	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>08-07-2021</b>	<b>B</b>
Dependencia	Aprobado		Pág.	
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>i(116)</b>	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	<b>Adriana Quintero Santiago</b>		
<b>FACULTAD</b>	<b>Ciencias Agrarias y del Ambiente</b>		
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	<b>Ingeniería Ambiental</b>		
<b>DIRECTOR</b>	<b>Ludwing Armando Ramírez Quintero</b>		
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	<b>Evaluación de los procesos de tratamiento para la potabilización de agua, operados por la empresa Apces e.s.p en San Martín, Cesar.</b>		
<b>TITULO EN INGLES</b>	<b>Evaluation of treatment processes for water purification, operated by the company Apces e.s.p in San Martín, Cesar.</b>		
<b>RESUMEN</b>			
<p>En la evaluación realizada se usó como referencia documentos técnicos y normativos tales como Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento básico y Resolución 2115 de 2007 respectivamente; logrando identificar falencias concluyendo que, se presenta no conformidad con mayor frecuencia en el parámetro de turbiedad seguido de los de color aparente, cloro residual y aluminio respectivamente, con un nivel de riesgo en la salud entre bajo y medio.</p>			
<b>RESUMEN EN INGLES</b>			
<p>The evaluation used as reference technical and regulatory documents such as Technical Regulations of the Drinking Water and Basic Sanitation Sector and Resolution 2115 of 2007, respectively; identifying shortcomings by concluding that: does not conform more frequently in the turbidity parameter followed by the apparent colour, residual chlorine and aluminium, respectively, with a health risk level between low and medium.</p>			
<b>PALABRAS CLAVES</b>	Evaluación, Tratamiento, Potable, Agua, Riesgo		
<b>PALABRAS CLAVES EN INGLES</b>	Evaluation, Treatment, Drinkable, Water, Risk		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>PÁGINAS: 115</b>	<b>PLANOS:0</b>	<b>ILUSTRACIONES:50</b>	<b>CD-ROM:0</b>



EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO PARA LA  
POTABILIZACIÓN DEL AGUA, OPERADOS POR LA EMPRESA APCES E.S.P EN SAN  
MARTÍN, CESAR

Autor  
ADRIANA QUINTERO SANTIAGO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director  
LUDWING ARMANDO RAMIREZ QUINTERO  
Ingeniero Ambiental

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA-UFPSO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

agosto,2021

## Índice

Resumen .....	ix
Introducción.....	x
Evaluación de los procesos de tratamiento para la potabilización del agua, operados por la empresa APCES E.S.P en San Martín, Cesar .....	1
1.1. Descripción de la empresa.....	1
1.1.1. Misión.....	2
1.1.2. Visión.....	2
1.1.3. Objetivos.....	2
1.1.4. Descripción de la estructura organizacional. ....	3
1.1.5. Descripción de la dependencia asignada. ....	4
1.2. Diagnóstico inicial de la dependencia asignada .....	5
1.2.1. Planteamiento del problema.....	6
1.3. Objetivos de la pasantía.....	7
1.3.1. General.....	7
1.3.2. Específicos.....	7
1.4. Descripción de actividades a desarrollar en la pasantía .....	8
2. Enfoques Referenciales .....	10

2.1.	Enfoque conceptual .....	10
2.2.	Enfoque legal.....	13
3.	Informe de cumplimiento de trabajo.....	17
3.1.	Presentación de resultados .....	17
3.1.1.	Establecer línea base de la PTAP, recolectando información en campo que servirá de suministro para la evaluación de los procesos. ....	17
3.1.2.	Identificar características físicas, químicas y microbiológicas del agua cruda y tratada registrando los resultados de los análisis de las muestras. ....	31
3.1.3.	Determinar las falencias presentes en el proceso de potabilización, mediante la comparación de la información recolectada con lo dispuesto en los documentos técnicos.....	40
3.1.4.	Determinar la calidad del agua tratada, calculando índices de riesgo .....	56
4.	Diagnostico final.....	71
5.	Conclusiones.....	78
6.	Recomendaciones .....	80
	Bibliografía.....	83
	Apéndices .....	85

## Lista de figuras

Figura 1. Empresa APCES E.S.P. ....	1
Figura 2. Organigrama, estructura organizacional. ....	4
Figura 3. Desarenador-pretratamiento.....	17
Figura 4. Planta de tratamiento de agua potable en San Martin, Cesar (PTAP). ....	18
Figura 5. Cámara de aquietamiento en PTAP. ....	19
Figura 6. Aplicación de coagulante con uso de dosificador.....	20
Figura 7. Tanque para dosificación manual del coagulante .....	20
Figura 8. Canal de entrada con sección rectangular.....	21
Figura 9. Regleta de medición en el canal de entrada. ....	21
Figura 10. Unidades de floculación.....	22
Figura 11. Volanta al final de la unidad de sedimentación para el retiro de sedimentos ....	23
Figura 12. Unidades de filtración. ....	23
Figura 13. Lavado a las unidades de filtración.....	24
Figura 14. Área de cloración con su respectivo tanque aéreo. ....	25
Figura 15. Dosificador de operación al vacío marca Eco-chlor .....	25
Figura 16. Tanque para dosificación de cloro manual en la caja de cloración a la salida de la PTAP.....	26
Figura 17. Tanque de almacenamiento.....	26
Figura 18. Conexiones con el tanque de almacenamiento. ....	27
Figura 19. Aplicación de encuesta a operarios de PTAP. ....	28
Figura 20. Aplicación de encuesta al coordinador ambiental.....	28
Figura 21. Desinfección del punto para la toma de muestra. ....	32

Figura 22. Toma de muestra de agua potable en punto autorizado. ....	32
Figura 23. Resultado del análisis para la muestra del día 23 de abril. ....	33
Figura 24. Primer muestreo en quebrada la Torcoroma. ....	34
Figura 25. Segundo muestreo en quebrada la Torcoroma. ....	34
Figura 26. Tercer muestreo en quebrada la Torcoroma. ....	35
Figura 27. Relación de los resultados de las muestras de la quebrada la Torcoroma en cuanto a los tipos de fuente según la calidad descrita por la normatividad. ....	37
Figura 28. Número de muestras realizadas por mes. ....	47
Figura 29. Número de muestras con incumplimiento por mes. ....	47
Figura 30. Porcentaje de cumplimiento de acuerdo a la totalidad muestras tomadas. ....	48
Figura 31. Numero de muestras en las que se incumple por parámetro. ....	48
Figura 32. Determinación de cumplimientos establecidos en el RAS mediante lista de chequeo ....	50
Figura 33. Acompañamiento a operarios en PTAP para instruir el proceso en la realización prueba de jarras. ....	74
Figura 34. Acompañamiento en PTAP para verificación del análisis de parámetros ....	75
Figura 35. Verificación de parámetros en red de distribución con kit manual. ....	76
Figura 36. Verificación de parámetros en red de distribución con equipo fotómetro multiparamétrico portátil. ....	77

## Lista de tablas

Tabla 1 Diagnóstico de la dependencia- coordinación ambiental .....	5
Tabla 2 Cronograma de actividades .....	8
Tabla 3 Resultados primer muestreo en la quebrada la Torcoroma .....	35
Tabla 4 Resultados segundo muestreo en la quebrada la Torcoroma .....	36
Tabla 5 Resultados tercer muestreo en la quebrada la Torcoroma.....	36
Tabla 6 Resultados muestras de agua tratada mes julio año 2020 .....	40
Tabla 7 Resultados muestras de agua tratada mes agosto año 2020 .....	41
Tabla 8 Resultados muestras de agua tratada mes septiembre año 2020 .....	42
Tabla 9 Resultados muestras de agua tratada mes octubre año 2020.....	43
Tabla 10 Resultados muestras de agua tratada mes noviembre año 2020.....	44
Tabla 11 Resultados muestras de agua tratada mes diciembre año 2020.....	44
Tabla 12 Resultados muestras de agua tratada mes enero año 2021 .....	45
Tabla 13 Resultados muestras de agua tratada mes febrero año 2021 .....	46
Tabla 14 Resultados muestras de agua tratada mes abril o año 2021 .....	46
Tabla 15 Valor IRCA para la muestra del 13 de julio 2020.....	57
Tabla 16 Valor IRCA para la muestra del 27 de julio 2020.....	57
Tabla 17 Valor IRCA para la muestra del 04 de agosto 2020.....	58
Tabla 18 Valor IRCA para la muestra del 27 de agosto 2020.....	58
Tabla 19 Valor IRCA para la muestra del 07 septiembre 2020 .....	59
Tabla 20 Valor IRCA para la muestra del 28 septiembre 2020 .....	59
Tabla 21 Valor IRCA para la muestra del 15 octubre 2020 .....	60
Tabla 22 Valor IRCA para la muestra del 26 octubre 2020 .....	60

Tabla 23 Valor IRCA para la muestra del 18 de noviembre 2020 .....	61
Tabla 24 Valor IRCA para la muestra del 15 noviembre 2020 .....	61
Tabla 25 Valor IRCA para la muestra del 29 diciembre 2020 .....	62
Tabla 26 Valor de IRCA mensual calculado para el año 2020 .....	62
Tabla 27 Valor IRCA para la muestra del 28 enero 2021 .....	63
Tabla 28 Valor IRCA para la muestra del 11 febrero 2021 .....	64
Tabla 29 Valor IRCA para la muestra del 23 abril 2020.....	64
Tabla 30 Cálculo del índice de riesgo por abastecimiento de agua por parte de la persona prestadora.....	66
Tabla 31 Acciones a tener en cuenta para contrarrestar el incumplimiento en componentes del IRCA e IRABApp.....	70



## Resumen

Se realiza la evaluación a los procesos de tratamiento para la potabilización del agua, operados por la empresa APCES E.S.P en san Martín, cesar como trabajo de grado bajo la modalidad pasantía, tomando como referencia aspectos establecidos en documentos técnicos y normativos tales como Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento básico- RAS y Resolución 2115 de 2007 respectivamente; a partir de lo cual se logra identificar falencias concluyendo que, se da incumplimiento del 79% en un total de 14 muestras evaluadas (comprendidas entre el segundo semestre del año 2020 ,hasta el mes de abril del año en curso) en las cuales se presenta no conformidad con mayor frecuencia en el parámetro de turbiedad seguido de los de color aparente , cloro residual y aluminio respectivamente, con un nivel de riesgo en la salud variante entre bajo y medio.

## **Introducción**

El agua destinada al consumo humano debe contar con una calidad que le atribuya ser apta para su consumo y teniendo en cuenta que a lo largo del tiempo hemos desarrollado actividades que alteran la calidad de la misma, cambiando las condiciones naturales, es importante evaluar los procesos de potabilización que influyen en el cambio de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua operados por empresas prestadoras del servicio de acueducto, pues son quienes hacen el suministro de la misma, evitando así riesgos para la salud humana.

La información estructurada en el presente documento corresponde al desarrollo del trabajo de grado, el cual estuvo enfocado en la evaluación de los procesos de tratamiento para la potabilización del agua, operados por la empresa APCES E.S.P en San Martín, Cesar. Dicha evaluación se realiza con el propósito de identificar falencias en los procesos, determinar la calidad del agua suministrada al municipio para el consumo humano y plantear recomendaciones; de tal manera que la empresa obtenga información documentada y sirva para la toma de decisiones en cuanto a las medidas que puedan implementar permitiendo una mejora.

Por lo anterior se describe la información recolectada en campo en cuanto a los procesos de potabilización además de la documentada por la empresa, la caracterización del agua cruda y tratada, cumplimiento de la normatividad aplicable, cálculo de índices de riesgo (IRABApp e IRCA) para determinar el nivel de riesgo en la salud.

## **Evaluación de los procesos de tratamiento para la potabilización del agua, operados por la empresa APCES E.S.P en San Martín, Cesar**

### **1.1. Descripción de la empresa**

La empresa APCES E.S.P, cuyo nombre obedece a Administradora Pública Cooperativa Empresa Solidaria De San Martín – Cesar, entidad tipo cooperativa de carácter privado que administra los servicios públicos de Alcantarillado, Acueducto y Aseo. Pertenece al régimen común y funciona en el Municipio de San Martín, Cesar, en la zona urbana. Este tipo de entidades, son autorizadas de manera específica por la Ley 142 de 1994 y sus decretos reglamentarios para prestar únicamente Servicios Públicos de acueducto, alcantarillado y aseo (Manual de operación y mantenimiento del sistema de acueducto, 2017, p.3).

Según información suministrada del sistema comercial de la empresa APCES E.S.P, arrojo que la cobertura urbana del acueducto es de un 96,59% teniendo en cuenta el reporte del DANE para el año 2018 de, 3667 viviendas y que la empresa contaba con 3542 suscriptores. La continuidad en la prestación del servicio viene dada por sectorización, la cual se estima en un periodo de 14 horas al día según el cálculo realizado por el coordinador ambiental de la empresa para el año 2018, en donde algunos sectores contaban con el servicio las 24 horas y otros variando entre las 8 y 12 horas.



*Figura 1.* Empresa APCES E.S.P. Elaboración propia

### **1.1.1. Misión.**

La Administradora Pública Cooperativa Empresa Solidaria De San Martín Cesar APCES E.S.P busca aportar al mejoramiento y desarrollo de la calidad de vida de los habitantes del Municipio de San Martín, mediante la prestación directa de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, preservando la salud y el cuidado del medio ambiente, fundamentados en la responsabilidad social, innovación y compromiso de nuestros colaboradores, generando valor a nuestros grupos de interés.

