

Diagnostico hidráulico operativo de la planta de tratamiento de agua potable de
municipio de Santuario Risaralda

Una tesis presentada para obtener el título de
Ingeniero Civil
Universidad Antonio Nariño, Pereira

Jeisson Cárdenas Nivia
Jorney Stiven Ruiz Guzmán

Tutor académico
Ing. Octavio Andrés Aguirre Jaramillo

Abril, 2020

Diagnostico hidráulico operativo de la planta de tratamiento de agua potable de
municipio de Santuario Risaralda

Tesistas:

Jeisson Cárdenas Nivia
Jorney Stiven Ruiz Guzmán

Tutor académico

Ing. Octavio Andrés Aguirre Jaramillo

Coordinador UDCI sede Pereira

Ing. Octavio Andrés Aguirre Jaramillo

Pereira, Risaralda.

Abril, 2020

CONTENIDO

<i>INTRODUCCIÓN</i>	7
<i>ABSTRACT</i>	9
<i>CAPÍTULO 1 ESTADO DEL ARTE</i>	11
1.1. Investigaciones internacionales	11
1.2. Investigaciones nacionales:.....	15
1.3. Investigaciones regionales:.....	19
<i>CAPÍTULO 2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.</i>	24
<i>CAPÍTULO 3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</i>	28
<i>CAPÍTULO 4 MARCO TEÓRICO</i>	29
4.1. Elementos que componen una planta de tratamiento de agua potable.....	29
4.1.1. El Agua	29
4.1.2. Acueductos.....	29
4.1.3. Parámetros de las PTAP'S.....	29
4.1.4. Dotaciones y caudales de diseño.....	30
4.1.5. Dotación Bruta.....	30
4.1.6. Planta de tratamiento de agua potable	31
4.1.7. Procesos de una PTAP: Definiciones	32
4.1.8. Componentes principales de un sistema de abastecimiento	34
4.1.9. Métodos y procesos para el tratamiento del Agua	35
4.1.10. Tipos de plantas de tratamiento de agua potable.	36
4.2. Marco geográfico	37
4.2.1. Información general del municipio de Santuario Risaralda.....	37
4.2.2. Demografía del municipio de Santuario.	38
4.3. Marco legal	39
<i>CAPÍTULO 5 OBJETIVOS</i>	43
5.1 Objetivo General.....	43
5.2 Objetivos Específicos.....	43
<i>CAPÍTULO 6 JUSTIFICACIÓN</i>	44
<i>CAPÍTULO 7 METODOLOGÍA</i>	45
7.1. Tipo de investigación.....	45
7.2. Población.....	45
7.2.1. Muestra	45
7.3. Instrumentos.....	45
7.4. Fases de la investigación.....	46
7.4.1. Fase de planeación	46
7.4.2. Fase exploratoria.....	47
7.4.3. Fase de ejecución	47
7.4.4. Fase de evaluación	48
7.5. Procedimiento metodológico	48
7.6. Operacionalización de variables	49
<i>CAPÍTULO 8 RESULTADOS OBTENIDOS.</i>	50
<i>CAPÍTULO 9 ANÁLISIS DE RESULTADOS</i>	63

	iv
<i>CAPÍTULO 10 CONCLUSIONES Y LOGROS</i>	79
<i>CAPÍTULO 11 RECOMENDACIONES</i>	83
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	85
<i>Anexos</i>	88
Anexo A. Copia SUI	89
Anexo B. Estructura tarifaria aprobada por la CRA (Comisión reguladora de agua potable y saneamiento básico)	91
Anexo C. Captura Manual de funciones ESP Santuario	92
Anexo D. Captura Auditoria de Gestión Ambiental Contraloría	93
Anexo E. Captura Concesión de aguas CARDER	94
Anexo F. Formato Encuesta	95
Anexo G. Análisis de resultados pruebas físicas, químicas y microbiológicas del agua servida en el municipio de Santuario	97
Anexo H. Planos del Chequeo hidráulico.	109
Anexo I. Tabla diseño perdidas boquillas filtrado.	111

Lista de tablas

Tabla 1. Vivienda, hogares, personas Santuario	25
Tabla 2. Tipos de plantas de tratamiento de agua potable	31
Tabla 3. población Santuario según DANE	38
Tabla 4. Leyes del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico	39
Tabla 5. Procedimiento metodológico	48
Tabla 6. Operacionalización de variables	49
Tabla 7: Documentación Suministrada	50
Tabla 8. Cumplimiento normas planta del municipio de Santuario.....	63
Tabla 9. Costo de referencia (Precios a dic de 2003)	64
Tabla 10. Cumplimiento de normas de calidad del agua	66
Tabla 11. Cálculos de las variables Canaleta ParShall	68
Tabla 12. Chequeos hidráulicos de los pasos entre cámaras	69
Tabla 13. Chequeos hidráulicos sedimentador de alta tasa tipo colmena	69
Tabla 14. Chequeos hidráulicos sedimentador de alta tasa placas paralelas	70
Tabla 15. Chequeos hidráulicos filtración convencional.....	70
Tabla 16. Hallazgos y diagnostico sedimentadores, accesos, dosificadores y canal común	71
Tabla 17. Características físicas del agua y parámetros de aceptación.....	73
Tabla 18. Características químicas del agua y parámetros de aceptación	74
Tabla 19. Características microbiológicas del agua y parámetros de aceptación	77

Lista de figuras

Figura 1. Localización geográfica Santuario	26
Figura 2. Mapa geográfico de Santuario.....	26
Figura 3. Diagrama de bloques de una PTAP.....	32
Figura 4. Proceso potabilización agua	36
Figura 5. Localización del Municipio de Santuario en el Departamento de Risaralda.....	37
Figura 6. Símbolos patrios de Santuario	38
Figura 7. Género	51
Figura 8. Edad.....	51
Figura 9. Antigüedad en la empresa (años)	52
Figura 10. Nivel académico	52
Figura 11. ¿Tiene capacitaciones para el desempeño del cargo actual?	53
Figura 12. ¿Cuál es su horario de trabajo?.....	53
Figura 13. ¿Cuentan con un manual de operación de la planta?.....	54
Figura 14.. ¿Cuentan con un manual de mantenimiento de la planta?	54
Figura 15.. ¿En caso de una eventualidad sabe que protocolo debe activar?	55
Figura 16. Localización geografía PTAP, Santuario	56
Figura 17. Fuente de abastecimiento PTAP, Santuario	56
Figura 18. Tanque de quietamiento.....	56
Figura 19. Canaleta ParShall.....	57
Figura 20. Floculadores de flujo vertical de codos tipo Alabama:	57
Figura 21. Sedimentador de alta tasa de Módulos plásticos Tipo colmena	58
Figura 22. Sedimentador de alta tasa de placas paralelas	58
Figura 23. Sistema de Filtros	59
Figura 24. Tanque de agua filtrada:	60
Figura 25. Canal común recolección agua filtrada y dosificación de cloro.....	60
Figura 26. Prueba de Control biológico:.....	61
Figura 27. Resúmenes variables del agua analizadas años 2017 al 2019. ESP del municipio de Santuario	62
Figura 28. Organigrama	64
Figura 29. Flujograma planta de tratamiento de agua potable del municipio de Santuario.....	67
Figura 30. Características físicas del agua. Color y Turbiedad. Acueducto del municipio de Santuario	73
Figura 31. Características Químicas. PH, Cloro residual, hierro, Nitritos.....	75
Figura 32. Características Químicas. Sulfatos, Dureza total, Ca, Mg, Alcalinidad y Cloruros....	76
Figura 33. Características Microbiológicas. Coliformes totales, Coliformes fecales, Mesófilos y Escherichia Coli	78
Figura 34. Planos del Chequeo hidráulico. 1 / 4	109
Figura 35. Planos del Chequeo hidráulico. 2 / 4	109
Figura 36. Planos del Chequeo hidráulico. 3 / 4.....	110
Figura 37. Memorias. 4 / 4.....	110
Figura 38. Especificación técnica boquilla	111

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo consiste en el diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Santuario, realizando una inspección del sistema de tratamiento actual, con el fin de detectar posibles falencias que puedan ocurrir durante el proceso; la base de este proyecto se direcciona a la recopilación de información a través de investigaciones relacionadas con este documento, visitas técnicas, documentación suministrada por la E.S.P de Santuario, chequeos hidráulicos propios de la infraestructura existente con base al reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico (RAS), resolución 0330 de 8 de junio de 2017; Se diagnostica el funcionamiento hidráulico, los resultados de las pruebas de la calidad del agua y frecuencia con que se realizan, se comparan, de acuerdo con la resolución 2115 del 2007, la normatividad vigente que estipula los parámetros que garantizan la calidad del bien objeto del servicio público y la disposición final; Otro de los propósitos es auditar los procesos administrativos y de operación técnica que se realizan en la planta potabilizadora. Como conclusiones y recomendaciones de la investigación se encuentra que la planta de tratamiento de agua potable, cumple con los parámetros establecidos por la ley y funciona de acuerdo a los decretos que rigen este tipo de empresas de servicios públicos, sus permisos de captación, funcionamiento, administración están al orden del día. Se pudo evidenciar que los operarios de la planta de tratamiento están capacitados para llevar a cabo un trabajo apropiado a las exigencias de ley. El agua servida es apta para el consumo humano de acuerdo a las normas y decretos que le rigen. Las características químicas y microbiológicas que puedan ser un riesgo para la salud humana, están dentro de los parámetros definidos por la resolución 2115 de 2007 y su función de tratamiento y desinfección es óptima. Referente a las recomendaciones, los procesos de mezcla y aplicación de coagulante tipo Cal, no funcionan de manera óptima debido a que los mezcladores

y dosificadores se encuentran fuera de servicio y los operadores deben hacerlo manualmente, la estructura física del floculador es tipo Alabama pero se comporta como un floculador tipo Cox, el agua que proviene de la fuente tiene buenas características físicas, químicas y microbiológicas, según la resolución 2115 de 2007 la cual reglamenta las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano y el decreto 1575 de 2007 el cual establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.

ABSTRACT.

The following work consists of diagnosing the drinking water plant of the municipality of Santuario (Colombia), an inspection of the current treatment system was carried out in order to detect possible shortcomings in the system; The basis of this project is aimed at gathering information through research carried out in this document, technical visits, documentation provided by the sanctuary E.S.P, hydraulic checks of existing infrastructure based on RAS 2000 resolution 0330 of 2017; The operation, quality of the water and the operation of the PTAP are diagnosed, based on resolution 2115 of 2007 current regulations that stipulate the parameters that affect the quality of the good object of the public service and the final disposal; Another procedure is to audit the administrative and technical operation processes carried out at the water treatment plant. The conclusions and recommendations of this type of research are summarized in the following paragraphs. Conclusions, the drinking water treatment plant complies with the parameters established by law and operates in accordance with the decrees that govern this type of public service companies, their collection, operation and administration permits are the order of the day. It was evident that the operators of the treatment plant had adequate adaptations to carry out work that was adequate to the requirements of the law. The served water is suitable for human consumption according to the rules and decrees that govern it. The chemical characteristics and microbiologies that may be a risk to human health, may require and its function of treatment and disinfection is optimal. Recommendations Analysis of their mixing processes and application of Cal type coagulant, since the mixers and dispensers are out of service and operators must do it manually. Analyze the physical configuration of the Alabama flocculator as it behaves like a cox flocculator. The water that comes from the source is a water with good chemical, physical and microbiological characteristics according to resolution 2115 of

2007 the regulatory quality, characteristics, basic instruments and frequencies of the control and surveillance system for the quality of water for human consumption and decree 1575 of 2007, which establishes the system for the protection and quality control of water for human consumption.

CAPÍTULO 1

ESTADO DEL ARTE

Para la realización del estado de arte, se hizo la búsqueda en la biblioteca física y virtual de la universidad Antonio Nariño, en el repositorio de la UTP, motores de búsqueda académicos como SciELO – Scientific Electronic Library Online, Dialnet, Google Académico, Academia.edu, en los repositorios de universidades internacionales y nacionales, de los cuales se sustrajo los proyectos más relevantes sobre el tema de las plantas de tratamiento de agua potable. Se organizaron de la siguiente manera: investigaciones internacionales, investigaciones nacionales y regionales que a continuación se describirán.

1.1. Investigaciones internacionales

Control y evaluación de la planta de tratamiento de agua potable y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes de caluma nuevo cantón caluma – Provincia de Bolívar.

Objetivo: Evaluar la eficiencia de la planta de potabilización de agua para consumo humano en el Cantón Caluma por medio de un estudio de caracterización del sistema operacional, para el correcto funcionamiento de la planta y mejora de los índices de calidad de vida de sus habitantes.

Conclusiones:

- La planta de tratamiento y las unidades que la conforman se encuentran en buen estado y dentro del tiempo de vida útil para la cual fue diseñada, es decir cada unidad cumple con su función según lo propuesto.
- En la investigación realizada se identificaron puntos críticos, los mismos que se refieren a la falta de elementos esenciales para el control y operación de la planta y deficiencia en el método y preparación de desinfectante. Se identificaron también

puntos críticos de operación en relación a los procedimientos efectuados, tales como: inadecuada limpieza de las unidades potabilizadoras, poco control de operaciones de desinfección del fluido y falta de capacitación y conocimiento por parte del operador en cuanto a su funcionamiento del sistema de potabilización. (Camacho, 2014)

Semejanzas: Evaluación y auditoria de los puestos de operación de la PTAP para focalizar las debilidades y fortalezas dentro de la operación de la misma.

Diferencias: En la tesis relacionada se promueve la intención de capacitar al personal en seguridad y salud en el trabajo para aplicar planes de acción de mejoramiento en cuanto a estos temas.

Plus: Mostrar a claridad los posibles puntos focales técnicos u operativos que hagan que la PTAP no funcione de manera óptima.

Evaluación de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Vinces (Guayaquil – Ecuador).

Objetivo:

- Evaluar el sistema de potabilización de la planta de agua potable de la ciudad de Vinces para mejorar la cantidad y calidad del servicio de abastecimiento minimizando la afectación en la salud del habitante.
- Determinar las características técnicas operacionales y de proceso para el buen funcionamiento de la unidad potabilizadora de agua.

Conclusiones: La evaluación realizada en cada una de las etapas de proceso de la planta de tratamiento de agua actual con respecto al caudal de diseño de 120 L/s, se concluye que en la mayor parte de las etapas de proceso hay que realizar modificaciones excepto en las unidades de sedimentación porque cumple con el tiempo de retención mínimo de acuerdo a la norma

INEN 005-9-1 (1992) y cumple también con el tiempo promedio de retención de 2.08 hr. obtenido en la prueba de ensayo de sedimentación realizada en laboratorio. (Arizaga, 2016)

Semejanzas: En los dos documentos se realizarán estudios de tipo operacional para determinar su funcionamiento actual.

Diferencias: No se realizará en el presente documento un análisis de satisfacción de la población como lo indica la tesis referida.

Rediseño de la planta de tratamiento de agua potable para la parroquia Linares, Cantón el Chaco (Rio Bamba Ecuador).

Objetivo: Rediseñar una planta de tratamiento de agua potable para la parroquia Linares, Cantón el Chaco (Rio Bamba – Ecuador).

Conclusiones: A través de la observación directa y de herramientas topográficas se llegó a determinar que el área disponible presenta una topografía irregular encontrándose en un sitio elevado, lo que beneficiará la construcción de los nuevos sistemas estructurales ya que nos permitirá reducir costos en cuando a adecuaciones del terreno como en sistemas de bombeo ya que se lo hará aprovechando la acción de la gravedad. (Zambrano, 2016)

Semejanzas: Este trabajo no presenta semejanzas relacionadas con nuestra investigación, pero aplica para ser base del mismo.

Diferencias: No se realizarán re diseños para la planta de nuestra investigación.

Desarrollo de una herramienta de análisis de riesgo microbiológico en plantas potabilizadoras de agua como soporte a la toma de decisiones de inversión y operación.

Objetivo: Desarrollo de una herramienta metodológica para poder evaluar cuantitativamente el riesgo microbiológico en el patógeno emergente objeto en una ETAP de tratamiento convencional. Se aplicará a un caso de estudio y en base al modelo de análisis de riesgo cuantitativo, se plantearán alternativas y mejoras de inversión y operación en la ETAP caso de estudio, teniendo en cuenta los costes de implantación.

Conclusiones: Desde el episodio de Milwaukee-93 hay gran preocupación en el sector de potabilización por cuáles son las garantías de calidad que nos presentan hoy en día nuestras plantas potabilizadoras, frente a patógenos muy infectivos y resistentes a los tratamientos clásicos de potabilización. Este hecho, ha sido el inspirador original de los inicios de esta Tesis en el año previo al que fue su vigésimo aniversario. (Macián, 2015)

Semejanzas: Este trabajo no presenta semejanzas relacionadas con nuestra investigación, pero aplica para ser base del mismo.

Diferencias: No se desarrollarán herramientas para medir cuantitativamente los riesgos microbiológicos presentes en el agua.

Diseño de un sistema de potabilización a partir de aguas subterráneas, para la planta los Álamos de la ciudad de Francisco de Orellana (Ecuador).

Objetivo: Diseñar un sistema de potabilización a partir de aguas subterráneas para la planta Lo Álamos de la ciudad Francisco de Orellana.

Conclusiones: El diseño del sistema de potabilización se efectúa con base a la remoción de turbidez, color, hierro microorganismos para un caudal de 50 l/s. (4230 m³/día). La captación se realiza mediante la extracción del agua subterránea de los pozos para lo cual se requerirá dos bombas sumergibles de 13.6 Hp de potencia con un tanque de almacenamiento de caudal de 30 m³. El sistema de aireación contara con lo siguiente, una altura total de aireación de 2

metros, carga hidráulica de $6 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$, tiempo de exposición de 1.56 segundos, y 6 bandejas con una altura de separación de 0.40 metros. El sistema de filtración lenta de arena contará con lo siguiente: 3 filtros y una taza de filtración de $5 \text{ m}^3 / \text{m}^2\cdot\text{día}$. Por último, el sistema de desinfección contará con una dosis de hipoclorito de sodio de 1.5 mg/l para un caudal de tratamiento de $4320 \text{ m}^3/\text{día}$, se utilizará 9.25 Kg de cloro con una concentración del 5%. (Narváez, 2010)

Diferencias: En nuestra investigación, no se contempla realizar diagnósticos para una captación subterránea.

1.2. Investigaciones nacionales:

Evaluación de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Barbosa – Santander.

Objetivo: Analizar y evaluar las instalaciones y los procedimientos efectuados en la planta de potabilización de agua del municipio de Barbosa.

Conclusiones:

- La PTAP es de tipo convencional. Está conformada por un tanque de llegada, una canaleta Parshall, dos floculadores hidráulicos de flujo horizontal, dos sedimentadores de alta tasa con placas inclinadas, tres filtros rápidos y un taque de contacto de cloración.
- La PTAP fue diseñada para un caudal de 120 L/s, suficiente para abastecer la población proyectada para el 2041.
- Para la dosificación de coagulante es necesario que los operadores del sistema realicen con la frecuencia requerida los ensayos de jarras. (Quintero, 2016)

Semejanzas:

- En los dos estudios se realizan estudios de las plantas físicas de las PTAP
- En los dos estudios se verifica que los operarios de las plantas realicen las pruebas necesarias para un buen funcionamiento de las mismas.

Diferencias: No se realizarán estudios de índices de crecimiento poblacional como se relacionan en la tesis de estudio indicada.

Plus: En el presente documento se auditarán los diferentes puestos de trabajo que estén relacionados directamente con la producción y calidad del producto terminado.

Propuesta para el mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Duitama, Cundinamarca.

Objetivo: Proponer el mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Duitama, Cundinamarca a través de un diagnóstico, diseños de alternativas y evaluación de las mismas, con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes de este municipio.

Conclusiones:

- Con el diagnóstico del estado actual de la PTAP, calidad del efluente y afluente, se identificaron las falencias y prioridades del tratamiento de agua potable del municipio de Bituima – Cundinamarca.
- Teniendo en cuenta las caracterizaciones, pruebas hidráulicas y eficiencias de las unidades se diseñaron alternativas para el mejoramiento de la PTAP del municipio.
(Sánchez & Peña, 2011)

Semejanzas:

- En los dos estudios se realizan estudios de las plantas físicas de las PTAP

- A través de los diagnósticos realizados en los dos documentos, se pretende conocer el estado actual de la PTAP y su funcionamiento.

Diferencias: No se realizarán propuestas económicas ni de diseño para el presente diagnóstico.

Plus: En la investigación auditaron los diferentes puestos de trabajo que estén relacionados directamente con la producción y calidad del producto terminado.

Evaluación y optimización de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Tena en el departamento de Cundinamarca.

Objetivo: Evaluar técnicamente la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del municipio de Tena – Cundinamarca para su posterior optimización.

Conclusiones:

- A través del diagnóstico técnico e hidráulico del estado actual de la PTAP, evaluación de características del afluente y efluente se identificaron los aspectos técnicos que presenta la PTAP del municipio de Tena – Cundinamarca.
- Se verifico el caudal de diseño con los métodos de proyección que propone el RAS y también teniendo en cuenta estudios realizados con anterioridad por la empresa de servicios públicos ACUTENA SE ESP y en campo con la ayuda de un caudalímetro, el caudal que actualmente está operando, estos valores se encuentran entre 5 y 7 litros por segundo. (Diaz, 2017)

Diferencias:

- Se realizarán análisis de a puestos de operación para el funcionamiento de la PTAP.
- No se realizarán estudios físicos – químicos diferentes a los suministrados por la ESP del municipio de Santuario – Risaralda.

Optimización de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Chipatá – Santander.

Objetivo:

- Realizar un diagnóstico técnico y operativo de la PTAP del municipio de Chipatá – Santander.
- Valorar normativamente los factores de calidad, cantidad y continuidad actuales de la PTAP del municipio.

Conclusiones: La falta de personal técnico, tecnólogo calificado y experimentado para el manejo operativo de la PTAP, hace que la funcionalidad de la misma no esté al 100%, en cuanto a potencialidad y tiempo de producción, lo que no garantiza la calidad, cantidad y continuidad que exige la normativa vigente. (Maldonado, 2018)

Semejanzas:

- En los dos estudios se realizan estudios de las plantas físicas de las PTAP.
- En los dos documentos se evidencia el estudio técnico operativo de las PTAP.

Diferencias: En el presente documento no se pretende ofrecer un diseño para optimizar la PTAP de Santuario – Risaralda.

Diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable San Antonio – Asociación Sucuneta.

Objetivo:

- Diagnosticar la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del acueducto Asociación Sucuneta.
- Analizar los procedimientos que se realizan en la PTAP San Antonio con base en la normatividad vigente y los estándares de calidad.

Conclusiones: Se identificaron las principales características de los cinco municipios y la población abastecida por el sistema con el fin de determinar la cobertura, cantidad y continuidad de la prestación del servicio; el municipio con mayor cobertura es Nemocón, seguido de Tusa y el de menor cobertura es Cogua, ya que fue uno de los últimos municipios en ser parte del acueducto. El servicio para los cinco municipios se presta las 24 horas continuas, y en invierno en algunos casos se suspende el servicio en las 22 veredas abastecidas por el alto nivel de turbiedad en las fuentes abastecedoras. (López & Jiménez, 2016)

Semejanzas: Se realiza una valoración completa de todos los componentes activos de la planta (PTAP).

