecuado (tamaño) en el cual el efecto del sulfato de aluminio sea lo más óptimo posible, permitiendo un mejor proceso de clarificación al separar las partículas coloidales.
- Revisar la formación de *flocs* al final del floculador, en el cual se evidencia que la dosis aplicada es la correcta tomando una muestra para compararlo con el obtenido previamente en el ensayo de jarras.

#### **6.3.4.3 Mantenimiento.**

Lavar la unidad periódicamente, se debe programar cada tres (3) meses, debido a que afecta la operación de la PTAP (se requiere suspender el ingreso de agua) para el lavado de la unidad, cerrar la válvula de entrada y desaguar la unidad.

Retiro y disposición de lodos: Se aprovecha el momento de lavado del floculador y mediante la manipulación de los tapones de cada cámara se expulsan los lodos, aprovechando la presión del agua por la tubería de vaciado y lavado.

#### **6.3.5 Sedimentación**

##### **6.3.5.1 Funcionamiento.**

Es la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión en un fluido, y que tengan peso específico mayor que el fluido. La sedimentación se realiza en decantadores. En ellos se produce la decantación del flóculo, que precipitan al fondo del decantador formando lodos. Normalmente la retención de velocidad del agua que se produce en esta zona es de 40 minutos a una hora. Los decantadores o sedimentadores en su tramo final poseen vertederos en los cuales se capta la capa superior del agua que contiene menor turbiedad, por medio de estos vertederos el agua pasa a la zona de filtración.

### **6.3.5.2 Operación.**

El *floc* queda atrapado en los módulos o colmenas de sedimentación, en donde se deslizan por las paredes de los canales, este proceso permite que queden atrapados en el fondo permitiendo que el agua clarificada sea impulsada a la superficie y canalizada por medio de los tubos perforados, mientras que el *floc* se acumule en el fondo para luego ser eliminados en la limpieza del sedimentador que se realiza cuando se observa que está sucio por su actividad operativa.

- Una distribución adecuada del caudal total entre las unidades de sedimentación
- Verificar la no existencia de placas rotas o desplazadas que pudiera aumentar la velocidad del agua a través de la zona de sedimentación (figura 15).
- Una recolección uniforme del agua sedimentada, tanto entre los diferentes tubos o canales recolectores, como a lo largo de un mismo tubo o canal.

### **6.3.5.3 Mantenimiento.**

- Lavado de las unidades En esta actividad se expulsan los lodos retenidos por medio de una válvula de desagüe, igualmente se lava la estructura gracias a una manguera que expulsa agua a presión. Este lavado incluye la limpieza de las placas inclinadas. Se recomienda que este se lleve a cabo cada tres (3) meses en época de verano y cada mes en época de invierno.
- Para realizar el lavado de la unidad de sedimentación se debe programar con anterioridad y preferiblemente en época de verano. El lavado se inicia deteniendo el funcionamiento total PTAP, luego abriendo la válvula de entrada. Posteriormente cuando la unidad este completamente vacía, iniciar con la zona depósito de lodos y revisar canal de desagüe, empezando con el lavado usando agua a presión Lavar canaletas de recolección de agua sedimentada abrir las válvulas una vez terminado el lavado

## **6.3.6 Filtración**

### **6.3.6.1 Filtración Rápida**

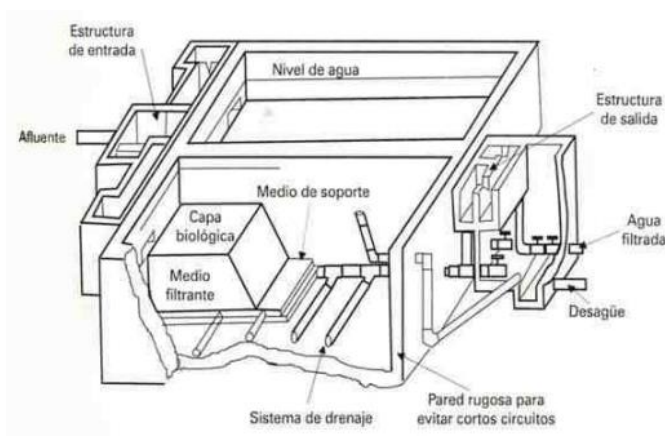
#### **6.3.6.1.1 Funcionamiento.**

Los filtros rápidos convencionales constan de una estructura donde se coloca un medio filtrante, en este caso grava, (diferente granulometría). En general, los materiales más gruesos se ubican a mayores profundidades y los materiales finos se usan en profundidades bajas. Como se mencionó en la descripción, el agua llega por las canaletas a las cámaras de entrada y se distribuye por la tubería perforada que hay en el fondo del filtro; de allí el agua sube a través de las capas de grava hasta la superficie, de donde es dirigida a la cámara de salida, para ser conducida al filtro lento.

## 6.3.6.2 Filtración Lenta

### 6.3.6.2.1 Funcionamiento.

Este proceso se realiza en dos unidades, por medio de filtros lentos en arena, en la figura 24 se observa cuáles son los componentes del filtro, el agua ingresa por medio de una tubería a la estructura central, en la cual se realiza la distribución del líquido en cada uno de los dos módulos de filtración, el agua ingresa por la superficie de la arena, donde se ha desarrollado una capa biológica (como mínimo 2 meses de entrar en operación el filtro), cuya función principal es la eliminación de microorganismos y la reducción de los niveles de turbiedad, desciende a través del lecho filtrante compuesto de arena sílice (1,7 m de espesor), al llegar al fondo es captada por un sistema de drenaje que consiste en tuberías perforadas de diez (10) pulgadas, donde direccionan el fluido al proceso de desinfección. Su mantenimiento específico del lecho filtrante se realiza por medio de raspado cada año.



**Figura 24.** Componentes de Filtro lento

Fuente : (Ministerio de desarrollo economico y SENA, 1999)

### 6.3.6.1.2 Operación

- Revisión de todos los elementos de operación del filtro
- Revisar cuidadosamente válvulas y compuertas, verificando el ingreso requerido de agua para la operación.
- Reponer la arena que se hubiere perdido en los lavados (filtro rápido).

### 6.3.6.1.3 Mantenimiento

- Diariamente realizar el retrolavado del filtro rápido (5-10 min)
- Cambio de lecho filtrante eventualmente, cuando se observe deficiencias en el proceso.

- Realizar la reparación de la infraestructura cuando se presenten fisuras en las paredes, aplicar pintura anticorrosiva y material impermeabilizante, en el momento en el que el operario mediante inspección detecte que se están presentando estos sucesos.

### **6.3.7 Cloración**

por medio de un tanque de PVC se realiza la respectiva solución de hipoclorito dependiendo de la dosis predeterminada para una correcta desinfección, del tanque sale una tubería que se dirige a la zona de cloración, donde se mezcla con el agua proveniente del filtro lento

### **6.3.8 Tanque de almacenamiento**

#### **6.3.8.1 Funcionamiento**

El tanque de almacenamiento sirve para compensar las variaciones de consumo en el día, mantener y equilibrar las presiones en la red, así como para almacenar cierta cantidad de agua que permita atender situaciones de emergencia o interrupciones provocadas por daños del acueducto.

#### **6.3.8.2 Operación**

- Medir el caudal distribuido.
- Aforar el caudal de ingreso al tanque.
- Controlar la calidad del agua almacenada.
- Vaciar y lavar el tanque cuando se detecten sedimentos

#### **6.3.8.3 Mantenimiento**

Lavado de los tanques Tres veces al año Los tanques son desocupados para realizar el procedimiento

## **6.4 Descripción de los estándares de calidad**

En la tabla 3 se muestra, una clasificación de fuentes de abastecimiento en función de unos parámetros de caracterización física, química y microbiológica y el grado de tratamiento mínimo que se recomienda.

La calidad del agua de la fuente debe caracterizarse de la manera más completa posible para poder identificar el tipo de tratamiento que necesita y los parámetros principales de interés en periodo seco y de lluvia. Las pruebas de tratabilidad o también denominada prueba o ensayo de jarras son obligatorias para cualquier nivel de complejidad, no solo para el proceso de diseño, sino también diariamente, durante la operación de la planta debido a que se presentan cambios en su calidad (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, Título C, Sistema de Potabilización, 2000) y pretenden simular 3 de los procesos que son centrales en el tratamiento de agua para el consumo humano que son la coagulación, floculación y sedimentación.

