



Elaboración de la Primera Edición del Manual de Operación y Mantenimiento de la Planta De
Tratamiento Agua Potable (PTAP) de La Empresa de Acueducto, Alcantarillado Y Aseo de
Puerto Asís E.S.P.

José Félix Ruano Calderón

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Programa de Ingeniería Química

Pamplona, Colombia

2020

Elaboración de la Primera Edición del Manual de Operación y Mantenimiento de la Planta De
Tratamiento Agua Potable (PTAP) de La Empresa de Acueducto, Alcantarillado Y Aseo de
Puerto Asís E.S.P.

José Félix Ruano Calderón

Trabajo presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Químico

Directora:

Msc, Ingeniera Química Carla Stephanny Cárdenas Bustos

Supervisor:

Esp, Nicolás Andrade Escobar

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Programa de Ingeniería Química

Pamplona, Colombia

2020

A Dios por darme la oportunidad de vivir y disfrutar la vida.

A mi Madre por ser mi ejemplo de superación y brindarme su amor incondicional, a mi Padre que desde el cielo me guió en este camino, ser ejemplo de valentía y esfuerzo. A ellos, que me enseñaron a trabajar por conseguir mis objetivos.

A mi hermano, quien a pesar de las diferencias fue mi compañía en este largo proceso.

A mi sobrina María, por sacar lo mejor de mí.

A cada uno de mis compañeros, docentes y amigos que de una u otra forma me enseñaron a ser principalmente persona y formarme como profesional.

¡Gracias!

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme sabiduría, fuerza, guiarme y poner en el camino personas maravillosas.

Agradecer a cada una de las personas que hicieron parte de este largo proceso, a mis padres por brindarme la oportunidad de estudiar, su apoyo incondicional y fuente de inspiración para salir adelante, a mi hermano por ser compañía presencial en la vida universitaria. A mi amiga, compañera y colega Derly, quien desde el inicio del proceso hasta finalizar fue quien estuvo ahí brindado su apoyo.

De igual forma agradecer a cada uno de los compañeros que de una u otro forma contribuyeron a lograr este objetivo, a Eloy por su alegría y humildad, a Camila por cariño, a Karen, compañera de estudio en transferencia de calor y a todos los que desde un principio caminaron y lucharon por conseguir sus objetivos. A Jeferson, por su amistad y sus divertidas historias. ¡Gracias chicos!

También, e igual de importantes, al grupo de docentes del programa de ingeniería química UP que hicieron todo su esfuerzo por brindar su conocimiento, a la profe Jacqueline por su vocación, esfuerzo y consejos. Al profesor Álvaro quien desde el inicio de la carrera demostró amabilidad por sus alumnos. A la profe Sandra, por su exigencia. A la profe Carla, por su dedicación, paciencia y amabilidad. Y a cada uno de los que de una u otra forma me formaron como persona y como profesional. ¡Gracias profesores!

A la Universidad de Pamplona, por permitir realizar mis estudios.

A La Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís, por brindarme la oportunidad de ingresar al mundo laboral, a su gerente Dolly Rengifo Gaviria, quien desde un principio confió en las capacidades que tengo, al director operativo Nicolás Andrade Escobar por ser mi supervisor y brindarme su conocimiento y experiencia. Y a cada miembro, personal administrativo y operativo de la empresa que me enseñaron a ser persona. ¡Gracias familia EAAAP!

¡Gracias a todos!

RESUMEN

El desarrollo del proyecto contemplo inicialmente la realización del diagnóstico del estado actual de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de La Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís E.S.P, se realizó inspección ocular detallada de cada uno de los componentes de la PTAP, áreas de proceso, infraestructura vigente, equipos, reactivos, Control y Calidad del Agua. Este proceso permitió identificar si el agua y la PTAP cumplía con los requisitos mínimos exigidos por la Resolución 2115 del 22 de junio 2007 y el Título C “*Sistemas de Potabilización*” del Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) adoptado por la Resolución 0330 del 08 de junio del 2017, respectivamente.

El proceso de verificación de la calidad del agua potabilizada por La Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís E.S.P, determino que el agua proveniente de su Planta de Tratamiento de Agua Potable no es apta para consumo humano, teniendo como resultado un Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA) de 18,6% otorgado por la Secretaria de Salud Departamental del Putumayo en su último informe de Certificación Sanitaria, con relación al estudio realizado se planteó una serie de recomendaciones para adecuación del sistema de potabilización utilizado, la elaboración del manual de operaciones y mantenimiento de la PTAP y la identificación y estimación de costos de adquisición de equipos y elementos de laboratorio necesarios para la evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de agua cruda y agua potable, esto con el objetivo de mejorar la calidad del agua potable.

El proceso de identificación a través del diagnóstico de la PTAP determinó la situación actual de la infraestructura del laboratorio, área del proceso muy importante, el resultado concluye rehabilitar el área de evaluación de muestras de agua cruda y potable, realizando la identificación y estimación de costos de adquisición de equipos y elementos de laboratorio necesarios para evaluar parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua.

Finalmente se realizó la primera edición del Manual de Operaciones y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, ya que el documento que hacia su función presentaba errores, poca o ninguna información sobre la estructura física de la PTAP y el sistema de potabilización utilizado.

PALABRAS CLAVES: PTAP, IRCA, Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís E.S.P, Certificación Sanitaria, RAS.

ABSTRACT

The development of the project contemplates the diagnosis of the current state of the Drinking Water Treatment Plant (PTAP) of The Company of Aqueduct, Sewerage and Cleaning of Puerto Asís E.S.P, the detailed ocular inspection of each of the components of the PTAP, process areas, current infrastructure, equipment, reagents, Control and Quality of Water. This process identified if the water and the PTAP complied with the minimum requirements demanded by Resolution 2115 of June 22, 2007 and Title C of the Technical Regulations for Drinking Water and Basic Sanitation (RAS) adopted by Resolution 0330 of June 08 of 2017, respectively.

The process of verifying the quality of the water made drinkable by The Company of Aqueduct, Sewerage and Cleaning of Puerto Asís E.S.P, determining the water coming from its Drinking Water Treatment Plant is not suitable for human consumption, resulting in a Risk Index of Water Quality (IRCA) of 18.6% granted by the Departmental Health Secretariat of Putumayo in its latest report of Sanitary Certification, in relation to the study carried out in the plant a series of recommendations for the adequacy of the water treatment system used, the preparation of the operations and maintenance manual for the PTAP and the identification and cost analysis of the acquisition of laboratory equipment and elements necessary for the evaluation of chemical, chemical and microbiological parameters of raw water and drinking water, this with the aim of improving the quality of drinking water.

The identification process through the diagnosis of the PTAP determined the current situation of the laboratory infrastructure, the area of the process very important, the result concludes the rehabilitation of the area of evaluation of the samples of raw and drinking water, the detection and the identification of the acquisition costs of laboratory equipment and elements necessary to evaluate chemical, chemical and microbiological parameters of the water.

Finally, the first edition of the Operations and Maintenance Manual of the Drinking Water Treatment Plant was carried out, since the document that had errors in its function had little or no information on the physical structure of the PTAP and the water treatment system used.

KEY WORDS: PTAP, IRCA, Aqueduct, Company of Aqueduct, Sewerage and Cleaning of Puerto Asís E.S.P, Sanitary Certification, RAS.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	13
3. OBJETIVOS.....	15
3.1. OBJETIVO GENERAL	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4. MARCO TEÓRICO	16
4.1. AGUA	16
4.2. TIPOS DE AGUA.....	16
4.2.1. FUENTES SUPERFICIALES	16
4.2.2. FUENTES SUBTERRÁNEAS	16
4.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA.....	17
4.3.1. TURBIDEZ.....	17
4.3.2. OLOR	17
4.3.3. COLOR	17
4.4. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA.....	17
4.4.1. pH.....	18
4.4.2. CLORUROS	18
4.4.3. SULFATOS Y SULFUROS	18
4.4.4. METALES PESADOS.....	18
4.5. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA	18
4.6. CALIDAD DE AGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO	19
4.7. CALIDAD DEL AGUA EN EL MUNICIPIO DE PUERTO ASÍS	19
4.8. CALIDAD DEL AGUA POTABLE	20
4.9. SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN.....	22
4.9.1. PRETRATAMIENTO-AIREACIÓN	23
4.9.2. COAGULACIÓN	23
4.9.3. FLOCULACIÓN	23
4.9.4. SEDIMENTACIÓN.....	24
4.9.5. FILTRACIÓN	24
4.9.6. DESINFECCIÓN.....	25
5. MARCO LEGAL.....	27

6.	GENERALIDADES DE LA PTAP	28
6.1.	UBICACIÓN.....	28
6.2.	CLIMA.....	28
6.3.	ÁREA DE SERVICIO	28
6.4.	POBLACIÓN ATENDIDA.....	28
7.	METODOLOGÍA	30
7.1.	REVISIÓN DE DOCUMENTACIÓN EXISTENTE.....	30
7.2.	DIAGNOSTICO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE PUERTO ASIS E.S.P.....	30
7.2.1.	FUENTE	30
7.2.2.	PRETRATAMIENTO.....	30
7.2.3.	COAGULACIÓN	31
7.2.4.	FLOCULACIÓN	31
7.2.5.	SEDIMENTACIÓN.....	31
7.2.6.	FILTRACIÓN	31
7.2.7.	DESINFECCIÓN.....	31
7.2.8.	DISTRIBUCIÓN.....	31
7.3.	IDENTIFICAR Y ESTIMAR LOS COSTOS DE ADQUISICIÓN DE EQUIPOS Y ELEMENTOS DE LABORATORIO.....	31
7.4.	ELABORAR LA PRIMERA EDICIÓN DEL MANUAL OPERATIVO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO AGUA POTABLE (PTAP) DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE PUERTO ASÍS E.S.P.....	32
8.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	33
8.1.	COMPONENTES DE LA PTAP	33
8.2.	ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	34
8.3.	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO	37
8.4.	NARRATIVA DEL PROCESO.....	38
8.5.	IDENTIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ADQUISICIÓN DE EQUIPOS Y ELEMENTOS DE LABORATORIO.....	39
8.5.1.	IDENTIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN DE EQUIPOS DE ANÁLISIS FÍSICO, QUIMICO Y MICROBIOLÓGICO.....	39
8.6.	MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO	43
9.	CONCLUSIONES	45
10.	RECOMENDACIONES	47
11.	REFERENCIA	48