Diferencias: En esta no se pretendió realizar análisis químicos al agua adicionales a los suministrados por la ESP del municipio de Santuario – Risaralda.

1.3. Investigaciones regionales:

Documentación de los procesos operativos para la potabilización de agua en la planta de tratamiento de Villa Santana bajo la norma NTC-GP 1000:2009.

Objetivo:

- Recopilar y reordenar toda la documentación existente de la parte operativa con relación a la norma NTC-GP 1000:2009 en la planta de tratamiento de agua.
- Caracterizar cada uno de los procesos que integran la planta de tratamiento de aguas, la función que desempeñan en la misma, y las posibles variables para tener en cuenta a la hora de realizar el mantenimiento.

Conclusiones:

- Mediante la caracterización de procesos y el desarrollo de manuales de operación y mantenimiento se mejoran los subprocesos y se tiene un mayor control de variables que puedan afectar la calidad del producto. A demás se fortalece el trabajo en equipo y la comunicación entre el personal de la planta; minimizando también tiempos de capacitación a futuros empleados.
- Se realizó un Manual de Operaciones y Mantenimiento de procesos en planta donde se menciona la forma adecuada para limpiar cada unidad que compone la planta, así como las medidas que hay que llevar a cabo para dicho procedimiento, las recomendaciones que hay que tener en cuenta y un plan de mantenimiento que se está llevando a cabo donde se evidencio una mejora en las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua. (Puerta & Zapata, 2014)

Semejanzas:

- Para las dos investigaciones se trata el tema de los procesos administrativos y operativos para el funcionamiento de la PTAP
- En el diagnóstico relacionan también el mejoramiento de la calidad del agua que se entrega al consumidor.

Diferencias:

- La realización de un Manual de Higiene y Seguridad Industrial para la planta de tratamiento de agua donde se mencionan todos los riesgos que allí pueden ocurrir, así como la forma de prevenirlos y todas las normas de seguridad que se deben llevar a cabo.
- Inventario de la materia prima que se utiliza en el laboratorio para la realización de las pruebas

Plus: En el presente documento se auditarán los diferentes puestos de trabajo que estén relacionados directamente con la producción y calidad del producto terminado.

Diagnóstico técnico comparativo de los componentes de la planta de tratamiento de agua potable Aguazul del acueducto Acuaseo-Dosquebradas.

Objetivo:

- Realizar el diagnóstico técnico – comparativo de los componentes de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) AGUAZUL del acueducto Acuaseo – Dosquebradas
- Determinar las condiciones actuales en cada uno de los procesos
- Determinar las condiciones ideales teóricas en cada uno de los procesos

Conclusiones: En conclusión, la planta de tratamiento PTAP aguazul de la compañía de servicios públicos domiciliarios, del municipio de Dosquebradas, a pesar de contar con unas instalaciones físicas con las condiciones técnicas aptas para potabilización del agua, se evidencia con esta evaluación que tiene procesos susceptibles de mejoramiento como son: desarenación, aforo y mezcla rápida, dosificación de químicos, floculación, sedimentación, filtración y almacenamiento. (Lopez & Redon, 2017)

Diferencias:

- La realización de un Manual de Higiene y Seguridad Industrial para la planta de tratamiento de agua donde se mencionan todos los riesgos que allí pueden ocurrir, así como la forma de prevenirlos y todas las normas de seguridad que se deben llevar a cabo.
- Inventario de la materia prima que se utiliza en el laboratorio para la realización de las pruebas.

Propuesta para el mejoramiento del sistema de tratamiento de agua de la empresa de servicios públicos tribunas Córcega E.S.P. en los procesos de coagulación, filtración y desinfección.

Objetivo. Estructurar una propuesta que conduzca al mejoramiento del sistema de tratamiento de agua potable de la Empresa de Servicios Públicos Tribunas Córcega E.S.P, en los procesos de coagulación, filtración y desinfección.

Conclusiones.

- La planta de tratamiento de la empresa de servicios públicos Tribunas Córcega E.S.P. presenta falencias en los procesos de remoción, debidas, en primer lugar, a deficiencias presentadas en el proceso de desarenado y, como segundo, al hecho de que la responsabilidad de la clarificación recae únicamente sobre la etapa de filtración.
- En el sistema de tratamiento de esta empresa se necesita adicionar un álcali al agua, puesto que el agua tratada presenta valores de pH, por debajo del mínimo permitido por la normatividad del país.
- La implementación del proceso de coagulación constituye la alternativa más favorable para corregir las dificultades en los procesos de remoción del material suspendido.
(Velásquez, 2008)

Semejanzas:

- El presente documento esta direccionado auditar e investigar los procesos de operación en cuanto a coagulación, filtración y desinfección y presentar una propuesta que permita mejorar las condiciones técnicas dentro de la planta de tratamiento de agua potable.

- Determina procesos tanto en la parte de infraestructura, como en sus tratamientos por medio de coagulantes que mejoran la calidad del agua entregada al consumidor.

Diferencias:

- Análisis cualitativos de costos de operación de los procesos en la planta de tratamiento.
- Estudio de los procesos y las estructuras que están antes del proceso de la potabilización del agua.

CAPÍTULO 2

DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.

El agua es un compuesto con características únicas, de gran significación para la vida, el más abundante en la naturaleza y determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos que gobiernan el medio natural. El agua aparte se resume en una simple fórmula: H_2O , que es la característica más general de las grandes masas que cubren el 71% de la superficie de la tierra (océanos, casquetes polares, glaciares, aguas superficiales y subterráneas) y que conforman lo que se denomina la hidrosfera.

Se estima que el volumen total de agua contenido en la hidrosfera es 1.386 millones de Km^3 . De este volumen, 96.5% se encuentra en los océanos como agua salada y el 3.5% restante, como agua dulce proveniente del continente. De este último porcentaje el 69% se encuentra en forma sólida en los glaciares y el 30% como agua subterránea, quedando solamente el 1% que conforma los ríos y cuerpos de agua (García, y otros, 2009).

La oferta hídrica en Colombia por la ubicación geográfica, la variedad topográfica y el régimen climático que caracterizan al territorio colombiano han determinado que posea una de las mayores ofertas hídricas del planeta. Sin embargo, esta oferta no está distribuida homogéneamente entre las diferentes regiones del país y, además, está sometida a fuertes variaciones que determinan la disponibilidad del recurso hídrico; razones por las cuales en el territorio continental de Colombia se presentan desde zonas desprovistas de agua hasta aquellas con grandes excedentes, que someten a importantes áreas del país a inundaciones periódicas de duración considerable.

La presencia de altas montañas, abundantes precipitaciones, extensas sabanas y selvas húmedas, junto con la ubicación estratégica en la zona tropical, caracterizan al territorio nacional y

determinan la existencia de ecosistemas con un potencial hídrico valioso y sistemas complejos de regulación. Este enorme potencial se restringe en su aprovechamiento por la confluencia de múltiples factores antrópicos que han generado efectos en los componentes del ciclo hidrológico y, en especial, sobre la calidad del agua por la incorporación de residuos a las fuentes que los abastecen. Por la cual se opta por emplear un conjunto de estructuras denominada planta de tratamiento de agua potable (PTAP), en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano. (García, y otros, 2009)

En la actualidad la mayoría de las plantas de tratamiento de agua potable a nivel nacional no se encuentran siendo operadas de la manera más apropiada y debido a ello su funcionamiento no es el más óptimo para la misma, una posible causal de ello es la falta de educación y capacitación para los operarios de dichas plantas de tratamiento, ya que la en la mayoría de veces los operarios de las plantas, también son porteros, jardineros, y su perfil de desempeño no es el indicado para realizar las veces de operario de la planta

El Municipio de Santuario se encuentra ubicado en la región centro occidental del Departamento de Risaralda, en la actualidad, la población total del Municipio de Santuario se estima en 11.787 habitantes para el año 2018 Ver Tabla N°1 (Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. DANE, 2018)

Tabla 1. Vivienda, hogares, personas Santuario

Cabecera Municipal Personas en hogares particulares	Resto Municipal (Centros Poblados y Rural Disperso) Personas en hogares particulares	Total, municipio
5.649	6.138	11.787

Fuente. DANE. (2018)

Santuario hace parte de la cuenca hidrográfica del río Cauca, sub cuenca del río Risaralda, a donde vierten todas sus aguas a través de las micro cuencas de los ríos Mapa y Totuí; siendo un municipio altamente rico en aguas.

ha servido de base para los arreglos y cambios totales que se han realizado por sectores.
(Municipio de Santuario, 2019).

Teniendo los cuenta, los decretos y normas vigentes sobre la prestación de servicios públicos y realizando el diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable, se analizaran los resultados para comprender de mejor manera cómo funcionan las plantas, como debe ser el producto final entregado a los acueductos para así prestar el servicio con calidad y satisfacer las necesidades de los santuareños, proyectándose al mejoramiento de la infraestructura actual, procesos físicos, químicos y microbiológicos que ella comprende.

CAPÍTULO 3

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La planta de tratamiento de agua potable del municipio de Santuario Risaralda, se abastece del río San Rafael, que se localiza en la vertiente oriental de la cordillera occidental que a su vez pertenece a la cuenca del río Cauca, sus dos bocatomas se encuentran localizadas a 2006 y 2110 msnm con una captación aproximada de 63 l/s lo que excede lo máximo permitido por la CARDER que lo estipula en 45 l/s, (Ramírez, Pulgarín, López, & Fernández, 2007) y esto se debe a que las crecientes del río San Rafael, han deteriorado de una manera considerable la estructura de la bocatoma, lo que hace que dicha estructura no funcione de una manera adecuada, adicional a esta, la segunda bocatoma de captación lateral ubicada a 80 metros de distancia aguas abajo de la bocatoma principal no funciona de una manera óptima.

Así entonces tras la delimitación del problema se plantea la pregunta de investigación como se describe a continuación, ¿Cuál es el estado del funcionamiento técnico y administrativo de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Santuario Risaralda, se cumple con la reglamentación para este tipo de plantas?

CAPÍTULO 4

MARCO TEÓRICO

4.1. Elementos que componen una planta de tratamiento de agua potable

4.1.1. El Agua

El agua es llamada el solvente universal y los parámetros químicos están relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias entre las que podemos mencionar a los sólidos disueltos totales, alcalinidad, dureza, fluoruros, metales, materia orgánica y nutriente (Arellano, 2002). Parámetros biológicos de la calidad del agua: En el agua literalmente hablando es un medio donde habitan especies biológicas diversas y llevan a cabo su ciclo vital. Desde el organismo unicelular hasta especies de gran tamaño, evidencian la calidad del agua, su presencia o ausencia puede indicar la situación en que se encuentra el cuerpo de agua. (Salamanca, 2016)

4.1.2. Acueductos

Es el conjunto de obras destinadas a derivar, conducir, acondicionar y distribuir el agua requerida por una población a partir de una fuente de abastecimiento. Bajo condiciones de excelente calidad en cantidades suficientes, con continuidad total de (24h/día) y tarifas justas, que garanticen la sostenibilidad para las generaciones actuales y futuras. (Hernández & Corredor, 2017)

4.1.3. Parámetros de las PTAP'S

Un sistema de abastecimiento de agua potable se compone básicamente por un conjunto de estructuras, entre otras la bocatoma, que permite la captación de agua cruda proveniente de la fuente; la aducción que permite el transporte de agua cruda entre la bocatoma, el desarenador y la PTAP y finalmente la conducción que corresponde al

transporte y distribución del agua tratada (potable). Una PTAP es, a su vez, un conjunto de estructuras en las cuales se llevan a cabo operaciones y procesos unitarios con el fin de remover sustancias indeseables para garantizar que el agua sea inocua para el ser humano, es decir que se transforme en agua potable. Estas operaciones y procesos son principalmente coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. En el agua se encuentran presentes sustancias que de acuerdo a su tamaño pueden ser disueltas, coloidales o suspendidas. (Muñoz, 2018)

4.1. 4. Dotaciones y caudales de diseño

Según la legislación colombiana (Resolución 0330 de 2017), se establece criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos unitarios involucrados en la conceptualización, diseño y la construcción, entre otros, de plantas de tratamiento de agua potable en el territorio nacional. La resolución es una guía para los diseñadores, que no desconoce en ningún momento la literatura en cuando a la conceptualización de dichos sistemas, pero si ofrece un punto de partida para el diseño de estos procesos, especialmente en municipios en donde no se cuenta con información suficiente para establecer las demandas de la población, que es en últimas el parámetro que define el tamaño o capacidad de las estructuras a diseñar.

4.1.5. Dotación Bruta

Es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante considerando para su cálculo el porcentaje de pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. La dotación bruta para el diseño de cada uno de los componentes que conforman un sistema de acueducto, indistintamente del nivel de complejidad, se debe calcular conforme a la formula

$$Db = \left(\frac{Dn}{1 - \%P} \right)$$

Donde: Db=Dotación bruta Dn=Dotación neta %P: Pérdidas técnica máximas admisibles

Las pérdidas técnicas corresponden a la diferencia entre el volumen de agua tratada y medida a la salida de la planta potabilizadora y el volumen entregado a la población medido en las acometidas domiciliarias del municipio. En la Resolución 0330 de 2017, se establece que para los municipios que no cuenten con registros sobre pérdidas de agua en el sistema de acueducto, el porcentaje de pérdidas técnicas admisibles depende del nivel de complejidad del sistema, tal como se establece en la Tabla # 2. (Muñoz, 2018)

Tabla 2. Tipos de plantas de tratamiento de agua potable

NIVEL DE COMPLEJIDAD	PORCENTAJES MÁX. ADM. DE PÉRDIDAS
BAJO	40
MEDIO	30
MEDIO ALTO	25
ALTO	20

Fuente. RAS 200 tabla B.2.4 en la página B36

Con los valores de dotación neta, y de porcentaje de pérdidas técnicas admisibles en el sistema, se definen los parámetros de diseño de las estructuras que componen los sistemas de abastecimiento de agua, como las plantas de potabilización. Según el IDEAM (2010) en Colombia, de acuerdo con la condición económica, el consumo básico es del orden de 20 m³ / suscriptor – mes, lo que equivale a 110 l/hab-día. Esto se considera como un consumo alto, comparado con los valores establecidos por la Organización Mundial de la salud OMS (2003), en donde determina que el consumo básico debe ser de 100 l/hab-día. (Muñoz, 2018)

4.1.6. Planta de tratamiento de agua potable

El sistema de tratamiento se compone de un conjunto de operaciones unitarias que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas para hacerla potable de acuerdo con las normas de calidad del agua potable establecidas en el Decreto 1575 del 2007 (Por el cual se establece el Sistema para la Protección y

Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano) y la Resolución 2115 de 2007 (Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano). Citado en: (Cárdenas, 2014)

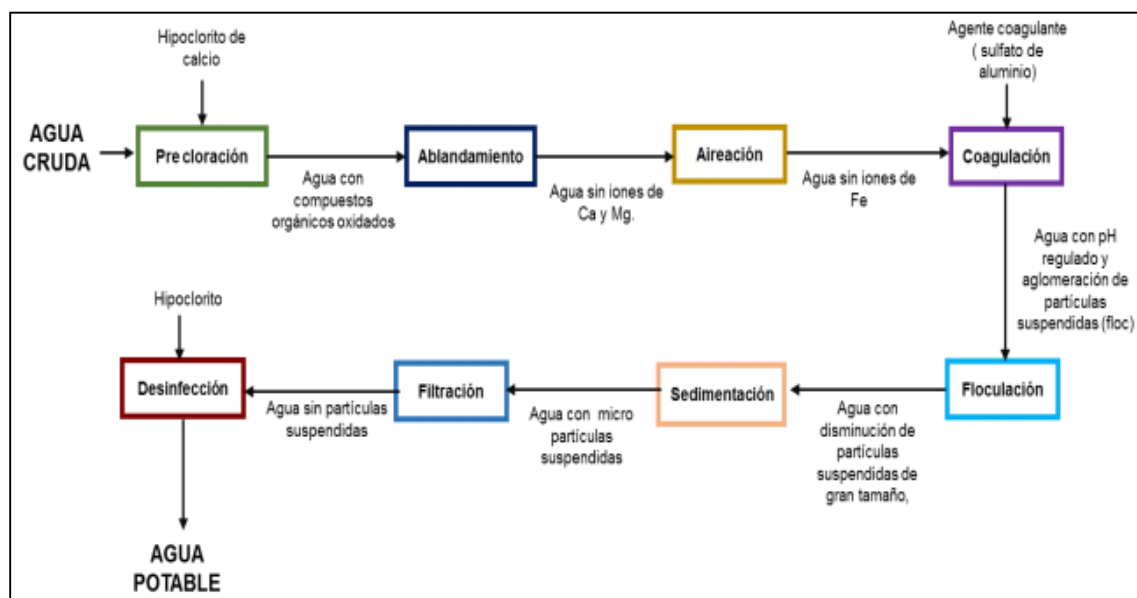


Figura 3. Diagrama de bloques de una PTAP

Fuente. (Cárdenas, 2014)

4.1.7. Procesos de una PTAP: Definiciones

Pre cloración: es un proceso de acondicionamiento del agua para que posteriores etapas sean más eficientes. Consiste en añadir el agente generador de formas activas de cloro a la entrada de la planta depuradora (Romero, 2005). Citado en: (Cárdenas, 2014)

Ablandamiento: La dureza en el agua se genera como consecuencia de la presencia de ciertas sales en el agua. Los iones presentes en un agua dura son Calcio (Ca^{2+}), Magnesio (Mg^{2+}) y bicarbonatos (HCO_3^-). Estos iones o minerales son los causantes de la formación de depósitos en las tuberías y demás equipos utilizados en los sistemas de agua potable y de agua de proceso (Lenntech, 2014). Citado en: (Cárdenas, 2014)

Coagulación: consiste en adicionar al agua una sustancia que tiene propiedades coagulantes, la cual transfiere sus iones a la sustancia que se desea remover, lo que neutraliza la carga eléctrica

de los coloides para favorecer la formación de flóculos de mayor tamaño y peso. Las condiciones de pH y alcalinidad del agua influyen en la eficiencia de la coagulación. Este proceso se utiliza principalmente para remover la turbiedad y el color (Canal de Isabel II, 2012). Citado en: (Cárdenas, 2014)

Floculación: es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado. Es un paso del proceso de potabilización de aguas de origen superficial (Canal de Isabel II, 2012).

Sedimentación: consiste en promover condiciones de reposo en el agua, para remover, mediante la fuerza gravitacional, las partículas en suspensión más densas (Pérez, 1981). Citado en: (Cárdenas, 2014)

Filtración: consiste en hacer pasar el agua a través de un medio poroso (normalmente de arena) en el cual actúan una serie de mecanismos de remoción cuya eficiencia depende de las características de la suspensión (agua más partículas) y del medio poroso. Este proceso se utiliza como único tratamiento cuando las aguas son muy claras o como proceso final de pulimento en el caso de aguas turbias. Los medios porosos utilizados, además de la arena que es el más común, son la antracita, el granate, la magnetita, el carbón activado, la cáscara de arroz, la cáscara de coco quemada y molida y también el pelo de coco en el caso de los filtros rápidos. En los filtros lentos lo más efectivo es usar exclusivamente arena; no es recomendable el uso de materiales putrescibles (Sarandí Construcciones, 2011). Citado en: (Cárdenas, 2014)

Desinfección: El valor aceptable del cloro residual libre en cualquier punto de la red de distribución del agua para consumo humano deberá estar comprendido entre 0,3 y 2,0 mg/L. La

dosis de cloro por aplicar para la desinfección del agua y asegurar el residual libre debe resultar de pruebas frecuentes de demanda de cloro.

Cuando se utilice un desinfectante diferente al cloro o cualquiera de las formulaciones o sustancias que utilicen compuestos distintos para desinfectar el agua para consumo humano, los valores aceptables para el residual correspondiente u otras consideraciones al respecto, serán los reconocidos por la Organización Mundial de la Salud y adoptados por el Ministerio de la Protección Social, quien tendrá en 2. El valor aceptable del cloro residual libre en cualquier punto de la red de distribución del agua para consumo humano deberá estar comprendido entre 0,3 y 2,0 mg/L. La dosis de cloro por aplicar para la desinfección del agua y asegurar el residual libre debe resultar de pruebas frecuentes de demanda de cloro. Resolución 2115 (2017. hoja N°5)

4.1.8. Componentes principales de un sistema de abastecimiento

Captación: Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento.

Bocatoma: Estructura hidráulica que capta el agua desde una fuente superficial y la conduce al sistema de acueducto.

Desarenadores: Componente destinado a la remoción de las arena y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación mecánica.

Aducción: Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión.

Conducción: Componente a través del cual se transporta agua potable, ya sea a flujo libre o a presión.

Planta de tratamiento o de potabilización: instalaciones necesarias de tratamientos unitarios para purificar el agua de abastecimiento para una población.

Tanque de almacenamiento o de compensación: Depósito de agua en un sistema de acueducto, cuya función es compensar las variaciones en el consumo a lo largo del día mediante almacenamiento en horas de bajo consumo y descarga en horas de consumo elevado.

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.

4.1.9. Métodos y procesos para el tratamiento del Agua

Coagulación: Aglutinación de las partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua mediante la adición de coagulantes.

Floculación: Aglutinación de partículas inducida por una agitación lenta de la suspensión coagulada.

Sedimentación: El proceso consiste en el asentamiento de las partículas en el fondo del tanque haciendo que el agua se detenga por un tiempo determinado.

Filtración: Proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso.

Existen dos métodos que son los más comunes:

Filtración rápida: Proceso de filtración a alta velocidad.

Filtración lenta: Proceso de filtración a baja velocidad. (Ministerio de Desarrollo Económico.

RAS , 2000)

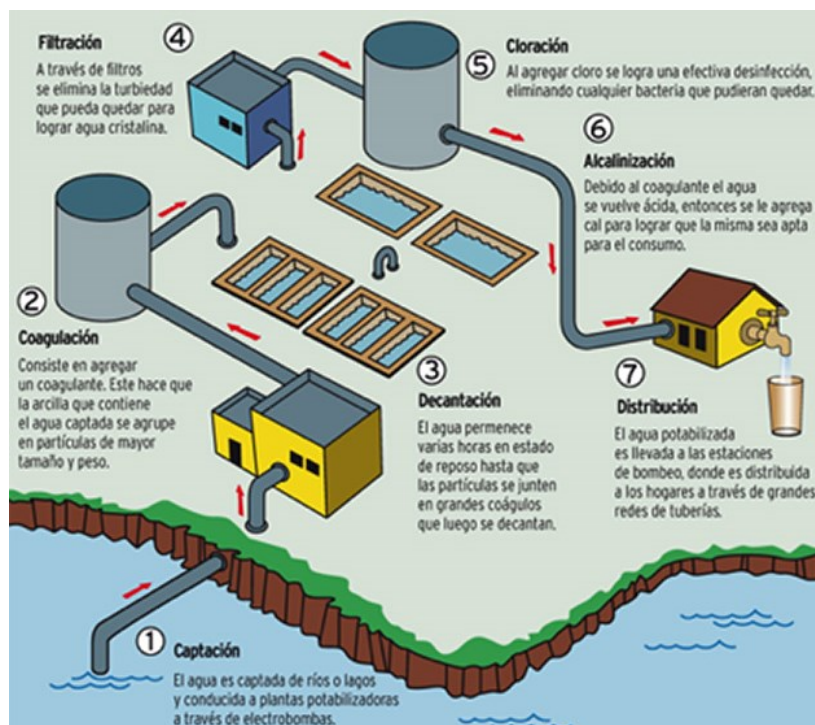


Figura 4. Proceso potabilización agua

Fuente: (Notiactual, 2020)

4.1.10. Tipos de plantas de tratamiento de agua potable.

Plantas Convencionales: Es un sistema de tratamiento integrado que incluye todos los procesos para la obtención de agua potable, como los son: coagulación, mezcla rápida, floculación, sedimentación, clarificación, filtrado y desinfección.