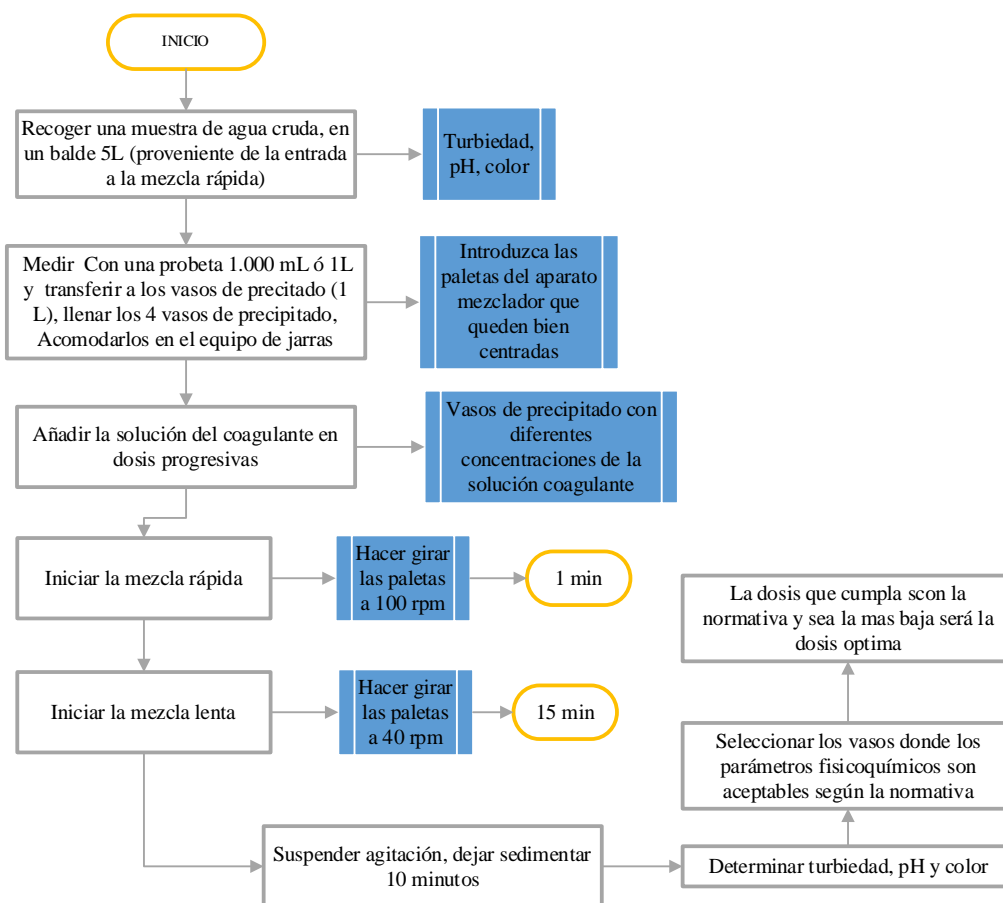
**Tabla 3. Calidad de la Fuente**

Parámetros	Nivel de calidad de acuerdo con el grado de contaminación			
	Fuente aceptable	Fuente regular	Fuente deficiente	Fuente muy deficiente
DBO 5 días				
<b>Promedio mensual mg/L</b>	≤1,5	1,5-2,5	2,5-4	>4
<b>Máximo diario mg/L</b>	1-3	3-4	4-6	>6
Coliformes totales (NMP/100mL)				
<b>Promedio mensual</b>	0-50	50-500	500-5000	>5000
Oxígeno disuelto mg/L	≥4	≥4	≥4	<4
<b>PH promedio</b>	6-8,5	5-9	3,8-10,5	
<b>Turbiedad (UNT)</b>	<2	2-40	40-150	≥150
<b>Color verdadero (UPC)</b>	<10	10-20	20-40	≥40
<b>Sabor y olor</b>	Aceptable	Aceptable	Rechazable	Inaceptable
<b>Cloruros (mg/L-Cl)</b>	<50	50-150	150-200	300
<b>Fluoruros (mg/L-F)</b>	<1,2	<1,2	<1,2	>1,7
<b>Procesos de tratamiento utilizados</b>	(1) =Desinfección +Estabilización	(2) =Filtración lenta o filtración directa+(1) FIME	(3) =Pretratamiento + [coagulación + floculación + sedimentación +filtración rápida] o FIME]+(1)	(4) = (3) +Tratamientos específicos

**Nota: FIME Filtración en múltiples etapas**

**Fuente:** (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, Título C, Sistema de Potabilización, 2000)

En la figura 25 se expone como llevar a cabo la obtención de la dosis optima de coagulante a aplicar de acuerdo a las condiciones, con las que ingresa el agua a la mezcla rápida.



**Figura 25.** Metodología para la Obtención de la Dosis Optima de Coagulante

Los coagulantes son sustancias que al disolverse en un medio acuoso se disocian sus componentes desde un punto de vista químico en un medio acuoso y forman iones cargados, los de carga positiva denominados (cationes) y los de carga negativa (aniones), se ha indagado que estos iones cargados positivamente son afines con una serie de iones de carga contraria (aniones) como cloruros, sulfuros, sulfitos, nitratos, nitritos (las partículas que forman la turbiedad y el color de las aguas naturales, poseen cargas eléctricas que normalmente son negativas), finalmente por sus diferencias en términos de carga se van a unir y formaran lo conocido como coagulo.

## ENSAYO DE LABORATORIO

Para conocer las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de la fuente es necesario realizar ensayos de laboratorio. Mediante estas pruebas se permite evaluar las condiciones del agua cruda y por ende realizar los ajustes y procedimientos necesarios con el objeto de proporcionar a los consumidores un agua potabilizada apta para el consumo humano.



Una prueba de Jarras simula los procesos de coagulación y floculación que fomentan la eliminación de los coloides en suspensión y materia orgánica que puede conducir a problemas de turbidez, olor y sabor, las cuales son consideradas como características físicas a tener en cuenta para la evaluación de la calidad del agua, es por ello que a continuación nos adentramos en las características que se tienen que evaluar dentro de la normativa legal vigente establecida en la resolución 2115 del 22 de junio de 2007, por la cual se introduce el concepto del índice de riesgo de la calidad del agua para el consumo humano (IRCA), por lo que se amerita brindar una profundización en cada una de las características presentes en la evaluación de la calidad del agua.

En el capítulo II de la resolución 2115 se muestran las características físicas las cuales se tienen en cuenta para la evaluación del IRCA para la PTAP el topacio, en la cual se verifica el cumplimiento de los parámetros establecidos, por lo cual se da a conocer mediante la tabla 4.

**Tabla 4.** *Características Físicas del Agua para Consumo Humano*

<b>Características físicas</b>	<b>Expresadas como</b>	<b>Valor máximo aceptable</b>
<b>Color Aparente</b>	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
<b>Olor y Sabor</b>	Aceptable ó no Aceptable	Aceptable
<b>Turbiedad</b>	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente: Resolución 2115 de 2007

Dentro de las características evaluadas encontramos también, las características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, y que se dan a conocer en la tabla 5, junto a su valor máximo aceptable.

**Tabla 5.** *Características Químicas que Tienen Reconocido Efecto Adverso en la Salud Humana*

<b>Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias</b>	<b>Expresados como</b>	<b>Valor máximo aceptable (mg/L)</b>
<b>Antimonio</b>	Sb	0,02
<b>Arsénico</b>	As	0,01
<b>Bario</b>	Ba	0,7
<b>Cadmio</b>	Cd	0,003

<b>Cianuro libre y disociable</b>	CN <sup>-</sup>	0,05
<b>Cobre</b>	Cu	1
<b>Cromo total</b>	Cr	0,05
<b>Mercurio</b>	Hg	0,001
<b>Níquel</b>	Ni	0,02
<b>Plomo</b>	Pb	0,01
<b>Selenio</b>	Se	0,01
<b>Trihalometanos Totales</b>	THMs	0,2
<b>Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)</b>	HAP	0,01

Fuente: resolución 2115 de 2007

Así mismo en las características químicas se tienen aquellas que, por sus efectos, es de gran importancia el tener en cuenta que un aumento en sus niveles requiere que se lleven a cabo toma de decisiones por parte del personal calificado (Ing. Químico) para hallar el tratamiento más adecuado y disminuir los niveles en los mismos.

**Tabla 6.** *Compuestos Químicos que Tienen Implicaciones Sobre la Salud Humana*

<b>Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana</b>	<b>Expresados como</b>	<b>valor máximo aceptable (mg/L)</b>
Carbono Orgánico Total	COT	5
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,1
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10
Fluoruros	F <sup>-</sup>	1,0

Fuente: resolución 2115 de 2007

**Tabla 7.** *Características Químicas que Tienen Mayores Consecuencias Económicas e Indirectas sobre la Salud Humana*

<b>Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico</b>	<b>Expresadas como</b>	<b>Valor máximo aceptable (mg/L)</b>
<b>Calcio</b>	Ca	60
<b>Alcalinidad Total</b>	CaCO <sub>3</sub>	200
<b>Cloruros</b>	Cl <sup>-</sup>	250
<b>Aluminio</b>	Al <sup>+3</sup>	0,2
<b>Dureza Total</b>	CaCO <sub>3</sub>	300

<b>Hierro Total</b>	Fe	0,3
<b>Magnesio</b>	Mg	36
<b>Manganeso</b>	Mn	0,1
<b>Molibdeno</b>	Mo	0,07
<b>Sulfatos</b>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	250
<b>Zinc</b>	Zn	3
<b>Fosfatos</b>	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	0,5

Fuente: resolución 2115 de 2007

Así mismo contamos dentro de las características a tener en cuenta, las de tipo microbiológico, las cuales se deben encontrar dentro de unos rangos aceptables, para no presentar riesgos en la salud humana.