### **1.1.2. Visión.**

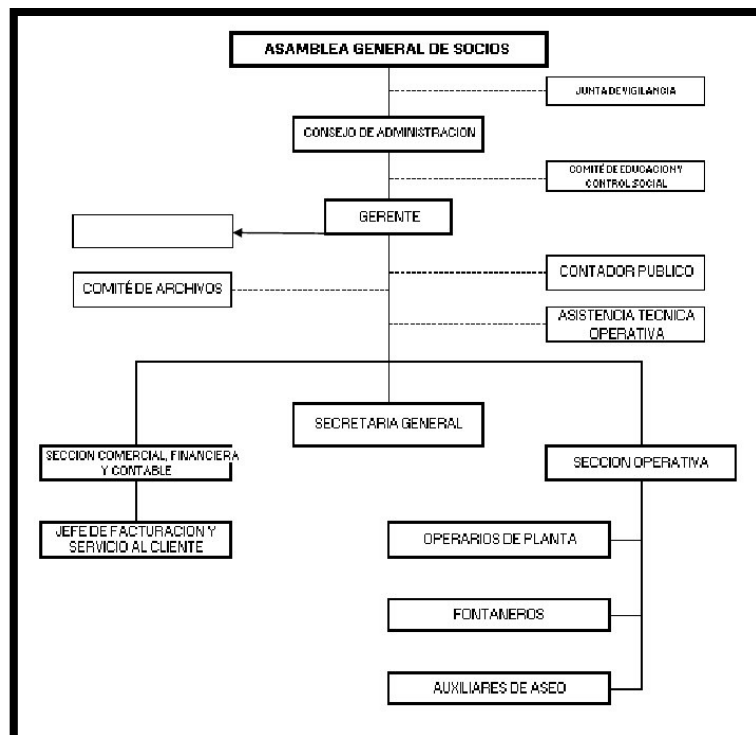
La Administradora Pública Cooperativa Empresa Solidaria De San Martín Cesar APCES E.S.P en el 2025 será una Empresa, reconocida por su liderazgo en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado en el municipio de San Martín, por su desarrollo, mejoramiento continuo, incremento permanente de su productividad y flexibilidad para adaptarse al cambio.

### **1.1.3. Objetivos.**

- Asegurar los oficios de recolección y tratamiento de aguas residuales.
- Realizar el proceso de captación, tratamiento, distribución y comercialización de Agua potable.
- Garantizar la prestación de los servicios de recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos, en sitios técnicamente aceptados por la Corporación Autónoma Regional.
- Garantizar los servicios públicos domiciliarios.
- Ser competitivos en el mercado

#### **1.1.4. Descripción de la estructura organizacional.**

El modelo de la estructura organizacional de la empresa está basado en la jerarquía y la autoridad, con unidad de mando; la dirección se encuentra en la cúspide, los mandos medios se desprenden de ella y los trabajadores están en la base, la información fluye de forma descendente. Se encuentra conformada por: la Asamblea de asociados, como el órgano directivo; 5 Juntas de Acción Comunal, entre ellas el Municipio, Fundación San Martín de Tours, Asociación de Bicicletas Taxis de San Martín Cesar – ABITASAN y la Asociación de Mujeres Hacia el Progreso de San Martín – ASOPROSAN (inactiva actualmente); jerárquicamente a la Asamblea le continúa el Consejo de Administración, conformado por 5 miembros, pertenecientes a la Juntas de Acción Comunal de los barrios Buenos Aires, 20 de mayo y La Floresta, a la Asociación de Bicicletas Taxis de San Martín Cesar, y de la Alcaldía Municipal de San Martín. En la cadena de mando se delega al gerente que maneja la ejecución, supervisión y control con apoyo del contador público, asistencia técnica operativa (Aquí la labora el ingeniero ambiental como asesor técnico y operativo), comité de archivos (inactiva actualmente) , la sección comercial, financiera y contable (cuenta con un jefe de facturación y servicio al cliente), una secretaria general, y una sección operativa como jefe de las operaciones (hacen parte de esta los operarios de planta, fontaneros y auxiliares de aseo ).



*Figura 2.* Organigrama, estructura organizacional. Superintendencia de servicios públicos domiciliarios. (2019). Obtenido

[https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Acueducto%2C%20alcantarillado%20y%20aseo/Peque%C3%B1os%20prestadores/2019/Mayo/in\\_f\\_003\\_evaluacion\\_integral\\_apces\\_san\\_martin\\_cesar\\_2019.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Acueducto%2C%20alcantarillado%20y%20aseo/Peque%C3%B1os%20prestadores/2019/Mayo/in_f_003_evaluacion_integral_apces_san_martin_cesar_2019.pdf)

### 1.1.5. Descripción de la dependencia asignada.

Para la realización de la pasantía, fue asignada la dependencia de coordinación ambiental, donde se supervisan los programas, proyectos y actividades a cargo de la empresa, se efectúa el registro y seguimiento de las actividades ejecutadas en el área operativa de los servicios de acueducto, alcantarillado, aseo, como también hace vigilancia de la calidad del agua potable y brinda educación ambiental a la comunidad.

Adicional a lo anterior, también se encarga de verificar el cumplimiento de las obligaciones establecidas en el PSMV y PUEAA, como de la entrega de información a entes de control y vigilancia que se encargan de verificar la calidad en la prestación de servicios públicos.

## 1.2. Diagnóstico inicial de la dependencia asignada

Tabla 1  
*Diagnóstico de la dependencia- coordinación ambiental*

	Positivos	Negativos
	Fortalezas	Debilidades
Internos (Factores de la empresa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cuenta con planes de contingencia para la dosificación manual del hipoclorito de calcio y sulfato.</li> <li>• Se tienen identificados los riesgos de cada área.</li> <li>• Se cuenta con personal capacitado para la operación de los servicios de acueducto y alcantarillado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se cuenta con manuales actualizados de operación de los servicios.</li> <li>• No se cuenta con instrumentos técnico como planos, memorias de cálculos, diseños hidráulicos.</li> <li>• Deterioro de la estructura del sistema de tratamiento de agua potable.</li> </ul>
	Oportunidades	Amenazas
Externos (Factores del ambiente)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para la operación de los servicios públicos, se cuenta con convenio interadministrativo con el municipio.</li> <li>• La empresa lleva mucho tiempo operando estos servicios públicos</li> <li>• Se encuentra bajo seguimiento efectivo por parte de los entes de control.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectación a la calidad hídrica de la fuente captada.</li> <li>• Sanciones por parte de entes gubernamentales.</li> </ul>

*Nota:* Se utiliza la matriz DOFA para mostrar la situación de la dependencia asignada con respecto al trabajo a desarrollar. Elaboración propia.

### **1.2.1. Planteamiento del problema.**

Teniendo en cuenta que el servicio público domiciliario de acueducto o servicio público domiciliario de agua potable. Es la repartición de agua apta para consumo humano, incluyendo la conexión y medición, para el cual también forman parte las actividades tales como captación de agua, procesamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y transporte. (decreto 229, 2002, artículo 3) y los resultados del informe del IRCA por muestra por persona prestadora para la empresa APCES E.S.P publicados en el Sistema de información de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano- SIVICAP, donde se evidencia un nivel de riesgo MEDIO comprendido para el segundo semestre del año 2020 es sumamente importante identificar las condiciones, aspectos y/o fallas que hacen que se dé el incumplimiento de requisitos normativos; puesto que se presenta no conformidades en cuanto a los límites máximos permisibles en las características del agua debido al nivel del Riesgo ya mencionado que se presenta.

En razón de lo antes expuesto se hace necesario una evaluación en los procesos de tratamiento para la potabilización del agua, los cuales son operados por la empresa de manera que se puedan identificar las falencias que se presentan a lo largo del proceso de potabilización las cuales influyen directamente en la calidad del agua destinada a consumo humano y se ven reflejados en el nivel de riesgo que representa para la salud.



### **1.3.Objetivos de la pasantía**

#### **1.3.1. General.**

Evaluar de los procesos de tratamiento para la potabilización del agua, operados por la empresa APCES E.S.P en San Martín, cesar.

#### **1.3.2. Específicos.**

- Establecer línea base de la PTAP, recolectando información en campo que servirá de suministro para la evaluación de los procesos.
- Identificar características físicas, químicas y microbiológicas del agua cruda y tratada registrando los resultados de los análisis de las muestras.
- Determinar las falencias presentes en el proceso de potabilización, mediante la comparación de la información recolectada con lo dispuesto en los documentos técnicos.
- Determinar la calidad del agua tratada, calculando índices de riesgo.

#### 1.4. Descripción de actividades a desarrollar en la pasantía

Tabla 2  
*Cronograma de actividades*

Objetivos Específicos	Actividades	MES1				MES2				MES3				Mes4			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Establecer línea base de la PTAP a partir de información recolectada que servirá de suministro para la evaluación de los procesos.	Efectuar visitas de campo a la zona donde se encuentra la PTAP para identificar los procesos, equipos, métodos y sustancias utilizadas.	■															
	Aplicar entrevista y/o encuesta al personal involucrado para obtener información en cuanto a sus calidades, funciones, operación y mantenimiento de la planta.					■											
	Consultar información documentada por la empresa.									■							

“Tabla 2. Continuación”

Identificar características físicas, químicas y microbiológicas del agua cruda y tratada registrando los resultados de los análisis de las muestras.	Recolección de muestras y registro de valores obtenidos de los análisis de muestras, según parámetros indicados en el RAS y la resolución 2115/2007			
Determinar las falencias presentes en el proceso de potabilización, mediante la comparación de la información recolectada con lo dispuesto en los documentos técnicos.	Comparar los valores obtenidos en el análisis de muestras con los valores aceptables según resolución 2115/2007			
Determinar la calidad del agua tratada, calculando índices de riesgo.	Elaborar lista de chequeo que permita establecer el cumplimiento de aspectos establecidos en el RAS			
	Calcular índices de riesgo: IRABApp, IRCA			
	Realizar análisis de resultados			

*Nota:* La tabla muestra las actividades a realizar por cada objetivo específico, indicando además el tiempo en semanas y meses que se requiere para el desarrollo de cada una. Elaboración propia.

## 2. Enfoques Referenciales

### 2.1. Enfoque conceptual

**Agua cruda:** “Es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización”. (Decreto 1575, 2007, p1).

**Agua potable o agua para consumo humano:** Es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el presente decreto y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal.

(Decreto 1575, 2007, p.1).

**Autocontrol.** “Las personas prestadoras realizarán los análisis de control para garantizar la calidad del agua para consumo humano por medio de laboratorios autorizados por el Ministerio de la Protección Social”. (Decreto 1575, 2007, p.10).

**Calidad del agua:** “Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia”. (Decreto 1575, 2007, p.1).

**Cloro residual libre:** “Es aquella porción que queda en el agua después de un período de contacto definido, que reacciona química y biológicamente como ácido hipocloroso o como ión hipoclorito”. (Resolución 2115, 2007, p.1).

**Desarenador:** “Componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación”. (Título C. Sistemas de potabilización, 2010, p.33).

**Dosificación:** “Acción mediante la cual se suministra una sustancia química al agua”.  
(Título C, Sistemas de potabilización, 2010, p.33).

**Filtración** “Proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso”. (Título C, Sistemas de potabilización, 2010, p.33).

**Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano – IRCA:** “Es el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano”. (Decreto 1575, 2007, p.13).

**Mezcla lenta:** “Agitación suave del agua con los coagulantes, con el fin de favorecer la formación de los flóculos”. (Título C, Sistemas de potabilización, 2010, p.36).

**Mezcla rápida:** “Agitación violenta para producir dispersión instantánea de un producto químico en la masa de agua”. (Título C, Sistemas de potabilización, 2010, p.36).

**Muestra puntual:** “Es la muestra individual representativa en un determinado momento”.  
(Decreto 3930, 2010, p.5).

**Parámetro:** “Variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico”. (Título C, Sistemas de potabilización, 2010, p.37).

**Planta de tratamiento o de potabilización:** “Conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable”. (Decreto 1575, 2007, p.3).

**Prueba de jarras:** “Ensayo de laboratorio que simula las condiciones en que se realizan los procesos de oxidación química, coagulación, floculación y sedimentación en la planta”. (Título C, Sistemas de potabilización, 2010, p.39).

**Red de distribución:** “Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta las acometidas domiciliarias o puntos de consumo”. (Título C, Sistemas de potabilización, 2010, p.39).

**Sedimentación:** “Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua o partículas floculadas se separan por gravedad, previa adición de químicos coagulantes”. (Título C, Sistemas de potabilización, 2010, p.39).

**Sistema de suministro de agua para consumo humano:** “Es el conjunto de estructuras, equipos, materiales, procesos, operaciones y el recurso humano utilizado para la captación, aducción, pretratamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución del agua para consumo humano”. (Decreto 1575, 2007, p.3).

**Sistema convencional de potabilización:** “Los procesos que conforman un sistema convencional de potabilización del agua 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”. (Título C, Sistemas de potabilización, 2010, p.75).

**Tanque de almacenamiento:** “Depósito destinado a mantener agua para su uso posterior”. (Título C, Sistemas de potabilización, 2010, p.41).

## **2.2. Enfoque legal**

Dentro de los aspectos legales se relacionan las normas que regulan ya sea a nivel gubernamental o institucional el normal funcionamiento de la PTAP como también las que instruyen el proceder de algunas actividades y las cuales sirven de apoyo para el desarrollo del trabajo de grado trabajo.

### **NTC 5667-3 DE 2004**

“Calidad del Agua. Muestreo. Parte 3: Directrices para la preservación y manejo de las muestras. Suministra directrices generales sobre las precauciones que se deben tomar para preservar y transportar muestras de agua”. (NTC-ISO, 2004, p.1)

### **Decreto 1575 de 2007.**

Por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano; Indicando en su artículo 9° las responsabilidades de las personas prestadoras, en el artículo 22 sobre los puntos de muestreos para el control de la calidad del agua y en el artículo 30 el contenido del plan operacional de emergencia. (Decreto 1575, 2007, p.7)

### **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; además da a conocer el puntaje de riesgo a asignar a cada característica física, química y microbiológica, por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos que se deben tener en cuenta para el cálculo del IRCA, como también las respectivas fórmulas para el cálculo de IRCA E IRABApp. (Resolución 2115, 2007, p.1)

**Resolución 0811 de 2008**

Por medio del cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la Autoridad Sanitaria y las Personas Prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución. (Resolución 0811, 2008, p.1).

**Acta 177 del 23 de octubre de 2020 -Actualización de puntos de muestreo**

Se fijan los siguientes cuatro (04) puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.