12. ANEXOS	51
ANEXO I. CERTIFICACIÓN SANITARIA DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO SUMINISTRADA POR LA EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE PUERTO ASÍS, PUTUMAYO.	51
ANEXO II. FORMATO DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS.	53
ANEXO III. FORMATO DE CONTROL FÍSICO-QUÍMICO.....	54
ANEXO IV. FORMATO DE CAPTACIÓN DE AGUA.	55
ANEXO V. DIAGNOSTICO ELÉCTRICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE PUERTO ASÍS (PUTUMAYO) REALIZADO POR EL INGENIERO ELÉCTRICO MARIO ALBERTO GARZÓN DÍAZ.....	56
ANEXO VI. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE LA PTAP DE PUERTO ASÍS PUTUMAYO.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cobertura de la vigilancia de la calidad del agua en Putumayo.....	19
Figura 2. Sistema de potabilización convencional.	22
Figura 3. Proceso molecular de la Coagulación.	23
Figura 4. Proceso molecular de la Floculación.	23
Figura 5. Proceso de Sedimentación Discontinua.	24
Figura 6. Mecanismos de filtración: a) filtro de torta; b) filtro clarificador; c) filtro de flujo transversal.	25
Figura 7. Diagrama de flujo sistema de potabilización PTAP EAAAP E.S.P.....	34
Figura 8. Diagrama de Flujo de Proceso de la PTAP.	37

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características físicas del agua potable.	21
Tabla 2. Características químicas del agua que generan un efecto en la salud humana.	21
Tabla 3. Discriminación de la población atendida.	29
Tabla 4. Recomendaciones realizadas para la optimización de la PTAP:	35
Tabla 5. Identificación estimación de equipos de análisis fisicoquímicos y microbiológicos.	40
Tabla 6. Reactivos y soluciones para evaluación del IRCA.	41
Tabla 7. Materiales y elementos de laboratorio necesarios para el funcionamiento.	42
Tabla 8. Materiales y elementos de vidriería requeridos.	42
Tabla 9. Elementos de protección del personal de laboratorio.	43
Tabla 10. Estimación de costos de adquisición, inversión.	43

1. INTRODUCCIÓN

“El Plan de Desarrollo Nacional (PND) estima que el acceso a servicios públicos en Colombia es 28% mayor para zonas urbanas que para zonas rurales, 3,8 millones de colombianos no consumen agua potable de calidad y que el 40% del agua potable en Colombia se desperdicia[1].

El acceso a agua potable es considerado es derecho humanitario internacional, los entes reguladores a nivel nacional exhorta a las personas prestadoras del servicio realizar los procedimientos necesarios y adecuados para brindar a la sociedad agua potable y de calidad. La buena calidad del agua juega un papel de suma importancia en la salud, y se ha convertido en uno de los derechos fundamentales de la humanidad, siendo fuente del desarrollo socioeconómico vital para lograr condiciones de vida digna a nivel mundial. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha luchado aproximadamente desde 1980 por la buena calidad del agua, proponiendo unas guías que sirven para orientan a todas las comunidades sobre los parámetros que se requieren para determinar un agua de excelente calidad [2].

En Colombia, el Ministerio de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial a través de la Resolución 2115 del 22 de junio del 2007 señala características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano [3]. Y el Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio proporciona el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) adoptado por la Resolución 0330 del 08 de junio del 2017 [4], por cual se brinda el Título C “*Sistemas de Potabilización*” [5], y el Título B “*Sistemas de Acueducto*” [6], por los cuales se proporcionan medidas para el diseño, funcionamiento y mantenimiento de sistemas de potabilización y sistemas de acueducto.

El presente proyecto se desarrolla en el marco del trabajo de grado realizado por estudiante de ingeniería química de la Universidad de Pamplona teniendo como objetivo principal Elaborar la primera edición del manual operativo de la Planta de Tratamiento Agua Potable (PTAP) de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de puerto Asís E.S.P. Por lo tanto, la primera fase del trabajo de grado contempla el diagnóstico de la PTAP, identificación de las áreas del proceso y evaluación actual de las mismas. La segunda parte del proyecto se enfoca en la identificación y estimación de costos adquisición de los equipos y elementos de laboratorio necesarios para la PTAP. Culmina con la elaboración de la primera edición del Manual de Operaciones y Mantenimiento de la PTAP, de acuerdo a los resultados obtenidos en la primera fase del proyecto.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

El agua no puede considerarse únicamente como un bien económico. También es un bien social y cultural indispensable para la garantía de otros derechos, que goza de especial protección tanto en las normas del derecho nacional y el derecho internacional humanitario. El derecho al agua potable forma parte integrante de los derechos humanos reconocidos y puede considerarse como componente necesario para la realización de otros derechos humanos, tales como los derechos a la salud, al goce de un ambiente sano, al acceso y a la prestación eficiente de los servicios públicos, a una vivienda digna, a la seguridad alimentaria, a la educación y al desarrollo socioeconómico [7]. El agua es esencial para la vida y para el desarrollo de las sociedades. El tratamiento de potabilización del recurso hídrico es primordial para evitar enfermedades sobre las personas, a nivel mundial las enfermedades diarreicas han sido consideradas como la séptima causa de muerte [8].

Dentro de las operaciones que se desarrollan en una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) se contemplan la filtración aeróbica, coagulación, floculación, sedimentación, filtración rápida, lenta, cloración y distribución. La importancia de saber si el proceso se está realizando apropiadamente desde el inicio hasta su finalización comprende un minucioso seguimiento de cada uno de los procesos y la valoración del producto obtenido [5].

La calidad del agua apta para consumo humano implica la existencia de unas condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas que aseguren su potabilidad y la garantía de que el agua que se va a consumir tiene el tratamiento y la desinfección necesarios, así como el control de los parámetros microbiológicos del agua, tanto de la distribuida por medio del servicio de acueducto como la de las fuentes superficiales y subterráneas [9]. La evaluación del producto contempla la necesidad de realizar pruebas de laboratorio al agua cruda y al agua tratada, se debe conocer el estado inicial cuando se capta en la bocatoma y el estado final cuando se distribuye a los usuarios, el registro de cada uno de estos datos se lleva a cabo con equipos y materiales de laboratorios que facilitan con la valorización [3].

La finalidad del presente proyecto permitirá presentar un diagnóstico detallado de la PTAP, donde se observe las falencias de cada una de las áreas de sistema potabilización utilizado, de igual forma, las recomendaciones que se requieren para optimizar el proceso de potabilización y mejoramiento de la calidad del agua tratada. Identificar y estimar costos de adquisición de los equipos y elementos de laboratorios necesarios para realización de pruebas de laboratorio para

la evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua cruda y tratada. Además, se espera aportar el manual de operaciones y mantenimiento de la PTAP, del cual carecen, con el fin de tener claridad de los equipos, unidades de proceso que poseen y su adecuado funcionamiento.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar la primera edición del manual operativo de la Planta de Tratamiento Agua Potable (PTAP) de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de puerto Asís E.S.P.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado y el proceso de potabilización actual de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de puerto Asís E.S.P.
- Identificar y estimar los costos de adquisición de equipos y elementos de laboratorio necesarios para cumplir con la RESOLUCIÓN 0082 del 2009.

4. MARCO TEÓRICO

La producción agropecuaria es una de las principales industrias que requieren del recurso hídrico en grandes cantidades, y sus vertimientos generados son fuente de contaminación provocado por los fertilizantes utilizados. De igual forma, la disposición final de aguas residuales urbanas e industriales se han convertido en otra problemática de contaminación para el agua superficial y subterránea encontrada en ríos, océanos, lagos, pozos profundos etc...Solamente el 2.5% del agua que se encuentra a nivel mundial pertenecen a fuentes hídricas de agua dulce [10].

4.1. AGUA

Es un recurso vital para el desarrollo de los seres vivos [11]. En estado natural es el compuesto más abundante en el planeta [12], se puede encontrar en estado líquido (océanos, ríos, quebradas, lagos, lluvia, entre otros), en estado sólido (hielo, nieve) y en estado gaseoso (vapor de los alimentos, en la atmósfera) [13]. Su fórmula molecular es H₂O y esta no se puede encontrar en estado puro en el medio ambiente, ya que adquiere distintos componentes del suelo y los aires [14].

4.2. TIPOS DE AGUA

El tipo de agua se define según su proveniencia, además tienen como característica que su consumo directo es improcedente; se corre el riesgo de consumo de metales (hierro y manganeso) y microorganismos que afectan la salud [15].

4.2.1. FUENTES SUPERFICIALES

Las fuentes superficiales son las aguas provenientes de la lluvia, estas se agrupan en la tierra y forman corrientes de agua que finalmente llegan a los ríos, lagunas, mares, océanos, etc [11].

4.2.2. FUENTES SUBTERRÁNEAS

Las fuentes subterráneas pueden llamarse también como agua de subsuperficie, son aguas obtenidas de los acuíferos subterráneos, es decir, que se encuentran en zonas saturadas y no saturadas del subsuelo, conocidas ordinariamente como agua de pozo [16]; estos acuíferos equivalen al 30% del agua en el planeta [13].

4.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA

Son llamadas características físicas porque pueden ser detectadas a través de los sentidos. Esto genera que su apariencia sea bastante importante para todo el proceso de potabilización.

4.3.1. TURBIDEZ

Es una mezcla que oscurece la transparencia del agua, donde la luz se dispersa y se adsorbe en lugar de transferirse en forma lineal hasta el fondo. Es producida por material en suspensión como la arcilla, materiales orgánicos e inorgánicos, plancton, microorganismos, entre otros. Los datos de turbidez se presentan en unidades de UNT [16].

4.3.2. OLOR

Es la respuesta a la presencia de compuestos orgánicos volátiles en el agua; este es producido por el fitoplancton y las plantas acuáticas en descomposición. Otra de las razones por la cual el agua puede contener olores, es debido a la presencia de residuos industriales o a las actividades humanas cerca del efluente [16].

4.3.3. COLOR

El color visible del agua es el resultado de diferentes longitudes de onda de luz que no es absorbida por el agua y de las cuales son responsables las sustancias presentes en la misma. Los datos de color se presentan en unidades de UCP [16].

4.4. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA

Las características químicas son las diferentes concentraciones de diferentes elementos que puede contener el agua; aunque el agua de consumo humano posee una gran variedad de materiales químicos, estos deben ser controlados en determinados rangos para que no perjudiquen la salud humana.

4.4.1. pH

El potencial de hidrógeno es un número adimensional que expresa la concentración de iones de hidrógeno, determinando la acidez o alcalinidad del agua; esta puede variar entre 0 a 14, donde 0 es el valor más ácido, 7 es un valor neutro y 14 es el valor más básico. Naturalmente las aguas poseen un pH entre 6,5 a 8,5 [16].