**Tabla 8. Características Microbiológicas**

<b>Técnicas Utilizadas</b>	<b>Coliformes Totales</b>	<b>Escherichia Coli</b>
<b>Filtración por Membrana</b>	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>
<b>Enzima Sustrato</b>	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>
<b>Sulfato Definido</b>	0 microorganismos en 100 cm <sup>3</sup>	0 microorganismos en 100 cm <sup>3</sup>
<b>Presencia - Ausencia</b>	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>

Fuente: resolución 2115 de 2007

Por consiguiente, se puede ver reflejada la consideración de factores anteriormente descritos tanto en características físicas, químicas como en las microbiológicas, por medio del llamado Índice de Riesgo de la Calidad del Agua Para Consumo Humano-IRCA, presente en la resolución 2115 de 2007, en donde se aprecia las clasificaciones de algunos factores básicos a tener en cuenta, y en donde se evidencia de acuerdo con la ponderación dada sobre una sumatoria total máxima de 100 puntos, como se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9. Calificación IRCA**

<b>Características</b>	<b>Puntaje de riesgo</b>
<b>Color Aparente</b>	6
<b>Turbiedad</b>	15
<b>pH</b>	1,5
<b>Cloro Residual Libre</b>	15
<b>Alcalinidad Total</b>	1
<b>Calcio</b>	1
<b>Fosfatos</b>	1
<b>Manganeso</b>	1

<b>Molibdeno</b>	1
<b>Magnesio</b>	1
<b>Zinc</b>	1
<b>Dureza Total</b>	1
<b>Sulfatos</b>	1
<b>Hierro Total</b>	1,5
<b>Cloruros</b>	1
<b>Nitratos</b>	1
<b>Nitritos</b>	3
<b>Aluminio (Al<sup>+3</sup>)</b>	3
<b>Fluoruros</b>	1
<b>COT</b>	3
<b>Coliformes Totales</b>	15
<b>Escherichia Coli</b>	25
<b>Sumatoria de Puntajes Asignados</b>	100

Fuente: resolución 2115

La sumatoria del IRCA representa la viabilidad del consumo del agua en cuanto a la calidad, y en sí, se tienen en cuenta características físicas, químicas y microbiológicas expuestas en la resolución 2115 de 2007, y las cuales se puede detallar en la tabla 10, en donde se tiene que la ponderación (0) corresponde al nivel en el cual se cumple en todas las características evaluadas, mientras que al llegar a los 100 puntos se tiene como el riesgo más alto en la cual no se cumple con ninguno de los parámetros establecidos, reflejando el riesgo en el cual se encuentra expuesto el consumidor final y mediante la tabla 11 se puede evidenciar los cinco rangos en los cuales se encuentra dividido y clasificado el nivel de riesgo, especificando las entidades intervinientes, y las consecuencias o medidas a implementar en caso correspondiente.

**Tabla 10. Clasificación IRCA Según el Nivel de Riesgo**

<b>Clasificación IRCA (%)</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>	<b>IRCA por muestra (Notificaciones que adelantara la autoridad sanitaria de manera inmediata)</b>	<b>IRCA mensual (Acciones)</b>
<b>80,1-100</b>	Inviabile Sanitariamente	Informar a la persona prestadora, al COVE, alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.

<b>35,1-80</b>	Alto	Informar a la persona prestadora, COVE, alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
<b>14,1-35</b>	Medio	Informar a la persona prestadora, COVE, alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
<b>5,1-14</b>	Bajo	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
<b>0-5</b>	Sin Riesgo	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Fuente: resolución 2115

Dentro del funcionamiento de una planta de tratamiento de agua potable, la importancia del IRCA radica en que podemos apreciar la variación en cada una de las características evaluadas durante un periodo de tiempo, y por ende a partir de esta se pueden realizar los ajustes correspondientes en la etapa del proceso o etapas incidentes, es allí en donde se plantea el grado de riesgo y mediante su correcta interpretación se llegan a obtener los ajustes correspondientes para la aplicación de las medidas, tanto por fallas en la infraestructura, carencias en el proceso, falta de mantenimiento, factor humano, como otras posibles causas a evaluar, por lo que se amerita que tanto los operarios como todo el equipo de trabajo intervinientes en la potabilización del agua, logren identificar el funcionamiento, mantenimiento y operación en cada una de las estructuras anteriormente presentadas, esto a fin de no afectar la calidad del agua, dando reconocimiento a los estándares de calidad exigidos por la normativa nacional vigente y cumpliendo con la mayor responsabilidad posible frente a los consumidores por el alto impacto en la calidad de vida de los habitantes del casco urbano del municipio de Bochalema.

Por tanto, de acuerdo con las directrices dadas en la resolución 2115 del 2007, en donde nos muestra la frecuencia y el número de muestras que se deben aplicar para contar con un correcto seguimiento de las características y por ende el mantenimiento y mejoramiento de la calidad del agua cuando lo requiera.

La población en la zona urbana del municipio de Bochalema se encuentra en un nivel de complejidad medio, conforme a lo estipulado en el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico en

**Tabla 11.** Frecuencia de Toma de Muestras del Seguimiento a la Calidad del agua

<b>Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)</b>	<b>Características</b>	<b>frecuencia mínima</b>	<b>Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia</b>
<b>2501 a 10,000</b>	Turbiedad, color aparente, pH, cloro residual libre o residual del desinfectante usado	Mensual	1
	COT, Fluoruros y residual del coagulante utilizado.	Anual	1
	Aquellas características físicas, químicas de interés en salud pública exigidas por el mapa de riesgo.	De acuerdo con lo exigido en el mapa de riesgo	De acuerdo con lo exigido en el mapa de riesgo

Fuente: resolución 2115

## 6.5 Fichas de seguridad y Calibración de equipos

Teniendo en cuenta que en todo proceso en el cual se empleen sustancias químicas es de suma importancia, tener el conocimiento necesario para su manipulación y almacenamiento, dado que por falta de información se puede llegar a ocasionar accidentes o daños en la integridad física del operario.



Por consiguiente, se debe tener en cuenta que dichas sustancias deben almacenarse en un cuarto de reactivos, independiente de las demás actividades del laboratorio, bajo unas condiciones óptimas propias de los insumos empleados, por lo tanto, se recomienda ubicarlos sobre estantes y/o estibas por separado y clasificándolos de acuerdo con sus características como se muestra en las fichas de seguridad planteadas más adelante. Por lo tanto, se recomienda la organización de los elementos químicos teniendo en cuenta las siguientes indicaciones extraídas de orientaciones para elaborar el manual de normas de seguridad en los laboratorios de química y física de los establecimientos.

- Las sustancias oxidantes debe ser almacenadas separadas de las materias inflamables y/o combustibles y de ácidos minerales.
- Las sustancias corrosivas deben estar separadas de las sustancias inflamables.
- Llevar registro actualizado de productos almacenados. Se debe indicar la fecha de recepción o preparación.
- No realizar trasvases de líquidos inflamables en el interior de los almacenes, sino en la zona preparada y señalizada para tal tipo de trasvases del laboratorio.
- Los envases de mayor capacidad o peso y los que contienen sustancias más agresivas (como, por ejemplo, ácidos concentrados) deberán estar más cerca del piso.
- Los envases grandes deben quedar en la parte de atrás y los pequeños adelante.
- No almacenar las sustancias químicas, reactivos o soluciones directamente sobre el piso.
- Los reactivos y los desperdicios se deben almacenar en un recipiente de material apropiado –vidrio, plástico, metal-, compatible con la sustancia a almacenar.
- Realizar un inventario de los productos químicos para controlar el stock de reactivos y su envejecimiento.
- Verificar periódicamente que los recipientes no presentan señales de deterioro y que la etiqueta se encuentra en buen estado. No almacenar ningún reactivo que no posea etiqueta de seguridad.
- Debe mantenerse el orden y la limpieza dentro del cuarto de reactivos(Nacional, 2015).

### 6.5.1 Sulfato de Aluminio Tipo A

El uso del sulfato de aluminio tipo A, se utiliza en el proceso de coagulación en el cual se desestabilizan las partículas suspendidas en el agua, posteriormente debido a su efecto pocos segundos después de entrar en contacto se produce la floculación en donde se da el

aglutinamiento de las partículas en unas más grandes y de mayor peso, facilitando el proceso de clarificación, la aplicación se da mediante una solución previamente preparada de acuerdo al análisis realizado de la dosis optima en el test de jarras que se realiza periódicamente, ajustando la cantidad de reactivo aplicado en la canaleta Parshall.

Hoja de Seguridad <b>SULFATO DE ALUMINIO TIPO A SOLIDO</b>	
<b>PICTOGRAMA</b>  	<b>IDENTIFICACIÓN NFPA</b>    <b>Salud:</b> Azul 1 <b>Inflamabilidad:</b> Rojo 0 <b>Reactividad:</b> Amarillo 0 <b>Riesgo especial:</b> Blanco
<b>1. Identificación del producto y de la empresa</b>	
Producto : Fabricante/distribuidor : Dirección : País : Número de teléfono :	SULFATO DE ALUMINIO TIPO A SOLIDO Productos Químicos Panamericanos S.A plantas: Barranquilla carrera 67 (carretera a Eternit) N° Vía 40-437 zona industrial la loma No.3 Cali (Jamundí), Km 28 vía cali Popayán Colombia (57+5)3859717 (57+2)69545-71
<b>2. Composición/información de los componentes</b>	
El producto es una sal inorgánica, compuesta por una mezcla de sulfatos de aluminio y férricos en presencia de diferentes minerales inertes e insolubles en agua. Contenido de Aluminio : 17 % Contenido de Hierro : 0,75% Basicidad de Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 0,05 Insolubles en agua máximo : 0,5	
<b>3. Identificación de peligros</b>	