- 7701: Calle 22 con carrera 7, vía a la vereda el Cairo (Punto más cercano a la planta, punto inicial).
- 7702: Parqueadero del señor Juan Manuel Quintero, Carrera 7 – Vía Aguachica (Punto más alejado a la planta, punto final).
- 7703: Calle 13 # 15<sup>a</sup>
- -15, Barrio Buenos Aires
- 7704: Carrera 7 # 18-58, Barrio 20 de mayo

**Resolución 1096 de 2000**

Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Tiene por objeto señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias, señaladas en el artículo 14, numerales 14.19, 14.22, 14.23 y 14.24 de la Ley 142 de 1994, que adelanten las Entidades prestadoras de



los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo o quien haga sus veces. (Resolución 1096, 2000, p.2).

### **Manual-Título A RAS-Aspectos generales de los Sistemas de agua potable y saneamiento básico versión 2000**

Documentación técnica normativa, en donde se dan a conocer los requisitos que deben cumplir las obras, equipos y procedimientos operativos que se utilicen para la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo y sus actividades complementarias; Dentro de su artículo 104 indica los procesos mínimos de tratamiento en función de calidad de agua de la fuente que deben diseñarse. (Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico, 2000, p.54)

### **Manual-Título C RAS- Sistema de Potabilización versión 2010**

Documento informativo de apoyo al usuario puesto que establece las condiciones requeridas para la concepción y el desarrollo de sistemas de potabilización del agua. Así mismo orienta la planificación, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la operación, el mantenimiento y el seguimiento de la operación de estos sistemas y sus componentes. (Sistemas de potabilización, 2010, p.11)

### **Decreto 3930 de 2010**

Establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el ordenamiento del recurso hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados. En su artículo 9 en cuanto a usos del agua, se tiene en cuenta como primera opción la destinación para consumo humano y doméstico. (Decreto 3930, 2010, p.3)

**Resolución 1277 de 2019**

Por la cual se otorga la acreditación para producir información cuantitativa física, química y biológica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes a la Sociedad SIAMA LTDA, y se toman otras determinaciones. La solicitud de acreditación fue presentada ante el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. (Resolución 1277, 2019, p.1).

**Resolución 0150 de 2020**

“Por la cual se autoriza el cambio de razón social y se modifica el alcance de la acreditación otorgada mediante resolución No. 1277 de 2019 a la Sociedad SIAMA S.A.S., y se adoptan otras determinaciones”. (Resolución 0150, 2020, p.1).

**Resolución 0330 de 2017**

“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 y 2320 de 2009”. (Resolución 0330, 2017, p.1).

**Resolución 0082 de 2009**

Contiene formularios para la efectuar visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano; por ello se tiene en cuenta lo descrito para hacer el cálculo del índice de riesgo por abastecimiento de agua para consumo humano por parte de la persona prestadora (IRABA p.p.). (Resolución 0082, 2009, p.5)

### 3. Informe de cumplimiento de trabajo

#### 3.1. Presentación de resultados

3.1.1. Establecer línea base de la PTAP, recolectando información en campo que servirá de suministro para la evaluación de los procesos.

**Actividad: Efectuar visitas de campo a la zona donde se encuentra la PTAP para identificar los procesos, equipos, métodos y sustancias utilizadas.**

#### **Pretratamiento**

Para el pretratamiento se cuenta con un desarenador, el cual está compuesto por una cámara de 17m x 5m dividida en tres secciones, en las que la entrada del agua es regulada por válvulas. La primera sección es la zona de entrada, compuesta por una cámara de aquietamiento, seguida por una pantalla deflectora en concreto con perforaciones de 3"; zona de sedimentación y zona de salida, a la cual el agua pasa por rebose. (Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema de Acueducto, 2017, p. 9)

Además, cuenta con una estructura que permite el paso del agua directo a la zona de salida; esto para cuando se hacen actividades de lavado a la unidad de desarenación.



*Figura 3. Desarenador-pretratamiento. Elaboración propia*

### **Planta de tratamiento**

Se encuentra localizada en las coordenadas  $7^{\circ} 59'54''$  N y  $73^{\circ} 26'51,7''$  W, a una distancia de 7 km desde el casco urbano del municipio. (Manual de Operación y Mantenimiento del sistema de acueducto, 2017, p. 9)

Planta de tratamiento convencional con funcionamiento por gravedad, en la que el caudal que viene de la tubería de aducción de 12" es recibido en la cámara de aquietamiento, pasa al canal de entrada, y luego a los procesos de floculación, sedimentación, filtración y desinfección del agua proveniente de la quebrada, la cual ingresa a la PTAP en un caudal estimado de 64 L/s; dato proporcionado por Ingeniero ambiental de la empresa quien realizo aforo por el método de vertedero rectangular.

En cuanto a la red de distribución, a la salida del proceso de desinfección se encuentran dos tuberías, una tubería de 8" que se reduce a 6" la cual conduce directamente el agua parel pueblo y otra tubería de 10" que conduce el agua para el tanque de almacenamiento, del tanque sale una tubería de 12 "que se reduce a 8", ambas se unen a tubería de 10" la cual se reduce a una de 8" dando paso a la red de distribución en el municipio.



*Figura 4.* Planta de tratamiento de agua potable en San Martín, Cesar (PTAP). Elaboración propia

- Cámara de aquietamiento: Cámara cubica de concreto de 1,88m x 1,24m x 2,97m de profundidad, con la que se busca disminuir la velocidad del fluido puesto que la velocidad con la que llega de la tubería de aducción es alta.

Esta cámara cuenta con una sección que permite la entrada del agua al canal de entrada para iniciar los procesos de tratamiento y otra sección que permite desaguar, pasando directamente a una caja cubierta por una rejilla que la conduce a un caño cercano.



*Figura 5. Cámara de aquietamiento en PTAP. Elaboración propia*

- Dosificación de Coagulante: Según la revisión realizada en campo, se describe que la dosificación del coagulante (Sulfato de aluminio-Tipo A) se hace por medio de un dosificador en seco que trabaja con motor eléctrico, en la parte superior cuenta con una apertura en la que los operarios depositan el químico el cual cae por medio de una tolva a la sección donde se agrega el agua para la disolución (el agua que entra al equipo dosificador se hace por medio de una tubería de  $\frac{3}{4}$  y puede ser regulada con el uso de una llave), la cantidad de sulfato se regula con una perilla que viene numerada de 0 a 100 y según la graduación que se haga la tolva realiza un movimiento de lado a lado haciendo caer el sulfato al agua en donde se da la mezcla pasando luego por una tubería de 2" con pequeños orificios para aplicar al agua que entra a la PTAP.



*Figura 6.* Aplicación de coagulante con uso de dosificador. Elaboración propia

En los días en que no se cuenta con energía eléctrica, los operarios proceden a depositar el sulfato en un tanque de 500L, mezclando manualmente hasta obtener la solución (La cantidad de sulfato despotizado en el dosificador depende de la identificación ocular que hagan los operarios de la turbiedad, manejan bultos de 25 kg), el paso de la solución a aplicar al caudal entrante de la planta es controlado por la tubería de  $\frac{3}{4}$  de entrada y una de dos pulgadas con perforaciones en el punto de aplicación.



*Figura 7.* Tanque para dosificación manual del coagulante. Elaboración propia

- Canal de entrada: Canal con sección rectangular con dimensiones 1,32m de largo x 0,44m de ancho x 0,69m de profundidad antes del vertedero y con una longitud de 5,2m x 0,44m de ancho aguas abajo; la aplicación del coagulante se realiza en el punto de caída del vertedero pasando a la mezcla rápida y distribución del agua hasta la entrada a los floculadores, la velocidad de entra es regulada por dos volantas. Para la medición de caudal con el que se opera la planta se dispone de una regleta a la entrada (Ver figura 9).



*Figura 8. Canal de entrada con sección rectangular. Elaboración propia*



*Figura 9. Regleta de medición en el canal de entrada. Elaboración propia*

*Nota: En las visitas efectuada a planta se evidenciaron caudales de 60L/s y 70 L/s según la lectura de la regleta.*

- Floculación: El proceso en el que se efectúa la mezcla lenta es realizado en dos floculadores tipo Alabama en paralelo con 10 compartimientos cada uno, en cada compartimiento se encuentran cajas de salida ubicadas en oposición a las entradas. (Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema de Acueducto, 2017, p. 12) El ultimo compartimiento de cada floculador permite la entrada a una unidad de sedimentación por medio de una entrada cuadrada. Las dimensiones para cada compartimiento son de más o menos 1,66m x 0,88m x 1.93m de profundidad, constituyendo un área total de cada floculador de 21,473 m<sup>2</sup> y un volumen de 41,44 m<sup>3</sup> aproximadamente.



*Figura 10.* Unidades de floculación. Elaboración propia

- Sedimentación: El proceso es realizado en dos unidades de sedimentación de alta tasa en paralelo, con flujo ascendente y placas inclinadas. (Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema de Acueducto, 2017, p. 12) En las visitas realizadas se identifica que las placas son de tubos hexagonales con inclinación de 60° y medidas de 1,02 m de distancia vertical, 2m de distancia horizontal, 0,74m de gruesor, por las cuales asciende el agua. Cada unidad se encuentra conectada a un floculador y está compuesta por dos secciones que disponen de canaletas perforadas a las que el agua ingresa por rebose, el agua que sale de cada unidad entra a una canaleta ubicada en dirección contraria a las canaletas perforadas y es entregada a un canal el cual alimenta los seis filtros y al final de cada unidad de sedimentación se



encuentra una volanta, la cual permite evacuar el agua de los mismos para que con ella se vayan los sedimentos. Las medidas de cada sección son de 2,48m x 4,32m x 3,16m de profundidad aproximadamente y las de las canaletas perforadas son de 2,50m de largo x 0,20m de ancho distanciadas entre cada 0,30m o 0,44m.



*Figura 11.* Volanta al final de la unidad de sedimentación para el retiro de sedimentos. Elaboración propia

- **Filtración:** En la visita realizada se observa que la planta dispone de 6 unidades de filtración en donde el flujo descende a través del lecho filtrante compuesto por carbón activado, antracita, arena y grava. Cada unidad cuenta con una estructura interna que permite disipar la energía a la entrada del agua para no alterar el medio filtrante; cada unidad tiene por medidas 1,45m x 1,65m x 4,20m de profundidad. El agua filtrada es recolectada en una canaleta y evacuada hacia la caja de cloración.



*Figura 12.* Unidades de filtración. Elaboración propia

En la fotografía 13 se puede apreciar que, la entrada del agua desde los sedimentadores a los filtros puede interrumpirse introduciendo una tabla en una pequeña ranura y con el uso de la volanta que se encuentra al inicio de cada unidad de filtración se sube una pequeña compuerta permitiendo evacuar el agua de los filtros cuando estos están muy sucios, para su respectivo retro lavado.



*Figura 13.* Lavado a las unidades de filtración. Elaboración propia

- Desinfección: Se realiza mediante aplicación de cloro gaseoso, el área de cloración está construida cerca de la PTAP la cual dispone de un tanque aéreo al que se le suministra agua filtrada, la cual surte al dosificador de operación al vacío marca Eco-chlor, que se abastece del desinfectante. (Superservicios, 2019, p 25) La dosificación del cloro se hace mediante la regulación de una perilla del dosificador según la cantidad de agua que se esté tratando por una tubería de  $\frac{3}{4}$  a una caja de cloración a la salida de la PTAP y a una caja adyacente al tanque de almacenamiento.



*Figura 14.* Área de cloración con su respectivo tanque aéreo. Elaboración propia



*Figura 15.* Dosificador de operación al vacío marca Eco-chlor. Elaboración propia

Ante la eventualidad de no disponer de cloro gaseoso o no haber energía eléctrica, se cuenta con cloro en forma granulada (hipoclorito de calcio al 70%), para efectuar la desinfección. La cloración se hace en la caja que precede la salida de la PTAP y para ello los operarios depositan el cloro en un taque aéreo de cloración con capacidad de 500L y lo mezclan hasta obtener la solución (La cantidad de cloro aplicado la determinan con una tasa que tiene capacidad para 1 kg, aplicando 2kg), luego el paso del agua clorada del tanque hacia el caudal de la planta a tratar es regulado por una llave.



*Figura 16. Tanque para dosificación de cloro manual en la caja de cloración a la salida de la PTAP. Elaboración propia*

- Tanque de almacenamiento: El tanque es subterráneo hecho en concreto, sus dimensiones son 20m de largo x 20m de ancho y una profundidad de 3m.



*Figura 17. Tanque de almacenamiento. Elaboración propia*

En la fotografía 18 se puede evidenciar la tubería que permite la entrada del agua al tanque (ubicada en la parte superior e izquierda de la imagen), la salida hacia la caja de cloración (ubicada en la parte inferior e izquierda de la imagen), como también la que permite evacuar el agua cuando se hace el lavado (ubicada en la parte inferior-derecha de la imagen) y otra que permite el desagüe cuando se llena por completo.



*Figura 18.* Conexiones con el tanque de almacenamiento. Elaboración propia

**Actividad: Aplicar entrevista y/o cuestionario al personal involucrado para obtener información en cuanto a sus calidades, funciones, operación y mantenimiento de la planta.**

- Encuesta a Operarios de Planta: Se aplicó la encuesta a los tres operarios de planta donde se puede evidenciar: el tiempo de experiencia laborando, cursos certificados por parte del instituto SENA , describen de manera general como se hace la aplicación de los químicos usados en los procesos de potabilización , suministran información en cuanto a los parámetros, frecuencia, punto de muestreo para el autocontrol durante la operación de la planta y el procedimiento para limpieza de las unidades de la PTAP; Evidenciando así el incumplimiento de aspectos establecidos en los manuales que componen el RAS , entre los cuales se puede mencionar : el no realizar prueba de jarra para determinar la dosis de coagulante, la falta de análisis de laboratorio para determinar la dosis de cloro según la remoción de microorganismos y turbiedad que efectúen los procesos antes de la desinfección como también lo relacionado con la frecuencia de medición de parámetros en el control de operación de la PTAP.