4.4.2. CLORUROS

Es la cantidad de cloruros presentes en el agua, estos son valorados a través de la concentración. En las aguas superficiales normalmente se encuentran concentraciones de 10 mg/L, las aguas al poseer concentraciones muy elevadas se vuelven inservibles para el uso doméstico [16].

4.4.3. SULFATOS Y SULFUROS

Los sulfatos (SO_4^{2-}) se encuentran inicialmente en mineral y estos son disueltos de las rocas y formados en el agua a su contacto, normalmente se encuentran en concentraciones de 2 a 80 mg/L, las aguas al poseer concentraciones muy elevadas se vuelven inservibles para el uso doméstico (> 400 mg/L). Los sulfuros disueltos existen en el agua como H_2S , HS y S^{2-} , cuando se presentan olores fuertes y tóxicos el agua se hace inadecuada para el consumo [16].

4.4.4. METALES PESADOS

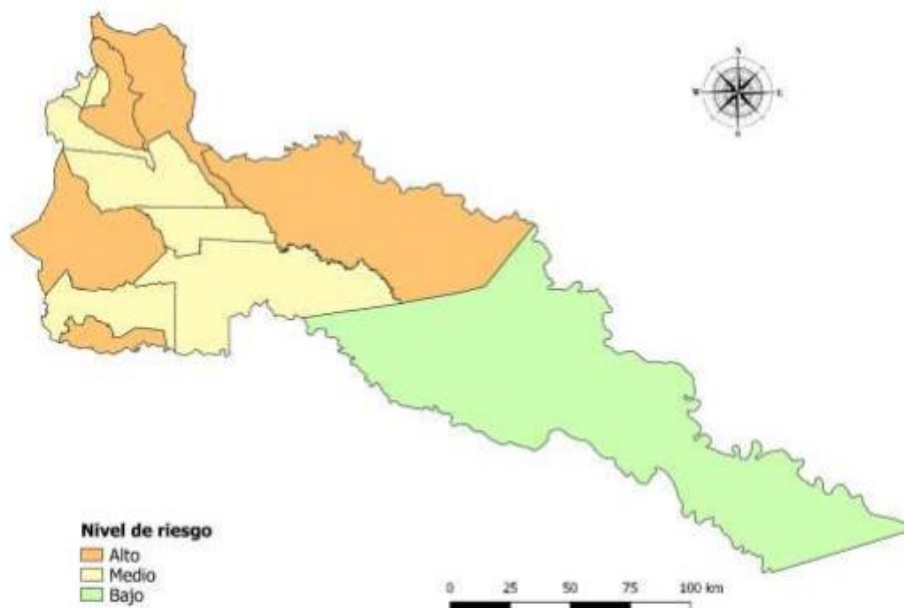
Son elementos metálicos con alto peso molecular como el plomo, mercurio, cadmio, cobre, cromo y arsénico. Estos son perjudiciales para todos los seres vivos en las concentraciones más bajas, debido a que tienden acumularse en la cadena alimenticia [16].

4.5. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA

Las características microbiológicas del agua demuestran la presencia o ausencia de microorganismos que pueden ser perjudiciales para la salud humana, entre estos encontramos los análisis de concentraciones de *Coliformes Totales* y *Escherichia Coli* [17].

4.6. CALIDAD DE AGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

Figura 1. Cobertura de la vigilancia de la calidad del agua en Putumayo.



Fuente: Informe Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano (2017) [18].

El último informe sobre Calidad del Agua para Consumo Humano presentado por el Ministerio de Salud y Protección Social en el año 2017 reporta que el índice de Riesgo para Calidad de Agua (IRCA) en el departamento del Putumayo fue de 36,3% para un nivel de riesgo alto, agua no apta para consumo, cinco (5) municipios con nivel de riesgo alto, siete (7) de los 13 municipios presentan nivel de riesgo medio, y un (1) solo municipio presenta nivel de riesgo bajo [18].

4.7. CALIDAD DEL AGUA EN EL MUNICIPIO DE PUERTO ASÍS

En la actualidad el IRCA asignado para La Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís E.S.P, empresa prestadora del servicio de acueducto en el municipio de Puerto Asís, de acuerdo a las 25 pruebas realizadas y reportadas por la autoridad sanitaria del departamento (Secretaría de Salud Departamental del Putumayo) es de 25,5% un valor por encima del 5% que se necesita para considerar agua tratada como agua apta para el consumo humano, con un nivel de riesgo medio que necesita gestión directa por parte de la empresa prestadora del servicio [18].

El último informe de Certificación Sanitaria de Calidad de Agua para Consumo Humano Suministrada por La Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís Putumayo, expedida el 22 de abril del 2020 por parte de Secretaria Salud Departamental del Putumayo reporto:

- **Muestras de agua:**

De los resultados de análisis Físicoquímicos y microbiológicos realizados a las muestras de agua que fueron ingresados al Sistema de Vigilancia de Calidad del Agua para Consumo Humano, la persona prestadora IRCA_{PP}, fue de 18,6% valor obtenido para el año 2019, definiéndose como “RIESGO MEDIO” (ANEXO I).

- **Abastecimiento:**

*De acuerdo con los datos suministrados por **La Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís Putumayo**, y los resultados la visita de inspección para el año 2019, presenta un Índice de Riesgo por Abastecimiento de agua de la persona prestadora –IRABA_{PP} de 44% que se define como “RIESGO ALTO” (ANEXO I).*

4.8. CALIDAD DEL AGUA POTABLE

En Colombia se encuentra regulada por medio de la resolución 2115 del 22 de junio del 2007, dirigida por Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial, donde “*señala las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano*” [3].

Entre los parámetros para deducir un agua de calidad se encuentra el Potencial de Hidrógeno (pH) entre un rango de 6,5 y 9,0; las características físicas (Tabla 1) y las características químicas (Tabla 2). Adicional, la presencia de Coliformes Totales y *Escherichia coli* debe ser de 0 UFC (Unidad Formadora de Colonia) / 100 m³ [19].

Tabla 1. Características físicas del agua potable.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	EXPRESADA COMO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE
Color aparente	UPC (Unidades de Platino y Cobalto)	15
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	UNT (Unidades Nefelométricas de Turbiedad)	2

Tomado de: Resolución 2115 (2007) [3].

Tabla 2. Características químicas del agua que generan un efecto en la salud humana.

ELEMENTOS QUÍMICOS	SÍMBOLOS	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE (mg/L)
Calcio	Ca	60
Alcalinidad total	CaCO ₃	200
Cloruros	Cl ⁻	250
Aluminio	Al ³⁺	0,2
Dureza total	CaCO ₃	300
Hierro total	Fe	0,3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,07

Sulfatos	SO_4^{2-}	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO_4^{3-}	0,5

Tomado de: Resolución 2115 (2007) [3].

4.9. SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN

Los sistemas de potabilización varían de acuerdo a las unidades de proceso que se encuentren dispuestas en la planta, los procesos que conforman un sistema de potabilización convencional son: captación del agua, remoción de material flotante y sólidos gruesos mediante rejillas, pretratamiento, coagulación, floculación, sedimentación, filtración, desinfección, estabilización y distribución del agua al sistema de redes de acueducto (Figura 2).

Figura 2. Sistema de potabilización convencional.



Fuente: Tomado de RAS (2017), Título C "Sistemas de Potabilización" [5].

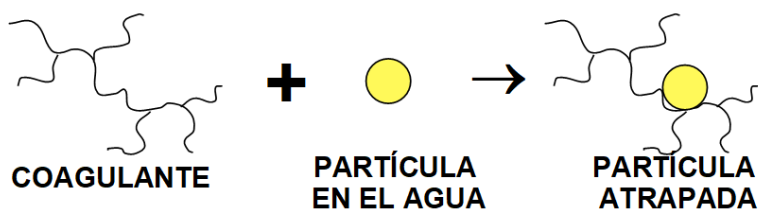
4.9.1. PRETRATAMIENTO-AIREACIÓN

Proceso donde se realiza la oxidación de la materia orgánica que se encuentra presente en el agua, la cual puede generar sabores y olores desagradables. Adicional favorece en las reacciones de hierro en el proceso de floculación [20].

4.9.2. COAGULACIÓN

Proceso en el cual se ingresa un reactivo químico que tiene como objetivo coagular a través de la remoción de iones (Figura 3), neutralizando las cargas eléctricas de los coloides y generando la formación de flóculos de mayor peso y tamaño. El proceso es utilizado para remover la turbidez y el color [20].

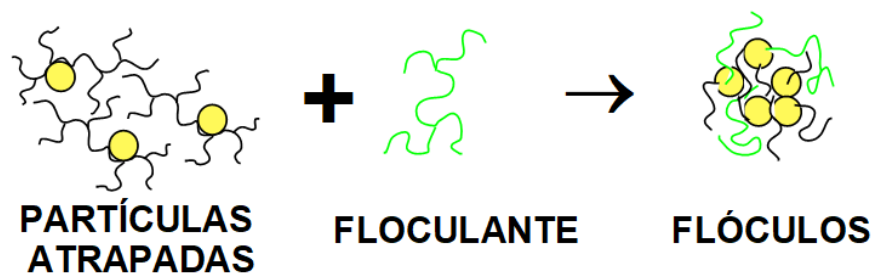
Figura 3. Proceso molecular de la Coagulación.



4.9.3. FLOCULACIÓN

Proceso químico donde se aglutinan las sustancias coloidales que se encuentran en el agua (Figura 4), esto ocurre gracias a la adición de sustancias conocidas como floculantes y tienen como fin facilitar el proceso de sedimentación [20].

Figura 4. Proceso molecular de la Floculación.



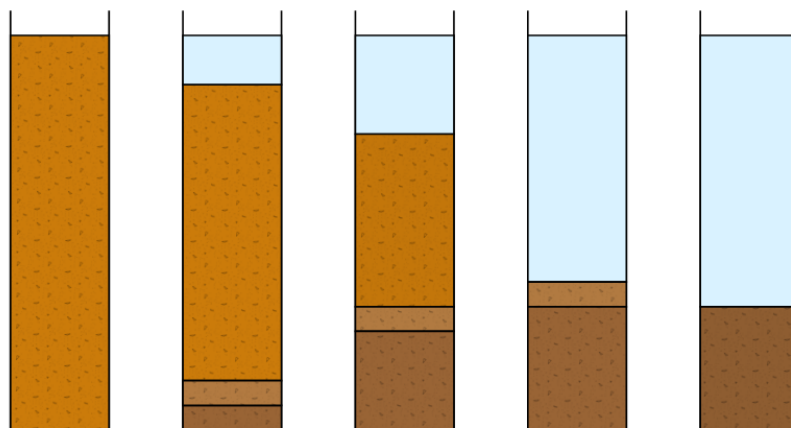
Fuente: Autor.