<p>En los ojos causa irritación. En la piel produce leve irritación.  El material fino puede ser inhalado y producir irritaciones en mucosas. No es un producto combustible, pero emite vapores al ser incinerado.  Riesgo para el medio ambiente: puede ser dañino a la vida acuática.</p>
<b>4. Primeros auxilios</b>
<p><b>Instrucciones generales</b>  Facilitar siempre al médico la hoja de datos de seguridad.</p> <p><b>En caso de inhalación</b>  Tomar aire fresco  Si se sienten molestias, acudir al médico.</p> <p><b>En caso de contacto con la piel</b>  Lavar la zona afectada inmediatamente con agua y jabón. Si persisten los síntomas de irritación, acudir al médico.</p> <p><b>En caso de contacto con los ojos</b>  Lavar los ojos afectados inmediatamente con agua abundante durante 15 minutos. Tratamiento médico necesario.</p> <p><b>En caso de ingestión</b>  No provocar el vómito. Si la persona está consciente y alerta beber abundante agua (2-4 vasos de agua)  Requerir inmediatamente ayuda médica.</p>
<b>5. Medidas de lucha contra incendios</b>
<p>El producto no arde por sí mismo.  Los restos del incendio, así como el agua de extinción contaminada, deben eliminarse según las normas locales en vigor. Evite inhalar vapores desprendidos.</p>
<b>6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental</b>
<p>El material en estado sólido es inofensivo. Se debe rociar cal sobre los residuos que queden después de recoger el material derramado, para evitar acidificación del suelo cuando haya corrientes de agua.</p>
<b>7. Manipulación y almacenamiento</b>
<p>Almacenar sobre estibas, en un lugar protegido de la humedad y protegidas del calor y la luz directa del sol, lejos de sustancias oxidantes y reductoras fuertes, ácidos y bases fuertes, sustancias combustibles e inflamables y solventes orgánicos.  El área de almacenamiento debe estar completamente aireada, alejada de fuentes de calor, llama o chispa y con acceso fácil a duchas de emergencia y lavaojos.  Condiciones de almacenamiento seguro: lugares ventilados, frescos y secos.  Evitar vertimientos a los cursos de agua.</p>
<b>8. Control de exposición y medidas de protección personal</b>
<p>Emplear gafas protectoras y mascarillas para evitar inhalar el material fino</p>
<b>9. Propiedades físicas y químicas</b>

Formula Química	:	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$
Aspecto	:	Granular o Polvo
Color	:	Blanco o ligeramente amarillo
Olor	:	Inodoro
Sabor	:	Astringente y ligeramente dulce
Solubilidad en agua	:	70 g en 100g de agua a 20°
Peso Molecular	:	342,15 g/mol
Punto de fusión	:	ND
Temperatura de ignición	:	ND
El material no es corrosivo cuando está seco; es moderadamente corrosivo cuando se disuelve en agua.		
<b>10. Estabilidad y reactividad</b>		
El producto es estable en condiciones normales de almacenamiento. Reacciona con agentes quelantes. Libera gases tóxicos en caso de incendio.		
<b>11. Información toxicológica</b>		
El producto es toxico por vía oral en cantidades superiores a 9000 mg/kg (DL50, rata) El producto puede ser irritante en las mucosas, pero no letal.		
<b>12. Información ecológica</b>		
El producto aporta aluminio al suelo, que es un inconveniente en suelos con fines agrícolas. Es toxico para los peces en una concentración superior a 6.5 g/m <sup>3</sup> . No contribuye a la DQO en los cursos de agua. No permanece en la cadena alimenticia.		
<b>13. Eliminación de residuos</b>		
El producto no es un desecho peligroso. Su disposición en un relleno sanitario no es peligrosa.		
<b>14. Información relativa al transporte</b>		
El material no es peligroso en caso de accidente. Mientras se transporte en un empaque original, el producto no libera material fino al ambiente.		
<b>15. Información Reglamentaria</b>		
La utilización de este producto no es sujeta de controles específicos.		
<b>16. Información Adicional</b>		
El producto se ha clasificado de baja reactividad, no inflamable e inofensivo para la salud. No tiene condiciones especiales de manejo, la dilución en agua no es peligrosa. El producto disuelto en agua puede oxidar el hierro metálico.		
<b>Responsabilidad</b>		
Es difícil anticiparse a la utilización de este producto y por lo tanto la información aquí contenida debe ser tomada como una orientación y aplicarla en el contexto apropiado. Principales usos: tratamiento de agua potable, tratamiento de aguas residuales, tratamiento de piscinas entre otros. El sulfato de aluminio es uno de los productos más empleados en el tratamiento de agua, al ser una sal metálica reacciona formando flóculos de hidróxido de aluminio al contacto con la alcalinidad de las aguas a tratar.		

Fuente: productos químicos panamericanos S.A

### 6.5.2 Hidróxido De Sodio ó Soda Caustica

Se aplica en la parte divergente de la canaleta Parshall y se da mediante bomba dosificadora y su aplicación se da al evidenciarse cambios en el pH fuera de los estándares establecidos, principalmente cuando se producen precipitaciones y en temporada de verano.

Hoja de Seguridad <b>HIDROXIDO DE SODIO</b>	
<p><b>PICTOGRAMA</b></p> 	<p><b>IDENTIFICACIÓN NFPA</b></p>  <p><b>Salud:</b> Azul 3</p> <p><b>Inflamabilidad:</b> Rojo 0</p> <p><b>Reactividad:</b> Amarillo 1</p> <p><b>Riesgo especial:</b> Blanco</p>
<b>1. Identificación del producto y de la empresa</b>	
<p>Producto :</p> <p>Fabricante/distribuidor :</p> <p>Dirección :</p> <p>País :</p> <p>Número de teléfono :</p>	<p>Soda caustica escamas 99% cristal hidróxido de sodio, hidrato de sodio, lejía</p> <p>MultiQuimicos S.A.S</p> <p>Calle 45 No. 25-30 Bucaramanga</p> <p>Colombia</p> <p>6321673</p> <p>3166922233</p>
<b>2. Composición/información de los componentes</b>	
<p>Especificación :</p> <p>NaOH :</p> <p>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, ppm :</p> <p>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> :</p> <p>PESO MOL :</p>	<p>resultados</p> <p>99% MIN</p> <p>0.2% MAX</p> <p>9% MAX</p> <p>40 g/mol</p>
<b>3. Identificación de peligros</b>	
<p><b>Inhalante severo:</b> Los efectos por inhalación del polvo o neblina varían desde una irritación moderada hasta serios daños en el tracto respiratorio superior dependiendo de la severidad de la exposición, severa neumonitis y edema pulmonar.</p> <p><b>Ingestión:</b> fuerte dolor abdominal. Causa irritación gastrointestinal o ulceración y severas quemaduras de la boca, labios, lengua y garganta que pueden resultar en vomito con grandes</p>	

cantidades de mucosa y sangre.

**Piel:** causa quemaduras de piel severa

Ojos la gravedad del daño depende del tiempo de exposición. Puede causar irritación severa con lesiones en la córnea o desintegración de la conjuntiva y resultar en ceguera.

**Efectos crónicos:** dermatitis y al estar en continuo contacto con la piel puede producir quemadura o ulceración profunda. El contacto repetido o prolongado de los ojos con pequeñas concentraciones causa conjuntivitis

#### 4. Primeros auxilios

##### Instrucciones generales

Facilitar siempre al médico la hoja de datos de seguridad.

##### En caso de inhalación

Tomar aire fresco, suministrar oxígeno y mantener la víctima abrigada y en reposo

Si se sienten molestias, acudir al médico.

##### En caso de contacto con la piel

Retirar la ropa y el calzado contaminados, lavar la zona afectada con abundante agua y jabón durante 15 minutos como mínimo. Si la irritación persiste repetir el lavado y buscar atención médica

##### En caso de contacto con los ojos

Lavar los ojos afectados inmediatamente con agua abundante durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste busque atención médica

##### En caso de ingestión

Lavar la boca con agua. Si está consciente suministrar abundante agua no inducir el vómito, si este se presente inclinar la víctima hacia adelante. buscar atención médica inmediatamente

#### 5. Medidas de lucha contra incendios

Peligros de incendio/o explosión es incombustible, sin embargo, en agua se calienta y reacciona con productos orgánicos, en contacto con metales libera hidrógeno que mezclado con aire puede causar fuego o explosión.

Producto de la combustión: por descomposición produce hidrógeno

Precauciones para evitar incendio: los contenedores pueden explotar cuando se calientan. Evitar el contacto con materiales incompatibles y con la humedad.

Agentes extintores del fuego: polvo químico seco, espuma o dióxido de carbono. No use Halón ni chorro de agua

#### 6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Usar equipo de protección personal, ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición.

#### 7. Manipulación y almacenamiento

Almacenamiento: lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de Fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente y mantenerlos bien cerrados.

Tipo de recipiente: para la manipulación usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo.

Conocer en donde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de etiquetas antes de usar producto. Rotular los recipientes adecuadamente.

#### 8. Control de exposición y medidas de protección personal

Uso normal: gafas de seguridad con protector lateral, careta, casco con visor, guantes y botas de caucho, overol y respirador con filtro para polvo

Control de emergencias: equipo de respiración autónoma (SCBA) y ropa de protección total

<b>9. Propiedades físicas y químicas</b>	
Formula Química	: NaOH
Aspecto	: terrones, escamas o copos blancos, inodoro. Absorbe agua y dióxido de carbono del aire
Color	: Blanco
Olor	: Inodoro
Sabor	: Astringente y ligeramente dulce
Solubilidad	: solubilidad en agua, alcohol y glicerol.
Peso Molecular	: 40 g/mol
Punto de ebullición	: 1390 °C
Punto de fusión	: 318 °C
Temperatura de ignición	: ND
pH	: 12-14
<b>10. Estabilidad y reactividad</b>	
Estabilidad: Es inestable bajo condiciones normales	
Incompatibilidades o materiales a evitar. Agua: si; aire: no; otras: ácidos, líquidos inflamables, hidrocarburos halogenados, metales (aluminio, estaño, zinc), nitrocompuestos y metanol.	
<b>11. Información toxicológica</b>	
Irritante severo puede causar edema pulmonar y sus síntomas puede llegar a manifestarse solo a pocas horas de exposición. LD <sub>Lo</sub> (oral, conejo)=500mg/Kg DL50(intraperitoneal , ratón)=40 mg/kg. No listado como cancerígeno.	
<b>12. Información ecológica</b>	
No biodegradable. No causa déficit de oxígeno, posible muerte de peces	
<b>13. Eliminación de residuos</b>	
Eliminar los residuos con bastante agua, luego neutralizar con ácido (Acético) las trazas remanentes de caustico	
<b>14. Información relativa al transporte</b>	
Información de transporte: Etiqueta blanca de corrosivo con el número 8. No transporte con sustancias de las siguientes clases: explosivos, solidos que en contacto con el agua liberan gases venenosos o inflamables, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales reactivos, ni con alimentos. Suspensión de la licencia de conducción	
Información sobre transporte	
Clase riesgo: etiqueta blanca-negra de sustancia corrosiva. No transportar con sustancias explosivas, sustancias que en contacto con agua pueden desprender gases inflamables, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos, sustancias incompatibles ni alimentos.	
<b>15. Información Reglamentaria</b>	
Código nacional de tránsito terrestre. Decreto 1344/7, modificado por la Ley 33/86. Artículo 48: transportar cargas sin las medidas de protección, higiene y seguridad. Artículo 49: transportar materiales inflamables explosivos o tóxicos al mismo tiempo que pasajeros o alimentos.	
<b>16. Información Adicional</b>	
La información relacionada con este producto puede no ser válida si este es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular.	