*Figura 19.* Aplicación de encuesta a operarios de PTAP. Elaboración propia

- Encuesta al Coordinador ambiental: Con la encuesta se busca dejar evidencia de la existencia o no de documentos tales como plan operacional de emergencia, mapa de riesgo, que son requeridos en el marco normativo para un control en el funcionamiento del sistema de acueducto pero no se cuenta con ellos y obtener datos de dicho sistema entre los cuales se resaltan población atendida por la empresa (13.575 para el 2018 ), nivel de complejidad (medio alto ) y laboratorio encargado del análisis para el autocontrol de la calidad del agua que permitan realizar una evaluación según las características del mismo.



*Figura 20.* Aplicación de encuesta al coordinador ambiental. Elaboración propia

- Entreviste al Operador Rodolfo Moreno Amaya: La entrevista se realizó con el operario debido a que en la empresa no se encuentra información documentada en cuanto al proyecto con el que se dio la construcción de la PTAP. El operario después de informar que ha operado durante 15 años en la planta, afirma que estuvo presente en el tiempo en que se construyó la misma y conoce que el periodo de diseño se estableció por 25 años, entro en funcionamiento en el 2002 con un caudal de diseño de 40 L/s; con lo que se puede definir y confirmar que el nivel de complejidad del sistema de acueducto es Medio Alto, teniendo en cuenta el artículo 11 y 69 de la resolución 1096 de 2000.

### **Otra Actividad**

- Entrevista al auxiliar de fontanería y alcantarillado Martin Vega: La entrevista se realiza con el propósito de obtener información acerca de las actividades que se realizan para la limpieza en la tubería de conducción como en la de distribución, la frecuencia con la que se realiza y el tiempo durante el cual se han implementado dichas actividades, con lo que se puede describir que: se cuenta con purgas solo en la tubería de 8” en la red de conducción para drenar los residuos que quedan en la tubería (se abren cada dos meses y en periodo de lluvia una o dos veces al mes) , con cabezas al final de la tubería en la red de destrucción por barrio (se abren una o dos veces al mes ) , cuyas actividades se han venido implementando desde hace un año y medio teniendo en cuenta que el auxiliar lleva 3 años laborando y fue posible implementar dichas actividades en el tiempo indicado.

### **Actividad: Consultar información documentada por la empresa.**

En la consulta se pudo obtener información en cuanto a:

- **Puntos de muestreo:** Documentos donde se identifiquen referenciados (ubicados) los puntos que fueron concertados, actualizados y materializados entre la secretaria de Salud

Departamental y la empresa APCES donde se realiza la recolección de la muestra para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.

- **Laboratorio SIAMA:** Se indaga por documentos que comprueben que se hace el autocontrol de los parámetros de operación en la PTAP con el servicio de un laboratorio externo acreditado.
- **Plan de emergencia y contingencia del sistema de acueducto:** Es importante la consulta del documento teniendo en cuenta lo descrito en el artículo 31 del decreto 1575 de 2007 donde establece que se debe dar la activación del plan cuando ocurra una anomalía o un evento que deteriore la calidad del agua y pueda afectar la salud humana. En la revisión no se encontró información de cómo proceder ante la eventualidad de no contar con energía eléctrica para el funcionamiento de los dosificadores de los químicos o en caso de que se dé una falla en alguno de ellos.
- **Reporte de resultados de muestras analizadas por el laboratorio SIAMA:** Se obtiene un registro fotográfico de los resultados reportados por el laboratorio de las muestras de agua tratada que fueron analizadas para el segundo semestre del 2020 y los obtenidos del año en curso. Datos que permitirán realizar un análisis de los procesos de tratamiento, puesto que reflejan los resultados de lo operado en planta en un periodo de tiempo y cuyas condiciones se mantuvieron hasta cuando se dio la recolección de la información para la ejecución del trabajo de grado.
- **Registro de parámetros analizados en planta:** Se solicita un registro fotográfico de los formatos usados por los operarios en la planta en los cuales hacen registro de los parámetros de Turbiedad, Cloro total, pH, Color al analizar las muestras diarias a la salida de la PTAP.



Al revisar los formatos se identifica que las fechas no son consecutivas y que en algunos días no se hace el registro de todos los parámetros.

### **3.1.2. Identificar características físicas, químicas y microbiológicas del agua cruda y tratada registrando los resultados de los análisis de las muestras.**

**Actividad: Recolección de muestras y registro de valores obtenidos de los análisis de muestras, según parámetros indicados en el RAS y la resolución 2115/2007**

- **Recolección de muestra y registro de valores obtenidos de los análisis de muestras del agua tratada.**

Se hace necesario notificar que, transcurridos unos días luego de haber iniciado la recolección de información para ejecutar el trabajo de grado, se puso en marcha una nueva planta de tratamiento de agua potable; por lo cual solo se hizo recolección de una muestra el día 23 de abril de 2021 en vista de que si se tenían en cuenta muestras después del funcionamiento de la nueva planta los resultados no iban a ser representativos de la planta antigua la cual es objeto de la evaluación.

Para el muestreo se procede teniendo en cuenta lo indicado en el Manual de Instrucciones para la Toma, Preservación y Transporte de Muestras de Agua de Consumo Humano para Análisis de Laboratorio. Primero, se retiran los residuos que hayan dentro de la caja del punto de muestreo; segundo, se hace desinfección por temperatura (flamear) de las paredes y de la llave (ver Fotografía 21 ); tercero, se procede a drenar el agua durante 1 a 2 minutos, con el objeto de que la muestra que se va a tomar sea representativa del agua que está fluyendo en la tubería de distribución; tercero, se hace purga (enjuague del recipiente con el agua proveniente del grifo) al recipiente con el que se vaya a almacenar la muestra y luego se toma la muestra. Se hace el rotulado de las muestras, incluyendo fecha de toma, hora de toma, punto de muestreo concertado,

responsable, entre otros y finalmente se empaacan las muestras en una cava plástica con sus respectivas pilas de refrigeración, para que se conserven las muestras y garantizar la cadena de frío.



*Figura 21.* Desinfección del punto para la toma de muestra. Elaboración propia



*Figura 22.* Toma de muestra de agua potable en punto autorizado. Elaboración propia

Se obtiene un registro fotográfico del resultado del análisis de la muestra (ver Apéndice D), reportado por el laboratorio SIAMA y suministrado por el coordinador ambiental de la empresa.

**siama**  
NIT. 804.016.152-8

**REPORTE DE RESULTADOS N° FQ - 196435**

Fecha de emisión: 5 de mayo de 2021      Código de la muestra: 196435  
 Cliente: ADMINISTRADORA PÚBLICA COOPERATIVA EMPRESA SOLIDARIA DE SAN MARTÍN CESAR-APCES  
 Dirección: CALLE 13 # 7-29  
 Muestra: 7703      Matriz: Agua Tratada  
 Fecha de muestreo: 23 de abril de 2021      Responsable de muestreo: SOLICITANTE  
 Fecha de recepción: 24 de abril de 2021      Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE  
 Envase o empaque: Plástico      Tamaño de la muestra: 2000 ml  
 Tipo de muestra: Puntual      Plan de muestreo: F  
 Condiciones de recepción de la muestra: Refrigerada  
 Observaciones: Datos suministrados por el cliente: Cloro residual libre: 1.3, pH: 7.20

Fecha de análisis	VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
23/04/2021	ALUMINIO +3	SM 3050 F, SM 3111 D	< 0,2	mg Al/L	Máx. 0,2
23/04/2021	CALCIO	SM 3500 Ca B	12,4	mg Ca/L	Máx. 80
23/04/2021	CLORUROS	SM 4500-Cl B	3,8	mg Cl/L	Máx. 250
23/04/2021	CONDUCTIVIDAD (25 °C)	SM 2110 B	143,7	µmhos	Hasta 1200
23/04/2021	HIERRO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 B	< 0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3
24/04/2021	SURFACTANTES ANIÓNICOS (COMO) (SAAMI)	SM 5640 C	< 0,25	mg SAAMI/L	—
24/04/2021	TURBIDEZ	SM 2130 B	3,4	NTU	Máx. 2
24/04/2021	ALCALINIDAD P	SM 2320 B	< 2,0	mg CaCO <sub>3</sub> /L	—
24/04/2021	COLOR APARENTE	SM 2120 C	18	Unit Pt - Co	Máx. 15

N.D. NO DETECTABLE.  
 \* Variables realizadas en SIAMA, acreditadas por IDEAM Resolución 1277 de 2019, extensión Resolución 0160 de 2020.  
 \*\* Variables subcontratadas con laboratorio acreditado.  
 OBSERVACIONES: SE STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, APWA, WEF, APHA, 22th.  
 Los siguientes valores se encuentran fuera de los límites establecidos de acuerdo a lo establecido por la Resolución 211907 para la calidad del agua de consumo humano, Tuberías y Color aparente.  
 Este resultado, aun válido para la muestra analizada, No se pueden replicar en la previa autorización de SIAMA.  
 Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco.  
 Nota: la muestra a la que se refiere los datos de este reporte, ha sido proporcionada por el SOLICITANTE, por lo tanto SIAMA no es responsable del origen o fuente de donde se ha obtenido dicha muestra. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la(s) muestra(s) y por tanto se entienden como y exclusivamente a efectos muestrales.  
 Por solicitud del cliente se analizará (S) MÚLTIPLES MUESTRAS teniendo en cuenta que el tiempo para el análisis de algunas variables(s) supera las recomendaciones de los métodos estándar.

Elaboró: ESTEFANI MORALES APARICIO  
 COORDINADOR DE FÍSICOQUÍMICA  
 QUÍMICA AMBIENTAL (PO-040) 05115

Revisó: SERGIO ALEXANDER ROJAS SERRANO  
 DIRECTOR DE FÍSICOQUÍMICA  
 ING. BIOTECNOLÓGICO

FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS

Código: R-081    Versión: 2.4    Fecha: 30/03/2021    Página: 1 de 1

Servicios Integrados para la Industria del Agro, Minería - Energética y el Medio Ambiente.  
 www.siama.co

Figura 23. Resultado del análisis para la muestra del día 23 de abril. Elaboración propia

- **Recolección de muestra y registro de valores obtenidos de los análisis de muestras de la fuente de abastecimiento-Quebrada la Torcoroma.**

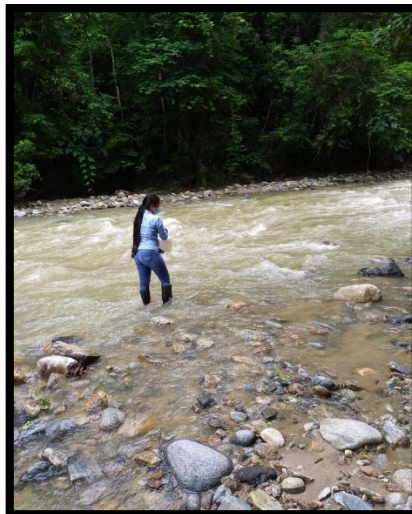
La recolección de las muestras se hace teniendo en cuenta el artículo 107- Caracterización del agua cruda de la Resolución 0330 de 2017; se procede a tomar una muestra de tipo puntual mediante el método manual por semana, durante tres semanas en el punto de captación de la quebrada, iniciando la primera semana del mes de junio y enviadas al laboratorio de aguas de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, para su respectivo análisis.

El primer muestreo se realiza el día 3 junio a las 7 am, días anteriores se presentaron lluvias y la noche anterior a la toma de la muestra hubo creciente en la quebrada.



*Figura 24.* Primer muestreo en quebrada la Torcoroma. Elaboración propia

El segundo muestreo se realiza en la segunda semana del mes (para la cual se presentaron lluvias todos los días), el día 10 junio a las 11 am.



*Figura 25.* Segundo muestreo en quebrada la Torcoroma. Elaboración propia

El tercer muestreo se realiza el día 23 de junio a las 10: 30 de la mañana, en el lugar el operario de bocatoma informa que la anoche anterior se presentó una creciente en la quebrada.



*Figura 26.* Tercer muestreo en quebrada la Torcoroma. Elaboración propia

Los resultados obtenidos del análisis de las muestras se dan a conocer de la siguiente manera.

Tabla 3  
*Resultados primer muestreo en la quebrada la Torcoroma*

<b>RESULTADOS MUESTRA-03 JUNIO 2021</b>		
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADO</b>
Color real	UPC	461
Demanda Biológica de Oxígeno DBO5	mg O2/L	10
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg O2/L	340
Fluoruros	mg/L F-	0.0
Oxígeno disuelto	mg O2/L	7.24
pH	pH	6.64
Turbiedad	NTU	320
Escherichia coli	NMP/100 ml	64
Coliformes totales	NMP/100 ml	160

Tabla 4  
Resultados segundo muestreo en la quebrada la Torcoroma

<b>RESULTADOS MUESTRA-10 JUNIO 2021</b>		
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADO</b>
Color real	UPC	133
Demanda Biológica de Oxígeno DBO5	mg O2/L	20
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg O2/L	780
Fluoruros	mg/L F-	0.71
Oxígeno disuelto	mg O2/L	6.58
pH	pH	6.58
Turbiedad	NTU	31.2
Escherichia coli	NMP/100 ml	93
Coliformes totales	NMP/100 ml	150

Tabla 5  
Resultados tercer muestreo en la quebrada la Torcoroma

<b>RESULTADOS MUESTRA-23 JUNIO 2021</b>		
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADO</b>
Color real	UPC	336
Demanda Biológica de Oxígeno DBO5	mg O2/L	50
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg O2/L	1800
Fluoruros	mg/L F-	0.07
Oxígeno disuelto	mg O2/L	7.80
Ph	pH	6.71
Turbiedad	NTU	120
Escherichia coli	NMP/100 m	1100
Coliformes totales	NMP/100 ml	>1100

Teniendo en cuenta lo descrito en el apartado A.11.2.2 del manual-título A - Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico versión 2000 en sus artículos 104, 105, 106, 107 acerca de los procesos mínimos de tratamiento que se deben diseñar, construir y operar de acuerdo a la calidad del agua de la fuente, se procede a relacionar la información con los resultados obtenidos del análisis de las muestras de la quebrada con el fin de determinar si se están llevando a cabo o no los procesos necesarios en la PTAP para el tratamiento del agua y así asignar un puntaje en la determinación del IRBApp.