Dependiendo de las características del agua podemos obtener un sistema de filtración simple o doble el cual es recomendable cuando el agua tiene alto color o contenidos altos de hierro y manganeso.

Cada planta se debe diseñar de acuerdo al análisis de agua y trazabilidad y se debe hacer con sistema modular que incorpore las etapas del tratamiento. Estas deben tener su tanque en acero o fibra de vidrio y contener lechos filtrantes para la grava, arena, antracita, carbón activado y/o resinas especializadas. Si el agua tiene alto contenido de hierro se requiere un tratamiento de oxidación previo hecho mediante torres de aireación o pre-cloración

Plantas de filtración en múltiples etapas: se denomina así a las plantas en donde existe filtración lenta en múltiples etapas.

Plantas de filtración directa: en donde el agua es llevada directamente a los filtros y enseguida se clora.

Planta de filtración en línea: se realiza coagulación, filtración y cloración.

Planta compacta: La planta modular es un sistema integrado de tratamientos en varias etapas que incluye todos los procesos requeridos para obtener agua potable. Ocupan poco espacio y se pueden ampliar fácilmente añadiendo módulos de clarificación y de filtración.

Adecuadas para: aguas de pozo profundo con alto contenido de color, hierro y manganeso; y muy eficientes con aguas de quebradas de montaña con parámetros que van de mediano a bajo contenido de sólidos en suspensión (SST) y con contenidos de color, que presentan picos pasajeros de alta turbiedad y color cuando hay lluvias fuertes.

De acuerdo con las características del agua a tratar, se incorpora procesos de pre-aireación y oxidación, arenas especiales para eliminar hierro y manganeso o Postratamiento con carbón activado cuando hay elementos orgánicos. (ACUATECNICA, 2016)

4.2. Marco geográfico

4.2.1. Información general del municipio de Santuario Risaralda.



Figura 5. Localización del Municipio de Santuario en el Departamento de Risaralda.

Fuente: CARDER. (2019)

El Municipio de Santuario se encuentra ubicado en la región centro occidental del Departamento de Risaralda, en el flanco oriental de la cordillera occidental de los Andes, entre las siguientes coordenadas geográficas en sus puntos más extremos: 4° 55' y 5° 09' latitud norte, 75° 50' y 76° 04' longitud oeste del meridiano de Greenwich, se encuentra a una altura de 1560 msnm. Posee un área total de 226 Km²

Su cabecera está localizada a los 5° 5' de latitud norte y 75° 58' de longitud al oeste de Greenwich y dista 64 km de Pereira, la capital, por carretera asfaltada. Limita con los Municipios de Pueblo Rico, Apia, La Celia y Balboa y los Departamentos Valle del Cauca y Caldas.

(Universidad La Gran Colombia, s.f.)

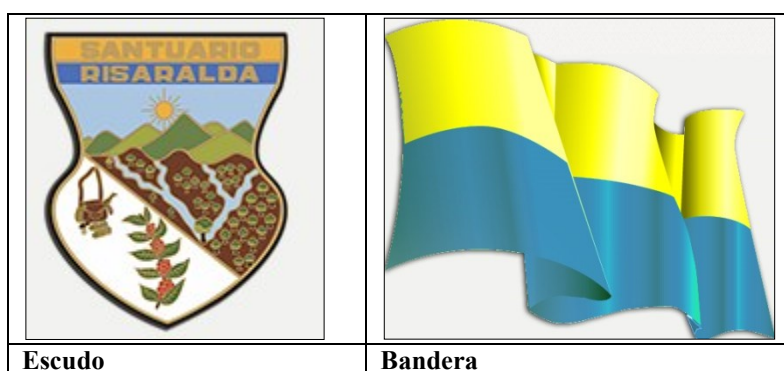


Figura 6. Símbolos patrios de Santuario

Fuente: (Alcaldía de Santuario, 2018)

4.2.2. Demografía del municipio de Santuario.

Según el censo poblacional 2018, DANE, Santuario tiene un total de 11.787 habitantes, (Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. DANE, 2018)

Tabla 3. población Santuario según DANE

Año	Población		
	Total	Cabecera	Rural
2018	11.787	5.649	6.138

Fuente: DANE. (2018)

Municipio de Santuario: Ubicado en el centro del Departamento a 64 Km de Pereira se caracteriza por pertenecer al grupo de Municipios con medio nivel de cercanía con la capital. Aloja

actualmente cerca del 1,68% de la población del Departamento, tendencia que será menor paulatinamente al encontrarse su tasa de aumento de población por debajo del promedio Departamental, ubicado para el período 2005-2011 en el 0,18% anual promedio mientras para el Departamento se ubicó en casi el doble con el 0,34% para el mismo rango.

4.3. Marco legal

A continuación, se mencionan los lineamientos legales que tratan sobre el plan básico de saneamiento de agua potable que rigen para el territorio nacional:

Tabla 4. Leyes del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico

Ley año	Descripción
0142-1994	Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones
0286-1996	Se modifican parcialmente las Leyes 142 y 143 de 1994 Sobre servicios públicos domiciliarios.
0430-1998	Se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
0505-1999	Se fijan términos y competencias para la realización, adopción y aplicación de la Estratificación.
0632-2000	Se modifican parcialmente las Leyes 142, 143 de 1994, 223 de 1995 y 286 de 1996. Sobre servicios públicos domiciliarios.
0421-2000	Se reglamenta el numeral 4 del artículo 15 de la Ley 142 de 1994, en relación con las organizaciones autorizadas para prestar los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico en municipios menores, zonas rurales y áreas urbanas específicas
0715-2001	Se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151, 288, 356 y 357.
0689-2001	Se modifica parcialmente la Ley 142 de 1994, en la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.
0732-2002	Se establecen nuevos plazos para realizar, adoptar y aplicar las estratificaciones socioeconómicas urbanas y rurales en el territorio nacional.
0155-2004	Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones.
4742-2005	Se modifica el artículo 12 del Decreto 155 de 2004 mediante el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas
1575-2007	Se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para el consumo humano
1176-2007	Se desarrollan los artículos 356 y 357 de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones.
2115-2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para el consumo humano
3320-2008	Se reglamentan los artículos 100 de la Ley 1151 de 2007 y 13 de la Ley 1176 de 2007, en relación con el procedimiento a seguir para el giro de los recursos del Sistema General de Participaciones - para agua potable y saneamiento básico.
4548-2009	Se da aplicación al artículo 14 de la ley 1150 de 2007, en relación con los gestores de los Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento de que trata el artículo 91 de la Ley 1151 de 2007

4924-2011	Se establecen reglas que adicionan la metodología para la distribución de los recursos provenientes de aportes solidarios en el otorgamiento de subsidios de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.
2667-2012	Se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.
2246-2012	Se reglamenta el artículo 21 de la Ley 1450 de 2011 y se dictan otras disposiciones.
1873-2012	Se reglamenta el artículo 250 de la Ley 1450 de 2011, se crea el Mecanismo Departamental de Evaluación, Viabilización y Aprobación de Proyectos del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico priorizados en el marco de los Planes Departamentales de Agua y de los programas regionales y/o departamentales que implemente el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, se establecen sus requisitos y se dictan otras disposiciones.
1040-2012	Se reglamenta la Ley 1176 de 2007 en lo que respecta a la participación para Agua Potable y Saneamiento Básico del Sistema General de Participaciones, y la Ley 1450 de 2011 en lo atinente a las actividades de monitoreo, seguimiento y control integral de estos recursos
3050-2013	Se establecen las condiciones para el trámite de las solicitudes de viabilidad y disponibilidad de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.
3051-2013	Se adiciona un párrafo transitorio a los artículos 11 del Decreto 1040 de 2012 y 7 del Decreto 1639 de 2013
2981-2013	Se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.
2650-2013	Por el cual se modifica la estructura de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA.
2651-2013	Se modifica la planta de personal de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA y se dictan otras disposiciones
1639-2013	Se reglamenta parcialmente el artículo 4 de la Ley 1176 de 2007 en cuanto al proceso de certificación de los distritos y municipios y se dictan otras disposiciones.
0490-2013	Se modifican los artículos 7º y 9º del Decreto 1350 de 2012.
1953-2014	Se crea un régimen especial con el fin de poner en funcionamiento los Territorios Indígenas respecto de la administración de los sistemas propios de los pueblos indígenas hasta que el Congreso expida la ley de qué trata el artículo 329 de la Constitución Política
1484-2014	Se reglamenta la Ley 1176 de 2007 en lo que respecta a los recursos de la participación para Agua Potable y Saneamiento Básico del Sistema General de Participaciones y la Ley 1450 de 2011 en lo atinente a las actividades de monitoreo.
2412-2015	Se modifican los artículos 2 y 3 del Decreto 2883 de 2007
0475-2015	Se reglamenta el artículo 250 de la Ley 1450 de 2011 y se dictan otras disposiciones.
2141-2016	Se adiciona una sección al decreto 1076 de 2015, decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible, en lo relacionado con ajuste a la tasa retributiva.
1898-2016	Se adiciona el título 7, capítulo 1, a la parte 3, del libro 2 del decreto 1077 de 2015, que reglamenta parcialmente el artículo 18 de la ley 1753 de 2015, en lo referente a esquemas diferenciales para la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en zonas rurales.
0596-2016	Se modifica y adiciona el Decreto 1077 de 2015 en lo relativo con el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio, y se dictan otras disposiciones
1784-2017	Se modifica y adiciona el Decreto 1077 de 2015 en lo relativo con las actividades complementarias de tratamiento. Y disposición final de residuos, sólidos en el servicio público de aseo.
1272-2017	Se adiciona el Capítulo 2, al Título 7, de la Parte 3, del Libro 2 del Decreto 1077 de 2015, que reglamenta parcialmente el artículo 18 de la Ley 1753 de 2015, en lo referente a esquemas diferenciales para la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en zonas de difícil acceso, áreas de difícil gestión y áreas de prestación, en las cuales por condiciones particulares no puedan alcanzarse los estándares de eficiencia, cobertura y calidad establecidos en la ley.
0330-2017	Se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 17 de noviembre de 2000, 0424 de 18 de

	mayo de 2001, 0668 de 19 de junio de 2003, 1459 de 5 de octubre de 2005, 1447 de 5 de octubre de 2005 y 2320 de 27 de noviembre de 2009.
0678-2017	Se establecen los criterios técnicos y requisitos de presentación, aprobación, visualización y reformulación de los proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico que se adelanten bajo la modalidad de Asociaciones Publico Privadas – APP, que se financien o no se financien con recursos del presupuesto General de la Nación, o de otros fondos públicos.
2412-2018	Se adiciona el capítulo 7, al título 2, de la parte 3, del libro 2, del decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015, que reglamenta parcialmente el artículo 88 de la Ley 1753 de 2015, en lo referente al incentivo al aprovechamiento de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
1207-2018	Se reglamenta el artículo 164 de la Ley 142 de 1994 y se adiciona una sección al Decreto 1077 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, en lo relacionado con las inversiones ambientales de las empresas de servicios del sector de agua potable y saneamiento básico, y se dictan otras disposiciones
0874-2018	Se definen las inversiones ambientales que se incluyen en las tarifas de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.
0844-2018	Se establecen los requisitos técnicos para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo los esquemas diferenciales definidos en el capítulo 1, del Título 7, parte 3, del libro 2 del Decreto 1077 de 2015.
0528-2018	Se adopta la guía metodológica del programa de conexiones intradomiciliarias de acueducto y alcantarillado.
0140-2018	Se adoptan mecanismos para el fortalecimiento de las funciones administrativas de seguimiento a los proyectos de acueducto, alcantarillado y aseo que cuenten con apoyo financiero de nación que presenten alertas especiales por situaciones que ponen en riesgo su ejecución y se dictan otras disposiciones.
0246-2018	Se modifica la Resolución 0487 de 2017, que reglamenta el artículo 57 de la Ley 1537 de 2012, que creó dentro de la estructura operativa del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, el Sistema de Inversiones en Agua Potable y Saneamiento Básico – SINAS.
0660-2018	Se reglamentan las cuentas maestras pagadoras y las cuentas de manejo de garantías de las participaciones de agua potable y saneamiento básico, educación, propósito general, las asignaciones especiales y la asignación para la atención integral a la primera infancia del sistema general de participaciones.
0115-2018	Se modifica el artículo 19 de la resolución 0501 de 2017 - Por la cual se expiden los requisitos técnicos relacionados con composición química e información, que deben cumplir los tubos, ductos y accesorios de acueducto y alcantarillado, los de uso sanitario y los de aguas lluvias, que adquieran las personas prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, así como las instalaciones hidrosanitarias al interior de las viviendas y se derogan las resoluciones 1166 de 2006 y 1127 de 2007.
0097-2018	Se definen los requisitos de presentación, evaluación y viabilización de proyectos de obras por impuestos para el suministro de agua potable y alcantarillado.
1977-2019	Se modifica parcialmente la ley 1176 de 2007 en lo que respecta al sector de agua potable y saneamiento básico.
1425-2019	Se subroga el capítulo 1, del título 3, de la parte 3, del libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015, con relación a los Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento.
0673-2019	Se adiciona un inciso al artículo 2.3.6.3.5.15. de la sección 5, del capítulo 3, del título 6, de la parte 3, del libro 2, del Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015, en lo relativo a las reglas de difusión en casos excepcionales.
0661-2019	Se establecen los requisitos de presentación y viabilización de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico que soliciten apoyo financiero de la Nación, así como de aquellos que han sido priorizados en el marco de los Planes Departamentales de Agua y de los Programas que implemente el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, a

	través del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, se deroga la Resolución 1063 de 2016 y se dictan otras disposiciones
0571-2019	Se reglamenta el plan de gestión para las personas prestadoras de los servicios de acueducto o alcantarillado que deseen acogerse a condiciones diferenciales en zonas rurales.
0112-2019	Se delega la supervisión de los contratos de interventoría al mecanismo “obras por impuestos”, de las obras de agua potable y saneamiento básico.

Fuente: Adaptación propia a partir de: (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, 2020)

CAPÍTULO 5

OBJETIVOS

5.1 Objetivo General.

Diagnosticar el estado del funcionamiento técnico y administrativo de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Santuario Risaralda.

5.2 Objetivos Específicos.

1. Evaluar el componente administrativo de la planta de tratamiento de agua potable del municipio Santuario.
2. Verificar que el funcionamiento hidráulico de la planta de tratamiento de agua potable de santuario cumpla con los términos de la norma vigente Resolución 0330 de 2017
3. Comparar los resultados de las pruebas de calidad realizadas por la E.S.P del municipio Santuario del agua servida, con los parámetros establecidos en la norma, índice de riesgo de calidad del agua (IRCA), Resolución 2115 de 2007 y decreto 1575.

CAPÍTULO 6

JUSTIFICACIÓN

La planta de tratamiento de agua potable del municipio de Santuario fue construida en el año 1985, lleva al servicio de la población 34 años. La fuente de abastecimiento del acueducto Municipal de Santuario es el Rio San Rafael, el cual se localiza dentro de un área aproximada de 3978 Hectáreas de la reserva protegida Parque Nacional Natural Tatamá, está situado en la vertiente oriental de la cordillera occidental y pertenece a la cuenca del rio Cauca, aguas arriba de la captación no existe ningún asentamiento humano lo que reduce las fuentes de contaminación del afluente.

Es importante conocer la calidad del agua tratada y entregada a los suscriptores, ya que es el líquido vital para su consumo diario, alimentos e higiene, tomar agua no potable puede tener efectos adversos para la salud, basado en el diagnóstico presente se puede obtener las condiciones de funcionamiento y operación de la planta del municipio de Santuario, exponiendo como resultados las falencias que pueda tener la infraestructura y los procesos operativos, ayudando de esta manera al ente administrador de la planta a tomar decisiones para optimizar el funcionamiento y la calidad del agua servida.

Se actualizará con el presente diagnostico las variables de mayor incidencia respecto del funcionamiento hidráulico, el estudio de la calidad del agua servida a través de las pruebas de laboratorio que allí se realizan y conocer si los operarios cuentan con una capacitación adecuada para el manejo de la misma, cumpliendo de esta manera con la normatividad vigente que le rige, brindándoles una visión clara de la PTAP para tomar posibles acciones de mejora.

CAPÍTULO 7

METODOLOGÍA.

7.1. Tipo de investigación

Mixta, cuantitativa, descriptiva. La razón para las fases del trabajo fue definir las características específicas del elemento objeto de investigación, para este caso la planta de tratamiento y describir sociológica y psicosocialmente algunas variables de los trabajadores que laboran en dicha planta

La razón de ser cuantitativa es de acuerdo al método descriptivo, se caracterizaron procesos que requieren para su análisis de fórmulas matemáticas, variables estadísticas que permitieron presentar los resultados que se hicieron al desarrollar el trabajo de campo

7.2. Población

La población de estudio fue el componente administrativo limitado a los requisitos mínimos exigidos por la ley y la idoneidad de los trabajadores que se desempeñan de manera directa con el funcionamiento de la PTAP y su infraestructura.

7.2.1. Muestra

Corresponde a los documentos necesarios para su permiso de funcionamiento, el análisis de cada uno de los componentes físicos de la PTAP y el análisis de las pruebas de calidad del agua

7.3. Instrumentos

Encuesta. Semiestructurada con preguntas cerradas o dicotómicas y de selección múltiple, para la construcción del formulario con el que se elaboró la encuesta, se procedió a plantear preguntas claras, puntuales y sencillas que permitieron emitir un concepto claro de lo indagado en cada ítem (Ver formato de la misma en final del documento Anexos, nexos del mismo nombre)

7.4. Fases de la investigación

El desarrollo del módulo metodológico de este documento, se ejecutó en cuatro fases, que se describen de manera detallada a continuación:

7.4.1. Fase de planeación

Para esta fase se realizó una investigación de proyectos de grado, de pre y post grado relacionados con diagnósticos de plantas de tratamiento de agua potable (PTAP), en los cuales se describen problemas de funcionamiento de las mismas, que se logró presentar en el diagnóstico de la planta de tratamiento del municipio de Santuario.

En esta fase se tomó como referencia los documentos de pre y post grado que presentan las semejanzas más relevantes con el presente documento. Entre ellos se tomó la referencia internacional del diagnóstico de la planta de agua potable de Vinces (Guayaquil – Ecuador), donde uno de sus objetivos fue determinar las características técnicas operacionales y de proceso para el buen funcionamiento de la unidad potabilizadora de agua. (Arizaga, 2016), que fue la base para realizar una parte del presente diagnóstico.

Para las referencias nacionales se tomó como base la evaluación y optimización de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Tena en el departamento de Cundinamarca. (Diaz, 2017), donde su objetivo más relacionado con este diagnóstico es evaluar técnicamente la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del municipio de Tena para su posterior optimización. En relación al presente documento es la semejanza en la evaluación técnica de la PTAP

En conjunto todas las investigaciones referenciadas tomadas para este documento aportaron para la construcción fundamentada del diagnóstico de la PTAP del municipio de Santuario y de esta manera tener un resultado objetivo del estado de dicha planta.

Gracias a esta recopilación de documentos se logró tener una base clara y sólida para iniciar una investigación y así poder diagnosticar de manera adecuada el funcionamiento general de la PTAP de Santuario.

7.4.2. Fase exploratoria

Se realizó revisión bibliográfica tanto teórica como de la información con la que disponía el municipio de Santuario.

Para llevar a cabo esta fase se realizó desplazamiento hasta el municipio de Santuario donde se tuvo una reunión preliminar con el funcionario encargado de la operación de la planta, al cual se le solicitó el permiso de ingreso para las visitas técnicas a las estructuras que comprenden la PTAP, posterior a ello se solicitó la información sobre las pruebas de calidad del agua que se capta y el agua que se sirve.

7.4.3. Fase de ejecución

La información que se recopiló permitió realizar un cuadro comparativo entre los resultados que arrojaron los controles de calidad contra los establecidos por el IRCA en la Resolución 2115 de 2007; Durante la visita se realizó recorrido de la planta física donde se tomaron las dimensiones de cada estructura y con esta información se digitalizaron los datos y posteriormente se llevó a cabo un chequeo hidráulico de las diferentes estructuras, con estos resultados se procedió a comparar con los parámetros definidos por la resolución 0330 de 2017.

Por último, se presentó el informe final valorativo basado en la visita y los resultados obtenidos de los chequeos tanto hidráulicos como de operación técnica.

7.4.4. Fase de evaluación

Tras conocer las variables planteadas en las fases de planeación, exploración, ejecución y evaluar sus distintos componentes se obtuvieron resultados para poder posteriormente diagnosticar la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Santuario.

7.5. Procedimiento metodológico

La tabla No 5 muestra los procedimientos que se realizaron por cada objetivo específico propuesto.

Tabla 5. Procedimiento metodológico

Metodología	
Objetivos	Procedimiento metodológico
Objetivo 1	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar registro de prestador de servicios públicos. • Solicitar la estructura tarifaria aprobada por la CRA (Comisión reguladora de agua potable y saneamiento básico) • Solicitar Organigrama de la ESP Santuario • Solicitar Manual de funciones de la ESP Santuario • Consultar Decreto 1575 • Solicitar Registros de la Secretaria de Salud • Frecuencia con las que hacen las pruebas de calidad del agua según la norma. (RES_2115_2007_cap 5_cuadro 11_ cuadro 12_ pág. 13-16) • Solicitar Autorización de la captación de agua de la CARDER • Realizar encuesta a todos los funcionarios de la planta de la ESP Santuario
Objetivo 2	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar el levantamiento y digitalización de las estructuras que conformar la PTAP • Efectuar el chequeo hidráulico de cada uno de los componentes del PTAP • Comparar los resultados obtenidos del chequeo hidráulico versus los parámetros establecidos por Resolución 0330 de 2017. • Presentar un informe valorativo sobre los resultados obtenidos. • Solicitar el manual de operación y mantenimiento de la PTAP • Realizar acompañamiento durante la jornada de operación de los procesos de funcionamiento de la PTAP
Objetivo 3	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar históricas pruebas de calidad del agua. • Comparar dicha información vs Resolución 2115 y 1575 de 2007. • Realizar un análisis de los resultados obtenidos de dicho análisis • Proponer acciones de mejora si las hay, según lo visto en el acompañamiento realizado a los puestos de trabajo • Presentar un informe valorativo sobre los resultados obtenidos.

Fuente: Elaboración propia

7.6. Operacionalización de variables

Para la operacionalización de las variables se realizó la tabla No 6 donde se visualiza la forma en cómo se midió cada uno de los objetivos planteados en cuanto a las variables, dimensiones, instrumentos, indicadores y fuentes.