Es difícil anticiparse a la utilización de este producto y por lo tanto la información aquí contenida debe ser tomada como una orientación y aplicarla en el contexto apropiado.

**PRINCIPALES USOS:** neutralización de ácidos, refinación del petróleo, manufactura del papel, celulosa, textiles plásticos, explosivos, pintura y removedor de pintura.

Fuente: MULTIQUIMICOS S.A.S

### 6.5.3 Hipoclorito de Calcio al 70%

El hipoclorito de calcio al 70%, se aplica en la etapa de desinfección, en la cual se encarga de oxidar los agentes orgánicos los cuales son los responsables de enfermedades causadas por los patógenos que aún se encuentran en el proceso de potabilización del agua, se da en la caseta de desinfección por medio de una bomba dosificadora.

Hoja de Seguridad <b>HIPOCLORITO DE CALCIO 70%</b>	
<b>PICTOGRAMA</b>  	<b>IDENTIFICACIÓN NFPA</b>   <p><b>Salud:</b> Azul 1</p> <p><b>Inflamabilidad:</b> Rojo 0</p> <p><b>Reactividad:</b> Amarillo 0</p> <p><b>Riesgo especial:</b> Blanco</p>
<b>1. Identificación del producto y de la empresa</b>	
Producto : Fabricante/distribuidor : Dirección : País : Número de teléfono : E-mail :	HIPOCLORITO DE CALCIO 70% (cloro granulado) CFC INOVEL A Camlin Fine Sciences Company Transversal 93 No 53-32 bodega 40 parque empresarial el Dorado-Bogotá Colombia 2239944 inovel@dresen.com.mx
<b>2. Composición/información de los componentes</b>	

Material	:	composición
Hipoclorito de calcio	:	70%
Humedad	:	5-10
Aspecto físico	:	Polvo granular
Olor	:	Típico del cloro o Hipoclorito
Granulometría (malla 14-50)	:	90%
<b>3. Identificación de peligros</b>		
<p>¡Peligro!</p> <p>Agente altamente oxidante. Mezcle solo con agua. La contaminación del producto puede ocasionar incendio o explosiones. No añada este producto a ningún utensilio de servir que contenga residuos de otros productos.</p> <p>¡Precauciones! Puede ocasionar lesiones o la muerte si se traga, no se lleve a los ojos, la piel, ni la ropa. puede causar quemaduras. Evite respirar el polvo. Es un irritante de la nariz y la garganta. Lávese las manos después de manipular el producto. Manténgase fuera del alcance de los niños.</p>		
<b>4. Primeros auxilios</b>		
<p><b>Instrucciones generales</b></p> <p>Facilitar siempre al médico la hoja de datos de seguridad.</p> <p><b>En caso de inhalación</b></p> <p>Lleve a la persona que haya inhalado el producto a un área donde haya aire fresco, si la respiración es dificultosa suministre oxígeno. Solicite atención médica.</p> <p><b>En caso de contacto con la piel</b></p> <p>Lavar la zona afectada inmediatamente con agua y jabón durante 15 minutos mientras (retirar ropa y zapatos si están contaminados)</p> <p><b>En caso de contacto con los ojos</b></p> <p>Solicite de inmediato atención medica</p> <p><b>Ingestión</b></p> <p>Si se traga el producto suministre entre 3-4 vasos de agua o leche. Solo Si la persona está consciente y alerta. No inducir al vomito.</p>		
<b>5. Medidas de lucha contra incendios</b>		
<p>Medios de extinción: solo agua.</p> <p>Procedimientos especiales de extinción de incendios: el producto se descompone a 180°C desprendiendo gas oxígeno. Los bomberos deben usar aparato de respiración autónomo a presión, aprobado por la organización NIOSH. Este aparato debe poseer una máscara que cubra la cara entera para impedir posibles exposiciones a gases nocivos.</p>		
<b>6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental</b>		
<p>Elimine todas las fuentes ignición. Mantenga el agua alejada del material derramado. Ventile el área de la fuga o derrame. Use el equipo de protección personal apropiado (sección 8).</p> <p>Derrames: limpie los derrames de una manera que no disperse polvo al aire. Utilice herramientas y equipos que no produzcan chispas. Recoja el derrame para su recuperación o descarte y colóquelo en un envase cerrado. No lo selle herméticamente.</p>		
<b>7. Manipulación y almacenamiento</b>		

<p>Mantenga en un recipiente fuertemente cerrado, almacene en área fresca, seca y ventilada. Proteja del daño físico y de la humedad. Aísle de toda fuente de calor o ignición. Evite almacenarlo en madera. Separe de materiales incompatibles, combustibles, orgánicos u otros materiales fácilmente oxidables. Observe todas las advertencias precauciones listadas para el producto. Los recipientes de este material pueden ser peligrosos al vaciarse puesto que retienen residuos del producto.</p>	
<p><b>8. Control de exposición y medidas de protección personal</b></p>	
<p>Respiradores personales :(aprobados por NIOSH) En condiciones de uso donde la exposición a polvos o rocíos es aparente, se debe usar un respirador contra polvos/rocíos que cubra medique a cara. En emergencia o en situaciones donde no se conocen los niveles de exposición, use un respirador cubra toda la cara. <b>Protección de la piel:</b> use vestimenta protectora impermeables, incluyendo botas, guantes, ropa de laboratorio, delantal o monos para evitar contacto con la piel. <b>Protección para los ojos:</b> utilice gafas protectoras contra productos químicos y/o un protector de cara completa donde el contacto sea posible. Mantener en el área de trabajo una instalación destinada al lavado, remojo y enjuague rápido de los ojos.</p>	
<p><b>9. Propiedades físicas y químicas</b></p>	
Formula Química	: $\text{CaCl}_2\text{O}_2$
Aspecto	: Polvo granular
Color	: Blanco o blanco grisáceo
Olor	: Olor a cloro o hipoclorito de sodio
Solubilidad	: Soluble en agua; reacciona, liberando gas de cloro
Peso específico	: 2.35 a 20°C
Punto de ebullición	: No se encontró información
Punto de Fusión	: Se descompone sobre los 177°C (350°F)
Estado físico	: Polvo granular
<p><b>10. Estabilidad y reactividad</b></p>	
<p>Estabilidad: se descompone rápidamente al exponerse al aire. Podría descomponerse violentamente si se expone al calor a la luz directa del sol. Térmicamente inestable, se descompone a los 177 °C. Incompatibilidades: el hipoclorito de calcio es un oxidante fuerte. Reacciona con aguas y ácidos liberando gas de cloro. Forma compuestos explosivos con amoniaco y aminas. Incompatible con materias orgánicas, compuestos de nitrógeno y materiales combustibles. Condiciones a evitar: calor, llamas, humedad, polvo, fuentes de ignición y choque e incompatibles.</p>	
<p><b>11. Información toxicológica</b></p>	
<p>Calcium hypochlorite: LD50 oral en ratas: 850 mg/Kg. Ha sido investigado como tumorigeno y mutagénico Agencia internacional para la investigación sobre el cáncer (IARC): categoría 3</p>	
<p><b>12. Información ecológica</b></p>	
<p>No se encontró información</p>	
<p><b>13. Eliminación de residuos</b></p>	
<p>Lo que no se pueda conservar para recuperación o reciclaje debe ser manejado como desecho peligroso y enviando a una instalación para desechos aprobadas por RCRA. El procesamiento, utilización o contaminación de este producto puede cambiar las opciones de manejo del desecho. Deseche el envase y el contenido no USADO de acuerdo con los requerimientos federales, estatales y locales</p>	
<p><b>14. Información relativa al transporte</b></p>	



<p>Carretera (Tierra, D.O.T)  Nombre legal del embarque: Calcium Hypochlorite Mixture, Dry  Clase peligrosa: 5.1  UN/NA: UN1748  Grupo de empaque: II</p>
<b>15. Información Reglamentaria</b>
No se encuentra
<b>16. Información Adicional</b>
<p>Clasificaciones NFPA:  Salud:3 inflamabilidad:0 Reactividad:1 otro: OXIDIZER  Etiqueta de advertencia de peligro: ¡PELIGRO! Oxidante fuerte, en contacto con otro material puede provocar fuego. Corrosivo. causa quemaduras a cualquier área de contacto. Daño si se tragase o inhalase agua reactiva  Etiqueta de precauciones: no permita contacto con vestimenta y otros materiales combustibles.  Almacene en un recipiente asegurando que quede cerrado. Quitarse y lavar vestimenta contaminada rápidamente. No almacene cerca de materiales combustibles.  No respirar polvo o vapor  Mantenga recipiente cerrado  Utilice solamente con ventilación adecuada</p>
<p><b>Responsabilidad</b>  Es difícil anticiparse a la utilización de este producto y por lo tanto la información aquí contenida debe ser tomada como una orientación y aplicarla en el contexto apropiado.</p>

Fuente: CFC INOVEL A Camlin Fine Sciences Company

### 6.5.4 Cloro al 91%

Se usa para la eliminación de algas que se forman en la infraestructura de la planta y que puedan llegar a obstruir las tuberías de distribución o las conexiones existentes entre las etapas del proceso, este se aplica manualmente en los módulos, se tiene en cuenta que este es más estabilizado que el cloro al 70%.