DBO (mg O <sub>2</sub> /L)E	M1	M2	M3	COLIFORMES TOTALES PROMEDIO MENSUAL (UFC/100 mL)	M1	M2	M3	OXIGENO DISUELTO (mg O <sub>2</sub> /L)	M1	M2	M3	pH	M1	M2	M3	TURBIEDAD (NTU)	M1	M2	M3	COLOR VERDADERO (UPC)	M1	M2	M3	FLUORUROS (mg/L F-)	M1	M2	M3
	10	20	50		470	7,24	6,58		7,8	6,64	6,58		6,71	320	31,2		120	461	133		336	0	0,71		0,07		
TIPO DE FUENTE				TIPO DE FUENTE				TIPO DE FUENTE				TIPO DE FUENTE				TIPO DE FUENTE				TIPO DE FUENTE				TIPO DE FUENTE			
ACEPTABLE				ACEPTABLE				ACEPTABLE				ACEPTABLE				ACEPTABLE				ACEPTABLE				ACEPTABLE			
1 - 3				0 - 50				> 4				6,0 - 8,5				<2				<10				< 1,2			
REGULAR				REGULAR				REGULAR				REGULAR				REGULAR				REGULAR				REGULAR			
3 - 4				50 - 500				> 4				5,0 - 9,0				2 - 40				10 - 20				< 1,2			
DEFICIENTE				DEFICIENTE				DEFICIENTE				DEFICIENTE				DEFICIENTE				DEFICIENTE				DEFICIENTE			
4 - 6				500 - 5000				≥ 4				3,8 - 10,5				40 - 150				20 - 40				< 1,2			
MUY DEFICIENTE				MUY DEFICIENTE				MUY DEFICIENTE				MUY DEFICIENTE				MUY DEFICIENTE				MUY DEFICIENTE				MUY DEFICIENTE			
> 6				> 5000				< 4				3,8 - 10,5				≥ 150				≥ 40				> 1,7			

Figura 27. Relación de los resultados de las muestras de la quebrada la Torcoroma en cuanto a los tipos de fuente según la calidad descrita por la normatividad. Elaboración propia

Nota: El color rojo indica que no hay cumplimiento de la muestra con el rango establecido para el tipo de fuente indicada y el color verde indica que hay cumplimiento.

En la Figura 27 se puede observar que la quebrada clasifica para un tipo de fuente regular teniendo en cuenta que, de 3 muestras y 7 parámetros analizados se presenta una frecuencia de cumplimiento en 11 de ellas, en las que se incluyen los parámetros de Coliformes totales, oxígeno disuelto, pH, Turbiedad, y Fluoruros, los cuales se encuentran dentro del rango establecido por el documento técnico título A - Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico versión 2000 para dicho tipo de fuente. Es importante resaltar que el pH de las muestras cumple para todas las fuentes presentadas, pero en los tipos de fuente deficiente y muy deficiente se establecen rangos muy amplios mientras que para los tipos de fuente aceptable y regular los resultados están muy cercanos a los rangos establecidos.

Con lo anterior se confirma que en planta se realizan los procesos acordes a la calidad de agua cruda, clasificando para una planta de tratamiento convencional; ya que se encuentran en operación los procesos mínimos de tratamiento descritos en el título según el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: Título A. Aspectos Generales de los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento Básico según el tipo de fuente a la que clasifica.

Con los resultados obtenidos se realiza un análisis en el que se da a conocer por qué o las posibles condiciones por las que se dan dichos resultados, los cuales permiten determinar que a la calidad del agua se le atribuye como un tipo de fuente regular. La turbiedad se debe a las partículas suspendidas causadas por la erosión de la corriente y teniendo en cuenta que las muestras se tomaron en tiempo de lluvia entonces se presenta mayor turbulencia en el agua generando así altas turbiedades, influyendo en ello además, los residuos vegetales, domésticos o de cosechas que tienen origen aguas arriba del punto de captación (dichos residuos también aportan color al agua); el pH expresa condiciones ácidas del agua puesto a que los resultados son menores a 7 (representado como neutralidad absoluta) y pueda que se debe a la difusión del



CO<sub>2</sub> presente en la atmosfera, las actividades de descomposición de la materia orgánica que realizan los microorganismos presentes en el agua o por el uso de fertilizantes inorgánicos en los cultivos los cuales pueden llegar por arrastre en presencia de lluvia a la fuente; la presencia de microorganismos tales como *Escherichia coli* y Coliformes totales se debe a los posibles vertimientos que se realizan desde las viviendas como también por las heces de los animales criados en el área; el oxígeno presente en el agua proviene del oxígeno absorbido de la atmosfera, el movimiento del fluido del agua pero también es consumido por microorganismos en la descomposición de la materia orgánica pues se evidencia una demanda bioquímica de oxígeno.

**3.1.3. Determinar las falencias presentes en el proceso de potabilización, mediante la comparación de la información recolectada con lo dispuesto en los documentos técnicos.**

**Actividad: Comparar los valores obtenidos en el análisis de muestras con los valores aceptables según resolución 2115/2007.**

Tabla 6  
*Resultados muestras de agua tratada mes julio año 2020*

SEGUNDO SEMESTRE 2020 -JULIO					
Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia Resolución 2115/2007	Cumplimiento
13 Julio	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	Si
	Calcio	13,2	mg Ca/L	Máx. 60	Si
	Cloruros	<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	Si
	Conductividad (25°C)	151,4	µs/cm	Hasta 1000	Si
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	Si
	Turbidez	<2,0	NTU	Máx. 2	Si
	Alcalinidad P	0	mg CaCO3/L	Máx. 200	Si
	Cloro residual libre	0,45	mg Cl2/L	0,3-2,0	Si
	Color aparente	7	UPC	Máx. 15	Si
	pH (25°C)	6,78	Unid. Ph	6,5-9,0	Si
	Recuento de aerobios mesófilos	<1	UFC / 100 ml	Máx. 100	Si
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	Si
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	Si
	27 Julio	Aluminio +3	0,46	mg Al/L	Máx. 0,2
Calcio		11,7	mg Ca/L	Máx. 60	Si
Cloruros		<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	Si
Conductividad(25°C)		145,4	µs/cm	Hasta 1000	Si
Hierro Total		<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	Si
Turbidez		6,0	NTU	Máx. 2	No
Alcalinidad P		0	mg CaCO3/L	Máx. 200	Si
Cloro residual libre		0,22	mg Cl2/L	0,3-2,0	No
Color aparente		40	Unid Pt-Co	Máx. 15	No
pH (25°C)		6,80	Unid. pH	6,5-9,0	Si
Recuento de aerobios mesófilos		<1	UFC / 100 ml	Máx. 100	Si
Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	Si	
Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	Si	

Tabla 7  
Resultados muestras de agua tratada mes agosto año 2020

SEGUNDO SEMESTRE 2020 -AGOSTO					
Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia Resolución 2115/2007	Cumplimiento
04 Agosto	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	Si
	Calcio	13,9	mg Ca/L	Máx. 60	Si
	Cloruros	<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	Si
	Conductividad(25°C)	154,8	µs/cm	Hasta 1000	Si
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	Si
	Turbidez	<2,0	NTU	Máx. 2	Si
	Alcalinidad P	<2,0	mg CaCO3/L	Máx. 200	Si
	Cloro residual libre	0,58	mg Cl2/L	0,3-2,0	Si
	Color aparente	14	UPC	Máx. 15	Si
	pH (25°C)	7,15	Unid. pH	6,5-9,0	Si
	Recuento de aerobios mesófilos	<1	UFC / 100 ml	Máx. 100	Si
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	Si
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	Si
	27 Agosto	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2
Calcio		14,1	mg Ca/L	Máx. 60	Si
Cloruros		<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	Si
Conductividad(25°C)		141,7	µs/cm	Hasta 1000	Si
Hierro Total		<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	Si
Turbidez		4,7	NTU	Máx. 2	No
Alcalinidad P		<0,2	mg CaCO3/L	Máx. 200	Si
Cloro residual libre		0,47	mg Cl2/L	0,3-2,0	Si
Color aparente		41	Unid Pt-Co	Máx. 15	No
pH (25°C)		6,90	Unid. pH	6,5-9,0	Si
Recuento de aerobios mesófilos		<1	UFC / 100 ml	Máx. 100	Si
Coliforme totales		0	UFC / 100 ml	0	Si
Escherichia Coli		0	UFC / 100 ml	0	Si

Tabla 8

*Resultados muestras de agua tratada mes septiembre año 2020*

SEGUNDO SEMESTRE 2020 -SEPTIEMBRE					
Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia Resolución 2115/2007	Cumplimiento
07 Septiembre	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	Si
	Calcio	12,7	mg Ca/L	Máx. 60	Si
	Cloruros	<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	Si
	Conductividad(25°C)	154,2	µs/cm	Hasta 1000	Si
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	Si
	Turbidez	11,4	NTU	Máx. 2	No
	Alcalinidad P	0	mg CaCO3/L	Máx. 200	Si
	Cloro residual libre	1,31	mg Cl2/L	0,3-2,0	Si
	Color aparente	66	UPC	Máx. 15	No
	pH (25°C)	6,84	Unid. pH	6,5-9,0	Si
	Recuento de aerobios mesófilos	<1	UFC / 100 ml	Máx. 100	Si
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	Si
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	Si
	28 Septiembre	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2
Calcio		13,0	mg Ca/L	Máx. 60	Si
Cloruros		<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	Si
Conductividad(25°C)		150,3	µs/cm	Hasta 1000	Si
Hierro Total		<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	Si
Turbidez		3,3	NTU	Máx. 2	No
Alcalinidad P		0	mg CaCO3/L	Máx. 200	Si
Cloro residual libre		0,82	mg Cl2/L	0,3-2,0	Si
Color aparente		27	Unid Pt-Co	Máx. 15	No
pH (25°C)		7,10	Unid. pH	6,5-9,0	Si
Recuento de aerobios mesófilos		<1	UFC / 100 ml	Máx. 100	Si
Coliforme totales		0	UFC / 100 ml	0	Si
Escherichia Coli		0	UFC / 100 ml	0	si

Tabla 9  
Resultados muestras de agua tratada mes octubre año 2020

SEGUNDO SEMESTRE 2020 - OCTUBRE					
Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia Resolución 2115/2007	Cumplimiento
15 Octubre	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	Si
	Calcio	13,3	mg Ca/L	Máx. 60	Si
	Cloruros	3,0	mg Cl/L	Máx. 250	Si
	Conductividad(25°C)	159,1	µs/cm	Hasta 1000	Si
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	Si
	Turbidez	3,7	NTU	Máx. 2	No
	Alcalinidad P	0,0	mg CaCO3/L	Máx. 200	Si
	Cloro residual libre	0,71	mg Cl2/L	0,3-2,0	Si
	Color aparente	29	UPC	Máx. 15	No
	pH (25°C)	7,40	Unid. pH	6,5-9,0	Si
	Recuento de aerobios mesófilos	<1	UFC / 100 ml	Máx. 100	Si
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	Si
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	Si
	26 Octubre	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2
Calcio		12,7	mg Ca/L	Máx. 60	Si
Cloruros		<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	Si
Conductividad(25°C)		157	µs/cm	Hasta 1000	Si
Hierro Total		<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	Si
Turbidez		3,7	NTU	Máx. 2	No
Alcalinidad P		0,0	mg CaCO3/L	Máx. 200	Si
Cloro residual libre		0,72	mg Cl2/L	0,3-2,0	Si
Color aparente		25	Unid Pt-Co	Máx. 15	No
pH (25°C)		6,97	Unid. pH	6,5-9,0	Si
Recuento de aerobios mesófilos		<1	UFC / 100 ml	Máx. 100	Si
Coliforme totales		0	UFC / 100 ml	0	Si
EscherichiColi		0	UFC / 100 ml	0	si

Tabla 10  
Resultados muestras de agua tratada mes noviembre año 2020

SEGUNDO SEMESTRE 2020 -NOVIEMBRE					
Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia resolución 2115/2007	Cumplimiento
18 Noviembre	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	Si
	Calcio	11,5	mg Ca/L	Máx. 60	Si
	Cloruros	4,2	mg Cl/L	Máx. 250	Si
	Conductividad(25°C)	148,3	µs/cm	Hasta 1000	Si
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	Si
	Turbidez	6,3	NTU	Máx. 2	No
	Alcalinidad P	<2,0	mg CaCO3/L	Máx. 200	Si
	Cloro residual libre	0,74	mg Cl2/L	0,3-2,0	Si
	Color aparente	48,0	UPC	Máx. 15	No
	pH (25°C)	6,78	Unid. pH	6,5-9,0	Si
	Recuento de aerobios mesófilos	<1	UFC / 100 ml	Máx. 100	Si
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	Si
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	Si

Tabla 11  
Resultados muestras de agua tratada mes diciembre año 2020

SEGUNDO SEMESTRE 2020 -DICIEMBRE					
Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia Resolución 2115/2007	Cumplimiento
15 Diciembre	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	Si
	Calcio	13,1	mg Ca/L	Máx. 60	Si
	Cloruros	<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	Si
	Conductividad(25°C)	152,2	µs/cm	Hasta 1000	Si
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	Si
	Turbidez	<2,0	NTU	Máx. 2	Si
	Alcalinidad P	<2,0	mg CaCO3/L	Máx. 200	Si
	Cloro residual libre	0,68	mg Cl2/L	0,3-2,0	Si
	Color aparente	12,1	UPC	Máx. 15	Si
	pH (25°C)	7,79	Unid. pH	6,5-9,0	Si
	Recuento de aerobios mesófilos	<1	UFC / 100 ml	Máx. 100	Si
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	Si
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	Si

“Tabla 11. Continuación”

29 Diciembre	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	Si
	Calcio	16,5	mg Ca/L	Máx. 60	Si
	Cloruros	3,7	mg Cl/L	Máx. 250	Si
	Conductividad(25°C)	158	µs/cm	Hasta 1000	Si
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	Si
	Turbidez	<2,0	NTU	Máx. 2	Si
	Alcalinidad P	<2,0	mg CaCO3/L	Máx. 200	Si
	Cloro residual libre	N-D	mg Cl2/L	0,3-2,0	No
	Color aparente	4,6	Unid Pt-Co	Máx. 15	Si
	pH (25°C)	7,23	Unid. pH	6,5-9,0	Si
	Recuento de aerobios mesófilos	<1	UFC / 100 ml	Máx. 100	Si
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	Si
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	Si

*Nota:* En los parámetros donde se indica como resultado N.D quiere decir que, el valor no se pudo determinar por lo que estaría por debajo del rango permitido según la normatividad.