Tabla 6. Operacionalización de variables

Objetivos	Variable	Dimensiones	Instrumentos	Indicadores	Fuentes
1. Evaluar el componente administrativo de la planta de tratamiento de agua potable del municipio Santuario.	Nivel de conocimiento del proceso, Grado de cumplimiento de la Res 2115 y Res 1575	Información sociológica empleados. Conocimiento de los empleados sobre la planta Nivel de preparación de los operarios de la planta.	Encuesta Soportes de capacitación de los operarios.	# de ítem / Total de ítem # de respuestas / total de respuestas Nivel de conocimiento requerido por el puesto / nivel de preparación de los operarios.	E.S.P de Santuario.
2. Verificar que el funcionamiento hidráulico de la planta de tratamiento de agua potable de santuario cumpla con los términos de la norma vigente Resolución 0330 de 2017	Caudal de ingreso Perdidas	Litros / segundo (l/s) o (m3/s)	Tablas de información suministrada por la E.S.P Relación de agua servida contra agua vertida. Inspección visual de la PTAP.	Captación permitida 45 l/s (CARDER) Perdidas permitidas por la CARDER	E.S.P Santuario. CARDER
3. Comparar los resultados de las pruebas de calidad realizadas por la E.S.P del municipio Santuario del agua servida, con los parámetros establecidos en la norma, índice de riesgo de calidad del agua (IRCA), Resolución 2115 de 2007 y decreto 1575	Características físicas, químicas y microbiológicas	Según el parámetro de cada característica	Tablas de información. Registros históricos del agua servida.	Resultado de la característica / parámetro de aceptación	E.S.P de santuario. Resolución 2115 de 2007.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 8

RESULTADOS OBTENIDOS.

8.1. Objetivo No 1. Evaluar el componente administrativo de la planta de tratamiento de agua potable del municipio Santuario.

8.1.1. Documentación suministra por la E.S.P. de Santuario.

La tabla N° 7 muestra cada uno de los documentos que fueron solicitados a la E.S.P de Santuario, también se hizo la consulta del decreto 1575 y la resolución 2115 de 2007 donde se describen las pruebas y parámetros a tener en cuenta para la calidad de agua y la frecuencia con las que hacen.

Tabla 7: Documentación Suministrada

Descripción	Entregada	
	Si	No
Solicitar registro de prestador de servicios públicos	X	
Solicitar la estructura tarifaria aprobada por la CRA (Comisión reguladora de agua potable y saneamiento básico	X	
Solicitar Organigrama de la ESP Santuario	X	
Solicitar Manual de funciones de la ESP Santuario	X	
Solicitar Registros de la Secretaria de Salud	X	
Solicitar Autorización de la captación de agua de la CARDER	X	

Fuente: Elaboración propia

Cada uno de los documentos solicitados a la E.S.P de Santuario fueron entregados para la realización de este documento, cada uno de los documentos da pie para el que el funcionamiento de la planta esté dentro de la normativa de ley.

8.1.2. Encuesta

Se llevó a cabo una encuesta a todos los operarios que trabajan en la planta de tratamiento de agua del municipio de Santuario en su totalidad 4, la razón de ello fue determinar su condición sociológica y la otra saber cuáles son conocimientos, estudios, capacitaciones y saber si de

acuerdo a las funciones de cada uno, están capacitados y preparados para solucionar una situación adversa y si conocen los protocolos en caso de alguna eventualidad.

Metodología. Para ello se tabularon las encuestas y se graficaron, posteriormente se realizará el análisis que se deriva de las respuestas de estos funcionarios.

Encuesta Sociodemográfica

1. Género

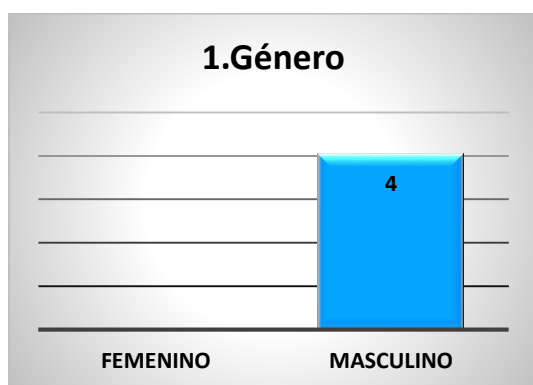


Figura 7. Género

Fuente. Elaboración propia

El 100% de los encuestados pertenecen al género masculino

2. Edad

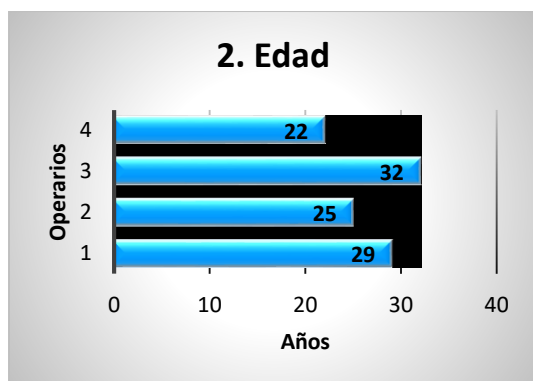


Figura 8. Edad

Fuente. Elaboración propia

La edad de los integrantes del grupo de trabajo de la planta de tratamiento es desde 22 años el más joven hasta 32 años el adulto de más edad

3. Antigüedad en la empresa (años)

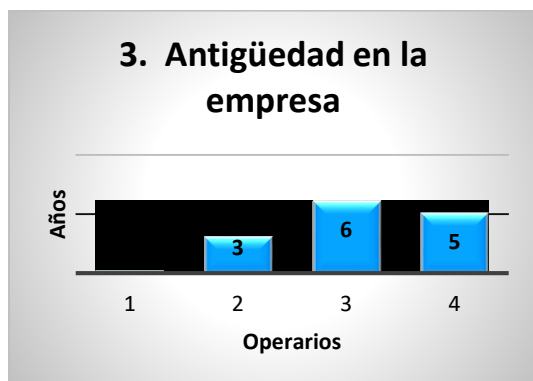


Figura 9. Antigüedad en la empresa (años)

Fuente. Elaboración propia

Tres se encuentran laborando en la empresa hace tres años y el más antiguo lleva 6 años, se presenta un caso atípico de un funcionario que solo lleva 1 mes en la empresa

4. Nivel académico

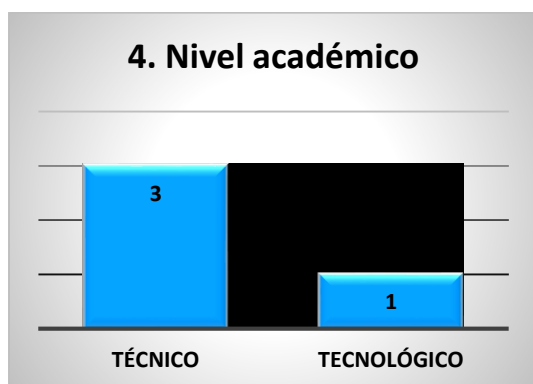


Figura 10. Nivel académico

Fuente. Elaboración propia

Tres de los entrevistados son técnicos y uno es tecnólogo

Encuesta sobre conocimientos y actitudes técnicas

1. ¿Tiene capacitaciones para el desempeño del cargo actual?



Figura 11. ¿Tiene capacitaciones para el desempeño del cargo actual?

Fuente. Elaboración propia

Tres de los entrevistados presentan capacitaciones diferentes, mientras que uno de ellos dice no tener ninguna capacitación, entre estas se encuentran las siguientes:

Manejo de cloro gaseoso

- ✓ Potabilización del agua

2. ¿Cuál es su horario de trabajo?

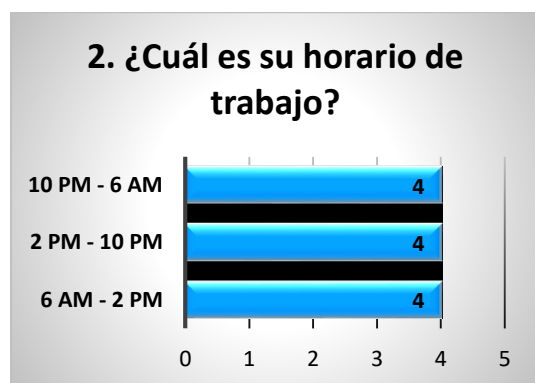


Figura 12. ¿Cuál es su horario de trabajo?

Fuente. Elaboración propia

Todos trabajan en horarios de 8 horas distribuidos en 24 horas día de tal forma que siempre se encontrara al menos un operario cubriendo la situación de la planta

A. Funciones que desempeñan

- Supervisión
- Análisis del tratamiento
- Toma de muestras

- Análisis físico - químico del agua
- Potabilización del agua
- Manejo de válvulas
- Potabilización
- Tratamiento de agua
- Toma muestras físico - químicas
- Manejo de cloro gaseoso e hipoclorito
- Manejo de turbiedad

3. ¿Cuentan con un manual de operación de la planta?

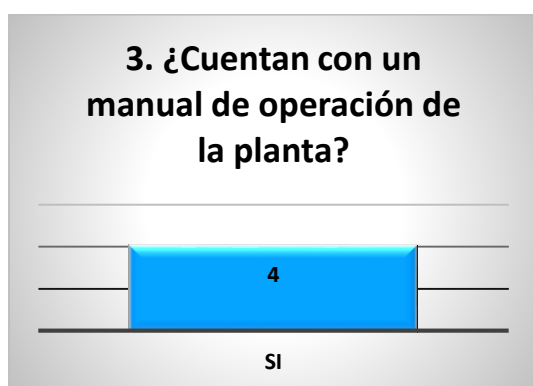


Figura 13. ¿Cuentan con un manual de operación de la planta?

Fuente. Elaboración propia

El 100% dice que si cuentan con un manual de operaciones.

4. ¿Cuentan con un manual de mantenimiento de la planta?

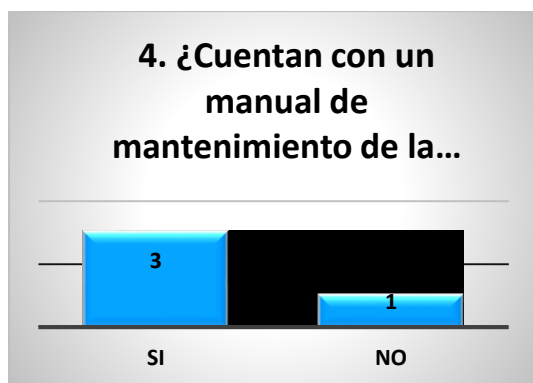


Figura 14.. ¿Cuentan con un manual de mantenimiento de la planta?

Fuente. Elaboración propia

El 75% de los encuestados (3), dicen que, si cuentan con un manual de mantenimiento, el 25% (1) dice que no cuenta con un manual de mantenimiento.

5. ¿En caso de una eventualidad sabe que protocolo debe activar?

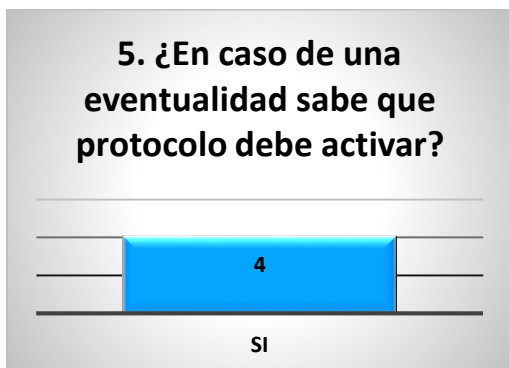


Figura 15.. ¿En caso de una eventualidad sabe que protocolo debe activar?

Fuente. Elaboración propia

Todos saben cómo tratar un caso de eventualidad o emergencia y cada uno tiene claras las funciones si se presentase una situación crítica o adversa así: utilizar el autocontenido, cerrar válvulas de cloro, cerrar entrada principal, dar seguimiento a todo el proceso, cierre de la planta.

8.2. Objetivo No 2. Verificar que el funcionamiento hidráulico de la planta de tratamiento de agua potable de santuario cumpla con los términos de la norma vigente Resolución 0330 de 2017

Para su realización se procedió a realizar una toma fotográfica de cada una de las partes físicas que integran la planta de tratamiento, y en cada una de ellas se describió su función y características de ella, posteriormente se realizaron los análisis de los resultados sobre inconsistencias que se hallaron en el trabajo de campo que se realizó y de los cual se generaron unas memorias (ver archivo externo en CD con memorias del trabajo) y planos los cuales se encuentran en el capítulo anexos al final del documento con su mismo nombre.

8.2.1. Localización planta de tratamiento de agua potable del municipio de Santuario.



Figura 16. Localización geografía PTAP, Santuario
Fuente. Google maps (2020)



Figura 17. Fuente de abastecimiento PTAP, Santuario
Fuente. Google maps (2020)

8.2.2. Cámara de quietamiento



Figura 18. Tanque de quietamiento

Fuente. Elaboración propia

Este es el primer punto de llegada del agua cruda a la planta, aquí se disminuye la velocidad con la que viene el agua de la bocatoma a través de una pantalla en concreto permitiendo el paso del agua por medio de 10 perforaciones de 2". De este punto sale el agua hacia la canela ParShall.

8.2.3. Canaleta ParShall



Figura 19. Canaleta ParShall

Fuente. Elaboración propia

La canaleta ParShall es usada para medir el caudal de entrada a la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), en el caso específico de la planta de tratamiento del municipio de Santuario trata 45 litros por segundo permitidos por la CARDER.

8.2.4. Floculadores de flujo vertical de codos tipo Alabama



Figura 20. Floculadores de flujo vertical de codos tipo Alabama:

Fuente. Elaboración propia

Al inicio del proceso de floculación (primera cámara) se le adicionan los químicos reactivos cal hidratada y policloruro de aluminio, para desestabilizar la estructura molecular del agua y permitir que las partículas más pequeñas de elementos no deseados que no se pueden decantar por gravedad se unan formando flocs y de esta manera puedan ser removidas del agua, este procedimiento puede tardar teóricamente entre 20 y 40 minutos para que sea un proceso económicamente sustentable.

8.2.5. Sedimentador de alta tasa de módulos plásticos tipo colmena



Figura 21. Sedimentador de alta tasa de Módulos plásticos Tipo colmena
Fuente. Elaboración propia

8.2.6. Sedimentador de alta tasa con placas paralelas

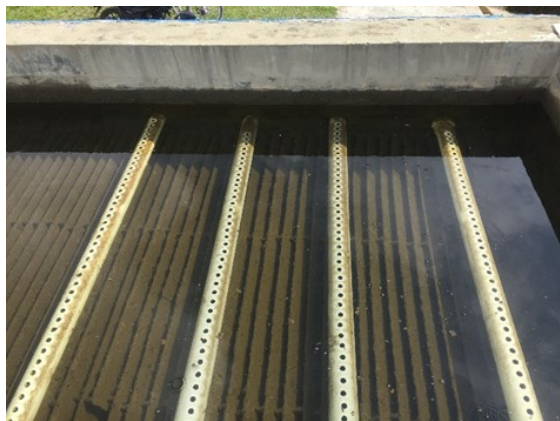


Figura 22. Sedimentador de alta tasa de placas paralelas
Fuente. Elaboración propia

En los sedimentadores se remueve las partículas que ya fueron formadas en el proceso anterior de floculación, en este caso en específico usan dos sedimentadores, uno tipo colmena y el otro de placas paralelas para realizar el proceso

8.2.7. Sistema de Filtros



Figura 23. Sistema de Filtros

Fuente. Elaboración propia

Proceso para el filtrado del agua a través de varias capas de material particulado como la antracita, arena y como lecho de soporte la gravilla, de esta manera se remueven todas las partículas indeseables en el agua. El flujo en este proceso es descendente, el agua entra por la parte superior del tanque y por gravedad atraviesa los filtros granulares saliendo por la parte inferior por medio de las boquillas plásticas que permiten el paso del flujo hacia el tanque de agua filtrada, la PTAP de Santuario cuenta con 4 filtros de iguales características y a su vez 4 tanques de agua filtrada.

8.2.8. Tanque de agua filtrada



Figura 24. Tanque de agua filtrada:

Fuente. Elaboración propia

Tanques de almacenamiento para las aguas filtradas en el proceso anterior, para posteriormente pasar al canal común de aguas filtradas. Cada filtro cuenta con un tanque individual. En la PTAP de Santuario existen 4 tanques, uno por cada filtro.

8.2.9. Canal común recolección agua filtrada y dosificación de cloro



Figura 25. Canal común recolección agua filtrada y dosificación de cloro

Fuente. Elaboración propia

Canal donde se recolectan las aguas de los 4 tanques de agua filtrada, en este caso también funciona como punto de contacto al cloro que se usa para conservar las propiedades de la calidad del agua y a su vez la desinfección en las líneas de conducción a los tanques de abastecimiento que hay en el municipio.

La manguera que se ve en la foto anterior es el método rudimentario que usan para la dosificación del hipoclorito al agua para desinfectar

8.2.10. Prueba de control biológico



Figura 26. Prueba de Control biológico:

Fuente. Elaboración propia

La planta realiza un control biológico con peces en una piscina para revisar que la calidad del agua es adecuada para soportar la vida. En la PTAP de Santuario este punto no se encuentra en funcionamiento.

8.3. Objetivo No 3. Comparar los resultados de las pruebas de calidad realizadas por la E.S.P del municipio Santuario del agua servida, con los parámetros establecidos en la norma, índice de riesgo de calidad del agua (IRCA), Resolución 2115 de 2007 y decreto 1575

Mediante las pruebas realizadas por el laboratorio de la ESP del municipio de Santuario de los últimos tres años (2017 al 2019), se procedió en una hoja de cálculo a realizar el resumen de la información suministrada por parte de la entidad, comparando dichos resultados con los que se encuentran en la Resolución 2115 2007, (Ministerio de la Protección Social, 2007), como se puede apreciar en la siguiente captura para luego realizar un gráfico del comportamiento de estas muestras en cada año y el promedio de los tres años analizados.

Los resultados de las variables que presentaron picos que no son compatibles con la resolución y que afectan la calidad del agua y por ende la salud de los habitantes del municipio se presentan en el capítulo análisis de los resultados:

	Potencial de Hidrogeno (PH) Acueducto del municipio de Santuario				Cloro residual. Acueducto del municipio de Santuario			Características físicas. Acueducto del municipio de Santuario			
	Temperatura	Valor entre 6,5 y 9,0 (mg /l)			Valor entre 0,3 a 2,0 (mg /l)		Turbiedad. Acueducto del municipio de Santuario	Color. Acueducto del municipio de Santuario			
	Valor muestra	Valor muestra	Valor min. 6,5	Valor max 9,0	Valor muestra	Valor min 0,3 (mg /l)	Valor max 2,0 (mg /l)	Valor muestra	Valor max 2 Unds Nefelométricas (UNT)	Valor muestra	Valor max 15 Undas de Platino Cobalto (UPC)
Año 2017	16.25	6.83	6.5	9.0	1.83	0.2	2.0	0.96	2	11.78	15
Año 2018	16.18	6.77	6.5	9.0	0.84	0.2	2.0	1.00	2	11.95	15
Año 2019	18.32	6.81	6.5	9.0	0.67	0.2	2.0	0.93	2	11.09	15
Promedio 3 años	16.92	6.80	6.5	9.0	1.11	0.20	2.0	0.96	2	11.61	15

Características químicas que (Implicaciones sobre la salud humana, consecuencias economicas)															
Hierro		Nitritos		Sulfatos		Dureza total		Dureza Ca		Dureza Mg		Alcalinidad		Cloruros	
Valor muestra	Valor max 0,3 (mg /l)	Valor muestra	Valor max 0,1 (mg /l)	Valor muestra	Valor max 250 (mg /l)	Valor muestra	Valor max 300 (mg /l)	Valor muestra	Valor max 60 (mg /l)	Valor muestra	Valor max 36 (mg /l)	Valor muestra	Valor max 200 (mg /l)	Valor muestra	Valor max 250 (mg /l)
0.02	0.3	0.01	0.1	2.39	250	7.73	300	5.45	60	2.14	36	7.95	200	1.60	250
0.02	0.3	0.01	0.1	1.73	250	8.07	300	5.80	60	2.27	36	8.63	200	1.30	250
0.00	0.3	0.01	0.1	1.66	250	7.53	300	5.73	60	1.80	36	8.38	200	1.10	250
0.01	0.3	0.01	0.1	1.92	250	7.77	300	5.66	60	2.07	36	8.32	200	1.3	250

**Características Microbiológicas (Técnica utilizada filtración por membrana).
Acueducto del municipio de Santuario**

Coliformes totales. Acueducto del municipio de Santuario		Coliformes fecales. Acueducto del municipio de Santuario		Mesofilos. Acueducto del municipio de Santuario		Escherichia Coli. Acueducto del municipio de Santuario	
Valor muestra	Valor max 0 U.F.C	Valor muestra	Valor max 0 U.F.C	Valor muestra	Valor max 100 U.F.C	Valor muestra	Valor max 0 U.F.C
0.0	0	0.0	0	2.82	0	0	0
0.0	0	0.0	0	1.00	0	0	0
0.0	0	0.0	0		0	0	0
0.0	0	0.0	0	2	0	0	0

Figura 27. Resúmenes variables del agua analizadas años 2017 al 2019. ESP del municipio de Santuario

Fuente. Adaptación propia de acuerdo a Eliana María Rojas, Químico Industrial U.T.P, autora del análisis

CAPÍTULO 9

ANÁLISIS DE RESULTADOS

9.1. Objetivo No 1. Diagnosticar el estado del funcionamiento técnico y administrativo de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Santuario Risaralda.

En la tabla No 8 se relacionaron los documentos suministrados por el E.S.P de Santuario:

Tabla 8. Cumplimiento normas planta del municipio de Santuario

Norma	Descripción	Cumplimiento	
		Si	No
Registro único de prestador de servicio RUPS	Certificado de registro único de Prestador de servicios públicos	X	
Comisión reguladora de agua potable y saneamiento básico CRA	Estructura tarifaria aprobada por la CRA	X	
Resolución 1076 de 2003 capítulo 2 Art. 9	Manual de funciones. para la selección del personal	X	
Decreto 1575 del 2007	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. (Ministerio de la Protección Social, 2007)	X	

Fuente: Elaboración propia

La planta del municipio de Santuario cuenta con el certificado de registro único de prestador de servicios públicos, según este registro la fecha de inicio de operaciones fue el 25 de febrero del año 1998 y con una certificación vigente a la fecha del 27 de julio del 2019 lo cual el estado de la planta es operativo ante la ley. (Ver documento en Anexo RUPS)

Según la resolución CRA 287 del 2004, la estructura tarifaria para el municipio de Santuario, en su tarifa para el cargo fijo mensual es de 2209.79, para la tarifa de consumo (CMA), \$ 780.94 que corresponde a la suma de costo medio de operaciones (CMO), costo medio de tasas

ambientales (CMP) y el costo medio de inversión (CMI). Resumen de costos de referencias (Ver todo el documento Anexo Estructura de Costos y Tarifas para los Servicios Públicos

Domiciliarios Empresa de Servicios Públicos de Santuario Risaralda en archivo externo)

Tabla 9. Costo de referencia (Precios a dic de 2003)

Acueducto		
Costo medio administración	CMA	2209.79
Costo medio operación	CMO	129.83
Costo medio tasas ambientales	CMT	2.83
Costo medio inversión	CMI	257.81
Costo medio largo plazo	CMÑP	390.47

Fuente: Comisión reguladora CRA 2003

9.1.2. Organigrama



Figura 28. Organigrama

Fuente. ESP Santuario (2020)

La empresa de servicios públicos de Santuario cuenta con un Manual de funciones por cargo específico para la selección del personal cumpliendo con el Resolución 1076 de 2003 capítulo 2 Art. 9, donde se referencia las competencias requerías para el desempeño de los cargos operativos y administrativos de la planta.