Hoja de Seguridad <b>CLORO AL 91%</b>	
<p><b>PICTOGRAMA</b></p> <p>Rótulos UN</p> 	<p><b>IDENTIFICACIÓN NFPA</b></p>  <p><b>Salud:</b> Azul 2</p> <p><b>Inflamabilidad:</b> Rojo 0</p> <p><b>Reactividad:</b> Amarillo 2</p> <p><b>Riesgo especial:</b> Blanco</p>
<b>1. Identificación del producto y de la empresa</b>	
Producto	: Cloro al 91%
Fabricante/distribuidor	: QUÍMICOS PANAMERICANOS E- U P.Q.P
Dirección	: Cra 25 No41-25 of.103 Bucaramanga
País	: Colombia
Número de teléfono	: (7)6327596
Email	: químicospanamericanosppq@gmail.com
<b>2. Composición/información de los componentes</b>	
Cloro disponible:91%	
<b>3. Identificación de peligros</b>	
<p><b>Inhalación:</b> Los efectos por inhalación del polvo o neblina varían desde una irritación moderada hasta serios daños en el tracto respiratorio superior dependiendo de la severidad de la exposición, severa neumonitis y edema pulmonar.</p> <p><b>Ingestión:</b> fuerte dolor abdominal. Causa irritación gastrointestinal o ulceración y severas quemaduras de la boca, labios, lengua y garganta que pueden resultar en vomito con grandes cantidades de mucosa y sangre.</p> <p><b>Piel:</b> causa quemaduras de piel severa</p> <p>Ojos la gravedad del daño depende del tiempo de exposición. Puede causar irritación severa con</p>	

<p>lesiones en la córnea o desintegración de la conjuntiva y resultar en ceguera.  <b>Efectos crónicos:</b> dermatitis y al estar en continuo contacto con la piel puede producir quemadura o ulceración profunda. El contacto repetido o prolongado de los ojos con pequeñas concentraciones causa conjuntivitis</p>
<b>4. Primeros auxilios</b>
<p><b>Instrucciones generales</b>  Facilitar siempre al médico la hoja de datos de seguridad.</p> <p><b>En caso de inhalación</b>  Poner a la víctima en aire fresco. Asistir la respiración si es necesario. Acudir al médico</p> <p><b>En caso de contacto con la piel</b>  Lávese la piel con abundante agua durante al menos 15 minutos, en caso de que el producto este húmedo. Acudir al médico.</p> <p><b>En caso de contacto con los ojos</b>  Lavarse los ojos con abundante agua durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste busque atención médica</p> <p><b>En caso de ingestión</b>  No administrar ningún tipo de sustancia si la persona se encuentra inconsciente  Ingiera grandes cantidades de agua, leche y/o clara de huevo. No provoque el vómito. Ir al médico inmediatamente.</p> <p><b>Información clínica</b> evite el lavado gástrico y los eméticos administre sustancias alcalinas (gel de hidróxido de magnesio, leche de hidróxido de magnesio). No dar ni carbonatos ni bicarbonatos</p>
<b>5. Medidas de lucha contra incendios</b>
<p>Medios de extinción a usar: usar agua abundante. no intentar apagar el fuego sin equipos respiratorios especiales (sección 7). No usar extintores ABC ni otros similares de producto químico seco. Ni que contengan nitrógeno. Riesgo de reacción química violenta. Limpiar el equipo inmediatamente tras su uso. Riesgos producidos por la combustión: no inflamable, pero calentado sobre los 230°C desprende gas tóxico y corrosivo: cloro gaseoso Cl<sub>2</sub> incrementa la ignición de materias combustibles</p>
<b>6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental</b>
<p>Precauciones individuales: es necesario utilizar equipo respiratorio especial (sección 8) incluso con pequeñas cantidades vertidas. Evitar el contacto con los ojos y la piel.</p> <p>Precauciones para la protección del medio ambiente: extremadamente tóxico para la fauna y flora acuática.</p> <p>Métodos de limpieza: limpiar con materiales secos y exclusivos a este efecto. Colocar el producto en lugar propio</p>
<b>7. Manipulación y almacenamiento</b>
<p><b>Manipulación:</b> usar guantes de goma y máscara o gafas protectoras. Después de la manipulación, lavar bien el material y ropa usados en el manejo</p> <p><b>Almacenamiento:</b> no usar envases o contenedores metálicos o de madera. Almacenar en lugar seco, cuya temperatura no exceda los 52°C mantener el recipiente cerrado. Si se va almacenar con otros productos tener la precaución de compartimentar. Este producto se ha de dejar cerca de la puerta de salida y sin impedimentos que las obstruyan en caso de tenerlos que sacar al exterior rápidamente.</p>
<b>8. Control de exposición y medidas de protección personal</b>

<p>Protección respiratoria: utilizar equipos respiratorios homologados cuando se sobrepase el riesgo de exposición. Se recomienda usar un equipo facial completo</p> <p><b>Protección de las manos:</b> usar guantes. Es conveniente tener un espacio cercano donde lavarse la piel en caso de contacto</p> <p><b>Protección de los ojos:</b> usar gafas de seguridad.</p>	
<b>9. Propiedades físicas y químicas</b>	
Formula Química	: $C_3N_3O_3Cl_3$
Aspecto	: Solido (granular y pastillas)
Color	: Blanco
Olor	: a cloro, semejante a la lejía
Sabor	: Astringente y ligeramente dulce
Solubilidad en agua	: hidrosolubilidad: $1,2 \text{ g/cm}^3$
Peso Molecular	: $232.5 \text{ g/mol}$
Punto/intervalo de ebullición	: no aplicable
Punto/ intervalo de fusión	: $230 \text{ }^\circ\text{C}$ con descomposición
Temperatura de ignición	: ND
pH	: 3 al $25^\circ\text{C}$
densidad aparente	: $1,6 \text{ g/cm}^3$
inflamabilidad	: $>250^\circ\text{C}$
<b>10. Estabilidad y reactividad</b>	
<p>Estabilidad: es estable en condiciones normales de almacenamiento, aunque la pérdida de cloro activo puede ser del 0,1% por año a temperatura ambiente de cloro. No hay riesgo de polimerización.</p> <p><b>Condiciones a evitar:</b> humedad y altas temperaturas (no exponer a más de <math>50^\circ\text{C}</math>)</p> <p><b>Materias a evitar:</b> las s-triazinatrionas cloradas son agentes altamente oxidantes y clorantes. Por lo tanto, se presentará incompatibilidad con: metales, ácido y anhídrido acético, alcoholes: metílico, etílico, isopropílico, compuestos alifáticos y aromáticos no saturados aminas, amidas, amoniaco y sales amónicas, hipoclorito de calcio, Dimetilhidrazina, esterés fungicidas, glicerina, aceites y grasa, pintura peróxidos (de hidrogeno, sodio, calcio, magnesio, fenoles, disolventes: toluenos, xilenos etc. Productos de descomposición peligrosos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-húmedo desprende <math>Cl_2</math> (cloro gas) y <math>NCl_3</math>(tricloruro de nitrógeno)</li> <li>-En presencia de gas amoniaco o soluciones amoniacaes, se generan cantidades peligrosas de <math>NCl_3</math>, gas muy explosivo</li> <li>-El peróxido de hidrogeno reacciona violentamente</li> <li>-La adición de aceites y grasas descompone el producto formado <math>Cl_2</math> y <math>CO_2</math></li> </ul>	
<b>11. Información toxicológica</b>	
<p>En las ratas se produce irritación de ojos y nariz, dificultad respiratoria y aumento de la adrenalina. Se producen cambios en los parámetros químicos de la sangre al repetir la inhalación durante 4 semanas.</p> <p>Toxicidad oral aguda: <math>LD_{50}=600\text{mg/Kg}</math> ligeramente toxico. Especie: rata</p> <p>Toxicidad dérmica agua: <math>LD_{50}=7600 \text{ mg/Kg}</math> prácticamente no toxico. Especie: conejo</p> <p>Toxicidad oral <math>LDL_0</math> humano: <math>3570 \text{ mg/Kg}</math></p> <p>Irritación de piel y ojos: corrosivo</p>	
<b>12. Información ecológica</b>	
<p>Información general sobre el comportamiento de la sustancia en el medio ambiente:</p> <p>Muy toxico para peces y algas. No verter directamente sobre ríos y lagos. Se hidroliza en disolución acuosa diluida, dando ácido hipocloroso y ácido cianúrico.</p>	

<b>13. Eliminación de residuos</b>
Eliminar los residuos con bastante agua, luego neutralizar con ácido (Acético) las trazas remanentes de caustico
<b>14. Información relativa al transporte</b>
Etiqueta para el transporte: vehículo: etiqueta ‘‘agente oxidante’’ 5.1 Clasificación de peligro: (ADR) vehículo: panel naranja n° superior. 50 n° inferior: 2468 clase UN:5.1 n°2468. Grupo de embalaje II
<b>15. Información Reglamentaria</b>
1) Ley 769/2002. Código nacional de tránsito terrestre. Artículo 32. La carga de un vehículo debe estar debidamente empacada, rotulada y embalada y cubierta conforme a la normatividad. 2) Decreto 1609 del 31 de Julio de 2002. por el cual se reglamenta el transporte y manejo de materiales peligrosos por carretera.
<b>16. Información Adicional</b>
Esta HDS ha sido confeccionada de acuerdo con las características de riesgo informadas por el fabricante. los datos consignados en esta hoja de seguridad están basados en nuestra mejor opinión acerca del uso y manejo adecuado del producto en condiciones normales. Las opiniones expresadas en este formulario son las de profesionales capacitados. Cualquier uso del producto que no esté de acuerdo con la información contenida en la etiqueta o en combinación con cualquier otro producto o proceso es responsabilidad del usuario.
<b>Responsabilidad</b>
Es difícil anticiparse a la utilización de este producto y por lo tanto la información aquí contenida debe ser tomada como una orientación y aplicarla en el contexto apropiado.