Tabla 12

*Resultados muestras de agua tratada mes enero año 2021*

PRIMER SEMESTRE 2021-ENERO					
Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia resolución 2115/2007	Cumplimiento
28 Enero	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	Si
	Calcio	20,8	mg Ca/L	Máx. 60	Si
	Cloruros	<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	Si
	Conductividad(25°C)	160,3	µs/cm	Hasta 1000	Si
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	Si
	Turbidez	<2,0	NTU	Máx. 2	Si
	Alcalinidad P	<2,0	mg CaCO3/L	Máx. 200	Si
	Cloro residual libre	N. D	mg Cl2/L	0,3-2,0	No
	Color aparente	1,1	UPC	Máx. 15	Si
	pH (25°C)	7,90	Unid. pH	6,5-9,0	Si
	Recuento de aerobios mesófilos	<1	UFC / 100 ml	Máx. 100	Si
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	Si
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	Si

*Nota:* En los parámetros donde se indica como resultado N.D quiere decir que, el valor no se pudo determinar por lo que estaría por debajo del rango permitido según la normatividad.

Tabla 13  
Resultados muestras de agua tratada mes febrero año 2021

PRIMER SEMESTRE 2021-FEBRERO					
Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia Resolución 2115/2007	Cumplimiento
11 Febrero	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	Si
	Calcio	13,9	mg Ca/L	Máx. 60	Si
	Cloruros	4,4	mg Cl/L	Máx. 250	Si
	Conductividad(25° C)	158	µs/cm	Hasta 1000	Si
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	Si
	Turbidez	4,1	NTU	Máx. 2	No
	Alcalinidad P	<2,0	mg CaCO3/L	Máx. 200	Si
	Cloro residual	1,0	mg Cl2/L	0,3-2,0	Si
	Color aparente	43,7	UPC	Máx. 15	No
	pH (25°C)	6,8	Unid. pH	6,5-9,0	Si
	Recuento de aerobios mesófilos	<1	UFC / 100 ml	Máx. 100	Si
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	Si
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	Si

Tabla 14  
Resultados muestras de agua tratada mes abril o año 2021

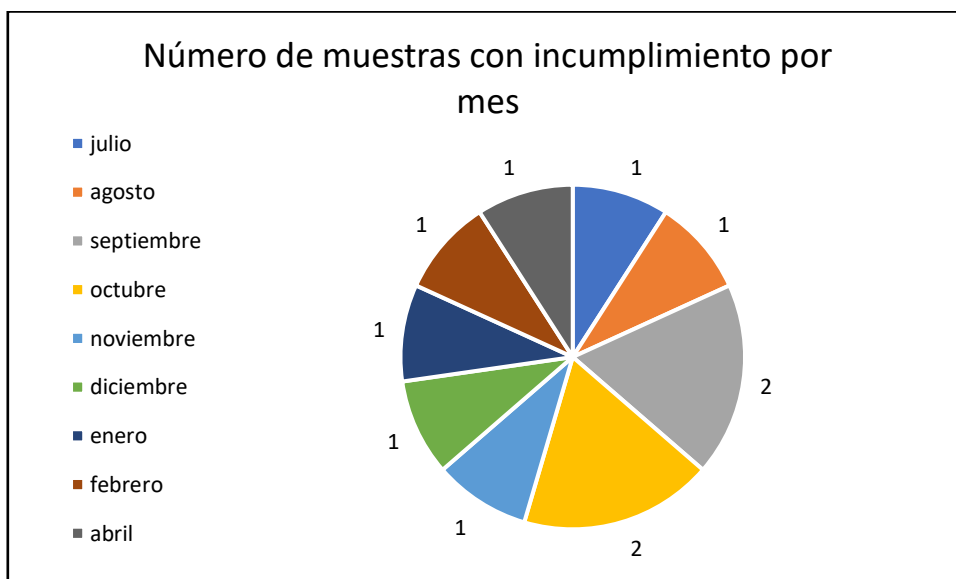
PRIMER SEMESTRE 2021-ABRIL					
Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia resolución 2115/2007	Cumplimiento
23 Abril	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	Si
	Calcio	12,4	mg Ca/L	Máx. 60	Si
	Cloruros	3,8	mg Cl/L	Máx. 250	Si
	Conductividad(25°C)	143,7	µs/cm	Hasta 1000	Si
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	Si
	Turbidez	3,4	NTU	Máx. 2	No
	Alcalinidad P	<2,0	mg CaCO3/L	Máx. 200	Si
	Cloro residual	1,3	mg Cl2/L	0,3-2,0	Si
	Color aparente	18	UPC	Máx. 15	No
	pH (25°C)	7,2	Unid. pH	6,5-9,0	Si
	Recuento de aerobios mesófilos	20	UFC / 100 ml	Máx. 100	Si
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	Si
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	Si



De los resultados registrados en las tablas anteriores se generan las siguientes figuras.



*Figura 28.* Número de muestras realizadas por mes. Elaboración propia



*Figura 29.* Número de muestras con incumplimiento por mes. Elaboración propia

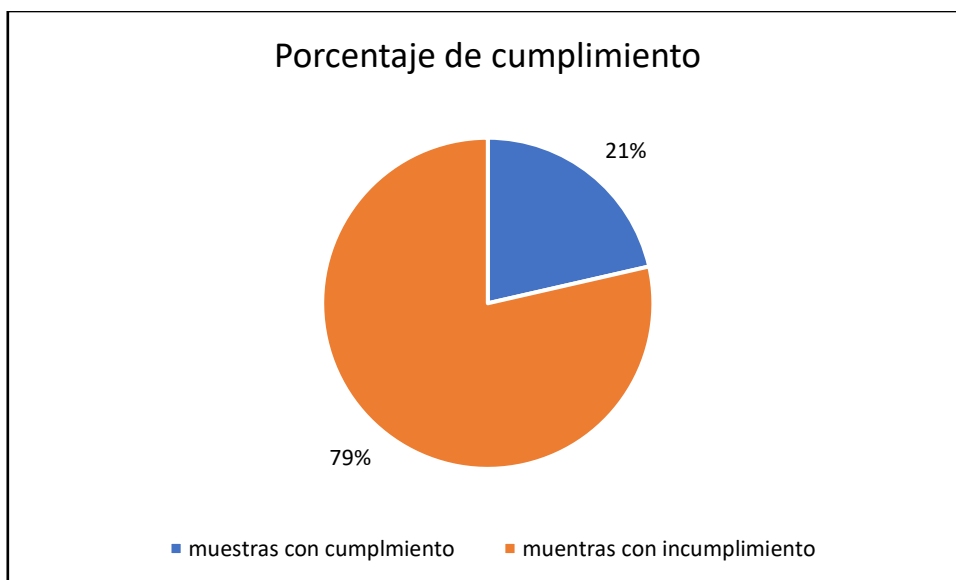


Figura 30. Porcentaje de cumplimiento de acuerdo a la totalidad muestras tomadas. Elaboración propia

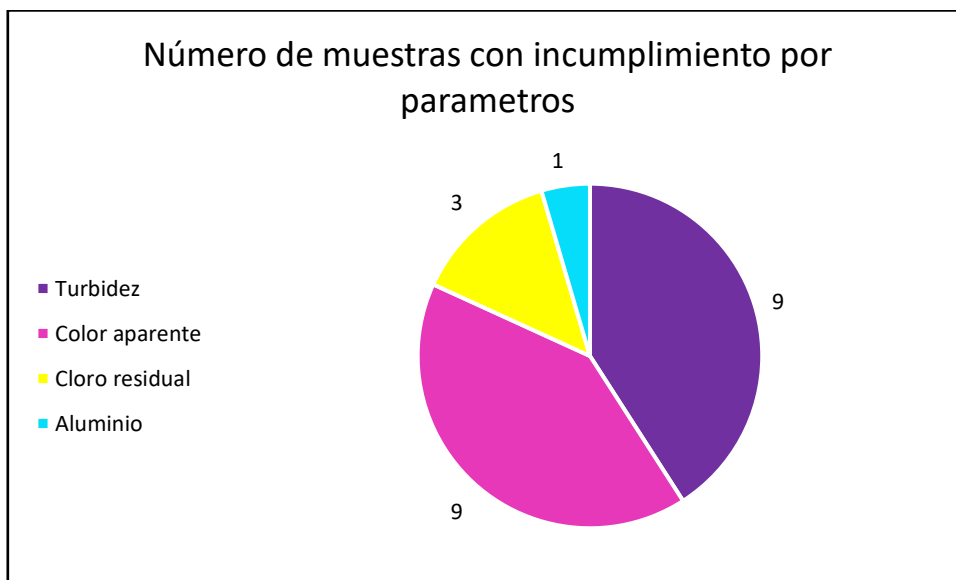


Figura 31. Numero de muestras en las que se incumple por parámetro. Elaboración propia

De acuerdo a los resultados presentados en las figuras 29,30, y 31 se define que, de las muestras tomadas por la empresa como autocontrol de la calidad del agua se incumple en un 79% de ellas; puesto que sobrepasan los valores máximos permisibles establecidos por la normatividad. Entre las características físicas y químicas que no cumplen están Turbidez, color aparente, aluminio y cloro residual, siendo la turbidez en la que se incumple en la mayoría de las muestras.

El incumplimiento en los parámetros expresados con anterioridad se debe a que, en planta no se tiene conocimiento del dato exacto del caudal de entrada con el que se operación los procesos y en los que se incluye dosificación de coagulante o desinfectante no se encuentran estandarizados por lo cual, se recurre a la experiencia de los operarios quienes fallan en la aplicación de las dosis optima de los mismos; lo que con lleva a que: en algunas ocasiones se presente un residual superando lo permitido en el uso del coagulante (aluminio +3), un residual menor a lo permitido en el uso del desinfectante (cloro gaseoso ) y/o no se efectúe una correcta remoción de la turbiedad (contribuyendo en ello las fallas en el tanque de almacenamiento como también los residuos acumulados en la red de conducción), incidiendo directamente en el parámetro de color aparente dependiente de la cantidad de solidos que se encuentren suspendidos.

**Actividad: Elaborar lista de chequeo que permita establecer el cumplimiento de aspectos establecidos en el RAS.**





ASPECTO	REFERENCIA	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIÓN
		SI	NO	
Las unidades de mezcla rápida y floculación deben ubicarse lo más cerca posible.	Res 1096-2000, Art 111- Floculación Convencional; Res 0330-2017, Art 112.	X		
Para los niveles medio alto y alto de complejidad, el proceso de sedimentación debe tener como mínimo tres unidades.	Res 1096-2000, Art 112- Sedimentación.		X	El proceso de sedimentación cuenta con dos unidades.
Para la desinfección por cloración, deben emplearse tanques de contacto en todos los niveles de complejidad. El tanque debe proporcionar el tiempo de contacto necesario que garantice la desinfección del agua.	Res 1096-2000, Art 115- Desinfección; Res 0330-2017, Art 121.		X	Existe una caja de cloración en donde al agua que ingresa se le aplica cloro y sale directamente hacia la tubería que conduce el agua hasta el pueblo y a otra tubería que alimenta al tanque de almacenamiento; es decir que no se retiene el cuerpo de agua durante el tiempo requerido.

Figura 32. Determinación de cumplimientos establecidos en el RAS mediante lista de chequeo

“Figura 32. Continuación”

<p>La dosificación de productos químicos puede ser de dos tipos de acuerdo con las características del material a dosificar, si el material está en polvo o granel deben emplearse dosificadores en seco, los cuales pueden ser volumétricos o gravimétricos. Si la sustancia está en solución deben emplearse dosificadores en solución, los cuales pueden ser rotatorios, por bombeo o por gravedad.</p>	<p>Res 1096-2000, Art 120- Edificio de Operación- Parágrafo 1; Res 0330-2017, Art 128.</p>	<p>X</p>		<p>Para la aplicación del Sulfato de aluminio tipo A se utiliza dosificador es seco.</p>  <p>Para la aplicación del cloro gaseoso se utiliza dosificador a presión.</p> 
<p>Para los niveles de complejidad del sistema bajo y medio, cuando se haga uso de estructuras de desarenación, estas pueden estar compuestas por</p>	<p>Manual B- Titulo C- Sistemas de Acueducto Versión 2010,4.6- Desarenadores</p>			<p>Teniendo en cuenta que, el sistema posee una estructura de desarenación y otra que permite el paso directo del agua cuando se realizan actividades de limpieza pero que el sistema se caracteriza por tener un nivel de complejidad medio alto; no se da cumplimiento pues opera como si fuese un sistema con nivel de complejidad bajo o medio .</p>
<p>un solo desarenador, acompañado de una estructura para el paso directo del agua mientras se ejecutan labores de operación y mantenimiento en la estructura de desarenación.</p>			<p>X</p>	

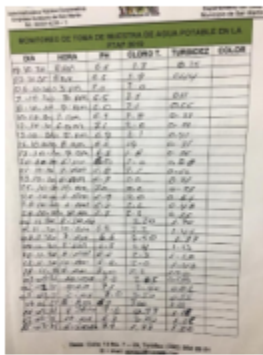
“Figura 32. Continuación”

<p>Cuando se trata de estudiar la tratabilidad del agua de una fuente superficial, las pruebas o ensayos de jarras son obligatorias para cualquier nivel de complejidad, no solamente en el proceso de diseño, sino también diariamente, durante la operación de la planta, y cada vez que se presenten cambios en la calidad del agua.</p>	<p>Manual Titulo C-Sistemas de potabilización versión 2010, C.2.5.1- Ensayos de laboratorio.</p>		X	<p>No se realiza ensayo de jarras, la aplicación del coagulante se da según la identificación ocular que hagan los operarios en cuanto al color de agua y la regulación que ellos consideren apropiada en el dosificador.</p>
<p>Generalmente es necesario realizar uno o varios pretratamientos al agua cruda, entre los procesos preliminares que pueden emplearse para la remoción del material suspendido y sedimentable, están: Desarenadores, presedimentadores con o sin aplicación de químicos, prefiltros y micro tamices.</p>	<p>Manual Titulo C-Sistemas de potabilización versión 2010, C.3.2-Numeral 2- Pretratamientos .</p>	X		<p>Se emplea un desarenador</p> 