4.9.4. SEDIMENTACIÓN

Proceso de separación mecánica que se basa en el reposo de las partículas en suspensión, movilizadas hacia el fondo por la fuerza de gravedad. Generalmente para el proceso de potabilización de agua se utiliza una sedimentación discontinua (Figura 5) [21].

Figura 5. Proceso de Sedimentación Discontinua.

ETAPAS DE LA SEDIMENTACIÓN POR GRAVEDAD

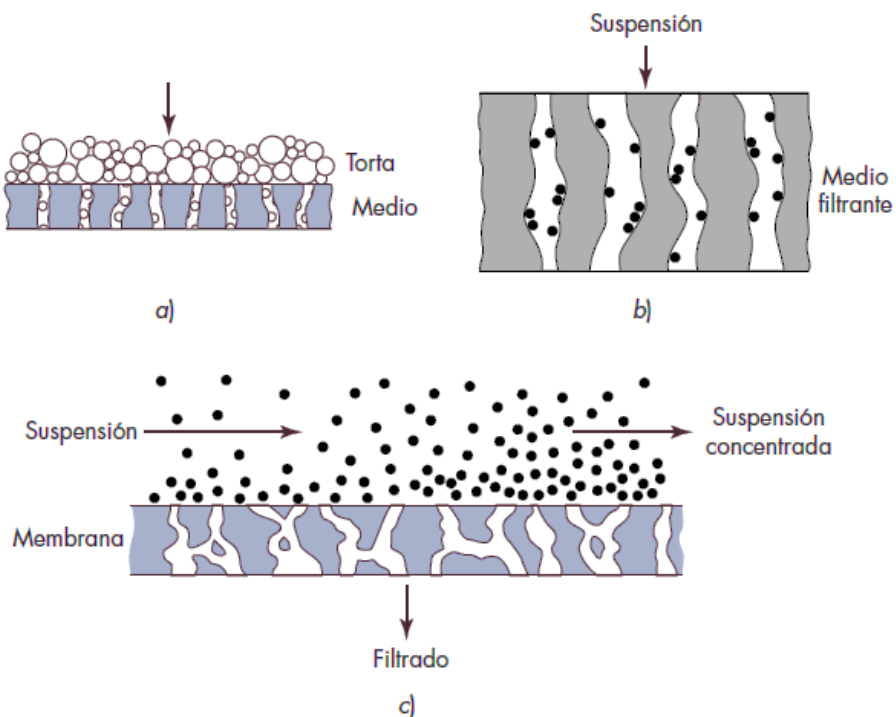


4.9.5. FILTRACIÓN

Proceso por el cual las aguas pasan a través de medios porosos con el fin de remover diferentes tipos de partículas y microorganismos presentes en el agua. Los medios porosos que se utilizan

normalmente son de arena, antracita, granate, magnetita, carbón activado, cáscara de arroz, cáscara de coco quemada, entre otros [20]. Existen 3 tipos de mecanismos, así como se muestra en la (Figura 6) [21].

Figura 6. Mecanismos de filtración: a) filtro de torta; b) filtro clarificador; c) filtro de flujo transversal.



Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química (2007) [21].

4.9.6. DESINFECCIÓN

Proceso físico-químico que permite la eliminación de microorganismos que son perjudiciales para la salud. Este es el último proceso que se realiza, finalmente se debe tener en cuenta su rango de contenido de cloro libre residual, para garantizar la calidad del agua [20]. Para realizar la desinfección se encuentran los procesos de cloración, ozonación y rayos ultravioleta y yodo [22].

4.9.6.1. CLORACIÓN

Proceso de desinfección con cloro gaseoso o mediante sales de cloro conocidas como hipocloritos, esta puede ser empleada en casos de desinfección de aguas, control de olores y sabores y en prevención de crecimiento de algas y microorganismos [23].

4.9.6.2. OZONACIÓN

Proceso de desinfección con un gas alótropo del oxígeno (O_3); este posee un alto poder oxidante que se convierte en un destructor de bacterias, virus, quistes y hongos. Se recomienda para mejorar la calidad organoléptica y por su alta capacidad de eliminar y controlar cualquier contaminación en el agua [23].

4.9.6.3. RAYOS ULTRAVIOLETA

Proceso de desinfección donde se utilizan rayos ultravioletas, este procedimiento se recomienda especialmente en sistemas pequeños de abastecimiento de agua (hospitales, industria de alimento) [23].

4.9.6.4. YODO

Proceso de desinfección que utiliza un halógeno (I) que al disolverse con el agua forma un ácido hipoyodoso (HOI). Aunque este procedimiento está limitado en el país para tratamientos de abastecimiento para consumo humano [23].

5. MARCO LEGAL

El Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, proporcionan a la comunidad un gran número de leyes, decretos, reglamentos y normas para la obtención, manipulación y uso del agua. Entre las más importantes y relacionadas con el presente documento encontramos:

La ley 09 de 1979, en el artículo 59 se establece que no se permite la concentración de personas ocasionales cerca de las fuentes de agua para el humano. También en el artículo 57 se establece que las entidades encargadas de la entrega de agua potable velaran por la conservación y control del área donde se toma el agua para consumo humano [23].

La Resolución 2115 del 2007 establece las características, instrumentos básicos y frecuencia del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para el consumo humano, estableciendo en el capítulo II las características físicas y químicas (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. 2) [24].

El Decreto 1575 del 2007, el cual establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano [25].

La Resolución 1096 del 2000 es el pilar del Reglamento de Agua Potable y Saneamiento RAS [22].

6. GENERALIDADES DE LA PTAP

6.1. UBICACIÓN

La Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís E.S.P se encuentra ubicada a 0° 29' 58" N, 76° 30' 58" W, en el municipio de Puerto Asís, departamento del Putumayo, cuenta con un área superficial aproximada de 5.2 Ha distribuidas en zonas de bosque, áreas de procesos y áreas verdes [26].

6.2. CLIMA

El clima del municipio es de tipo tropical húmedo permanente, con un sistema bimodal biestacional de precipitación, con valores altos, pero sin meses secos. La temperatura promedio anual en el área del proyecto es de 28°C con un máximo de 36°C, que se presenta en el mes de marzo y temperatura mínima de 19°C que se presenta en el mes de julio [26].

6.3. ÁREA DE SERVICIO

La PTAP de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís E.S.P capta, procesa y distribuye el agua para consumo humano a 27 barrios del municipio de Puerto Asís, teniendo 51.9% de cobertura en la cabecera municipal, dentro de los cuales se encuentran:

Centro, Los Pinos, San Nicolás, Camilo Torres, Rodeo, La Pista, Obrero 2, San Francisco, El Carmen, Metropolitano, 20 de Julio, Jorge Eliecer Gaitán, Villadocente, Ciudadela Confamiliar, Nuevo Amanecer, San Martín, Obrero 1, Las Américas, Corralito de Piedra, 20 de Julio 2, Alvernia, Las Ceibas, 3 de Mayo, Recreo, Allende, Modelo, El Puerto.

6.4. POBLACIÓN ATENDIDA

Durante el último censo realizado por Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) se estimó que dentro de la cabecera municipal de Puerto Asís habitan 38.901 personas, el actual estudio realizado por la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís E.S.P determino que el 24.5% de las viviendas, establecimientos comerciales, sitios oficiales e industriales hacen uso de la prestación

del servicio de acueducto. La prestación del servicio de acueducto se presta para 9.531 habitantes del municipio de Puerto Asís, siendo el 53.6, 34.8, 5,9 y 5.7% de usuarios de estrato 1,2 y 3 respectivamente quienes utilizan el recurso hídrico como fuente de abastecimiento para cocción de alimentos y consumo humano [27].

Tabla 3. Discriminación de la población atendida.

FICHA DESCRIPTIVA POBLACIÓN			
1. IDENTIFICACIÓN DEL PROPONENTE			
Entidad	EAAAP E.S.P		
Representante Legal	DOLLY RENGIFO GAVIRIA		
Dirección Entidad	Barrio Las Américas		
Correo Electrónico:	gerenciaeaap@puertoasis-putumayo.gov.co		
2. POBLACIÓN BENEFICIADA	9531	FUENTE:	DANE
Total Hombres	4288	FUENTE:	SISBEN
Total Mujeres	5243	FUENTE:	SISBEN
3. CLASIFICACION DE LA POBLACIÓN	Total	FUENTE	
	0 a 6 años	859	SISBEN
	7a 14 años	1013	SISBEN
	15 a 17 años	937	SISBEN
Edad	18 a 26 años	1362	SISBEN
	27 a 59 años	3965	SISBEN
	Mayor de 60 años	1395	SISBEN
Total Población por Edad	9531	SISBEN	

7. METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto se realizó en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de La Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís E.S.P. Inicialmente se realizó un recorrido por las instalaciones de la PTAP, inspeccionando a detalle cada uno de los equipos, unidades de proceso, reactivos, infraestructura e instalaciones que disponía actualmente la planta.

7.1. REVISIÓN DE DOCUMENTACIÓN EXISTENTE

Realizando la respectiva revisión de documentación e indagación de información correspondiente, de acuerdo a la Resolución 0082 de 2009, se realizó la formulación de los respectivos formatos de dosificación, toma de muestras y captación de agua cruda (Manual de Operaciones y Mantenimiento ANEXO II, III, IV).

7.2. DIAGNOSTICO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE PUERTO ASIS E.S.P

De acuerdo a lo estipulado por el Titulo C “Sistemas de Potabilización” y Titulo B “Sistemas de Acueducto” del RAS, se diagnosticó los procesos encontrados en la PTAP. También, se tuvo en cuenta el Control y Calidad de Agua estipulado por la Resolución 2115 de 2007. El proceso de diagnóstico se realizó detalladamente, a continuación, se explica el proceso realizado.