Realizar el control de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, como también de las características adicionales definidas en el mapa de riesgo o lo exigido por la autoridad sanitaria de la jurisdicción, según se establezca en la reglamentación del presente decreto, para garantizar la calidad del agua para consumo humano en cualquiera de los puntos que conforman el sistema de suministro y en toda época del año.

La ESP de Santuario cumple con este requisito, que se pudo evidenciar en las pruebas del control de calidad del agua de las características físicas, químicas y microbiológicas realizadas de forma continua por la empresa prestadora del servicio

Tabla 10. Cumplimiento de normas de calidad del agua

Norma	Hallazgo	Cumple	
		Si	No
Lavar y desinfectar antes de la puesta los tanques de almacenamiento de aguas tratadas.	Según información suministrada en campo por el personal operativo de la planta los cuatro tanques de distribución se les hace lavado cada 6 meses	X	
Lavar y desinfectar, antes de ponerlos en operación, los pozos profundos y excavados a mano para captación de agua subterránea, las estructuras de potabilización y las tuberías de distribución de agua para consumo humano.	Se realizan las actividades de lavado y desinfección sugeridos por la norma Drenar periódicamente en aquellos puntos de la red de distribución que representen zonas muertas o de baja presión. Se realizan las actividades según lo sugerido por la norma	X	
Realizar el control de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua; como también de las características adicionales definidas en el mapa de riesgo o lo exigido por la autoridad sanitaria de la jurisdicción	Se realizan las pruebas necesarias para garantizar la calidad del agua para el consumo humano cuando prestan el servicio por medios alternos tales como carro-tanques, pilas públicas y otros.	X	
Registros de la Secretaria de Salud	Los resultados obtenidos por el laboratorio avalado por el Instituto Nacional de Salud, referente a los análisis fisicoquímicos y microbiológicos para el año 2019 están cumpliendo con los rangos establecidos por el IRCA, (Ver documento anexo Auditoria de Gestión Ambiental Contraloría)	X	
Frecuencia con las que hacen las pruebas según la norma	De acuerdo a la Resolución No 2115 de 2007, Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Capítulo 5, cuadro 11 - 12, pp. 13-16. (Ministerio de la Protección Social, 2007), la información suministrada por la empresa de servicios públicos de Santuario, las muestras de control de calidad del agua se están realizando mínimo 3 muestras por mes de la calidad física y química y 1 al mes de las microbiológicas, cumpliendo con lo estipulado en el capítulo 5, artículo 21, cuadro N° 11, con una población servida menores o igual a 2.500, estas muestras son supervisadas una vez por mes por la secretaria de salud que confrontan los resultados para determinar que están cumpliendo con los parámetros. (Ver documento anexo Artículo 13 hoja 8 Resolución 2115 de 2007)	X	
Autorización de la captación de agua de la CARDER.	Según la resolución 1025 de 2017 por la cual se prórroga una concepción de aguas superficiales, renovada por medio de la resolución N° 324 del 22 de marzo de 2007, se aprueba un programa de uso eficiente y ahorro del agua. Cumpliendo con oficios de ley la ESP de Santuario tiene permiso para la captación de agua de uso de tipo consumo humano y domestico por 5 años, el caudal concesionado es de 45 l/s y respetando un caudal ambiental de 102.12 l/s. (Ver documento anexo Resolución S 1025-2, junio 2017. CARDER)	X	

Fuente. Elaboración propia

9.2. Objetivo No 2. Verificar que el funcionamiento hidráulico de la planta de tratamiento de agua potable de santuario cumpla con los términos de la norma vigente Resolución 0330 de 2017.

9.2.1. Flujograma del proceso de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Santuario.

Se realizó el diagrama ilustrativo de las partes mecánicas que contiene la planta de tratamiento de agua potable y su orden de acuerdo al tratamiento que se le da al agua hasta el punto final, es decir el de entrega al habitante para su consumo, en análisis se encuentra el flujograma.

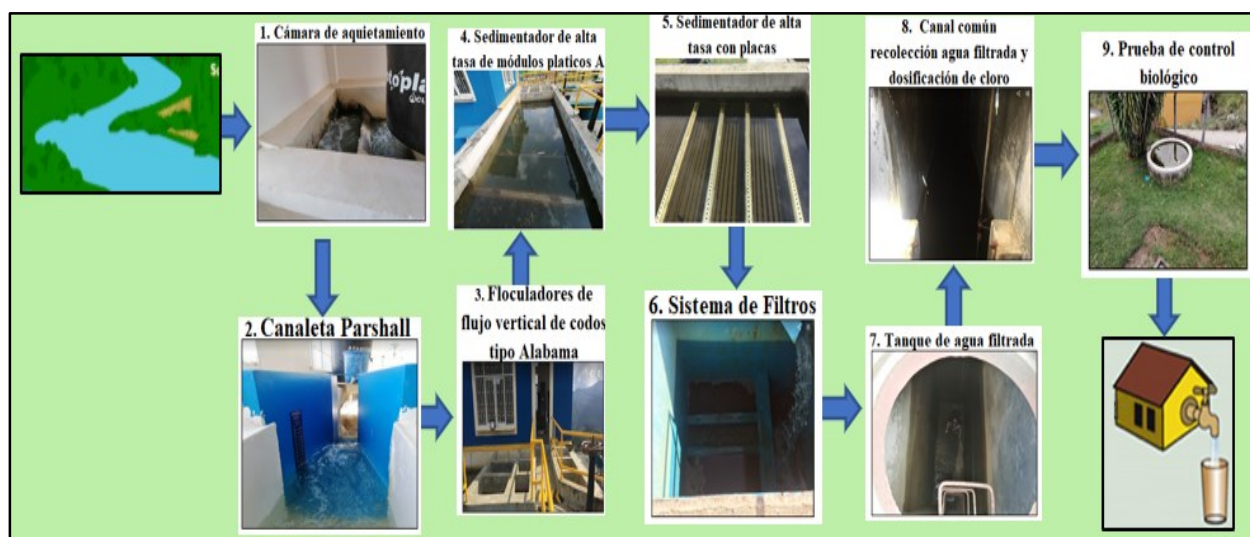


Figura 29. Flujograma planta de tratamiento de agua potable del municipio de Santuario

Fuente. Elaboración propia

Tanque de quietamiento: el tiempo de retención parametrizado es de 1.5min y con las dimensiones reales tomadas en campo, se obtuvo un tiempo de retención de 0.2 min, lo que indica que no se está dando el tiempo necesario para el agua se quiete, provocando de esta manera que el agua llegue demasiado rápido a los procesos siguientes.

Canaleta Parshall: en la visita realizada el 26 de noviembre del 2019 se pudo observar que la canaleta Parshall de 3" era de construcción convencional en concreto, lo que generaba que las

mediciones de caudales no fueran exactas, también se evidencio en la misma visita que habían adquirido una canaleta Parshall de 6” prefabrica en fibra de vidrio para remplazarla.

En la visita realizad el día 10 de marzo del 2020, se pudo evidenciar que la canaleta Parshall convencional fue remplaza por la canaleta prefabricada de 6” adquirida en meses anteriores, lo cual mejora la lectura del caudal de entrada, los parámetros utilizados para el chequeo de la canaleta Parshall. (Netto & Acosta, 1976. p 455)

Los cálculos de las variables más relevantes tomados de dicho manual fueron:

Tabla 11. Cálculos de las variables Canaleta ParShall

Variable	Parámetros	Calculo	Cumple Si/No
Velocidad antes del resalto (V_1)	$V_1 > a$ 2 m/s	2.7 m/s	Si
Numero de froude (F_1)	$4.5 < F_1 \leq 9$	5.21 adim	Si
Tiempo de mezcal rápida (TMR)	$TMR < 1$ s	0.37 s	Si
Gradiente de mezcla rápida (G)	$1000 \text{ s}^{-1} - 2000 \text{ s}^{-1}$	1606.49 s^{-1}	Si

Fuente. Adaptación propia a partir de: (Netto & Acosta, 1976. p 455)

El criterio que se requiere cumplir será la estabilidad del resalto hidráulico indicado en el parámetro de diseño del número de Froude, que debe estar comprendido en el intervalo de 4,5 a 9, (RESOLUCION 0330, 2017), el resultado del cálculo fue de 5.21 lo que indica que el resalto es de tipo estable, según lo anterior la disipación de energía esta entre 45% y 70%.

El gradiente de 1606.49 s^{-1} está dentro del rango de 800 s^{-1} a 2000 s^{-1} que se caracteriza para una coagulación por neutralización de cargas o absorción, garantizando la dispersión rápida y homogénea de los coagulantes

Floculadores tipo Alabama: La estructura inicialmente construida en la PTAP de Santuario para los floculadores fue para floculadores tipo Alabama, pero se pudo evidenciar que los pasos entre las cámaras es tipo cox y las dimensiones fueron suministradas por CONSORCIO 2A PM SANTUARIO, director de proyecto: Ing. Diego León Álzate, los chequeos hidráulicos de los pasos entre cámaras se describen en la tabla N° 12

Tabla 12. Chequeos hidráulicos de los pasos entre cámaras

Variable	Parámetro RES 0330 de 2017	Calculo	Cumple Si/No
Gradiente de entrada	70 s ⁻¹	26.78 s ⁻¹	No
Gradiente medio	40 s ⁻¹	30.42 s ⁻¹	No
Gradiente de entrega a los sedimentadores	10 s ⁻¹	22.39 s ⁻¹	No

Fuente. Elaboración propia

Lo que indica que es un proceso ineficiente ya que no alcanza la velocidad suficiente para producir un flocs estable, no son gradientes que están dentro del rango establecido por el RAS que va de 10 s⁻¹ a 70 s⁻¹, por otro lado el RAS indica en su artículo 112 que el tiempo de retención hidráulico debe ser de entre 20 y 40 minutos, en este aspecto el floculador no está reteniendo el agua el tiempo mínimo exigido ya que su valor actual es de 8.55 minutos.

Sedimentadores: En la planta de tratamiento de agua potable de Santuario actualmente existen dos unidades de sedimentación, la primera quien recibe el agua de los floculadores es un sedimentador de alta tasa tipo colmena con un área de sedimentación de 14.88 metros cuadrados sus parámetros más relevantes son el número de Reynolds que para el RAS debe estar por debajo de 250 que es lo recomendado y en este caso su valor es de 132.66 esto nos indica que a pesar de que el parámetro está por debajo de la recomendación del RAS la velocidad de sedimentación de las partículas no se está cumpliendo, tampoco los tiempos de retención hidráulicos se están cumpliendo, la segunda unidad de sedimentación también de alta tasa de placas paralelas con un área de sedimentación de 10.232 metros cuadrados, el valor arrojado por el chequeo hidráulico para el Reynolds fue de 412.60 lo que es favorable para su rango ya que el parámetro para este tipo de sedimentador es menor a 500, más su tiempo de retención hidráulico no cumple.

Tabla 13. Chequeos hidráulicos sedimentador de alta tasa tipo colmena

Tipo de sedimentador módulos angostos L=1.20m	Parámetro RES 0330 de 2017	Calculo	Cumple Si/No
Carga superficial (m ³ /m ² /día)	120 - 185	150 (m ³ /m ² /día) Asumida	Si

Tiempo de retención hidráulica (min)	10 - 20	7.6 min	No
Velocidad crítica de sedimentación (cm/s)	15 - 30	0.03 (cm/s)	No

Fuente. Elaboración propia

Tabla 14. Chequeos hidráulicos sedimentador de alta tasa placas paralelas

Tipo de sedimentador módulos angostos L=0.6m	Parámetro RES 0330 de 2017	Calculo	Cumple Si/No
Carga superficial (m ³ /m ² /día)	100 - 110	150 (m ³ /m ² /día) Asumida	No
Tiempo de retención hidráulica (min)	10 - 20	2.63 min	No
Velocidad crítica de sedimentación (cm/s)	15 - 30	0.12 (cm/s)	No

Fuente. Elaboración propia

Filtros: La PTAP de Santuario en su planta física posee 4 unidades de filtración, las cuales funcionan de manera adecuada y esto se puede evidenciar en los resultados de las pruebas físico-químicas y microbiologías realizadas por la E.S.P al agua, estos filtros se componen por el lecho filtrante que es antracita y arena, la granulometría de estos dos materiales es una granulometría típica asumida ya que no es del alcance de este proyecto realizar estudios granulométricos a dichos materiales, la tasa de filtración calculada está dentro del margen establecido por el RAS entre los 180 y 350 m³/m²-día con un valor de 300 m³/m²-día. Es de resaltar que estos filtros no poseen un falso fondo conformado por viguetas prefabricadas, en su lugar hay una placa en concreto con unas boquillas plásticas, que permiten el paso del agua mas no de partículas del lecho filtrante, para calcular las perdidas en las boquillas nos basamos en la gráfica de la curva donde se relación el caudal (m³/h y la altura metros columna de agua (mca), cuya especificación técnica está en los anexos de este documento.

Tabla 15. Chequeos hidráulicos filtración convencional

Variable	Parámetro RES 0330 de 2017	Calculo	Cumple Si/No
Tasa de filtración rápida con lecho mixto	180 – 350 m ³ /m ² /día	300 m ³ /m ² /día	Si
Profundidad del medio (Antracita)	0.4 – 0.6 m	0.37 m	No
Profundidad del medio (Arena)	0.15 – 0.3 m	0.20m	Si

Fuente. Elaboración propia

9.2.2. Hallazgos visita técnica

Tabla 16. Hallazgos y diagnostico sedimentadores, accesos, dosificadores y canal común

Componente Evaluado	Hallazgo
	<p>SEDIMENTADOR. Como se puede evaluar en la imagen del sedimentador de alta tasa de placas paralelas el agua está por encima de la tubería perforada sobrepasando los 5 cm, cuando debería ser una lámina delgada de agua que pasara a través de los orificios, con el fin de que el agua que pase a los tanques de los filtros no lleve partículas que alteran la calidad del agua</p>
	<p>REBOSE. En el sedimentador de alta tasa de placas paralelas se está generando pérdidas por que el agua captada sobre pasa el volumen del sedimentador, haciendo que el agua sobrante se vaya por el rebose como se observa en la imagen, volviendo al cauce del rio, pero está ya ha tenido un tratamiento donde se le han agregado coagulantes</p>
	<p>ACCESOS TANQUES. Los accesos a los tanques de agua filtrada, filtros canal común de agua filtrada y el sedimentador, necesitan mantenimiento, ya que los pasos se encuentran oxidados presentando descascara miento teniendo perdida de sección y algunos ya se están soltando, lo cual es muy peligroso para los operarios que deben hacer las labores de lavado de la planta, ya que alguno puede tener un accidente grave</p>
	<p>PUNTO DE CONTACTO AL CLORO. La planta no cuenta con cámara de punto de contacto de cloro y este se hace sobre el vertedero que se encuentra al final del canal común de agua filtrada.</p>



VERTEDERO CANAL COMUN.

Se evidencia un vertedero que no está en óptimas condiciones y es allí donde se genera el resalto para que se produzca la mezcla del hipoclorito líquido con el agua filtrada



MEZCLADORES Y DOSIFICADORES.

El personal operativo de la planta debe de hacer la mezcla de la cal de forma manual, ya que los 2 dosificadores se encuentran fuera de servicio, lo que hace más dispendioso el trabajo tomándoles más tiempo para este proceso.

Fuente. Elaboración propia

9.3. Objetivo No 3. Comparar los resultados de las pruebas de calidad realizadas por la E.S.P. de Santuario del agua servida en el municipio, con los parámetros establecidos por el índice de riesgo de calidad del agua (IRCA) Resolución 2115 de 2007.

Los análisis arrojados por el promedio de los años 2017, 2018 y 2019 de los cuales se tomaron los datos para el estudio, indican que por parte del personal operativo y administrativo se está dando un manejo adecuado a los procesos que conllevan el tratamiento del agua potable para el consumo humano, cumpliendo a cabalidad con los parámetros definidos en la resolución 2115 de 2007 (Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano), obteniendo resultados favorables y cuando se ha presentado que algún parámetro sobre pasa estos límites, realizan los procesos necesarios para poder cumplir con los estándares de calidad del agua acta para el consumo humano.

El personal operativo de la planta cuenta con un laboratorio equipado con los instrumentos necesarios para poder realizar la prueba de jarras, demanda de cloro, turbiedad, color y PH, cumpliendo con la dotación básica definida en la resolución 2115 del 2007

De acuerdo a la tabulación de la información realizada en forma resumida y su posterior gráfica, estos son los resultados que se obtuvieron de dicha información. (el análisis completo por año y variable se encuentra en anexo del mismo nombre)

9.3.1. Características físicas del agua (Turbiedad, color)

Las características físicas del agua que contempla la resolución 2115 de 2007, (Ministerio de la Protección Social, 2007) son la turbiedad, color, olor y sabor, sus parámetros de aceptación según la norma son:

Tabla 17. Características físicas del agua y parámetros de aceptación

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable	Valor Obtenido promedio años 2017 a 2019 (3 años).	Cumple Si/No
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15	11.61	Si
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable	Aceptable	Si
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2	0.96	Si

Fuente. (Ministerio de la Protección Social, 2007)

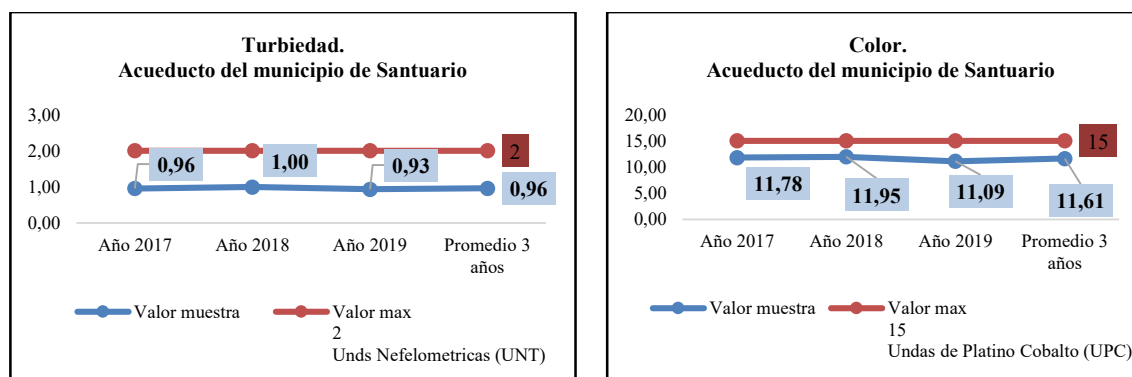


Figura 30. Características físicas del agua. Color y Turbiedad. Acueducto del municipio de Santuario

Fuente. Elaboración propia

En el análisis de los resultados al agua de las pruebas físicas que realiza la E.S.P del municipio de Santuario, se encontró que todos los resultados estuvieron dentro de los parámetros dictados por la resolución, sin embargo, se puede evidenciar que los valores para el color estuvieron muy cercanos a los límites permisibles, teniendo como el resultado promedio para los 3 años 11.61 UPC, y el valor más alto fue para el año 2017 con un valor de 12.60 UPC, lo que dicta que el agua que viene de la fuente de abastecimiento es un agua de naturaleza caracterizada por su alto nivel de color.

9.3.2. Características Químicas (PH, Cloro, Hierro, Nitritos, Sulfatos, Dureza total, Dureza Ca, Dureza Mg, Alcalinidad y cloruros)

Las características químicas básicas que determina la resolución 2115 de 2007 para el tratamiento de agua potable son:

Tabla 18. Características químicas del agua y parámetros de aceptación

Características Químicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable	Valor Obtenido promedio años 2017 a 2019 (3 años).	Cumple Si/No
potencial de hidrogeno (PH)	-	6.5 a 9.0	6.80	Si
Cloro Residual	(miligramo por litro)	0.3 a 2.0 mg/l	1.11 mg/l	Si
Hierro	(miligramo por litro)	Máximo 0.3 mg/l	0.01 mg/l	Si
Nitrito	(miligramo por litro)	Máximo 0.1 mg/l	0.01 mg/l	Si
Sulfatos	(miligramo por litro)	Máximo 250 mg/l	1.92 mg/l	Si
Dureza Total	(miligramo por litro)	Máximo 300 mg/l	7.77 mg/l	Si
Dureza Ca	(miligramo por litro)	Máximo 60 mg/l	5.66 mg/l	Si
Dureza Mg	(miligramo por litro)	Máximo 36 mg/l	2.07 mg/l	Si
Alcalinidad	(miligramo por litro)	Máximo 200 mg/l	8.32 mg/l	Si
Cloruros	(miligramo por litro)	Máximo 250 mg/l	1.3 mg/l	Si

Fuente. Elaboración propia

Nota: El Cloro Residual, porción que queda en el agua después de un periodo de contacto definido, que reacciona química y biológicamente como ácido hipocloroso o como ion de hipoclorito siendo uno de los factores químicos más perjudiciales para la salud humana, la resolución 2115 establece un parámetro (Ministerio de la Protección Social, 2007)

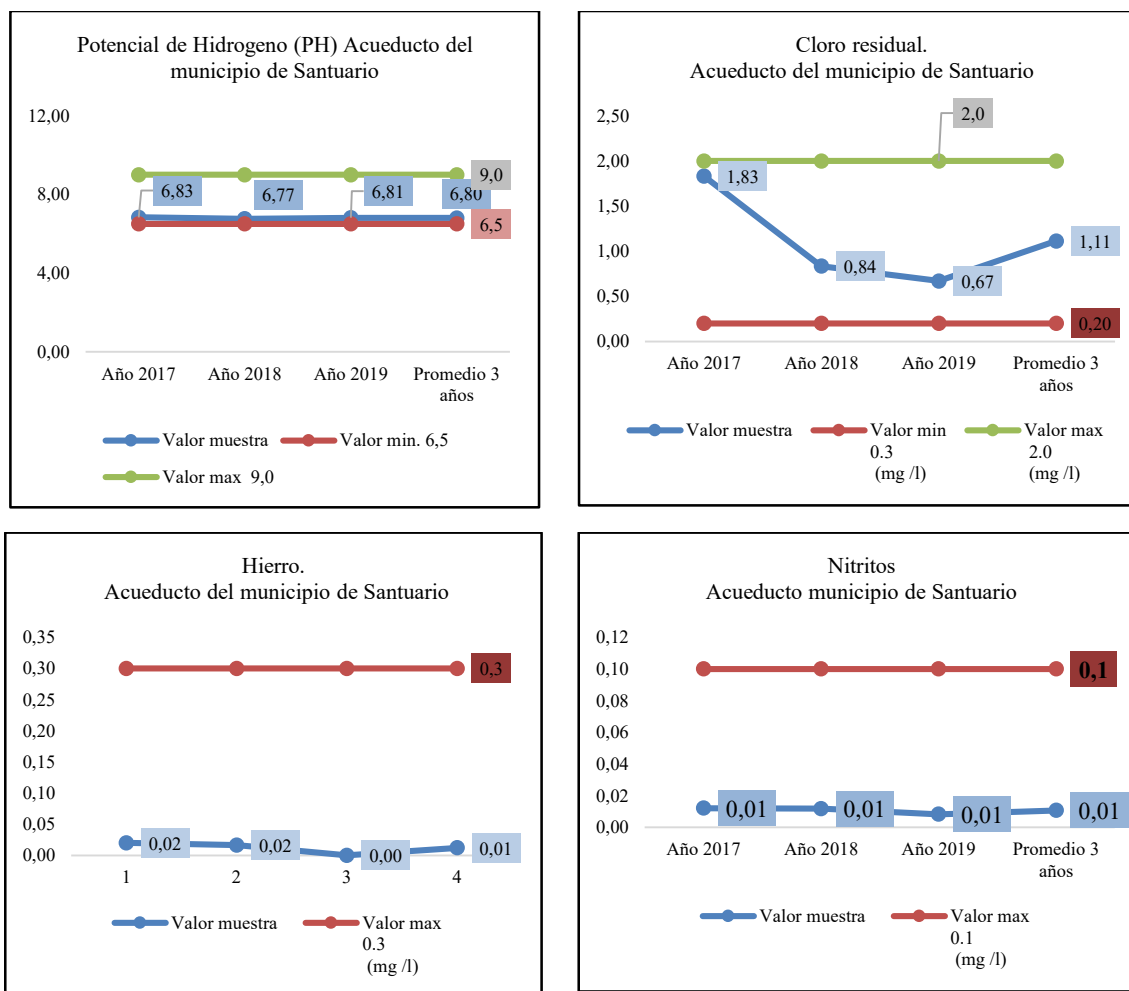


Figura 31. Características Químicas. PH, Cloro residual, hierro, Nitritos

Fuente. Elaboración propia

La fuente de agua del municipio de Santuario no posee concentraciones considerables que eleven los contenidos de hierro en las muestras tomadas, los nitritos tienen valores máximos de 0.1 mg/l (miligramo por litro), los sulfatos según la resolución 2115 son una de las características químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, su valor máximo permitido por la misma es de 250 mg/l (miligramo por litro), en las pruebas realizadas al agua se evidencia que la presencia de los sulfatos no son representativos para el margen establecido por la resolución, Dureza total su parámetro máximo para el control según la resolución 2115 es de 300 mg/l (miligramo por litro), la Dureza Ca, tiene un valor máximo admisible de 60 mg/l (miligramo por litro), Dureza Mg según la resolución 2115, tiene un valor

máximo admisible de 36 mg/l (miligramo por litro), la alcalinidad tiene un valor máximo admisible de 200 mg/l (miligramo por litro), para los Cloruros su valor máximo permitido por la misma es de 250 mg/l (miligramo por litro).