“Figura 32. Continuación”

<p>Dentro del diseño del edificio de operación deben contemplarse los siguientes ambientes: Laboratorio de procesos de tratamiento equipado como mínimo con la dotación básica para realizar los ensayos de prueba de Jarras, demanda de cloro, turbiedad, color y pH para el control de los procesos.</p>	<p>Manual Titulo C-Sistemas de potabilización versión 2010, C.5-Edificio de Operaciones- Numeral 3; Res 0330-2017, Art 129-Equipos de pruebas y análisis.</p>		X	<p>se utiliza el equipo Fotómetro multiparamétrico portátil que permite determinar valores PH, turbiedad, cloro, un equipo para determinar el valor de color y se cuenta con el servicio del laboratorio SIAMA para el analisis microbiologico, este analisis es realizado dos veces al mes. No se cuenta con quipos para realizar test de jarras ni para determinar la demanda de cloro.</p>
<p>El equipo humano encargado de la operación de la planta y sus actividades complementarias debe estar conformado por personas competentes y responsables, que hayan realizado cursos para desempeñar su función o acrediten amplia experiencia en su oficio, para lo cual deben estar certificados por el SENA.</p>	<p>Manual Titulo C-Sistemas de potabilización versión 2010, C.7.3-Personal requerido.</p>	X		<p>Los 3 operarios de planta han recibido diferentes certificaicones de aptitud por medio del SENA para el desempeño del cargo, el cual han ejercido el por varios años, lo cual les ha permitido adquirir experiencia, pero solo dos cuenta con certificación para ser operarios de planta.</p>

“Figura 32. Continuación”

<p>Teniendo en cuenta el nivel de complejidad en el que se encuentra clasificado el sistema (Medio Alto), los parámetros, el lugar y la frecuencia de análisis de los mismos debe ser: Agua del afluente- Turbiedad y PH (8/día) -Color (1/día), Salida de mezcladores -pH (8/día), Salida del sedimentador- Turbiedad (8/día)-Color (1/día), Salida de filtros-Turbiedad y pH (8/día), Salida del tanque de desinfección- PH-Alcalinidad y Dureza(8/día).</p>	<p>Manual Titulo C-Sistemas de potabilización versión 2010, C.7.5.3- Numeral 2- Medición de parámetros de calidad de agua-Tabla C.7.2 Frecuencia de medición de los parámetros.</p>		X	<p>No se hace analisis de los parametros al agua del afluente; dentro de los parametros analizados estan : Ph, Cloro toal, Turbidez y color se ha tomado en algunos meses y la muestra es tomada a la salida de la caja de desinfeccion.</p> 
<p>La profundidad del sedimentador debe encontrarse entre 3 a 5 m, para sedimentadores con placas, la inclinación de las placas debe ser de 45° a 60°.</p>	<p>Manual Titulo C-Sistemas de potabilización versión 2010, Ficha técnica C.S.3- Sedimentadores de alta tasa.</p>	X		



“Figura 32. Continuación”

<p>La cantidad de cloro a aplicar depende del grado de contaminación microbiológica del agua, para que en la red de distribución no se sobrepasen los valores máximos y mínimos permitidos. Presenta tablas que permiten determinar la dosis optima de cloro a aplicar según la eficiencia de los procesos de sedimentación y filtración en cuanto al grado de remoción de coliformes totales y de turbiedad.</p>	<p>Manual Titulo C-Sistemas de potabilización versión 2010, Ficha técnica C.D.1-Desinfeccion; Res 0330-2017, Art 121-Desinfección.</p>		X	<p>El calculo de la cantidad de cloro gaseoso a aplicar en la PTAP se hace a partir de la siguiente formula.</p> $W=(0,189)x(Q)x(D)$ <p>Donde:  W=lbs/día  Q=Caudal de la plantaL/s  D=Dosis del producto en partes por millón</p> <p>En la que se tiene en cuenta el caudal de la planta y una dosis de cloro residual que se desea obtener (2,5ppm) .  Por lo tanto se hace ensayos en laboratorio, verificando cloro todos los días, pero no se ha establecido la dosis óptima.</p>
<p>Los procedimientos y medidas pertinentes a la operación continua de un sistema de acueducto seguirán los requerimientos establecidos en los planos de construcción, manuales de operación y mantenimiento. Estos documentos deberán tenerlos disponibles los prestadores de los servicios públicos.</p>	<p>Resolución 0330-2017, Art 29- Procedimiento general.</p>		X	<p>La empresa no posee un manual de operación y mantenimiento actualizado , tampoco cuenta con planos o diseños de la planta.</p>

“Figura 32. Continuación”

Todos los tanques deben contar con un sistema de alivio que tenga la capacidad de evacuar excesos.	Resolución 0330-2017, Art 79-Requisito de diseño de los tanques de almacenamiento.	X		
La limpieza debe realizarse por lo menos una vez cada 6 meses.	Resolución 0330-2017, Art 98-Limpieza de tanques.		X	La limpieza al tanque algunas veces se realiza cada 6 meses pero en otras ocasiones no.
Para caudales menores de 250 L/s, el tipo de floculador podrá ser hidráulico o mecánico.	Resolución 0330-2017, Art 112-Floculación Convencional.	X		Se cuenta con dos unidades en las que la floculación se realiza hidráulicamente.

### 3.1.4. Determinar la calidad del agua tratada, calculando índices de riesgo

**Actividad:** Calcular índices de riesgo: Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano - IRCA, Índice de riesgo por abastecimiento de agua por parte de la persona prestadora-IRABpp.

- IRCA

#### CALCULO DE IRCA POR MUESTRA año 2020

$$IRCA (\%) = \frac{\sum \text{puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

Tabla 15  
 Valor IRCA para la muestra del 13 de julio 2020

Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia	Puntaje de riesgo	Puntaje asignado	IRCA por muestra
13/07/2020	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	3	0	0,00%
	Calcio	13,2	mg Ca/L	Máx. 60	1	0	
	Cloruros	<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	1	0	
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	1,5	0	
	Turbidez	<2,0	NTU	Máx. 2	15	0	
	Alcalinidad P	0	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 200	1	0	
	Cloro residual libre	0,45	mg Cl <sub>2</sub> /L	0,3-2,0	15	0	
	Color aparente	7	UPC	Máx. 15	6	0	
	pH (25°C)	6,78	Unid. pH	6,5-9,0	1,5	0	
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	15	0	
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	25	0	
					85	0	

Tabla 16  
 Valor IRCA para la muestra del 27 de julio 2020

Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia	Puntaje de riesgo	Puntaje asignado	IRCA por muestra
27/07/2020	Aluminio +3	0,46	mg Al/L	Máx. 0,2	3	3	45,88%
	Calcio	11,7	mg Ca/L	Máx. 60	1	0	
	Cloruros	<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	1	0	
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	1,5	0	
	Turbidez	6	NTU	Máx. 2	15	15	
	Alcalinidad P	0	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 200	1	0	
	Cloro residual libre	0,22	mg Cl <sub>2</sub> /L	0,3-2,0	15	15	
	Color aparente	40	UPC	Máx. 15	6	6	
	pH (25°C)	6,8	Unid. pH	6,5-9,0	1,5	0	
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	15	0	
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	25	0	
					85	39	

Tabla 17  
 Valor IRCA para la muestra del 04 de agosto 2020

Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia	Puntaje de riesgo	Puntaje asignado	IRCA por muestra
4/08/2020	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	3	0	0,00%
	Calcio	13,9	mg Ca/L	Máx. 60	1	0	
	Cloruros	<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	1	0	
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	1,5	0	
	Turbidez	<2,0	NTU	Máx. 2	15	0	
	Alcalinidad P	<2,0	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 200	1	0	
	Cloro residual libre	0,58	mg Cl <sub>2</sub> /L	0,3-2,0	15	0	
	Color aparente	14	UPC	Máx. 15	6	0	
	pH (25°C)	7,15	Unid. pH	6,5-9,0	1,5	0	
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	15	0	
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	25	0	
					85	0	

Tabla 18  
 Valor IRCA para la muestra del 27 de agosto 2020

Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia	puntaje de riesgo	puntaje asignado	IRCA por muestra
27/08/2020	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	3	0	24,71%
	Calcio	14,1	mg Ca/L	Máx. 60	1	0	
	Cloruros	<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	1	0	
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	1,5	0	
	Turbidez	4,7	NTU	Máx. 2	15	15	
	Alcalinidad P	<0,2	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 200	1	0	
	Cloro residual libre	0,47	mg Cl <sub>2</sub> /L	0,3-2,0	15	0	
	Color aparente	41	UPC	Máx. 15	6	6	
	pH (25°C)	6,9	Unid. pH	6,5-9,0	1,5	0	
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	15	0	
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	25	0	
					85	21	

Tabla 19  
 Valor IRCA para la muestra del 07 septiembre 2020

Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia	Puntaje de riesgo	Puntaje asignado	IRCA por muestra
7/09/2020	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	3	0	24,71%
	Calcio	12,7	mg Ca/L	Máx. 60	1	0	
	Cloruros	<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	1	0	
	Hierro total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	1,5	0	
	Turbidez	11,4	NTU	Máx. 2	15	15	
	Alcalinidad P	0	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 200	1	0	
	Cloro residual libre	1,31	mg Cl <sub>2</sub> /L	0,3-2,0	15	0	
	Color aparente	66	UPC	Máx. 15	6	6	
	pH (25°C)	6,84	Unid. pH	6,5-9,0	1,5	0	
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	15	0	
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	25	0	
				85	21		

Tabla 20  
 Valor IRCA para la muestra del 28 septiembre 2020

Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia	Puntaje de riesgo	Puntaje asignado	IRCA por muestra
28/09/2020	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	3	0	24,71%
	Calcio	13	mg Ca/L	Máx. 60	1	0	
	Cloruros	<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	1	0	
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	1,5	0	
	Turbidez	3,3	NTU	Máx. 2	15	15	
	Alcalinidad P	0	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 200	1	0	
	Cloro residual libre	0,82	mg Cl <sub>2</sub> /L	0,3-2,0	15	0	
	Color aparente	27	UPC	Máx. 15	6	6	
	pH (25°C)	7,1	Unid. pH	6,5-9,0	1,5	0	
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	15	0	
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	25	0	
				85	21		

Tabla 21  
 Valor IRCA para la muestra del 15 octubre 2020

Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia	Puntaje de riesgo	Puntaje asignado	IRCA por muestra
15/10/2020	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	3	0	24,71%
	Calcio	13,3	mg Ca/L	Máx. 60	1	0	
	Cloruros	3	mg Cl/L	Máx. 250	1	0	
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	1,5	0	
	Turbidez	3,7	NTU	Máx. 2	15	15	
	Alcalinidad P	0	mg CaCO3/L	Máx. 200	1	0	
	Cloro residual libre	0,71	mg Cl2/L	0,3-2,0	15	0	
	Color aparente	29	UPC	Máx. 15	6	6	
	pH (25°C)	7,4	Unid. pH	6,5-9,0	1,5	0	
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	15	0	
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	25	0	
					85	21	

Tabla 22  
 Valor IRCA para la muestra del 26 octubre 2020

Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia	Puntaje de riesgo	Puntaje asignado	IRCA por muestra
26/10/2020	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	3	0	24,71%
	Calcio	12,7	mg Ca/L	Máx. 60	1	0	
	Cloruros	<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	1	0	
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	1,5	0	
	Turbidez	3,7	NTU	Máx. 2	15	15	
	Alcalinidad P	0	mg CaCO3/L	Máx. 200	1	0	
	Cloro residual libre	0,72	mg Cl2/L	0,3-2,0	15	0	
	Color aparente	25	UPC	Máx. 15	6	6	
	pH (25°C)	6,97	Unid. pH	6,5-9,0	1,5	0	
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	15	0	
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	25	0	
					85	21	

Tabla 23  
 Valor IRCA para la muestra del 18 de noviembre 2020

Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia	Puntaje de riesgo	Puntaje asignado	IRCA por muestra
18/11/2020	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	3	0	24,71%
	Calcio	11,5	mg Ca/L	Máx. 60	1	0	
	Cloruros	4,2	mg Cl/L	Máx. 250	1	0	
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	1,5	0	
	Turbidez	6,3	NTU	Máx. 2	15	15	
	Alcalinidad P	<2,0	mg CaCO3/L	Máx. 200	1	0	
	Cloro residual libre	0,74	mg Cl2/L	0,3-2,0	15	0	
	Color aparente	48	UPC	Máx. 15	6	6	
	pH (25°C)	6,78	Unid. pH	6,5-9,0	1,5	0	
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	15	0	
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	25	0	
					85	21	

Tabla 24  
 Valor IRCA para la muestra del 15 noviembre 2020

Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia	Puntaje de riesgo	Puntaje asignado	IRCA por muestra
15/12/2020	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	3	0	0,00%
	Calcio	13,1	mg Ca/L	Máx. 60	1	0	
	Cloruros	<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	1	0	
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	1,5	0	
	Turbidez	<2,0	NTU	Máx. 2	15	0	
	Alcalinidad P	<2,0	mg CaCO3/L	Máx. 200	1	0	
	Cloro residual libre	0,68	mg Cl2/L	0,3-2,0	15	0	
	Color aparente	12,1	UPC	Máx. 15	6	0	
	pH (25°C)	7,79	Unid. pH	6,5-9,0	1,5	0	
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	15	0	
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	25	0	
					85	0	

Tabla 25  
 Valor IRCA para la muestra del 29 diciembre 2020

Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia	Puntaje de riesgo	Puntaje asignado	IRCA por muestra
29/12/2020	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	3	0	17,65%
	Calcio	16,5	mg Ca/L	Máx. 60	1	0	
	Cloruros	3,7	mg Cl/L	Máx. 250	1	0	
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	1,5	0	
	Turbidez	<2,0	NTU	Máx. 2	15	0	
	Alcalinidad P	<2,0	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 200	1	0	
	Cloro residual libre	N-D	mg Cl <sub>2</sub> /L	0,3-2,0	15	15	
	Color aparente	4,6	UPC	Máx. 15	6	0	
	pH (25°C)	7,23	Unid. pH	6,5-9,0	1,5	0	
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	15	0	
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	25	0	
					85	15	

**CALCULO DE IRCA mensual año 2020**

$$IRCA (\%) = \frac{\sum \text{de los IRCA's obtenidos en cada muestra realizada en el mes}}{\text{Número total de muestras realizadas en el mes}}$$

Tabla 26  
 Valor de IRCA mensual calculado para el año 2020

MES	IRCA
Julio	22,94%
Agosto	12,35%
Septiembre	24,71%
Octubre	24,71%
Noviembre	24,71%
Diciembre	8,82%



Al calcular los valores de IRCA por muestra y por mes para el segundo semestre del año 2020, se identifica que la clasificación del nivel de riesgo de manera general aplica para un nivel BAJO Y MEDIO, porque una sola muestra clasifico para un nivel de riesgo ALTO; con lo que se reduce a que el agua no fue apta para el consumo humano en el periodo determinado puesto que el riego siempre estuvo presente en cada mes, aunque en algunas muestras el IRCA fue 0.