7.2.1. FUENTE

Se inspeccionó los equipos utilizados para la captación de agua cruda, se verificó el abastecimiento de agua de acuerdo con el tipo de fuente hídrica utilizada con relación a lo recomendado por el Titulo C y Titulo B del RAS, la forma de captación utilizada y los permisos de concesión de aguas otorgados por la CAR. Se solicitó diagnóstico del motor eléctrico y tablero de control eléctrico de captación al ingeniero eléctrico MARIO ALBERTO GARZÓN DÍAZ

7.2.2. PRETRATAMIENTO

Se verificó los tipos de pretratamiento utilizados en la PTAP de acuerdo a los recomendados por el Titulo C del RAS, según el tipo de fuente hídrica utilizado.

7.2.3. COAGULACIÓN

Se verifico el sistema de mezcla rápida utilizado de acuerdo al Título C del RAS, la norma técnica colombiana NTC 531 para productos químicos para uso industrial “Sulfato de Aluminio”.

7.2.4. FLOCULACIÓN

Se verifico el tipo de floculador y mecanismo utilizado de acuerdo a los dispuestos en el Titulo C del RAS.

7.2.5. SEDIMENTACIÓN

Se verifico el tipo de sedimentador utilizado mecanismo de sedimentación de acuerdo a los dispuestos en el Titulo C del RAS.

7.2.6. FILTRACIÓN

Se verifico la unidad de filtración, el tipo de material permitido de acuerdo a los dispuesto en el Titulo C del RAS.

7.2.7. DESINFECCIÓN

Se verifica el proceso de desinfección utilizado de acuerdo a los tipos de desinfección dispuestos por el Titulo C del RAS, la norma técnica colombiana NTC 1847 para productos químicos para uso industrial “Hipocloritos utilizados en el tratamiento de aguas”.

7.2.8. DISTRIBUCIÓN

Se inspeccionó los equipos utilizados para la distribución de agua potable, se verifico el sistema de suministro de agua de acuerdo con el tipo de distribución con relación a lo recomendado por el Titulo C y Titulo B del RAS. Se solicitó diagnóstico del motor eléctrico y tablero de control eléctrico de distribución al ingeniero eléctrico MARIO ALBERTO GARZÓN DÍAZ

7.3. IDENTIFICAR Y ESTIMAR LOS COSTOS DE ADQUISICIÓN DE EQUIPOS Y ELEMENTOS DE LABORATORIO

Se realizó la identificación de cada uno de los equipos y elementos necesarios para poder rehabilitar el área de análisis de muestras de agua cruda y potable, con el objetivo de suplir la

necesidad de verificar el Control de Calidad de Agua estipulado por la Resolución 2115 de 2007, expedir la certificación sanitaria otorgada por la autoridad sanitaria competente de acuerdo con los formularios de evaluación presentes en la Resolución 0082 del 2009. Se identificó y estimó los costos de adquisición de equipos y elementos de laboratorios requeridos. Se presentó solicitudes de asesoría para la identificación de cada uno de los equipos requeridos según la normatividad técnica.

7.4. ELABORAR LA PRIMERA EDICIÓN DEL MANUAL OPERATIVO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO AGUA POTABLE (PTAP) DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE PUERTO ASÍS E.S.P.

Se identificó cada proceso e identifiqué las zonas de la planta, se validó la información recopilada en el diagnóstico de acuerdo con la normatividad técnica y legal vigente para la elaboración del Manual Operativo y Mantenimiento de la PTAP. El proceso de elaboración se realizó de acuerdo al Título C y Título B del RAS donde se estipula el funcionamiento de sistemas potabilización y sistemas de acueducto respectivamente.

8. RESULTADOS Y ANÁLISIS

8.1. COMPONENTES DE LA PTAP

De acuerdo a La Resolución 0330 de 2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – (RAS) y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”, en su Título C “*Sistemas de Potabilización*” [5].

Los componentes que constituyen la PTAP de la EAAAP E.S.P según los procesos que conforman un sistema convencional de potabilización son los siguientes:

- Fuente
- Pretratamiento
- Coagulación
- Floculación
- Sedimentación
- Filtración
- Desinfección
- Distribución

Figura 7. Diagrama de flujo sistema de potabilización PTAP EAAAP E.S.P.



8.2. ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

La Planta de Tratamiento de Agua Potable de La Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís E.S.P no se encuentran en condiciones óptimas para un correcto funcionamiento. La infraestructura, equipos y zonas de la PTAP se encuentran en condiciones de deterioro, daño y suciedad (motores eléctricos obsoletos, bombas centrifugas dañadas, suciedad de las unidades del proceso), dentro de las novedades encontradas se encuentran las siguiente:

- La unidad de proceso de pretratamiento de aireación no cuenta con disponibilidad del material granular (coque) que permite realizar la filtración aeróbica de forma correcta.
- La PTAP no cuenta con equipos y elementos de laboratorio requeridos para realizar el Test de Jarras, por tanto, no hay equipo de laboratorio necesario para poder identificar la dosis optima de coagulante y las condiciones óptimas de operación, realizando dosificación emperica de agente coagulante desde hace 4 años.
- No hay sistemas de dosificación automatizados de control.
- Existe deterioro de las paredes de la unidad de floculación que requiere reparación inmediata.
- El material filtrante utilizado en el proceso de filtración lenta se encuentra sucio, requiere de remoción y lavado de arena, grava y coque.

- La PTAP no cuenta con instalaciones de tratamiento de lodos, generando contaminación ambiental sobre la fuente superficial cuando se realiza el lavado del sistema de tanques.
- La PTAP no cuenta con equipos y elementos de laboratorio requeridos para realizar los análisis de muestras para agua potable. El sistema de dosificación se realiza mecánicamente (de forma manual), no hay disponibilidad de un sistema automatizado de dosificación.
- El tanque de almacenamiento de desinfección presenta fuga de agua representativas.
- No hay disponibilidad de macro medidores de flujo de agua en la PTAP.
- No hay resalidas muestras de agua cruda para realizar el mapa de riesgo de agua.
- La zona de laboratorio cuenta solamente con la infraestructura, no hay equipos y elementos de laboratorio requeridos para realizar valoración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua cruda y el agua tratada.
- Algunas válvulas del proceso se encuentran dañadas y necesitan cambio.

Tabla 4. Recomendaciones realizadas para la optimización de la PTAP:

PROCESO	RECOMENDACIONES
Fuente	Adquirir motor eléctrico de 30 HP 8" pulgadas de acuerdo al diagnóstico eléctrico realizado por el ingeniero eléctrico MARIO ALBERTO GARZÓN DÍAZ (ANEXO V).
	Adquirir tablero eléctrico de control para motor eléctrico de 30 HP 8" pulgadas e instalar la tapa de la conexión eléctrica de los motores en uso, de acuerdo al diagnóstico eléctrico realizado por el ingeniero eléctrico MARIO ALBERTO GARZÓN DÍAZ (ANEXO V).
	Adquirir bomba centrífuga de 8" pulgadas.
	Adquirir válvula hidráulica de 8" pulgadas.
	Realizar mantenimiento preventivo de motor, tablero eléctrico de acuerdo al diagnóstico eléctrico realizado por el ingeniero eléctrico MARIO ALBERTO GARZÓN DÍAZ (ANEXO V). Bombas, válvulas y barcaza flotante.
Pretratamiento	Adquirir material granular de filtración (coque).
	Realizar mantenimiento preventivo de barrera flotante (retirar material flotante de la barrera).
	Realizar mantenimiento preventivo del filtro de aireación.
Coagulación	Adquirir sistema de dosificación automatizado.
	Adquirir sistema de agitación automatizado.
	Adquirir tanque de dosificación de mayor capacidad volumétrica.
Floculación	Construir la unidad de proceso de tratamiento de lodos.
	Realizar mantenimiento preventivo de la unidad de floculación.
	Realizar obras de reparación de las paredes de cámaras de floculación.
	Realizar mantenimiento preventivo de la unidad de sedimentación.
	Evaluar e implementar la utilización de agentes floculantes.

Sedimentación	Adquirir y reemplazar válvula tipo compuerta de 10" pulgadas que se utiliza para drenar el sedimentador.
	Construir la unidad de proceso de tratamiento de lodos.
Filtración	Adquirir, reemplazar y realizar mantenimiento del material de filtración (arena, grava y coque).
	Adquirir y reemplazar 3 válvulas tipo compuerta de 10" pulgadas que se utiliza para la apertura y cierre de las cámaras de inspección para sistema de filtración lenta.
	Adquirir y reemplazar válvula tipo compuerta de 10" pulgadas que se utiliza para la apertura y cierre del agua filtrada dirigida hacia el tanque de desinfección.
	Realizar mantenimiento preventivo del sistema de filtración lenta.
Desinfección	Adquirir sistema de dosificación automatizado.
	Adquirir sistema de agitación automatizado.
	Adquirir tanque de dosificación de mayor capacidad volumétrica.
	Realizar obras de reparación del tanque desinfección.
Distribución	Adquirir bomba centrífuga de 10" pulgadas.
	Adquirir motor eléctrico de 50 HP 10" pulgadas de acuerdo al diagnóstico eléctrico realizado por el ingeniero eléctrico MARIO ALBERTO GARZÓN DÍAZ (ANEXO V).
	Adquirir 4 válvulas tipo compuerta de 10" pulgadas.
	Realizar mantenimiento preventivo del motor eléctrico, tablero eléctrico e de control e instalar la tapa de la conexión eléctrica de los motores en uso, de acuerdo al diagnóstico eléctrico realizado por el ingeniero eléctrico MARIO ALBERTO GARZÓN DÍAZ (ANEXO V).Mantenimiento bomba centrífuga.
Laboratorio	Adquirir equipos y elementos para determinación de dosis optima de agente coagulante.
	Adquirir equipos y elementos para evaluar parámetros físicos y químicos del agua potable y cruda.
	Adquirir equipos y elementos para evaluar parámetros microbiológicos del agua potable y cruda.
	Adquirir materiales y elementos de laboratorio.
	Adquirir reactivos y compuestos necesarios para la limpieza y calibración de equipos.
	Adquirir reactivos y compuestos necesarios para realizar ensayos y pruebas físico químicas.
	Adquirir reactivos y compuestos necesarios para realizar ensayos y pruebas microbiológicas.
Generales	Realizar muestras de agua cruda de la fuente de abastecimiento Quebrada Agua Negra para evaluar parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos del agua cruda con el objetivo de determinar el mapa de riesgo del agua.
	Realizar muestras de agua potable para evaluar la calidad del agua tratada en la PTAP, parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos del agua potable.
	Elaborar el Manual de Operaciones y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís, Putumayo.
	Capacitar al personal de operarios de la planta en Sistemas de Tratamiento de Agua Potable. Capacitar al personal de la institución sobre el cuidado de la infraestructura y sobre los planes de contingencia que se deben tener en caso de una falla eléctrica o en caso de una situación de riesgo eléctrico, de acuerdo al diagnóstico eléctrico realizado por el ingeniero eléctrico MARIO ALBERTO GARZÓN DÍAZ (ANEXO V).
	Construir la unidad de proceso de tratamiento de lodos para los generados en el proceso de floculación y sedimentación.