Fuente: Químicos panamericanos E-U P.Q.P

## **6.5.5 Calibración de Equipos**

### **6.5.5.1. pHmetro**

Se realizará en su lugar habitual de trabajo y dentro de los márgenes de temperatura adecuados.

Primero se realizará su puesta a punto habitual o diaria utilizando las disoluciones tampón al efecto de que dispone el usuario. Para ello se seguirá el siguiente proceso:

El sistema de medida del pH debe estar funcionando durante al menos 30 minutos antes de iniciar el proceso de calibración.

Ajuste de la compensación manual de temperatura en el valor al cual será realizada la puesta a punto de las soluciones tampón. Este valor se determina midiendo con el termómetro la temperatura de las soluciones tampón.

Examinar el electrodo para comprobar que no existe defecto alguno o presencia de burbujas de aire en su interior, en el caso de que las hubiere sacudir el electrodo de forma similar a los termómetros clínicos para bajar la temperatura.

Limpiar el electrodo exteriormente con abundante agua destilada.

Sumergir el electrodo (o electrodos si no son combinados) en la solución tampón a temperatura controlada. La solución utilizada debe ser la de pH más próximo al pH interno del electrodo de vidrio, que suele ser pH 7.

Esperar el equilibrio térmico durante aproximadamente 1 minuto. Una vez estabilizada la lectura, accionar el mando de punto neutro calibración-estandarización-asimetría hasta conseguir una indicación del pH de la solución tampón.

Retirar el electrodo/s de la disolución y lavarlos con abundante agua destilada o con la solución tampón que será utilizada a continuación. Pueden secarse los electrodos sin frotar.

Sumergir el electrodo en otro vaso que contenga otra disolución tampón de pH diferente a la anterior (suele utilizarse pH 4).

Esperar el equilibrio térmico durante aproximadamente 1 minuto. Una vez estabilizada la lectura, accionar el mando de pendiente-escala para ajustar la indicación al valor de pH de la solución tampón utilizada.

De esta forma el aparato queda ajustado en toda su escala y listo para realizar medidas de pH sobre sustancias de pH desconocido. La escala ha quedado ajustada en dos puntos de la recta que relaciona los potenciales (mV) generados por el electrodo en función del pH de las disoluciones en que se sumerge.

Si se requiriese el ajuste empleando además otro punto de calibración (por ejemplo, pH 9) deberán repetirse los puntos de 7 a 9.(Labprocess, 2015)

#### **6.5.5.2 Turbidímetro**

Introducir en el compartimento la solución estándar 0.1 NTU en el Turbidímetro HACH, alineando la marca de orientación, cerrar la tapa y encender el equipo.

Seguidamente pulsar el botón “CAL” y esperar a que se realice la cuenta regresiva de 60 segundos. Este proceso permite al equipo calcular el factor de corrección para las posteriores lecturas.

Pasados los 60 segundos, figurara en la pantalla el valor 20, que indica que el equipo requiere realizar la lectura de la solución estándar de 20 NTU.

Introducir dicha solución y pulsar el botón “READ”. El equipo contara nuevamente los 60 segundos y guardara el valor de turbidez leído. Seguidamente aparecerá en la pantalla el valor “100” que indica que se debe leer la solución estándar de 100 NTU.

Introducir la celda con la solución estándar de 100 NTU (con la marca de posición alineada) y pulsar el botón “READ” para que el equipo realice la cuenta regresiva de 60 segundos.

Finalmente figurara en la pantalla el valor de 800 NTU que indica que se debe introducir dicha solución estándar. Igualmente introducir la celda en el compartimento y pulsar el botón “READ”. Iniciar la cuenta regresiva de 60 segundos.

El equipo mostrara el icono “SO”. Retirar la última celda de calibración y pulsar el botón “CAL”.(Tarazona, 2019)

#### **6.5.5.3Fotómetro**

Se enciende el equipo

Se espera a que esté listo

Presionamos el botón *CAL CHECK*.

Se toma la muestra calibrada como A zero, se limpia el envase

Se coloca en el compartimento de zelda del que dispone el fotómetro

Se prime el botón denominado *ZERO*

Se espera hasta que se indique una lectura en la pantalla.

Posteriormente se retira la zelda y se introduce la zelda marcada como HI96771

Se oprime el botón *READ*

Se espera hasta que se muestre la lectura del estándar

Se procede a realizar la modificación de la fecha y hora en la que se lleva a cabo el proceso de calibración

Se oprime el botón *RANGE/GLP*

La calibración se almacena y se dirige a la pantalla de emisión en donde se indica que ya se puede proceder a realizar las lecturas de la muestra (Hanna instruments,2021)

#### **6.5.5.4 Conductímetro**

Se enciende el equipo y esperamos unos segundos

Se espera a que esté listo

Configuramos con el botón range, hasta estar en 0.00 milisiemens/cm

Presionamos el botón CAL MEAS.

Se toma la muestra calibrada como 12.88 mS/cm

Se introduce dentro de la muestra

Se oprime el botón denominado HOLD/ENTER

Se ha calibrado y está listo para usarse-

(Baldiviezo, E,2016)



## 7. CONCLUSIONES

En este trabajo se elaboró un manual de operación y funcionamiento de la planta de tratamiento convencional, del casco urbano del municipio de Bochalema-Norte de Santander, este se logró al cumplir con los objetivos específicos empezando por la descripción de las etapas del proceso de potabilización, así como de la infraestructura que está presente en el proceso, en este orden de ideas fue posible evidenciar que la PTAP en general se encuentra con sus estructuras en buen estado, sin embargo presenta algunas deficiencias en cuanto al mantenimiento, las cuales deben ser corregidas para evitar daños en la operación y o calidad del agua. En esta etapa se evidenció daño en la estructura del proceso de sedimentación, específicamente en el módulo de sedimentación, por rotura de algunas placas tipo colmena, lo cual puede afectar la velocidad del flujo de los sedimentos, ocasionando fallas o sobrecarga en los siguientes procesos.

Se logró la descripción de las actividades de operación y mantenimiento de las estructuras involucradas en el proceso de potabilización, dado que de estas depende el buen funcionamiento del sistema de potabilización, instruyendo al operario, en las labores que debe ejecutar, teniendo presente que un manual permite ejercer eficientemente el trabajo del operador, pero no limitan las labores alternas o complementarias que puedan ejecutar.

Se instruyó al personal en los estándares requeridos para el consumo del agua potable, según la normativa nacional vigente, asimismo en el control y seguimiento de la calidad con la cual se evidenció que la unidad de servicios públicos se encuentra ante un desafío y mejora continua para brindar un suministro de agua que no represente riesgos para su consumo.

Se elaboró las fichas de seguridad de los insumos químicos empleados por los operarios en la PTAP, recalando la importancia de la información que estas poseen, para evitar posibles accidentes por desconocimiento o la incorrecta manipulación.

Finalmente Se requiere la continua capacitación de los operarios debido a los nuevos procesos e infraestructuras empleados luego de la optimización de la planta.

## 8. RECOMENDACIONES

Realizar la instalación de cubierta total en todos los módulos, con polisombra o material similar, con el fin de mitigar el ingreso de material vegetal de los árboles aledaños a estas y otros elementos que sean transportados por las corrientes de aire, que puedan contaminar el proceso.

Capacitar a todo el personal que interviene en la operación y mantenimiento de forma periódica.

Suministrar los implementos necesarios para llevar a cabo el mantenimiento en cada una de las estructuras de forma adecuada y efectiva.

Realizar un plan de mantenimiento periódico, en el cual se tenga en cuenta los cambios meteorológicos durante cada año.

En caso de que alguna de las estructuras, equipos o elementos empleados en el proceso de potabilización presenten fallas o daños, realizar la solicitud de reparación o cambio de los elementos afectados en la mayor brevedad posible.

Se debe realizar una señalización de todas las estructuras y módulos, la evacuación y normas de seguridad, así, como mejorar la iluminación en la planta, sus alrededores más próximos y principalmente en la zona del laboratorio.