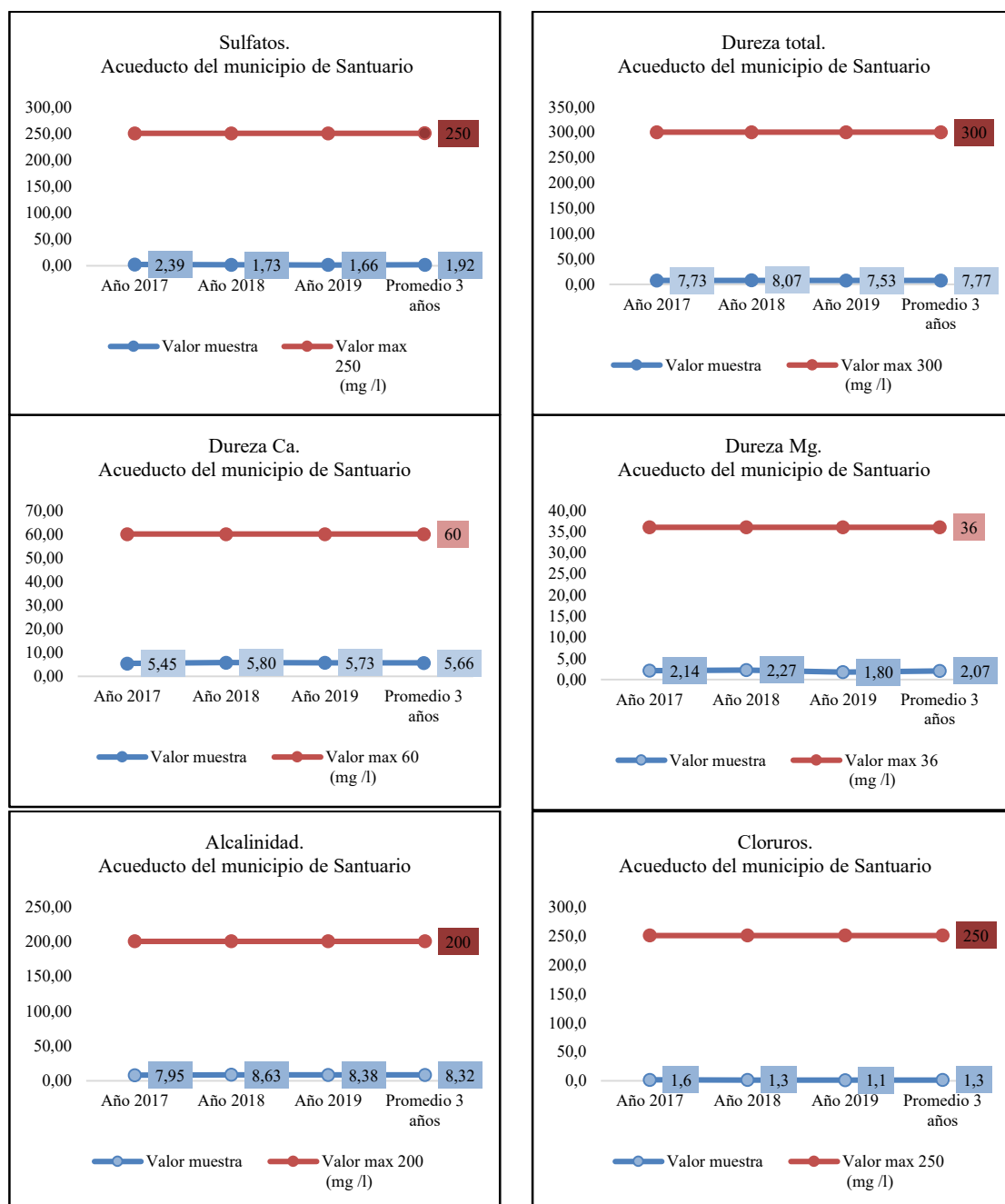


Figura 32. Características Químicas. Sulfatos, Dureza total, Ca, Mg, Alcalinidad y Cloruros

Fuente. Elaboración propia

Al analizar los resultados de las pruebas realizadas, cada una de las características están dentro de los parámetros, es de resaltar que las que las durezas Ca y Mg tienen resultados dentro de sus rangos, pero son considerables, indicando de esta manera que su presencia es representativa y se debe mantener controlada dichas características.

9.3.3. Características Microbiológicas, (Coliformes Totales, Fecales, Mesófilos y Escherichia Coli)

Según la resolución 2115 de 2007 son los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

Tabla 19. Características microbiológicas del agua y parámetros de aceptación

Características Microbiológicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable	Valor Obtenido promedio años 2017 a 2019 (3 años).	Cumple Si/No
Coliformes totales	Unidades	0 UFC/100 cm ³	0.0 UFC/100 cm ³	Si
Coliformes fecales	formadoras de	0 UFC/100 cm ³	0.0 UFC/100 cm ³	Si
Mesófilos	colonia /100 cm ³	100 UFC/100 cm ³	1.0 UFC/100 cm ³	Si
Escherichia coli		0 UFC/100 cm ³	0.0 UFC/100 cm ³	Si

Fuente. Elaboración propia

Los Coliformes Totales y Fecales, son grupos de bacterias que poseen características bioquímicas perjudiciales para la salud que según su técnica de análisis así mismo es el criterio de aceptación o rechazo de las muestras tomadas, para el caso específico de la PTAP del municipio de Santuario, el método de análisis es por filtración de membrana, su valor de aceptación es de 0 U.F.C (Unidades formadoras de colonias) por cada 100 cm³ (0 UFC/100 Cm³). Los Mesófilos, la Resolución 2115 describe a los Mesófilos como “una prueba complementaria se recomienda realizar la determinación de microorganismos mesofílicos, cuyo valor máximo aceptable será de 100 UFC en 100 cm³”, el Escherichia Coli, es el indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano. Y su parámetro de análisis es 0 UFC/100cm³ (Unidades de formación de colonia);

En cada una de las muestras realizadas por la E.S.P se presentaron resultados favorables 0.0 UFC/100cm³, indicando que no hay presencia de E. Coli y cumpliendo con los parámetros establecidos por la ley.

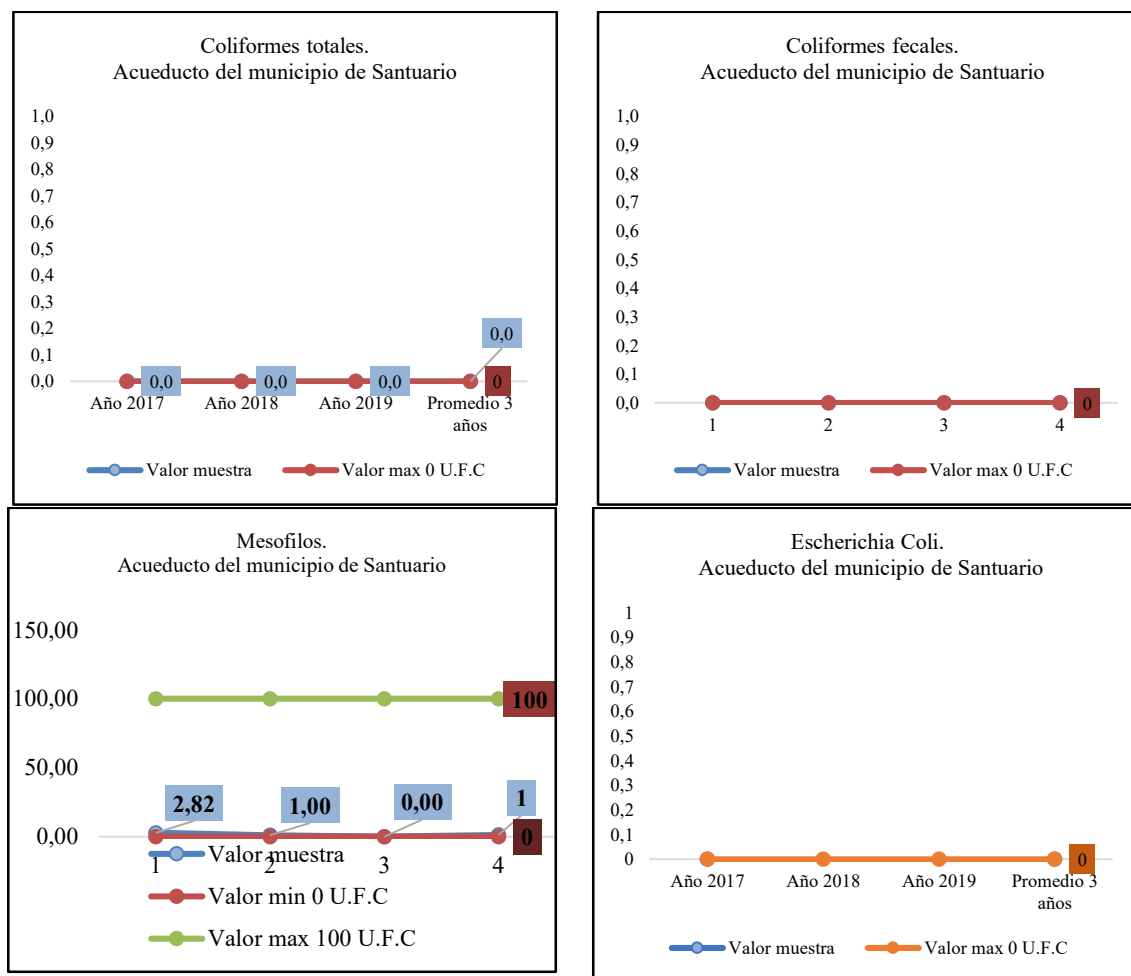


Figura 33. Características Microbiológicas. Coliformes totales, Coliformes fecales, Mesófilos y Escherichia Coli
Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO 10

CONCLUSIONES Y LOGROS.

- El diagnóstico permitió determinar que la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Santuario, cumple con los oficios de ley y funciona de acuerdo a los decretos que rigen este tipo de empresas de servicios públicos, sus permisos de captación, funcionamiento, administración están al orden del día.
- La estructura tarifaria suministrada por la E.S.P de Santuario es del año 2004, y para este tipo de empresas estas estructuras tarifarias se deben actualizar cada cinco (5) años.
- Se pudo evidenciar que los operarios de la planta de tratamiento poseen capacitaciones pertinentes para llevar a cabo un trabajo adecuado a las exigencias de ley.
- Debido a que el área de expansión del municipio de Santuario según el plan de ordenamiento territorial (POT) se encuentra por encima del nivel de la PTAP, la zona de expansión no tiene cobertura directa, más existe un tanque de almacenamiento donde no se realiza todo el proceso de tratamiento al agua, más si se aplican los desinfectantes para entregar un producto que no sea perjudicial para la salud, a este punto también se le realizan las pruebas necesarias para garantizar la seguridad de los consumidores.
- Por lo tanto, se cumple el objetivo dado que se pudo realizar el diagnóstico del componente administrativo por medio de la información suministrada y las visitas realizadas a la planta de tratamiento, a través de la comparación de las resoluciones y decretos que rigen el funcionamiento de la misma.
- Para el chequeo hidráulico de cada uno de los componentes de la planta se utilizó el caudal de llegada de 45 l/s, sin embargo el caudal necesario para abastecer al municipio

de Santuario es de 19.65 l/s actualmente, lo que indica que el caudal de llegada es un 44% más del necesario para abastecer el municipio.

- Los procesos como la mezcla y aplicación de coagulante tipo Cal no son óptimos, ya que los mezcladores y dosificadores se encuentran fuera de servicio y los operadores deben hacerlo manualmente haciendo que las mezclas y cantidades de coagulante aplicado al agua no sea preciso.
- Después de analizar los resultados de la verificación hidráulica, se puede concluir que, el tanque de quietamiento no funciona de manera adecuada ya que no da el tiempo de retención hidráulico mínimo y a hace que el agua llegue con mucha velocidad a la canaleta ParShall.
- Se observó que a pesar que la configuración física del floculador es de tipo Alabama, los pasos del agua entre cámaras es a través de ventanas rectangulares, lo que hace que se comporte como un floculador tipo cox
- Los sedimentadores que posee la PTAP de Santuario son de alta tasa, pero no están trabajando de una manera óptima ya que no están reteniendo el agua el tiempo mínimo establecido por la resolución 0330 del 2017 según los cálculos realizados en la verificación.
- Para el cálculo de la proyección de la población servida, usamos el valor calculado propio que es resultado del índice de ocupación por los suscriptores ya que son datos reales suministrados por la E.S.P de Santuario-Risaralda, este dato arroja un valor muy cercano a la proyección para el 2020 según el DANE, por este motivo es el valor a usar para la proyección de la demanda.

- El porcentaje de mayoración de la población flotante del municipio de Santuario es del 12% asumido, ya que la economía del municipio se centra en la agricultura y no en el turismo.
- La dotación neta calculada para el caudal captado de 45 l/s, es de 297.7 l/hab-día lo que indica que el valor de la dotación neta suministrado por la ESP de santuario de 115 l/hab-día no es real, en el cálculo de la verificación se proyectó la demanda a los 25 años para que cumpla con lo que estipula la resolución 0330 en su artículo 43 tabla 1 de 130 l/hab-día para una altura entre 1000 y 2000 metros sobre el nivel del mar (msnm).
- Por lo tanto, se concluye que se cumple el objetivo sobre el funcionamiento hidráulico de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Santuario ya que se pudo realizar la verificación de cada uno de los componentes de la misma y compararlos con la resolución 0330 de 2017.
- La aplicación del hipoclorito es rudimentaria ya que se aplica a través de una manguera y un gotero que va sobre el vertedero que está ubicado en el canal común de agua filtrada, sin embargo, los resultados de las pruebas del cloro residual cumplen y están dentro de los parámetros establecidos por la resolución 2115 de 2007.
- Después de solicitar los análisis físicos, químicos y microbiológicos que la E.S.P de Santuario le realiza al agua cruda que llega de la fuente de abastecimiento y al agua servida a la población, se pudo determinar en primera medida que el agua que llega desde la fuente es un agua de buenas características químicas y microbiológicas pero que sus características físicas están más comprometidas a la luz de las normas y decretos que le rigen.

- La E.S.P de Santuario realiza todas las pruebas físico-químicas y microbiológicas como lo dicta la ley para garantizar que el producto servido a los usuarios es de calidad y no es perjudicial para la salud.
- Por lo tanto, se da por cumplido el objetivo con el cual se comparan los resultados de las pruebas físicas, químicas y microbiológicas con la resolución 2115 de 2007 y el decreto 1575 que rigen los parámetros de aceptación del agua para el consumo humano.
- Después de realizar los análisis necesarios para comprobar, verificar y evaluar el funcionamiento administrativo y técnico de la planta de tratamiento de agua potable se pudo concluir que es una planta que posee problemas con sus unidades de tanque de quietamiento, floculación, sedimentación y punto de contacto al cloro ya que no funcionan de manera óptima y en el caso del punto de contacto al cloro no existe un área adecuada para llevar a cabo este proceso, referente a las exigencias hechas por la ley, la planta posee los documentos y controles necesarios para funcionar dentro de los parámetros establecidos por la ley.
- Por lo tanto, se cumple con el objetivo principal de diagnosticar el funcionamiento técnico y administrativo de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Santuario, dado que se pudo llevar a cabo cada una de las actividades propuestas para comprobar el estado de los elementos de estudio según el alcance del mismo.

CAPÍTULO 11

RECOMENDACIONES.

-
- Realizar control de las pérdidas que se muestran en el canal de aducción ya que presenta perdidas de caudal considerables, y para poder tratar el caudal que tienen aprobado por la CARDER de 45 litros por segundo deben captar 63 litros por segundo.
- Realizar una actualización de herramientas mecánicas para la mezcla y dosificación de coagulante tipo Cal hidratada, para realizar un trabajo más eficaz y exacto.
- Destinar un espacio en la planta para crear el punto de contacto al cloro donde se pueda verificar y controlar su dosificación de una manera más adecuada del cloro, ya sea gaseoso o líquido.
- Realizar el proceso de tratamiento de agua potable a toda el agua que se sirve en el municipio de santuario ya que debido a la zona de expansión definida por el plan de ordenamiento territorial (POT) el municipio está creciendo sobre la cota de la planta de tratamiento actual y hacia estos puntos el agua solo está llegando a los consumidores con el proceso de desinfección sin pasar por el resto de tratamiento.
- Se recomienda rediseñar los pasos entre cámaras de los floculadores para generar los gradientes establecidos de acuerdo a la resolución 0330 indicado en el artículo 112 que debe ser entre 70 s-1 y 10 s-1 y cuyo gradiente medio del proceso deberá ser 40 s-1.
- Debido a la contingencia presentada del Covid-19 no fue posible realizar el levantamiento completo de la planta, para el cálculo de los floculadores falto medir el paso entre las cámaras, esta información faltante del levantamiento fue suministrada por el CONSORCIO 2A PM SANTUARIO, por medio del director del proyecto Ing. Diego

León Álzate, se recomienda completar dicho levantamiento para verificar que dicha información es real.

- Se recomienda realizar el análisis a los componentes que no fueron del alcance de este proyecto como lo son el financiero y ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- ACUATECNICA. (24 de junio de 2016). *Tipos de plantas de tratamiento de agua potable*.
Obtenido de <https://acuatecnica.com/tipos-plantas-tratamiento-agua-potable/>
- AGUASISTEC. (2017). *Planta de tratamiento de agua potable*. Lima - Peru: AGUASISTEC S.A.C.
- Alcaldía de Santuario. (6 de abril de 2018). *Municipio*. Obtenido de Aprende sobre nuestra historia y territorio: <http://www.santuario-risaralda.gov.co/tema/municipio>
- Arévalo, Á. Y. (2012). *Diseño de una planta de potabilización de agua a escala de laboratorio utilizando agua lluvia para el bloque C de la Universidad Libre sede Bosque Popular*. . Bogotá, D.C : Universidad Libre. Disponible en:
<https://repository.unilivre.edu.co/bitstream/handle/10901/7206/ArevaloAvilaYuliAlexandra2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Arizaga, M. J. (2016). *Evaluación de la PTAP de la ciudad de Vinces*. Guayaquil- Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Camacho, G. M. (2014). *Control y evaluación de la planta de tratamiento de agua potable y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes de Caluma Nuevo del cantón Caluma – provincia de Bolívar*. Ambato- Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Disponible en:
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/7413>.
- Cárdenas, P. C. (2014). *Diseño de una planta de tratamiento de agua potable: caso de estudio un municipio de Santander*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. disponible en: <file:///C:/Users/Hp/Downloads/Diseoplantadeaguapotable.pdf>.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. DANE. (2018). *Boletín censo general 2005. Perfil: Santuario Risaralda*. Bogotá, D.C.:
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>.
- Díaz, B. W. (2017). *Evaluación y optimización de la planta de tratamiento de Agua potable del municipio de Tena en el departamento de Cundinamarca*. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia. Disponible en:
https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14490/1/Trabajo_21.pdf.
- García, M., Sánchez, F. D., Marín, R., Guzmán, H., Nelsy, V., Domínguez, E., . . . Cortez, G. (2009). *El agua*. Bogotá, D.C.: Agrosavia. Disponible en:
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18771/43827_55586.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Hernández, T. E., & Corredor, B. C. (2017). *Diseño y construcción de una planta modelo de tratamiento para la potabilización de agua, en el laboratorio de aguas de la Universidad Católica de Colombia*. Bogotá D.C. : Universidad Católica de Colombia. Disponible en:
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14556/1/DISE%C3%91O%20Y%20CONSTRUCCION%20DE%20UNA%20PLANTA%20MODELO%20DE%20TRATAMIENTO%20PARA%20LA%20POTABILIZACION%20DE%20AGUA.pdf>.
- López, N. A., & Jiménez, S. B. (2016). *Diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable San Antonio- Asociación Sucuneta*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Disponible en :
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4195/3/Diagnostico%20de%20la%20PTAP%20San%20Antonio-%20Asociacion%20Sucuneta.pdf>.