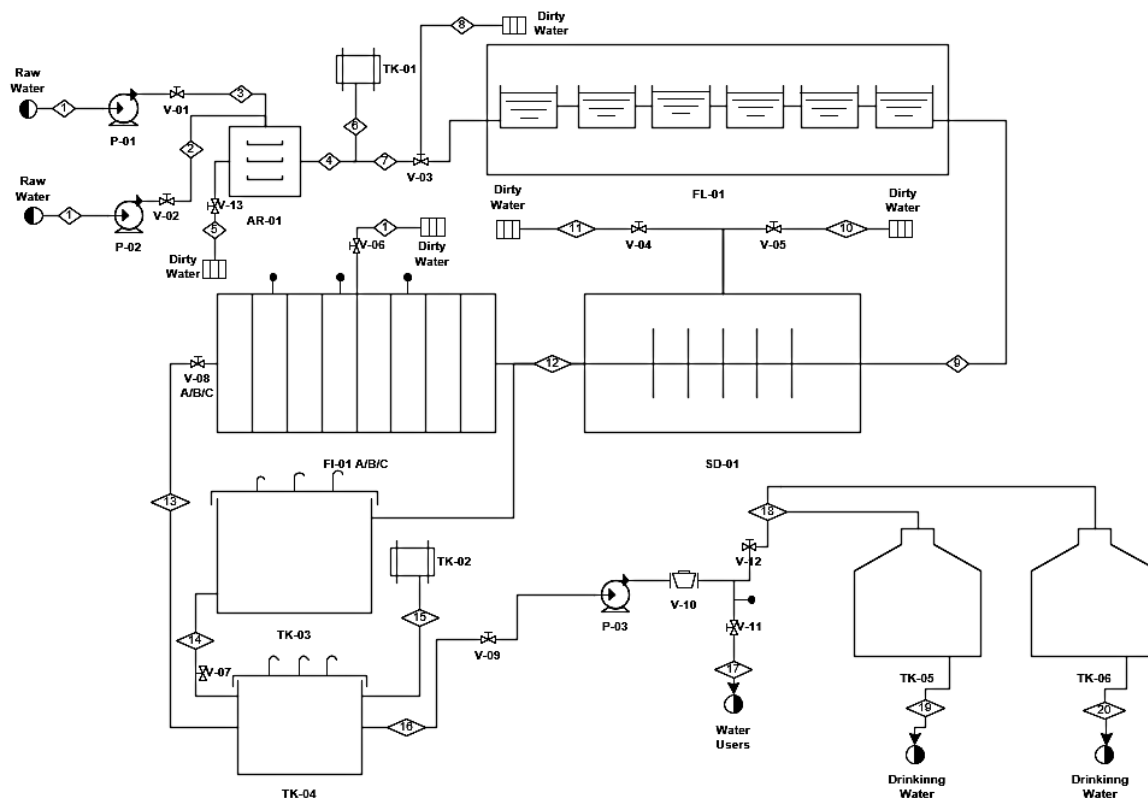
Cambiar la iluminación existente por iluminación led que consume menos energía y son más eficientes lumínicamente, esto con el fin de lograr mantener la carga proyectada y no realizar aumentos de carga ante el Operador de Red, en caso de que no se realice el cambio de la iluminación existente, realizar mantenimiento a las que se encuentran y que entren en operación, de acuerdo al diagnóstico eléctrico realizado por el ingeniero eléctrico MARIO ALBERTO GARZÓN DÍAZ (ANEXO V).

8.3. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

Antes de plantearse un Diagrama de Flujo de Proceso de Tratamiento de Agua Potable, se debe realizar la determinación del Nivel de Complejidad del Sistema propuesto por el Capítulo III de la Resolución 1096 del 17 de noviembre del 2000 [43]. Debido a que la población presenta un valor mayor de 2500 usuarios que utilizan el servicio, es considerada de Nivel de Complejidad Alto.

Teniendo en cuenta la normatividad anterior se planteó el diseño del Diagrama de Flujo de Proceso con el objetivo de facilitar el entendimiento del proceso realizado en la PTAP.

Figura 8. Diagrama de Flujo de Proceso de la PTAP.



8.4. NARRATIVA DEL PROCESO

El proceso de potabilización (Figura 8) inicia con un pretratamiento sobre la fuente superficial Quebrada Agua Negra, a través de una barrera flotante de 12 m de longitud se retienen los sólidos gruesos. En la barcaza flotante, se realiza la captación del agua cruda por medio de dos bombas centrífugas con motor eléctrico Siemens de 30 HP, estas transportan el agua por una tubería de 6" (P-01) y otra de 8" (P-02), pasando por las válvulas V-01 y V-02 respectivamente; llevándola a un pretratamiento secundario conocido como Aireación (AR-01) donde se encuentra un filtro descendente compuesto por 3 bandejas que funciona como proceso de oxidación para eliminar olores e impurezas del agua.

Posteriormente el agua pasa por la estación de suministro del coagulante (Sulfato de Aluminio tipo B); en un tanque de almacenamiento de 55 galones (TK-01) se realiza la preparación de la solución, siendo esta administrada a través de goteo al caudal del agua previamente oxidada. La siguiente etapa se conoce como Coagulación-Floculación (FL-01), aquí el agua dosificada con coagulante pasa por 12 tanques desplazándose hidráulicamente (Tipo Alabama), donde se forman flóculos más grandes que llegan a la etapa de Sedimentación (SD-01) que por efecto de la gravedad elimina las partículas coloidales suspendidas.

El agua proveniente del sedimentador se divide en dos corrientes, una pasa al sistema de filtración lenta (FI-01 A/B/C) y otra al tanque de almacenamiento TK-03. El agua filtrada pasa a través de 3 válvulas (V-08 A/B/C) hacia el tanque de almacenamiento pequeño TK-04. El agua que se encuentra en el tanque de almacenamiento grande TK-03 también pasa al TK-04 por medio de la válvula V-07. En el TK-04 se realiza el proceso de Desinfección, a través de un sistema de goteo proveniente de un Tanque de almacenamiento (TK-02) que contiene una disolución de Hipoclorito de Calcio.

Finalmente, el agua desinfectada pasa por una válvula V-09 hacia una bomba centrífuga de motor eléctrico Siemens de 50 HP (P-03) pasando por una válvula hidráulica (V-10) que distribuye el agua a los tanques de almacenamiento elevados (TK-05 y TK-06) por medio de la válvula V-12 o la distribuye directamente a los usuarios por medio de la válvula V-11.

Para la realización de los mantenimientos en cada una de las etapas se encuentran sus correspondientes válvulas para dicho proceso (V-03, V-04, V-05, V-06 Y V-13).

Para una mayor apreciación del sistema de potabilización revisar (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

8.5. IDENTIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ADQUISICIÓN DE EQUIPOS Y ELEMENTOS DE LABORATORIO.

Con el objetivo de realizar una correcta viabilidad técnica del laboratorio, se determinan los requisitos mínimos necesarios para comprobar si éste es técnicamente competente y si posee la capacidad de generar resultados de calidad aceptable o no, acorde con los requisitos de la Norma NTC/ISO/IEC 17025:2005 (Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración), la cual abarca todas las actividades dispuestas a realizarse en las instalaciones de los Laboratorios Ambientales y en la gestión y monitoreo de la calidad. De igual forma dar cumplimiento a la Resolución 0082 de 2009 y 2115 de 2007.

8.5.1. IDENTIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN DE EQUIPOS DE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

Para la identificación de los equipos de análisis físico, químico y microbiológico se revisó lo estipulado por la Resolución 0082 del 2009, donde se especifica los tipos de análisis que deben ser realizados y los equipos que deben requeridos. La identificación y estimación de los equipos contemplo la indagación y búsqueda de casas de laboratorios donde se podría adquirir los equipos, se realizó comunicación con cada uno de ellos solicitando las cotizaciones correspondientes a equipos para la evaluación de los parámetros del agua cruda y el agua potable (Tabla 5). De igual se solicitó sus respectivos reactivos de calibración, limpieza y de funcionamiento del equipo (Tabla 6). Se presentan algunos materiales y elementos necesarios para el laboratorio, elementos de registro, funcionamiento y adecuación de la instalación del laboratorio (Tabla 7). El material de vidriería fue revisado detalladamente con el objetivo de tener la funcionalidad de cada material seleccionado (Tabla 8), este fue identificado y estimado por una casa de laboratorio. La identificación de los elementos de bioseguridad fue solicitada a la persona profesional encargada de Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa, la estimación de costos fue requerida por parte de la misma a establecimientos comercializadores de Elementos de Protección Personal ubicados en el municipio (Tabla 9).

El costo de inversión para la adquisición de los equipos, elementos, materiales y objetos necesarios para el buen funcionamiento del laboratorio se observa en la (Tabla 10)

Tabla 5. Identificación estimación de equipos de análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

Presupuesto para la adecuación y puesta en marcha del laboratorio PTAP de la EAAAP E.S.P.				
Equipos de analisis fisico-quimicos y microbiologicos				
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Valor Anual
Autoclave horizontal de mesa 25l	Unidad	1	\$ 13.700.000	\$ 13.700.000
Incubadora bod 120 litros	Unidad	1	\$ 7.406.000	\$ 7.406.000
Balanza analítica 220g x 0.0001g	Unidad	1	\$ 5.400.000	\$ 5.400.000
Baño maría 7 litros con gradilla para tubos 220v	Unidad	1	\$ 2.600.000	\$ 2.600.000
Espectrofotómetro	Unidad	1	\$ 8.990.990	\$ 8.990.990
Cabina de flujo laminar horizontal 1.1m 220v - biobase	Unidad	1	\$ 1.280.000	\$ 1.280.000
Centrifuga con rotor de ángulo fijo para tubos de 50 ml	Unidad	1	\$ 17.730.000	\$ 17.730.000
Filtros de membrana de Nitrato de Celulosa, diámetro 13 mm, porosidad 0,45 Um	Unidad	1	\$ 166.000	\$ 166.000
Agitador Magnetico	Unidad	1	\$ 745.990	\$ 745.990
Microscopio binocular 600x, con batería recargable	Unidad	1	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Floculador digital 300 rpm de 6 puestos con temporizador 99 horas	Unidad	1	\$ 3.780.000	\$ 3.780.000
Turbidímetro bajo norma EPA – mesa - portatil	Unidad	1	\$ 4.290.990	\$ 4.290.990
Fotómetro multiparamétrico	Unidad	1	\$ 3.626.990	\$ 3.626.990
PH metro	Unidad	1	\$ 436.990	\$ 436.990
Clorímetro	Unidad	1	\$ 230.990	\$ 230.990
Termómetro digital	Unidad	1	\$ 162.990	\$ 162.990
Medidor de conductividad	Unidad	1	\$ 2.187.990	\$ 2.187.990
Destilador de Agua 0.7L/H en Acero Inoxidable. 110V, Refrigeracion Por Aire	Unidad	1	\$ 1.130.000	\$ 1.130.000
Electrode Holder for HI833xx	Unidad	1	\$ 427.000	\$ 427.000
EDGE Conductividad, 115V	Unidad	1	\$ 2.187.990	\$ 2.187.990
Equipo de filtración por membrana para 1 litro en vidrio borosilicato	Unidad	1	\$ 1.140.000	\$ 1.140.000
Sub-Total				\$ 79.320.910
IVA				\$ 15.070.973
Total				\$ 94.391.883

Tabla 6. Reactivos y soluciones para evaluación del IRCA.