Así mismo se requiere realizar el encerramiento con malla eslabonada del 50% faltante de la planta, mejorando las condiciones de seguridad y evitando el ingreso de personal no autorizado.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Armenta, D. (2012). *Diseño de un Manual de Operación de Equipos para la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jeruslém en el Municipio de Río de Oro – Cesar, Colombia*. Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña, Colombia.
- Castro, H., Rubio, M., & Rodríguez, J. (2014). Análisis y perspectivas de las coberturas de acueducto y alcantarillado en el Departamento del Meta. *Orinoquia*, 18, 121-129. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89640734010>
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - CEPIS. (2006). *Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento utilizadas en el ámbito rural*. <http://sial.segat.gob.pe/documentos/alternativas-tecnologicas-agua-saneamiento-utilizadas-ambito-rural>
- Chulluncuy, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, 29, 153-170. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
- Corcho, F., & Duque, J. (2005). *Acueductos: teoría y diseño* (3 edición). sello editorial universidad de medellin.
- Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental. (2016). *plan estrategico ambiental regional*. Sistema de Información Ambiental. [moz-extension://f31a7d31-52e9-420c-ad5b-3ae5ccbfc434/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fcorpornor.gov.co%2FPLANES%2FPLANAN%25202016\\_2035%2F3.%2520CAPITULO%2520DIAGNOSTICO-PLANEAR.pdf](moz-extension://f31a7d31-52e9-420c-ad5b-3ae5ccbfc434/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fcorpornor.gov.co%2FPLANES%2FPLAN%25202016_2035%2F3.%2520CAPITULO%2520DIAGNOSTICO-PLANEAR.pdf)
- Corporación Nueva Sociedad de la Región Nororiental de Colombia CONSORNOC. (2015). *Generalidades del municipio de Bochalema*. <moz-extension://f31a7d31-52e9-420c-ad5b-3ae5ccbfc434/enhanced-reader.html?openApp&pdf=http%3A%2F%2Fconsornoc.org.co%2Fwp-content%2Fuploads%2F2014%2F11%2Fcartilla-bochalema-julio7.pdf>
- DAG INGENIERIA. (2014). *Informe Diagnóstico - Municipio de Bochalema*. [http://www.pdanorte.co/wp-content/uploads/lineabase2014/dg-PT-14-INFORME\\_DIAGNÓSTICO\\_BOCHALEMA.pdf](http://www.pdanorte.co/wp-content/uploads/lineabase2014/dg-PT-14-INFORME_DIAGNÓSTICO_BOCHALEMA.pdf)
- Díaz, A. (2016). *Importancia de la Capacitación Empresarial*. <http://www.sincal.org/articulo31-importancia-de-la-capacitacion-empresarial.html>
- Fässler, E. (2014). *Optimización de la planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad del Chambo*. Escuela superior politecnica de chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Garzon, D., & Piraquive, D. (2017). *Elaboración del Manual de Operación y de Mantenimiento del Sistema de Acueducto de la Cabecera Municipal de San Francisco de Sales - Cundinamarca*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

- Gracia, B. (s. f.). *Turismo en el municipio de Bochalema, Colombia*. Recuperado 20 de junio de 2021, de [https://colombiaextraordinaria.com/somos\\_colombia/turismo/municipios/Bochalema](https://colombiaextraordinaria.com/somos_colombia/turismo/municipios/Bochalema)
- Labprocess. (2015). *Guía del proceso de calibración de pHmetro*.
- Lopez, A., & Jimenez, F. (2016). *Manual de Operación y Mantenimiento Planta de Tratamiento De Agua Potable San Antonio-Asociacion Sucuneta*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogota, Colombia.
- Lozano, W., & Lozano, G. (2015). *Potabilización del agua: Principios de diseño, control de procesos y laboratorio* (primera ed). Universidad Piloto de Colombia.
- Marin, L. (2020). *Plan de Mejora de la Operación Y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable ( PTAP ) en los Campamentos Tacuí y Cuní del Proyecto Hidroeléctrico Ituango*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89640734010>
- Martinez, E., & Estrada, J. (2011). *Sedimentador Laminar en el Tratamiento de Agua para Consumo Humano*. <https://docplayer.es/77344591-Sedimentador-laminar-en-el-tratamiento-de-agua-para-consumo-humano.html>
- Mesa, L., & Sanabria, C. (2018). *Propuesta de Diseño y Evaluación del Acueducto del Municipio Suaita – Santander, desde la Captación hasta el Tanque de Almacenamiento*. Universidad Católica de Colombia, Bogota, Colombia.
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, Título C, Sistema de Potabilización, (2000).
- Ministerio de desarrollo economico y Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. (1999). *programa de capacitación y certificación del sector de agua potable y saneamiento básico* (segunda). <http://biblioteca.sena.edu.co/>
- Ministerio de la Protección Social. (2007). *Decreto Número 1575 DE 2007*. Republica de Colombia, Bogota.
- Ministerio de la protección social ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial. (2007). *Resolución 2115/2007*. 22 de junio de 2007, Republica de Colombia, Bogota. [http://www.lasalle.edu.co/wps/wcm/connect/d951c109-a227-44a3-8a42-1d1f87db2b43/Resolución\\_2115-2007.pdf?MOD=AJPERES](http://www.lasalle.edu.co/wps/wcm/connect/d951c109-a227-44a3-8a42-1d1f87db2b43/Resolución_2115-2007.pdf?MOD=AJPERES)
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2014). *Reglamento Técnico del sector de Agua Potable RAS Título «B» Sistemas de Acueducto* (p. 480). Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO B 030714.pdf>
- Nacional, M. de E. (2015). *Orientaciones para la construcción o ajuste en los establecimientos educativo del manual de normas de seguridad en los laboratorios de química y física*. [moz-extension://f31a7d31-52e9-420c-ad5b-3ae5ccbfc434/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwww.mineducacion.gov.co%2F1759](https://f31a7d31-52e9-420c-ad5b-3ae5ccbfc434/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwww.mineducacion.gov.co%2F1759)

%2Farticles-355749\_recurso\_normatividad.pdf

Ramon, R., Sepulveda, R., & Villalobos, F. (2003). *El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis* ( plaza y Valdez (ed.); universida).

Saldarriaga, J., & Alvarez, H. (2010). *Camaras-de-Quiebre-Sistemas-de-Alcantarillado-con-Alta-Caida* (p. 10).

Sanabria, A. (2010). *Operación y mantenimiento de Sistemas de abastecimiento de agua*. 32.

Tarazona, O. (2019). *Instructivo de Verificación de la Calibración del Turbidímetro*.  
[https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/p\\_biorem/education/research/protocols/INSTRUCTIVO\\_DE\\_CALIBRACION\\_TURBIDÍMETRO\\_HACH.pdf](https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/INSTRUCTIVO_DE_CALIBRACION_TURBIDÍMETRO_HACH.pdf)

Unidad de Servicios Públicos de Bochalema. (2013). *Plan de Contingencia para Eventos de Riesgo Relacionados con los Sistemas de Acueducto y Alcantarillado* (p. 106).

Unidad de Servicios Públicos de Bochalema. (2016). *Visita tecnica 2016* (p. 24).  
<http://www.simijaca-cundinamarca.gov.co/NuestraAlcaldia/Dependencias/Paginas/Unidad-de-Servicios-Publicos-Domiciliarios.aspx>

## 10. ANEXOS

### ALMACENAMIENTO DE INSUMOS QUÍMICOS

El sistema de tratamiento de agua potable cuenta con un laboratorio de análisis de calidad de agua que permite el control del proceso, el cual se encuentra dotado por: balanza, equipo de jarras, pipetas, reactivos, pruebas de indicadores de pH y Cloro residual, entre otros instrumentos los cuales se detallan en el anexo 1 tabla 12, implementos de laboratorio.

Sin embargo, es importante denotar que debido a que no se ha tenido acceso a los equipos no se pudo llevar a cabo la calibración de los mismos, sin embargo en la sección 6.5 se realiza una breve descripción teórica de la calibración de los equipos.



*Figura 26. Cuarto de almacenamiento de insumos químicos*

*Tabla 12. Implementos de Laboratorio*

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Equipo de Jarras de cuatro puestos, Fabricado en Aluminio	1
2	Vasos de Precipitado en vidrio en 1 L	4
3	Frasco T. Rosca azul 250 mL, vidrio claro, Borosilicato 3,3 marca Simax	2
4	Frasco T. Rosca azul 500 mL, vidrio claro, Borosilicato 3,3 marca Simax	2
5	Vaso forma baja, vidrio Borosilicato 3,3, 100 mL, marca Simax	3
6	Vaso forma baja, vidrio Borosilicato 3,3, 250 mL, marca Simax	3
7	Vaso forma baja, vidrio Borosilicato 3,3, 600 mL, marca Simax	2
8	Agitador de vidrio 8 x 300Mm X unidad fabricación nacional	2
9	Frasco lavador en Polietileno capacidad de 1000 mL, marca Kartell	2
10	Probeta graduada en Pp con alto relieve capacidad 100 mL, marca Kartell	2
11	Probeta graduada en Pp con alto relieve capacidad 500 mL, marca Kartell	2

<b>12</b>	Probeta graduada en Pp con alto relieve capacidad 1000 mL, marca Kartell	1
<b>13</b>	Balón F. plano, 500 mL, vidrio Borosilicato 3,3 marca Simax	1
<b>14</b>	Turbidímetro portátil ISO 7027	1
<b>15</b>	Kit Fotómetro portátil color de Agua	1
<b>16</b>	Kit Fotómetro portátil cloro	1
<b>17</b>	Medidor de pH /Mv/°c portátil con ATC	1
<b>18</b>	Conductímetro portátil 4.000 US/2000 ppm	1
<b>19</b>	Reactivo cloro libre polvo Tests	100
<b>20</b>	Hipoclorito de sodio al 13%	50 Kg
<b>21</b>	Sulfato de Aluminio tipo A	25 Kg
<b>22</b>	Aceite de silicona (Botella de 15 mL)	1
<b>23</b>	Set de calibración para turbidímetros	1
<b>24</b>	Gramera digital	1