- Lopez, Q. K., & Redon, A. J. (2017). *Diagnostico técnico comparativo de los componentes de la PTAP Aguazul del acueducto Acuaseo Dosquebradas*. Pereira: Universidad Antonio Nariño. UAN.
- Macián, C. V. (2015). *Desarrollo de una herramienta de análisis de riesgo microbiológico en plantas potabilizadoras de agua como soporte a la toma de decisiones de inversión y operación*. Valencia- España: U. Politecnica de Valencia. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=75891>.
- Maldonado, P. W. (2018). *Optimización de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Chipatá (Santander)*. BOGOTÁ: Universidad Distrital. Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/14073>.
- Martinez, J. C. (5 de noviembre de 2018). *Sistemas de tratamientos de agua. Bocatoma*. Obtenido de <http://sistemadetratamientodelagua.blogspot.com/2009/04/bocatoma.html>
- Ministerio de Desarrollo Económico. RAS . (2000). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. RAS - 2000*. Obtenido de <http://www.ceo.org.co/images/stories/CEO/ambiental/documentos/Normas%20ambientales/1990-2000/2000/Resolucion%201096%20de%202000%20-%20Titulo%20B.pdf>
- Ministerio de la Protección Social. (2007). *Decreto 1575. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua*. Bogotá, D.C. : Ministerio de la Protección Social. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>.
- Ministerio de la Protección Social. (2007). *Resolución 2115. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias*. Bogotá, D. C.: Ministerio de la Protección Social. Disponible en: https://scj.gov.co/sites/default/files/marco-legal/Res_2115_de_2007.pdf.
- Ministerio de la Protección Social. (2007). *Resolución número 2115. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias*. Bogotá, D.C. : Ministerio de la Protección Social. Disponible en: https://scj.gov.co/sites/default/files/marco-legal/Res_2115_de_2007.pdf.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (8 de marzo de 2020). *Leyes* . Obtenido de Leyes del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico: <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/normativa-agua/leyes>
- Municipio de Santuario. (2019). *Informe preliminar. Plan acción territorial*. Santuario - Risaralda: Secretaria de Gobierno. Disponible en: http://www.santuario-risaralda.gov.co/sites/santuariorisaralda/content/files/000035/1706_plan-accion-territorial-2016--2019-26-junio.pdf.
- Muñoz, M. S. (2018). *Análisis y diagnóstico técnico de la planta de tratamiento de agua potable “la chica” en el municipio de Anapoima (Cundinamarca)*. Bogotá, D.C.: Universidad Santo Tomás: Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/17078/2019Hernandezivan.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
- Narváez, H. M. (2010). *Diseño de un Sistema de Potabilización a Partir de Aguas Subterráneas para la Planta Los Álamos de la Ciudad de Francisco de Orellana*. Rio Bamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/686>.

- Netto, J. M., & Acosta, A. G. (1976. p 455). *Manual de Hidráulica J.M de Azevedo Netto y Acosta A. Guillermo*. Bogotá, D.C: HARLA.
- Notiactual. (3 de febrero de 2020). *Infografía. Proceso de potabilización del agua en Venezuela*. Obtenido de <https://www.notiactual.com/en-infografia-conozca-el-proceso-utilizado-para-potabilizar-el-agua-en-venezuela/c9-799/>
- Puerta, J. D., & Zapata, M. M. (2014). *Documentación de los procesos operativos para la potabilización de agua en la planta de tratamiento de Villa Santana bajo la norma NTC-GP 1000:2009*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. UTP. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4557/628161P977.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Quintero, S. R. (2016). *Evaluación de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Barbosa-Santander*. BOGOTÁ: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Disponible en: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/420>.
- Ramírez, Á. I., Pulgarín, M. d., López, R. J., & Fernández, E. G. (2007). *Planes de saneamiento y manejo de vertimientos informe final Municipio de Santuario*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira . UTP. Disponible en: https://santuariorisaralda.micolombiadigital.gov.co/sites/santuariorisaralda/content/files/00045/2246_plandesaneamientoymanejodevertimientos.pdf.
- RESOLUCION 0330, M. D. (2017). *RESOLUCION 0330*. BOGOTÁ.
- Salamanca, E. (2016). Tratamiento de aguas para el consumo humano. *Módulo Arquitectura CUC, Vol.17 N°1*. Disponible en: <file:///C:/Users/Hp/Downloads/1527-Texto%20del%20art%C3%ADculo-5834-1-10-20170506.pdf>, 29-48.
- Sánchez, G. S., & Peña, B. M. (2011). *Propuesta para el mejoramiento de la PTAP del municipio de Duitama -Cundinamarca*. Bogotá: Universidad de la Salle.
- SANTUARIO, A. D. (2016-2019). SANTUARIO. Universidad La Gran Colombia. (s.f.). *Santuario. Reseña histórica*. Armenia: Centro Gran Colombiano del Paisaje Cafetero. Disponible en: <https://www.cgpcc.edu.co/assets/santuario.pdf>.
- Velásquez, R. J. (2008). *1.3.3 Propuesta para el mejoramiento del sistema de tratamiento de agua de la empresa de servicios públicos tribunas Córcega E.S.P. en los procesos de coagulación, filtración y desinfección*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. UTP. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/1680>.
- Zambrano, V. S. (2016). *Rediseño de la PTAP para la parroquia Linares, Canton el Chaco*. Riobamba – Ecuado.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6211/1/236T0231.PDF>.

Anexos

Anexo A. Copia SUI

 Sistema Único de Información de Servicios Públicos SUI República de Colombia		RUPS - Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos Nro. Certificación 2019302575371053 Fecha de certificación 27/07/2019
Datos Básicos Razón Social: EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE SANTUARIO Sigla: ESP SANTUARIO Fecha de Inicio de Operaciones: 25/02/1998 NII: 519502982 - 7 Estado del Prestador: OPERATIVA Fecha de Constitución: 10/12/1997 Fecha de Inicio de Nuevo Estado:		
Representante Legal Principal Primer Apellido: OJEDA Identificación: CEDULA DE CIUDADANIA: 1114388410 Correo Electrónico: espasantuario@hotmail.com Suplentes Primer Apellido Segundo Apellido Nombres Identificación		
Domicilio del Prestador Dirección Principal Departamento: RISARALDA Tel Contacto 1: 3687962 Tel Contacto 2: 3687962 Correo Electrónico: espasantuario@hotmail.com Dirección: CRA 5 # 7-12 Dirección de Notificación Departamento: RISARALDA Dirección: CRA 5 # 7-12 Municipio: SANTUARIO Extensión 1: Extensión 2: Centro poblado: SANTUARIO Tel Móvil: 3108442444 Fax: Centro poblado: SANTUARIO		
Naturaleza Jurídica Tipo de Prestador: EMPRESA INDUSTRIAL Y COMERCIAL DEL ESTADO Fecha de Naturaleza: 10/12/1997 Clase: OFICIAL Orden: MUNICIPAL		
Servicios y Actividades Servicio: ACUEDUCTO Número de Suscriptores: MENOR O IGUAL A 2500 USUARIOS		



Sistema Único de Información de Servicios Públicos SUI
República de Colombia

RUPS - Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos
Nro. Certificación 2019302575371953
Fecha de certificación 27/07/2019

Servicios y Actividades						
RISARALDA - SANTUARIO						
Zona de prestación - URBANO						
Actividad:	Fecha Inicio	Fecha Final	Contrato	Fecha Inicio Contrato	Fecha Fin Contrato	¿Tiene contrato de prestación?
* ADUCCION	28/02/1998					NO
* ALMACENAMIENTO	28/02/1998					NO
* CAPTACION	28/02/1998					NO
* TRATAMIENTO	28/02/1998					NO
* CONDUCCION	28/02/1998					NO
* DISTRIBUCION	28/02/1998					NO
* COMERCIALIZACION	28/02/1998					NO
Servicio: ALCANTARILLADO						
Número de Suscriptores: MENOR O IGUAL A 2500 USUARIOS						
RISARALDA - SANTUARIO						
Zona de prestación - URBANO						
Actividad:	Fecha Inicio	Fecha Final	Contrato	Fecha Inicio Contrato	Fecha Fin Contrato	¿Tiene contrato de prestación?
*	28/02/1998					NO
* COMERCIALIZACION						NO
* RECOLECCION	28/02/1998					NO
* DISPOSICION	28/02/1998					NO
* FRENTE						NO
* CONDUCCION DE RESIDUOS	28/02/1998					NO
* RESECCION						NO
* LEJASIS						NO
Servicio: ASEO						
Número de Suscriptores: MENOR O IGUAL A 2500 USUARIOS						
RISARALDA - SANTUARIO						
Zona de prestación - URBANO						
Actividad:	Fecha Inicio	Fecha Final	Contrato	Fecha Inicio Contrato	Fecha Fin Contrato	¿Tiene contrato de prestación?
* BARRIDO Y LIMPIEZA DE VIAS Y AREAS PUBLICAS	28/02/1998					NO
* RECOLECCION Y TRANSPORTE DE RESIDUOS NO APROVECHABLES	28/02/1998					NO
* LAVADO DE AREAS PUBLICAS	01/07/2018					NO
* CORTE DE EQUIPO Y PAGA EN ARBOLES EN VIAS Y AREAS PUBLICAS	09/09/2018					NO



Sistema Único de Información de Servicios Públicos SUI
República de Colombia

RUPS - Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos
Nro. Certificación 2019302575371953
Fecha de certificación 27/07/2019

Contratos						
Servicio	No. Contrato	Fch Expedición	Fch Actualización	Concepto de Legalidad?	No. Acto Legalización	Fch Legalización
ASEO - BARRIDO Y LIMPIEZA DE VIAS Y AREAS PUBLICAS	001	18/01/2018	18/01/2018	NO		
ASEO - RECOLECCION Y TRANSPORTE DE RESIDUOS NO APROVECHABLES	001	18/01/2018	18/01/2018	NO		
ALCANTARILLADO - COMERCIALIZACION	05-2001	01/05/2001		SI	005-2-01	01/05/2001
ALCANTARILLADO - COMERCIALIZACION	05-2001	01/05/2001		SI	005-2001	01/05/2001

Anexo B. Estructura tarifaria aprobada por la CRA (Comisión reguladora de agua potable y saneamiento básico)

**SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS DE ACUEDUCTO
Y ALCANTARILLADO EMPRESA DE SERVICIOS
PUBLICOS DE SANTUARIO ESP - (Risaralda)
Resolución CRA 287 de 2004**



JULIO DE 2005

Anexo C. Captura Manual de funciones ESP Santuario

EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS E.S.P
SANTUARIO, RISARALDA.
Calle 7ª No. 5-42, 2° . piso
☎ 3 687 982. Fax 3687170
espsantuario@hotmail.com

ACUERDO No 01**POR EL CUAL SE AJUSTA EL MANUAL ESPECÍFICO DE FUNCIONES Y DE
COMPETENCIAS LABORALES PARA LOS EMPLEOS DE LA PLANTA DE PERSONAL DE
LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE SANTUARIO RISARALDA E.S.P.**

La Junta Directiva de la Empresa de Servicios Públicos de Santuario Risaralda E.S.P., en ejercicio de las facultades legales y reglamentarias, en especial de las facultades que le confieren los artículos 13 y 28 del Decreto Ley 785 de 2005

ACUERDA

ARTICULO 1º. Ajustar el Manual Específico de Funciones y de Competencias Laborales para los empleos que conforman la planta de personal de la Empresa de Servicios Públicos de Santuario E.S.P., fijada por el acuerdo No 003 del 21 de diciembre de 2004, cuyas funciones deberán ser cumplidas por los funcionarios con criterios de eficiencia y eficacia en orden al logro de la misión, objetivos y funciones que la ley y los reglamentos le señalan a la Empresa:

MANUAL ESPECÍFICO DE FUNCIONES, REQUISITOS Y COMPETENCIAS LABORALES

Anexo D. Captura Auditoria de Gestión Ambiental (Contraloría)


Código postal área urbana N°. 663001-Zona rural 663007 y 663008

9. Resultado de los IRCAS, mensuales de calidad de agua realizados por la propia empresa o contratados con otro laboratorio avalado por el Instituto Nacional de Salud. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos (Carpeta de análisis 2019)

IRCA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,15

El valor del IRCA es cero (0) puntos cuando cumple con los valores aceptables para cada una de las características físicas, químicas y microbiológicas contempladas en la presente Resolución y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos.

Anexo E. Captura Concesión de aguas CARDER

	PROCESO DE ASESORÍA JURÍDICA	Código: FO-12-01
	RESOLUCIÓN 23 JUN 2017	Versión: 3
		Página: 1 de 8

RESOLUCIÓN No. 1025 - 2017

R - 1621/2017
R - 1622/2017

POR LA CUAL SE PRORROGA UNA CONCESIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES, RENOVADA POR MEDIO DE LA RESOLUCIÓN NÚMERO 324 DEL 22 DE MARZO DE 2007, SE APRUEBA UN PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA -PUEAA- Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES.

La Subdirectora de Gestión Ambiental Sectorial de la Corporación Autónoma Regional de Risaraldá **CARDER**, en ejercicio de las facultades que le confiere el artículo 31 numeral 6 de la Ley 99 de 1993 y funciones delegadas por el Director General mediante la Resolución 1407 de 2009, modificada parcialmente por la Resolución 2848 del 11 de Noviembre de 2010, Resolución A-254 del 07 de Marzo de 2017, y

CONSIDERANDO

A) Que mediante la Resolución **CARDER No. 324 del 22 de Marzo de 2007**, la Corporación Autónoma Regional de Risaraldá -**CARDER**-, prorrogó una Concesión para el uso de Aguas Superficiales (inicialmente otorgada por medio de la Resolución No. 417 del 16 de Agosto de 1996), a favor de la entidad sin ánimo de lucro denominada **EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE SANTUARIO E.S.P.**, con NIT No. **816002982-7**.

B) Que a través del oficio radicado en la **CARDER** con el consecutivo No. **1621 del 17 de Febrero de 2017**, el señor **JOSÉ IGNACIO OJEDA MONTOYA**, identificado con cédula de ciudadanía No. **1.114.398.410**, en calidad de Gerente de la **EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE SANTUARIO E.S.P.**, con NIT No. **816002982-7**, solicitó aprobación del Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua para el periodo 2017-2021.

C) Que por medio del oficio radicado en la **CARDER** con el consecutivo No. **1622 del 17 de Febrero de 2017**, el señor **JOSÉ IGNACIO OJEDA MONTOYA**, identificado con cédula de ciudadanía No. **1.114.398.410**, en calidad de Gerente de la **EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE SANTUARIO E.S.P.**, con NIT No. **816002982-7**, solicitó la prórroga de la Resolución **CARDER No. 324 del 22 de Marzo de 2007**, "POR LA CUAL SE RENUEVA UNA CONCESIÓN PARA EL USO DE AGUAS SUPERFICIALES".

Sectorización hidrográfica			
Área Hidrográfica	Magdalena - Cauca		
Zona Hidrográfica	Cauca		
Subzona Hidrográfica	Río Risaraldá		
Cuenca Hidrográfica	R. Magda		
Subcuenca Hidrográfica	R. Agua		
Nombre POMCA	Río Risaraldá - SZH	Código	2014
Microcuenca/Franja Hidrográfica	F.H. R. San Rafael (Cuenca Alta)	Código	2014020206

D) Que por medio de la factura No. **19217** y con recibo de caja No. **133 del 28 de Febrero de 2017**, la **EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE SANTUARIO E.S.P.**, con NIT No. **816002982-7**, representada legalmente por el señor **JOSÉ IGNACIO OJEDA MONTOYA**, identificado con cédula de ciudadanía No. **1.114.398.410**, canceló los costos correspondientes a la Evaluación, Publicación del Auto de Inicio de Trámite y Publicación de la presente Resolución.

E) Que a través del Auto de Inicio de Trámite No. **00121 del 22 de Febrero de 2017**, se inicia la actuación administrativa, el cual le es comunicado al señor **JOSÉ IGNACIO OJEDA MONTOYA**, identificado con cédula de ciudadanía No. **1.114.398.410**, actuando en calidad de Gerente de la **EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE SANTUARIO E.S.P.**, con NIT No. **816002982-7**, mediante oficio No. **1930 del 22 de Febrero de 2017**.

F) Que en aras de atender la solicitud hecha por el señor **JOSÉ IGNACIO OJEDA MONTOYA**, identificado con cédula de ciudadanía No. **1.114.398.410**, actuando en calidad de Gerente de la **EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE SANTUARIO E.S.P.**, con NIT No. **816002982-7**, profesionales adscritos a la Subdirección de Gestión Ambiental Sectorial de la **CARDER**, realizaron vista técnica el día **18 de Abril del 2017**, de la cual se emitió el **Concepto Técnico No. 01295 del 03 de Junio de 2017**, el cual hace parte

Avenida Las Américas, N° 48-40 PBX: (07) 5 - 2110011, Fax: 3141487, Dirección Ambiental: 01600018404
 CHAT Converse con Nosotros en la Página Web: www.carder.gov.co, e-mail: carder@carder.gov.co
 Pereira, Risaraldá Colombia

9. ¿Conoce usted el manual de operación de la planta?

SI: ___ NO: ___

10. ¿Conoce usted el manual de mantenimiento preventivo de la planta?

SI: ___ NO: ___

11. ¿En caso de una eventualidad sabe que protocolo de emergencia debe activar?

SI: ___ NO: ___

¿Cuales? _____

Anexo G. Análisis de resultados pruebas físicas, químicas y microbiológicas del agua servida en el municipio de Santuario.

Año 2017:

- **Potencial De Hidrogeno (PH):** Según la resolución 2115 de 2007 en el capítulo dos artículo cuatro, comprende el valor del potencial de hidrogeno entre 6.5 y 9.0, el promedio anual para este año fue de 6.83, teniendo un valor mínimo 6.59 en el mes de abril y un máximo 6.96 en septiembre, estos valores tan cercanos al mínimo permitido por la resolución pueden indicar que el agua proveniente de la fuente es un agua con tendencia a la acides y es de vital importancia mantener vigilado constantemente este parámetro.

- **Cloro residual:** Definido por la norma como “porción que queda en el agua después de un periodo de contacto definido, que reacciona química y biológicamente como acido hipocloroso o como ion de hipoclorito” quien indica un rango entre los 0.3 y 2.0 mg/l (miligramo por litro); el promedio anual para esta característica es de 1.83

- mg/l en cualquier parte de la red de suministro, lo que indica que el agua se está distribuyendo dentro de los parámetros establecidos por la norma.

- **Turbiedad:** Es una de las pruebas físicas básicas realizadas al agua, según la resolución 2115 de 2007, el valor admisible para el agua servida no debe ser mayor a dos (2) unidades nefelométricas de turbiedad (UN); El resultado medio del año 2017 fue de 0.96 UNT, lo que indica que el tratamiento para para la turbiedad en este año fue realizado de manera adecuada y se entregó un producto al aceptable para el consumo humano.

- **Color aparente:** Según la norma es el color que presenta el agua al momento de su recolección sin haber pasado por un filtro de 0.45 micras y su valor máximo es de 15 unidades platino cobalto (UPC); El promedio anual para el año 2017 fue de 11.78 unidades de platino

cobalto (UPC), es un valor cercano al límite de 15 UPC lo que indica que el agua que llega a la PTAP es un agua con tendencia a la turbiedad, en el mes de octubre de este año presento un valor de 16.75 UPC, que superó el límite máximo, cuando este suceso ocurre los operarios de la planta proceden a cerrar el paso de agua hasta verificar que la turbiedad disminuya.

- **Hierro:** Siendo uno de los factores químicos más perjudiciales para la salud humana, la resolución 2115 establece un parámetro máximo de 0.3 mg/l (miligramo por litro), la fuente de agua del municipio de Santuario no posee concentraciones considerables que eleven los contenidos de hierro en las muestras tomadas, el promedio para el año de 2017 fue de 0.02 mg/l.

- **Nitritos:** Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana, uno de estos compuestos químicos son los nitritos y establece que los valores máximos para los mismos son de 0.1 mg/l (miligramo por litro), el resultado para esta característica en promedio anual fue de 0.01 mg/l.

- **Sulfatos:** Según la resolución 2115 los sulfatos son una de las características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, su valor máximo permitido por la misma es de 250 mg/l (miligramo por litro), en las pruebas realizadas al agua en el año 2017 el promedio fue de 2.39 mg/l, lo que indica que este parámetro no es representativo para el margen establecido por la norma.

- **Dureza total:** Es otra de las características señaladas por la norma como una característica Química que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, su parámetro máximo para el control de la dureza total según la resolución 2115 es de 300 mg/l (miligramo por litro), para el año 2017 el promedio fue de 7.73mg/l, este resultado indica que la

dureza total no es una característica significativa pero que tiene presencia minúscula en el agua del municipio.

- **Dureza Ca:** La dureza Ca, es una característica con consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, según la resolución 2115 la dureza Ca, tiene un valor máximo admisible de 60 mg/l (miligramo por litro), el resultado de las pruebas realizadas en el año 2017 en promedio fue de 5.45 mg/l, indicando de esta manera que su presencia es representativa y se debe mantener controlada dicha característica.

- **Dureza Mg:** La dureza Mg, es una característica con consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, según la resolución 2115 la dureza Mg, tiene un valor máximo admisible de 36 mg/l (miligramo por litro), el resultado de las pruebas realizadas en el año 2017 en promedio fue de 2.14 mg/l, indicando de esta manera que su presencia es representativa y se debe mantener controlada dicha característica.

- **Alcalinidad:** La alcalinidad, es una característica con consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, según la resolución 2115 la alcalinidad, tiene un valor máximo admisible de 200 mg/l (miligramo por litro), el resultado de las pruebas realizadas en el año 2017 en promedio fue de 7.95 mg/l, este resultado indica que la alcalinidad no es una característica significativa pero que tiene presencia minúscula en el agua del municipio.

- **Cloruros:** Según la resolución 2115 los cloruros son una de las características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, su valor máximo permitido por la misma es de 250 mg/l (miligramo por litro), en las pruebas realizadas al agua en el año 2017 el promedio fue de 1.6 mg/l, lo que indica que este parámetro no es representativo para el margen establecido por la norma.

- **Coliformes totales y Fecales:** Son grupos de bacterias que poseen características bioquímicas perjudiciales para la salud que según su técnica de análisis así mismo es el criterio de aceptación o rechazo de las muestras tomadas, para el caso en específico de la PTAP de santuario el método de análisis es por filtración de membrana, su valor de aceptación es de 0 U.F.C (Unidades formadoras de colonias) por cada 100 cms³ (0 UFC/100 Cm³). Todas las muestras tomadas en el año 2017 dieron como resultado 0 UFC/100 Cm³ lo que representa una conformidad total según la norma lo establece.

- **Mesófilos:** La resolución 2115 de 2007 describe a los mesófilos como “una prueba complementaria se recomienda realizar la determinación de microorganismos mesofilicos, cuyo valor máximo aceptable será de 100 UFC en 100 cm³”; el resultado promedio del año 2017 para los mesófilos fue de 2.82 UFC/100Cm³, este resultado indica que los mesófilos están dentro de los parámetros aceptables por la norma.

- **Escherichia Coli:** Según la resolución 2115 de 2007, el E. Coli es “Bacilo aerobio Gram Negativo no esporulado que se caracteriza por tener enzimas específicas como la β galactosidasa y β glucoronidasa. Es el indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano. Y su parámetro de análisis es 0 UFC/100cm³ (Unidades de formación de colonia); En cada una de las muestras realizadas por la E.S.P durante el año 2017, se presentaron resultados favorables 0.0 UFC/100cm³, indicando que no hay presencia de E. Coli

Año 2018:

- **Potencial de Hidrogeno (PH):** Los parámetros de aceptación según la resolución 2115 de 2007, comprende el valor del potencial de hidrogeno (PH) entre 6.5 y 9.0, el promedio para el año 2018 fue de 6.77, en los meses de mayo y junio tuvo un valor mínimo 6.54 y en diciembre un máximo de 6.91, estos valores tan cercanos al mínimo permitido por la resolución pueden

indicar que el agua proveniente de la fuente tiene un PH muy bajo y debe ser controlado permanentemente.

- **Cloro residual:** La resolución 2115 de 2007 la define como la “porción que queda en el agua después de un periodo de contacto definido, que reacciona química y biológicamente como ácido hipocloroso o como ion de hipoclorito” esta característica debe estar entre los 0.3 y 2.0 mg/l (miligramo por litro); el promedio anual fue de 0.84 mg/l en cualquier parte de la red de suministro, lo que indica que el agua se está distribuyendo dentro de los parámetros establecidos por la norma.