Reactivos y soluciones para parametros IRCA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Valor Anual
Indicador de Fenolftaleina	ml	7	\$ 94.000	\$ 658.000
Indicador azul de metileno	ml	7	\$ 105.000	\$ 735.000
Indicador de Anaranjado de Metilo	ml	7	\$ 245.000	\$ 1.715.000
Indicador para valorar metales	ml	7	\$ 355.000	\$ 2.485.000
Indicador rojo de metilo	ml	7	\$ 237.500	\$ 1.662.500
Indicador Verde de Bromocresol	ml	7	\$ 400.000	\$ 2.800.000
Indicador Negro-Cromo T	ml	7	\$ 112.500	\$ 787.500
Solución tampon ph 4 incoloro	ml	7	\$ 54.000	\$ 378.000
Solución tampon ph 4 rojo	ml	7	\$ 57.500	\$ 402.500
Solución tampon ph 7 incoloro	ml	7	\$ 51.750	\$ 362.250
Solución tampon ph 7 amarillo	ml	7	\$ 105.000	\$ 735.000
Solución tampon ph 10 incoloro	ml	7	\$ 79.000	\$ 553.000
Solución tampon ph 10 azuL	ml	7	\$ 127.000	\$ 889.000
Solución pH 7,01, 500 mL. c/certificado	ml	7	\$ 45.990	\$ 321.930
Solución de pH 4,01, 500 mL. c/certificado	ml	7	\$ 45.990	\$ 321.930
Solución de almacenamiento electrodos 500mL	ml	7	\$ 60.990	\$ 426.930
Soluc. de limpieza de electrodos Bot. 500 mL	ml	7	\$ 62.990	\$ 440.930
Reactivo Cloro Libre polvo (100 tests).	ml	2	\$ 79.990	\$ 159.980
Reactivo Cloro Total 0.00 a 3.50 mg/l	ml	7	\$ 112.990	\$ 790.930
Kit reactivos Calcio para 50 tests	ml	7	\$ 140.990	\$ 986.930
Kit reactivos Magnesio para50 tests	ml	7	\$ 120.990	\$ 846.930
Reactivo Aluminio 0.00 a 1.00 mg/l	ml	7	\$ 441.990	\$ 3.093.930
Reactivo Dureza Total 0-250 mg/L (100 tests)	ml	2	\$ 185.990	\$ 371.980
Reactivo Fosfato R.Bajo 0.0 a 2.50 mg/l	ml	7	\$ 140.990	\$ 986.930
Reactivo Hierro R.Bajo 0.000 a 1.600 (100)	ml	2	\$ 243.990	\$ 487.980
Reactivo Manganeseo R.Bajo 0 a 300 ug/l	ml	7	\$ 523.990	\$ 3.667.930
Reactivo Nitrato 100 tests	ml	7	\$ 313.990	\$ 2.197.930
Reactivo Zinc 0.00 a 3.00 mg/l	ml	7	\$ 248.990	\$ 1.742.930
Reactivos Alcalinidad (25 test) - Agua Fresca	ml	7	\$ 97.990	\$ 685.930
Reactivos Nitrito EPA, rango Ultra Bajo (25)	ml	7	\$ 36.990	\$ 258.930
Reactivos de repuesto Cloruro (25 tests)	ml	7	\$ 107.990	\$ 755.930
Reactivos para Sulfato (100 ensayos)	ml	2	\$ 200.990	\$ 401.980
Set de reactivos para Fluoruros (25 tests)	ml	7	\$ 46.990	\$ 328.930
Sol. conductividad 1413 uS/cm c/certif.(500ml	ml	7	\$ 76.990	\$ 538.930
Sub-Total				\$ 33.979.480
IVA				\$ 6.456.101
Total				\$ 40.435.581

Tabla 7. Materiales y elementos de laboratorio necesarios para el funcionamiento.

Materiales de otra naturaleza para el funcionamiento del laboratorio				
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Valor Anual
Nevera 210 lt	Unidad	1	\$ 800.000	\$ 800.000
Mechero Bunsen	Unidad	24	\$ 40.000	\$ 960.000
Pinza Para Erlenmeyer En Acero	Unidad	2	\$ 84.000	\$ 168.000
Pinza Para Membrana, Plástica, Autoclavable, 115mm	Unidad	8	\$ 11.000	\$ 88.000
Espátulas de metal o cucharas	Unidad	10	\$ 4.500	\$ 45.000
Pinza para Tubo de Ensayo en Acero	Unidad	2	\$ 6.700	\$ 13.400
Pinza Sencilla Para Bureta	Unidad	2	\$ 45.000	\$ 90.000
Gotero con chupa vidrio ambar 50 ml	Unidad	3	\$ 6.300	\$ 18.900
Gradilla Plástica Pp Para 60 Tubos de 16 mm Azul	Unidad	1	\$ 25.900	\$ 25.900
Armario 2 puertas de ala con mirilla de vidrio	Unidad	1	\$ 780.000	\$ 780.000
Armario 2 cajones y 2 puertas de ala con mirilla de vidrio	Unidad	1	\$ 976.000	\$ 976.000
Armaio especial para ácidos y bases	Unidad	1	\$ 1.360.000	\$ 1.360.000
Equipos de vertidos de sustancias	Kit	12	\$ 735.076	\$ 8.820.912
Extintores de polvo quimico seco ABC	Unidad	2	\$ 70.000	\$ 140.000
Avisos de seguridad	Unidad	5	\$ 4.500	\$ 22.500
Centro computo (Centro Computo Inves 158.7x106.4x49.5cm Wengue)	Unidad	1	\$ 299.900	\$ 299.900
Silla (Silla Eventos 50x50x77 Negro)	Unidad	2	\$ 129.900	\$ 259.800
Computador (Portatil Aio HP Core I3 4Gb 1Tb 23.8 Pulgadas Windows 10)	Unidad	1	\$ 1.509.900	\$ 1.509.900
Sub- Total				\$ 16.378.212
IVA				\$ 3.111.860
Total				\$ 19.490.072

Tabla 8. Materiales y elementos de vidriería requeridos.

Materiales de vidriería				
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Valor Anual
Bureta	Unidad	5	\$ 163.185	\$ 815.925,00
Probeta 25, 50, 100 ml	Unidad	10 c/u	\$ 84.900	\$ 849.000,00
Vasos precipitado con pico graduado 25ml, 50 ml, 100 ml, 150 ml	Unidad	10 c/u	\$ 27.900	\$ 279.000,00
Erlenmeyers de 100 ml y 250 ml	Unidad	10 c/u	\$ 18.618	\$ 186.180,00
Pipetas volumetricas 1,5, 10, 25 ml	Unidad	15 c/u	\$ 90.699	\$ 1.360.485,00
Tubos de ensayo	Unidad	100	\$ 3.100	\$ 310.000,00
Gradilla en polipropoleno para tubos de ensayo x 6	Unidad	15	\$ 7.000	\$ 105.000,00
Cubre objetos	Unidad	50	\$ 2.630	\$ 131.500,00
Embudos de vidrio	Unidad	3	\$ 30.000	\$ 90.000,00
Tubos Nessler de 100 ml	Unidad	5	\$ 17.972	\$ 89.860,00
Microbureta 5mL	Unidad	5	\$ 7.500	\$ 37.500,00
Frascos de vidrio neutro de boca ancha (toma de muestra) 250 ml , 500 ml	Unidad	5 c/u	\$ 26.000	\$ 130.000,00
Balón aforado de 10 ml. n/s 7-16, clase A, vidrio Borosilicato 3.3 claro	Unidad	5	\$ 26.000	\$ 130.000,00
Balón aforado de 25 ml. 12/21, clase A, vidrio Borosilicato 3.3 claro	Unidad	5	\$ 25.500	\$ 127.500,00
Balón aforado de 50 ml. 14/23, clase A, vidrio Borosilicato 3.3 claro	Unidad	5	\$ 26.600	\$ 133.000,00
Vidrio de reloj, vidrio sódicocálcico, bordes pulidos, 80mm	Unidad	50	\$ 6.440	\$ 322.000,00
Mortero de porcelana con pistilo 110 ml	Unidad	5	\$ 66.000	\$ 330.000,00
Sub-Total				\$ 5.426.950
IVA				\$ 1.031.121
Total				\$ 6.458.071

Tabla 9. Elementos de protección del personal de laboratorio.

Elementos de protección personal				
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Valor Anual
Guardapolvo	Unidad	2	\$ 93.490	\$ 186.980
Mascarilla	Unidad	8	\$ 48.000	\$ 384.000
Gafas de protección	Unidad	2	\$ 14.500	\$ 29.000
Guantes de goma	Unidad	8	\$ 15.500	\$ 124.000
Guantes de cuero	Unidad	4	\$ 21.500	\$ 86.000
Guantes quirúrgicos	Caja	1	\$ 17.500	\$ 17.500
Sub- Total				\$ 827.480
IVA				\$ 157.221
Total				\$ 984.701

Tabla 10. Estimación de costos de adquisición, inversión.

Sub- Total Inversión Material	\$ 161.760.308
Imprevistos	\$ 8.088.015
Total Material	\$ 169.848.323

8.6. MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO

Se elaboró la primera edición del Manual de Operaciones y de Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de La Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís E.S.P, la elaboración del manual se desarrolló en tres etapas, recopilación de la información referentes a los tipos de fuentes de abastecimiento de agua cruda, procesos utilizados por los sistemas de potabilización y sistemas de acueducto de acuerdo a lo establecido por el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), Título C y Título B. De igual forma, la identificación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos evaluados dentro de la Resolución 2115 de 2007. Se identificó la calidad del agua tratada en el departamento del Putumayo y específicamente la abastecida por la PTAP de La Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís E.S.P, empresa prestadora del servicio de acueducto, con el objetivo de establecer y analizar las partes el proceso que pueden influir en la calidad del agua tratada.

La segunda parte del desarrollo se aplicó a la identificación de las áreas de proceso, equipos e infraestructura vigente que compone el sistema de potabilización utilizado en la PTAP, en ella se logró identificar las fallas operativas de cada uno de los procesos e instalaciones afectan el proceso de potabilización.

Una vez realizada la recopilación de información e identificación de la PTAP, se desarrolla la elaboración del manual, se planteó su elaboración a partir de los procesos, infraestructura, equipos e instrumentación que se encuentra en la planta, con el objetivo de brindar a la empresa una guía permita estandarizar, ejecutar e integrar un sistema de potabilización competente para un sistema de acueducto.

El Manual de Operaciones y Mantenimiento brinda al personal operativo de la PTAP y a quien requiera su conocimiento, una guía de los pasos que se deben tener cuenta de acuerdo al sistema de potabilización utilizado en la PTAP para el tratamiento de agua potable, presenta desde el mantenimiento de las áreas de proceso, hasta la valoración de muestras de agua potable y agua cruda.

El Manual de Operaciones y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de La Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís E.S.P, se presenta como las pautas que deben ser tenidas en cuenta para una óptima operación de la PTAP, se espera que la empresa lo tome como la estructura base del proceso de tratamiento de agua potable.

9. CONCLUSIONES

Durante la inspección ocular realizada a la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís con el objetivo de realizar un diagnóstico de la PTAP, se evidencio que la planta potabilizadora presenta diferentes dificultades operativas, desde el proceso inicial de captación de agua cruda, hasta finalizar en el proceso de distribución agua potable, dificultades operativas que se reflejan en la eficiencia de prestación del servicio de acueducto, calidad del servicio e Índice de Calidad del Agua (IRCA).

Se verifico que el proceso de potabilización utilizado en la PTAP no es el adecuado para el tratamiento de agua potable, la calidad del agua según la Certificación Sanitaria otorgada por la autoridad sanitaria departamental exhibe que los requisitos establecidos por la Resolución 2115 del 2007 no se están cumpliendo, de modo que el suministro de agua potable para el municipio de Puerto Asís es de nivel de riesgo medio no apta para consumo y que necesita intervención directa por la empresa prestadora del servicio.

Existen falencias significativas en las unidades de proceso que conllevan a que el proceso de potabilización sea inadecuado, tales como la no disposición de material granular (coque) de filtración en el pretratamiento de aireación, disponibilidad del sistema de agitación mecánico para el suministro de agentes coagulantes y desinfectantes, deterioro de la unidad de floculación, mantenimiento y reposición de la unidad de filtración lenta.

El proceso de evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua cruda y agua tratada no se realiza desde hace mediano periodo de tiempo, por lo tanto, el proceso de Control y Calidad del Agua actualmente carece de los equipos y elementos de laboratorios necesarios para la valoración de los parámetros, es por eso que se presenta la necesidad de realizar la adquisición de equipos y elementos de laboratorio para realizar control calidad del agua.

El personal operario de la PTAP no es el suficiente que se requiere para una Planta de Tratamiento de Agua con nivel de complejidad alto, además, los operarios de la PTAP carecen de capacitación de sistemas de potabilización sistemas de acueducto, la realización de la dosificación de agente coagulantes y desinfectante se realizan de forma empírica por el personal operario.

Dentro de las unidades de procesos no se encentra la unidad de tratamiento de lodos, la PTAP genera contaminación ambiental al suelo y la fuente hídrica de abastecimiento Quebrada Agua

Negra cuando se realizan actividades de mantenimiento de la unidad de floculación y sedimentación.

No existen muestras de laboratorios certificados por el IDEAM que permitan realizar el respectivo Mapa de Riesgo del Agua exigido por el Plan Departamental de Aguas (PDA).

La tubería e instrumentación disponible presenta fugas, generando pérdidas de producción, perdidas de presión en el sistema y deterioro de la infraestructura.

Se espera que la implementación del Manual de Operación y Mantenimiento de la PTAP mejore la calidad de prestación del servicio, la calidad del agua a través del mantenimiento preventivo de las unidades de proceso y el correcto funcionamiento de las operaciones.

10. RECOMENDACIONES

Es evidente la fallas que se presenta en la PTAP, es por eso que dentro de diagnóstico realizado se presentan las recomendaciones sugeridas con el objetivo de implementar en cada una de las áreas de proceso, es por eso que presentan las recomendaciones generales, las cuales tiene como fin priorizar su realización.

- Realizar muestras de agua cruda de la fuente de abastecimiento Quebrada Agua Negra para evaluar parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos del agua cruda con el objetivo de determinar el mapa de riesgo del agua exigido por el PDA y la Resolución 2115 de 2007.
- Realizar muestras de agua potable para evaluar la calidad del agua tratada en la PTAP, parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos del agua potable.
- Elaborar el Manual de Operaciones y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Puerto Asís, Putumayo.
- Capacitar al personal de operarios de la planta en Sistemas de Tratamiento de Agua Potable.
- Construir la unidad de proceso de tratamiento de lodos para los generados en el proceso de floculación y sedimentación.
- Evaluar la viabilidad de adquirir los elementos y equipos de laboratorio básicos para la realización de muestras (colorímetros de hierro, cloro residual, color aparente), pH metro, termómetros y turbidímetro.

De igual forma, la continuación del proyecto, con el objetivo de implementar capacitación al personal del manual, control y registro los formatos y parámetros exigidos por la normatividad vigente.

11. REFERENCIA

- [1] Escobar Gómez J. A., (2108) “El futuro es de todos.,” *Cult. Educ. Y Soc.*, vol. 10. *Departamento Nacional de Planeación* Recuperado el día 15,03,2020 de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Resumen-PND2018-2022-final.pdf>
- [2] H. G. Gorchev and G. Ozolins, “WHO guidelines for drinking- water quality.,” *WHO Chron.*, vol. 38, no. 3, pp. 104–108, 1984.
- [3] Ministerio de Vivienda Ciudad y Desarrollo Territorial, “Resolución Número 2115 de 2007,” *Soc. Minist. la Protección Minist. Ambient. Vivienda y Desarro. Territ.*, p. 23, 2007.
- [4] Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, “Resolución número 0330 de 2017.” p. 182, 2017.
- [5] Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, “Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - Título C,” *Minist. Ambient. Vivienda y Desarro. Territ.*, p. 336, 2010.
- [6] C. y T. Ministerio de Vivienda, *Título B. Sistemas de Acueducto*. 2010.
- [7] S. Jochen, “El Derecho al Agua,” *Rev. Jurid. l’Environnement*, vol. 32, no. 2, pp. 264–264, 2007.
- [8] J. P. Solsona, F. and Méndez, “Desinfeccion de agua,” pp. 60–98, 2002.
- [9] Ministerio de la Protección Social, “Decreto Numero 1575 DE 2007,” *D. Of.*, vol. 2007, no. mayo 9, pp. 1–14, 2007.
- [10] A. Fernández, “Water , an essential resource,” *Quim. Viva*, vol. 11, pp. 147–170, 2012.
- [11] H. PULIDO MUÑOZ and M. CARRILLO BERNAL, “DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA PLANTA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA EN LA VEREDA DE SAN ANTONIO DE ANAPOIMA,” UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, 2016.

- [12] O. Mundial *et al.*, “El agua,” *Methods Man. - NCASI Method Color 71.01 Color Meas. pulp mill wastewaters by spectrophotometry.*, vol. 11, no. October, p. 21, 2018.
- [13] T. C. Pagano and S. Sorooshian, “Hydrologic cycle Thomas Pagano and Soroosh Sorooshian Dr Michael C MacCracken and Dr John S Perry Editor-in-Chief,” no. January 2002, 2014.
- [14] J. McMurry, *Química orgánica*, Octava Edi. México: Brooks/Cole, Cengage Learning, 2012.
- [15] R. D. C. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, “CONSUMO HUMANO – IRCA 2017.” p. 250, 2019.
- [16] García. M. (2012) “El agua,” in *El medio ambiente en Colombia*, p. 76. Recuperado el día 22,04,2020, de <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>
- [17] H. CORTÉS and L. MORA, “DISEÑO DE UN SISTEMA COMPACTO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA GRANJA LA FORTALEZA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MELGAR-TOLIMA.,” Universidad Libre, 2015.
- [18] Ministerio de Salud y Protección Social, “Consumo Humano – Inca 2017,” *Minsalud*, vol. 3, pp. 1–250, 2019.
- [19] M. N. Hernández Cupaja, “MODIFICACIÓN Y ADECUACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) EN EL HOSPITAL DEPARTAMENTAL DE GRANADA META.,” UNIVERSIDAD DE PAMPLONA, 2019.
- [20] C. C. PARRA, “DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE : CASO DE,” UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, 2014.
- [21] W. L. McCabe, J. C. Smith, and P. Harriott, *Operaciones unitarias en ingeniería química*, Séptima ed. México: Mc Graw Hill, 2007.

- [22] R. de C. Ministerio de desarrollo económico, “RESOLUCIÓN 1096 DE 17 DE NOVIEMBRE DE 2000,” no. 1096. 2000.
- [23] Ministerio de Vivienda Ciudad y Desarrollo, *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico “TÍTULO B” Sistemas de Acueducto*. Bogotá Colombia, 2010.
- [24] M. D. E. Ambiente and V. Y. D. Territorial, “RESOLUCIÓN 2115 DE 22 DE JUNIO DEL 2007.” p. 23, 2007.
- [25] M. D. E. La and P. Social, “MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL DECRETO NÚMERO 1575 DE 2007,” vol. 2007, no. Mayo 9, pp. 1–14, 2007.
- [26] Alcaldía de Puerto Asís, “Plan de Desarrollo 2016 - 2019 de la alcaldía de Puerto Asís ‘Unidos generamos progreso,’” p. 159, 2016.
- [27] *Departamento Asministrativo Nacional de Estadística. (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda. Recuperado el 25,02,2020. de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>*