- **Turbiedad:** Para esta característica y según la resolución 2115 de 2007, el valor permitido máximo para el agua servida es de dos (2) unidades nefelométricas de turbiedad (UNT); El resultado promedio para el 2018 fue de 1.00 UNT, lo que indica que el tratamiento para para la turbiedad en este año fue realizado de manera adecuada y se entregó un producto al aceptable para el consumo humano.

- **Color aparente:** Para la resolución 2115 de 2007, el color que presenta el agua al momento de su recolección sin haber pasado por un filtro de 0.45 micras, su valor máximo es de 15 unidades platino cobalto (UPC); El promedio anual para el 2018 fue de 12.06 unidades de platino cobalto (UPC), es un valor cercano al límite de 15 UPC lo que indica que el agua que llega a la PTAP es un agua con tendencia a la turbiedad, en el mes de febrero de este año presento un valor de 11.95 UPC y en el mes de octubre 17.67 UPC, que superó el límite máximo permitido, cuando este suceso ocurre los operarios de la planta proceden a cerrar el paso de agua hasta verificar que la turbiedad disminuya.

- **Hierro:** Según la resolución 2115 de 2007 es uno de los factores químicos más perjudiciales para la salud humana, la resolución 2115 establece su valor máximo admisible de

0.3 mg/l (miligramo por litro), la fuente de agua del municipio de Santuario no posee concentraciones considerables que eleven los contenidos de hierro en las muestras tomadas, el promedio para el año de 2018 fue de 0.02 mg/l.

- **Nitritos:** Para la resolución 2115 de 2007 las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana, uno de estos compuestos químicos son los nitritos y establece que los valores máximos para los mismos son de 0.1 mg/l (miligramo por litro), el resultado para esta característica en promedio anual fue de 0.01 mg/l.

- **Sulfatos:** Según la resolución 2115 los sulfatos son una de las características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, su valor máximo establecido por la resolución es de 250 mg/l (miligramo por litro), los resultados de las pruebas realizadas al agua en el año 2018, su promedio fue de 1.73 mg/l, indicando de esta manera que no es un valor representativo que perjudique representativamente la economía y salud de los consumidores.

- **Dureza total:** Es otra de las características señaladas por la norma como una característica Química que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, el valor máximo según la resolución 2115 es de 300 mg/l (miligramo por litro), para el año 2018 el promedio fue de 8.07 mg/l, este resultado indica que la dureza total no es una característica significativa pero que tiene presencia minúscula en el agua del municipio.

- **Dureza Ca:** La dureza Ca, es una característica con consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, según la resolución 2115 la dureza Ca, tiene un valor máximo admisible de 60 mg/l (miligramo por litro), el resultado de las pruebas realizadas en el año 2018 en

promedio fue de 5.80 mg/l, indicando de esta manera que su presencia es representativa y se debe mantener controlada dicha característica.

- **Dureza Mg:** La dureza Mg, al igual que la dureza Ca es una característica con consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, para la resolución 2115 la dureza Mg, tiene un valor máximo de 36 mg/l (miligramo por litro), el resultado promedio de las pruebas realizadas en el año 2018 fue de 2.27 mg/l, lo que indica que es una característica con presencia representativa y se debe mantener vigilada y controlada permanentemente.

- **Alcalinidad:** La alcalinidad, según la resolución 2115 de 2007 es una característica con consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, tiene un valor máximo admisible de 200 mg/l (miligramo por litro), el resultado de las pruebas realizadas para el año 2018 en promedio fue de 8.63 mg/l, este resultado indica que la alcalinidad no es una característica significativa, pero tiene presencia minúscula en el agua del municipio.

- **Cloruros:** Los cloruros para la resolución 2115 de 2007 son una de las características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, el valor máximo para la resolución es de 250 mg/l (miligramo por litro), el promedio para las pruebas realizadas al agua en el año 2018 fue de 1.3 mg/l, lo que indica que este parámetro no es representativo para el margen establecido.

- **Coliformes totales y Fecales:** La resolución 2115 de 2007 la define como grupos de bacterias que poseen características bioquímicas perjudiciales para la salud que según su técnica de análisis así mismo es el criterio de aceptación o rechazo de las muestras tomadas, para el caso en específico de la PTAP de santuario el método de análisis es por filtración de membrana, su valor de aceptación es muy estricto referente a esta características, su valor de aceptación es de 0 U.F.C (Unidades formadoras de colonias) por cada 100 cms³ (0 UFC/100 Cm³). Todas las

muestras tomadas en el año 2018 dieron como resultado 0 UFC/100 Cm³ lo que representa una conformidad total según la norma lo establece.

- **Mesófilos:** Para la resolución 2115 de 2007 los mesófilos se caracterizan como “una prueba complementaria se recomienda realizar la determinación de microorganismos mesofílicos, cuyo valor máximo aceptable será de 100 UFC en 100 cm³”; el resultado de los análisis para el año 2018 en promedio fue de 1.0 UFC/100Cm³, este resultado indica que los mesófilos están dentro de los parámetros aceptables.

- **Escherichia Coli:** Según la resolución 2115 de 2007, el E. Coli es “Bacilo aerobio Gram Negativo no esporulado que se caracteriza por tener enzimas específicas como la β galactosidasa y β glucoronidasa. Es el indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano. Para la resolución el parámetro de aceptación es 0 UFC (Unidades de formación de colonia); En cada una de las muestras realizadas por la E.S.P durante el año 2018, se presentaron resultados favorables 0.0 UFC/100cm³, indicando que no hay presencia de E. Coli.

Año 2019:

- **Potencial de Hidrogeno (PH):** Según la resolución 2115 de 2007 en el capítulo dos articulo cuatro, comprende el valor del potencial de hidrogeno entre 6.5 y 9.0, el promedio anual para este año fue de 6.81, teniendo un valor mínimo 6.70 en el mes de abril y un máximo 6.94 en el mes de enero y julio, estos valores tan cercanos al mínimo permitido por la resolución pueden indicar que el agua proveniente de la fuente es un agua con tendencia a la acides y es de vital importancia mantener vigilado constantemente este parámetro.

- **Cloro residual:** La resolución lo define como “porción que queda en el agua después de un periodo de contacto definido, que reacciona química y biológicamente como acido

hipocloroso o como ion de hipoclorito” quien indica un rango entre los 0.3 y 2.0 mg/l (miligramo por litro); el promedio anual para esta característica en el año 2019 fue de 0.67 mg/l en cualquier parte de la red de suministro, lo que indica que el agua se está distribuyendo dentro de los parámetros establecidos por la resolución 2115 de 2007.

- **Turbiedad:** Para la resolución 2115 de 2007, es una de las pruebas físicas básicas realizadas al agua, el valor máximo permitido para el agua servida es de dos (2) unidades nefelométricas de turbiedad (UNT); El resultado de las pruebas en promedio para el año 2019 fue de 0.93 UNT, lo que indica que el tratamiento para para la turbiedad en este año fue realizado de manera adecuada ya que entrega un producto conforme con este parámetro.

- **Color aparente:** Según la resolución es el color que presenta el agua al momento de su recolección sin haber pasado por un filtro de 0.45 micras y su valor máximo permitido es de 15 unidades platino cobalto (UPC); El promedio anual para el año 2019 fue de 11.09 unidades de platino cobalto (UPC), en este año el factor más alto para el color se presentó el mes de abril con un valor de 16.60 UPC, procediendo a realizar las diluciones pertinentes hasta obtener una lectura dentro del rango permitido por la resolución.

- **Hierro:** Para la resolución 2115 de 2007, es uno de los factores químicos más perjudiciales para la salud humana, la resolución establece un parámetro máximo de 0.3 mg/l (miligramo por litro), la fuente de agua del municipio de Santuario no posee concentraciones de hierro que eleven los contenidos del mismo en las muestras tomadas, el promedio para el año de 2019 fue de 0.00 mg/l.

- **Nitritos:** La resolución 2115 de 2007 los describe como las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana, uno de estos compuestos

químicos son los nitritos, la resolución establece que el valor máximo para los mismos es de 0.1 mg/l (miligramo por litro), el resultado para esta característica en promedio para el año 2019 fue de 0.01 mg/l.

- **Sulfatos:** Según la resolución 2115 los sulfatos son una de las características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, su valor máximo permitido es de 250 mg/l (miligramo por litro), en las pruebas realizadas al agua en el año 2019 el promedio fue de 1.66 mg/l, lo que indica que este parámetro no es representativo para el margen establecido por la resolución.

- **Dureza total:** Es una de las características señaladas por la resolución 2115 de 2007 como una característica Química que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, el valor máximo para la dureza total según la resolución es de 300 mg/l (miligramo por litro), para el año 2019 el promedio fue de 7.53 mg/l, este resultado indica que la dureza total no es una característica significativa pero que tiene presencia minúscula en el agua del municipio.

- **Dureza Ca:** La dureza Ca, es una característica con consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana para la resolución 2115, la dureza Ca, tiene un valor máximo permitido de 60 mg/l (miligramo por litro), el resultado del análisis de las pruebas realizadas en el año 2019 dio como promedio 5.73 mg/l, lo que indica que su presencia es representativa y se debe mantener controlada dicha característica.

- **Dureza Mg:** Según la resolución la dureza Mg, es una característica con consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, la dureza Mg tiene un valor máximo permitido por la resolución 2115 de 2007 de 36 mg/l (miligramo por litro), el resultado de las pruebas

analizadas realizadas en el año 2019 en promedio fue de 1.8 mg/l, indicando de esta manera que su presencia es representativa y se debe mantener controlada dicha característica.

- **Alcalinidad:** La resolución la define como “una característica con consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana”, según la resolución 2115 la alcalinidad, tiene un valor máximo admisible de 200 mg/l (miligramo por litro), el resultado de las pruebas realizadas en el año 2019 en promedio fue de 8.38 mg/l, este resultado indica que la alcalinidad no es una característica representativa pero que tiene presencia minúscula en el agua del municipio.

- **Cloruros:** Según la resolución 2115 los cloruros son una de las características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, su valor máximo es de 250 mg/l (miligramo por litro), en las pruebas realizadas al agua en el año 2019 el promedio fue de 1.1 mg/l, lo que indica que este parámetro no es representativo para el margen establecido por la norma.

- **Coliformes totales y Fecales:** Definidos por la resolución 2115 de 2007 como grupos de bacterias que poseen características bioquímicas perjudiciales para la salud que según su técnica de análisis así mismo es el criterio de aceptación o rechazo de las muestras tomadas, el método de análisis en la PTAP de Santuario es por filtración de membrana, su valor de aceptación es de 0 U.F.C (Unidades formadoras de colonias) por cada 100 cms³ (0 UFC/100 Cm³). Todas las muestras tomadas en el año 2019 dieron como resultado 0 UFC/100 Cm³ lo que representa una conformidad total según la norma lo establece.

- **Mesófilos:** La resolución 2115 de 2007 describe a los mesófilos como “una prueba complementaria se recomienda realizar la determinación de microorganismos mesofílicos, cuyo valor máximo aceptable será de 100 UFC en 100 cm³”; el resultado promedio del año 2019 para

los mesófilos fue de 0.0 UFC/100Cm³, este resultado indica que los mesófilos están dentro de los parámetros aceptables por la norma.

- **Escherichia Coli:** Para la resolución 2115 de 2007, el E. Coli es “Bacilo aerobio Gram Negativo no esporulado que se caracteriza por tener enzimas específicas como la β galactosidasa y β glucoronidasa. Es el indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano. Su parámetro de análisis es 0 UFC (Unidades de formación de colonia); En cada una de las muestras realizadas por la E.S.P durante el año 2019, se presentaron resultados favorables 0.0 UFC/100cm³, indicando que no hay presencia de E. Coli en el agua servida al municipio.

Anexo H. Planos del Chequeo hidráulico.

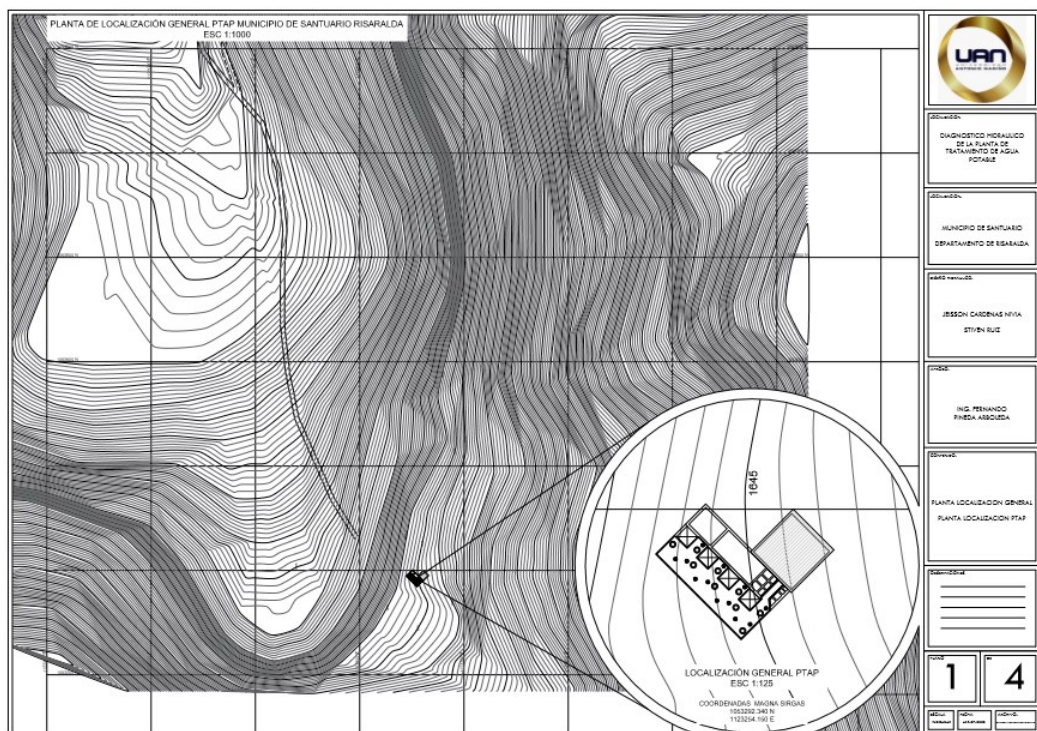


Figura 34. Planos del Chequeo hidráulico. 1 / 4



Figura 35. Planos del Chequeo hidráulico. 2 / 4

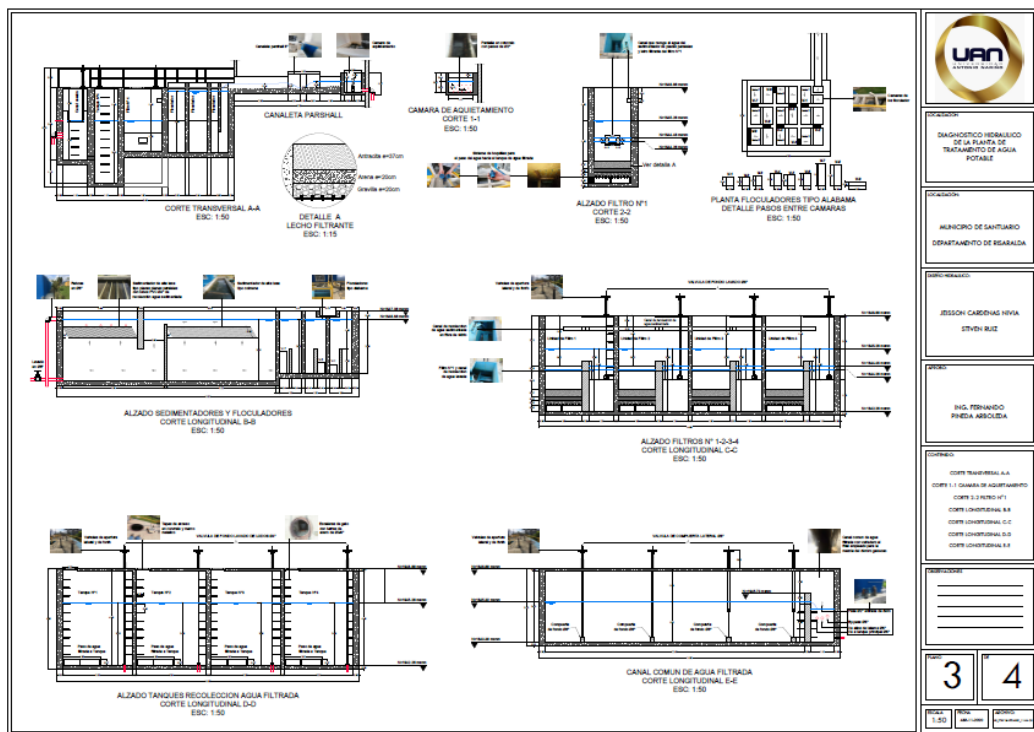


Figura 36. Planos del Chequeo hidráulico. 3 / 4

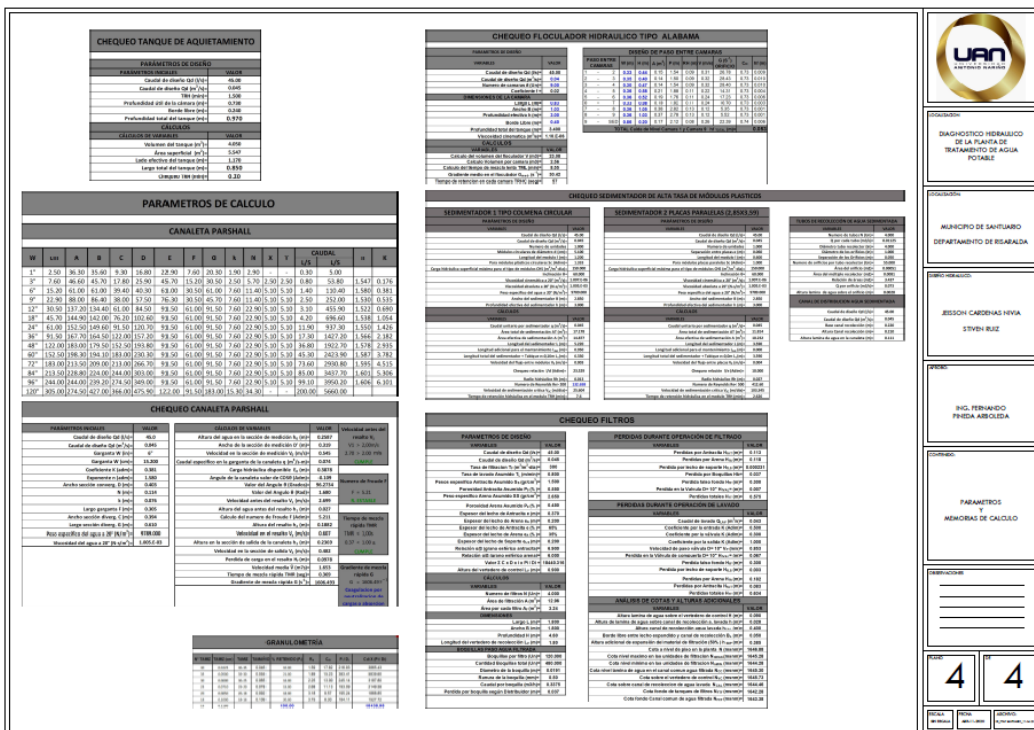


Figura 37. Memorias. 4 / 4

Anexo I. Tabla diseño perdidas boquillas filtrado.

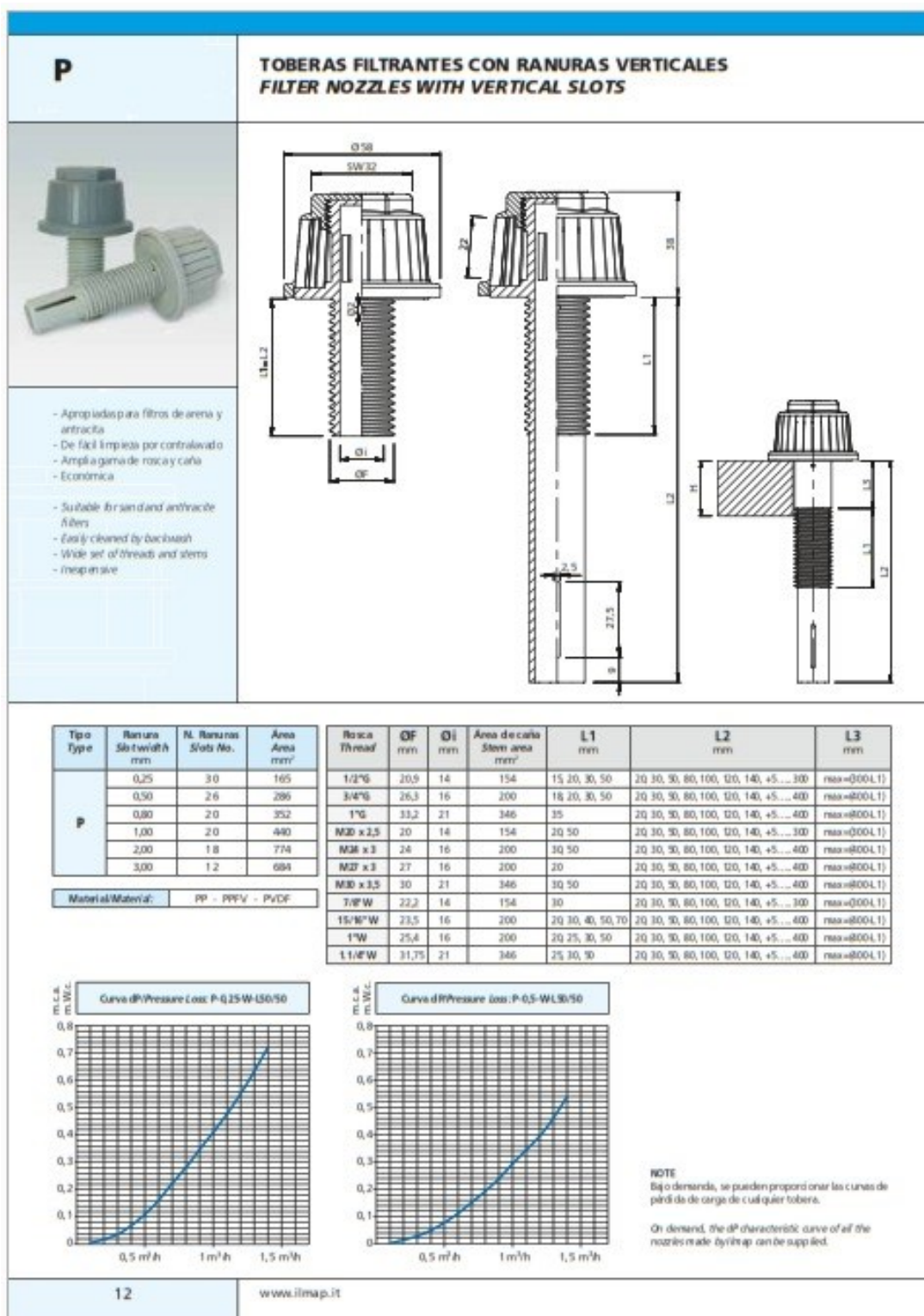


Figura 38. Especificación técnica boquilla