**CALCULO DE IRCA POR MUESTRA año 2021**

Tabla 27  
*Valor IRCA para la muestra del 28 enero 2021*

Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia	Puntaje de riesgo	Puntaje asignado	IRCA por muestra
28/01/2021	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	3	0	17,65%
	Calcio	20,8	mg Ca/L	Máx. 60	1	0	
	Cloruros	<3,0	mg Cl/L	Máx. 250	1	0	
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	1,5	0	
	Turbidez	<2,0	NTU	Máx. 2	15	0	
	Alcalinidad P	<2,0	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 200	1	0	
	Cloro residual libre	N. D	mg Cl <sub>2</sub> /L	0,3-2,0	15	15	
	Color aparente	1,1	UPC	Máx. 15	6	0	
	pH (25°C)	7,9	Unid. pH	6,5-9,0	1,5	0	
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	15	0	
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	25	0	
					85	15	

Tabla 28  
*Valor IRCA para la muestra del 11 febrero 2021*

Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia	Puntaje de riesgo	Puntaje asignado	IRCA por muestra
11/02/2021	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	3	0	24,71%
	Calcio	13,9	mg Ca/L	Máx. 60	1	0	
	Cloruros	4,4	mg Cl/L	Máx. 250	1	0	
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	1,5	0	
	Turbidez	4,1	NTU	Máx. 2	15	15	
	Alcalinidad P	<2,0	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 200	1	0	
	Cloro residual libre	1	mg Cl <sub>2</sub> /L	0,3-2,0	15	0	
	Color aparente	43,7	UPC	Máx. 15	6	6	
	pH (25°C)	6,8	Unid. pH	6,5-9,0	1,5	0	
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	15	0	
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	25	0	
					85	21	

Tabla 29  
*Valor IRCA para la muestra del 23 abril 2020*

Fecha	Parámetro	Resultado	Unidad	Valor de referencia	Puntaje de riesgo	Puntaje asignado	IRCA por muestra
23/04/2021	Aluminio +3	<0,2	mg Al/L	Máx. 0,2	3	0	24,71%
	Calcio	12,4	mg Ca/L	Máx. 60	1	0	
	Cloruros	3,8	mg Cl/L	Máx. 250	1	0	
	Hierro Total	<0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3	1,5	0	
	Turbidez	3,4	NTU	Máx. 2	15	15	
	Alcalinidad P	<2,0	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 200	1	0	
	Cloro residual libre	1,3	mg Cl <sub>2</sub> /L	0,3-2,0	15	0	
	Color aparente	18	UPC	Máx. 15	6	6	
	pH (25°C)	7,2	Unid. pH	6,5-9,0	1,5	0	
	Coliforme totales	0	UFC / 100 ml	0	15	0	
	Escherichia Coli	0	UFC / 100 ml	0	25	0	
					85	21	

A los 3 meses del año en curso a los cuales se le calcula el IRCA por muestra se obtiene que, se mantienen el nivel de riesgo en una clasificación MEDIO; con lo que se define de igual manera al segundo semestre del año anterior que el agua no es apta para consumo humano.

El presentarse un nivel de riesgo medio o bajo en la calidad de agua definiéndola como no apta para el consumo humano, representa un riesgo en la salud ; considerando los resultados de cloro libre los cuales son menores a lo permisible, estaría posibilitando la aparición de microorganismo durante el transporte del agua ya tratada provenientes de las partículas suspendidas (se ven reflejados en la turbiedad y color aparente del agua después del tratamiento) las cuales pueden ser usadas por los microorganismos como superficies para adherirse. (Zúñiga & Samperio, 2019, p.87) Además lograrían sobrevivir al presentarse turbiedad en el momento de la desinfección al inhibir el efecto del desinfectante. (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2011, p.7)

- **IRABApp**

Se determina el índice de riesgo IRABApp según la metodología establecida en la resolución 2115 de 2007, en dicho índice se incluye el índice de continuidad-IC el cual es necesario calcular teniendo en cuenta que en la empresa se cuenta con el dato generado por el coordinador ambiental para el año 2018 y a partir del cual se dieron cambios tanto en las tuberías del suministro como en la sectorización.

Tabla 30

Cálculo del índice de riesgo por abastecimiento de agua por parte de la persona prestadora

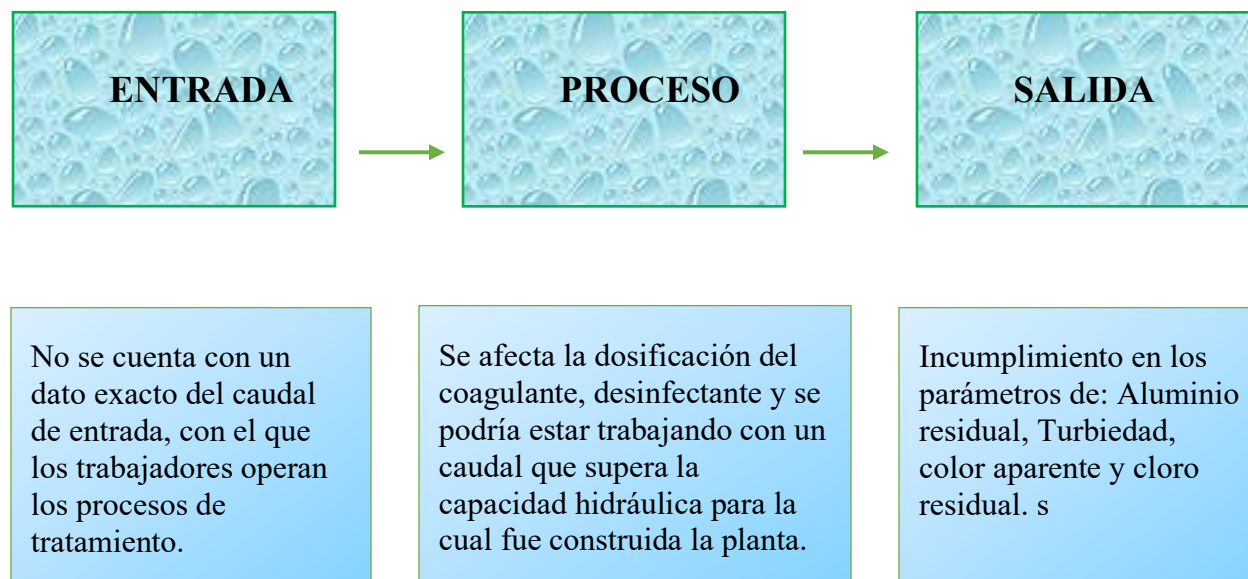
DESCRIPCIÓN	VALOR
<b>IRABApp= 100 - (IT + IC)</b>	<b>63</b>
<b>IT- Índice de tratamiento</b> = evaluar procesos de tratamiento+ ensayos básicos de laboratorio en planta de tratamiento+ trabajadores certificados.	<b>37</b>
<b>Procesos de tratamiento</b>	<b>15</b>
Si se realizan todos los procesos requeridos según las características del agua cruda y su tratamiento es continuo.	50 puntos
Si se realizan todos los procesos requeridos según las características del agua cruda y su tratamiento es intermitente.	25 puntos
Si se realizan algunos procesos requeridos según las características del agua cruda y su tratamiento es continuo.	<b>15 puntos</b>
Si se realizan algunos procesos requeridos según las características del agua cruda y su tratamiento es intermitente.	10 puntos
Si sólo requiere desinfección y ésta se realiza.	50 puntos
Si sólo realiza desinfección.	15 puntos
Si no hay ningún tipo de tratamiento.	0 puntos
<b>ensayos básicos de laboratorio en planta de tratamiento</b>	<b>12</b>
Equipos mínimos necesarios para realizar los siguientes ensayos: prueba de jarras, demanda de cloro, turbiedad, color y pH.	3 puntos por cada equipo utilizado en los ensayos citados.
<b>trabajadores certificados</b>	<b>10</b>
Entre el 90% y el 100% de los trabajadores que son operadores de planta están certificados.	15 puntos
Entre el 50% y menos de 90% de los trabajadores que son operadores de planta están certificados.	10 puntos
Menos del 50% de los trabajadores que son operadores de planta están certificados.	0 puntos
<b>IC-Índice de continuidad</b>	<b>0</b>
0- 10 horas/día (insuficiente)	0
10.1- 18 horas/día (no satisfactorio)	10
18.1- 23 horas/día (suficiente)	15
23.1 - 24 horas/día (continuo)	20

Con el resultado obtenido de 63% para el IRABpp clasifica con un nivel de riesgo en salud ALTO; por lo cual se requiere de la formulación e implementación de un plan de acción a corto, mediano y largo plazo.

Se puede evidenciar que al IC se le asigna un valor de 0 puntos por lo que, el suministro se da en un periodo comprendido entre 0-10 horas/día. En relación con el estimado para el año 2018 se da una disminución y esto se debe según información proporcionada por el coordinador ambiental, al cambio en el manejo de válvulas de sectorización para el suministro del recurso ya que no hay capacidad para la distribución debido a las pérdidas del 56% y la descompensación que se da por la ampliación en el tamaño de la tubería en algunos tramos.

#### **Actividad: Realizar análisis de resultados.**

En este apartado se presenta de manera ordenada la información documentada en los capítulos anteriores, permitiendo procesarla, comprenderla y de esta manera llegar a las conclusiones. Para el análisis se trabaja con un esquema que tiene en cuenta la entrada, el proceso y la salida de la PTAP en donde se da a conocer las falencias de manera general y recreando un tipo de relación causa y efecto.



Los procesos de dosificación del coagulante y desinfectante no se encuentran estandarizados; teniendo en cuenta que la aplicación se hace según la identificación ocular de los operarios y las muestras diarias analizadas en el laboratorio para turbiedad y cloro total.

Se presentan ocasiones en las que la aplicación de las dosis no es óptima, como ejemplo de ello esta que para la aplicación del coagulante no depende directamente del valor de la turbiedad sino del tipo de solidos que estén presentes en el agua como también del PH de la misma, entre otros; por ello la importancia de realizar prueba de jarras, lo cual no se tiene en cuenta.

Se afecta la calidad del agua pues al aplicar dosis por debajo de lo requerido no se cumpliría con el objetivo de la potabilización del agua o si se aplican cantidades innecesarias se podrían ver reflejados en residuales de los químicos y ambos casos representan riesgo para la salud.

No se hace caracterización del agua cruda ni se implementan acciones que permitan iniciar un seguimiento y/o control de la turbiedad (siendo este con el que más frecuencia se incumple).

No se implementan acciones que permitan llevar un registro de datos de las diferentes unidades de tratamiento, de manera que con ellos se pueda determinar la eficiencia en cada uno.

No se puede identificar con exactitud las unidades de tratamiento donde se dan alteraciones y no se logra la remoción de la turbiedad.

El sistema de acueducto clasifica con nivel de complejidad medio alto operando con una unidad de desarenacion (recomendada en sistemas con nivel de complejidad bajo o medio), además en la tubería de aducción no se efectúan las purgas en los sitios donde se encuentran adecuados para ello.

Solo se cuenta con 2 unidades de sedimentación y según el artículo 112 de la Res 1096-2000, debería tener 3.

En tiempo de lluvia al presentarse mayor turbiedad es posible que no se remueva en totalidad o lo requerido por la normatividad. Además, una de las tuberías de conducción no cuenta con purgas; con ello se podría dar acumulación de sedimentos o arrastre hasta la red de distribución provocando incremento en la turbiedad.

Uso del formato Monitoreo de Toma de Muestra de Agua Potable en la PTAP, para el registro de los parámetros de pH, Turbiedad, Color y Cloro total al finalizar los procesos.

Los operarios no efectúan un correcto registro de los resultados pues que, tras revisar los formatos se evidencia que no hay secuencia en las fechas escritas y en algunas ocasiones no se registran todos los valores.

Los datos reportados no generan confiabilidad para tenerlos en cuenta y realizar un análisis en el momento en el que se requiera; puesto que no hay continuidad en el registro.

Dato impreciso del caudal de entrada. No se contaba con equipos de laboratorio necesario para la realización de prueba de jarras. No se tiene conocimiento del caudal que se aplica a la planta por medio del dosificador del coagulante. No existe cálculos para la demanda de cloro en función a la calidad del agua antes de la desinfección.

No existe una caracterización físicoquímica y microbiológica del agua a lo largo del tiempo que permita identificar si se dan las condiciones necesarias para la acción del coagulante y la determinación de la demanda de cloro. Aplicación de los químicos se hace según el manejo que consideren los operarios mas no por un cálculo de dosis óptima.

Incumplimiento en uno u otro parámetro (turbiedad, cloro residual, color y/o residual del ilumino) ocasionando que siempre haya un riesgo presente en la calidad del agua. El IRCA por muestra será mayor cuando el cloro residual, la turbiedad superen límites permisibles (mayor puntaje de riesgo) y haya solidos suspendidos puesto que están relacionados con el color aparente; aumentando así el número de parámetros en los que se incumple y los valores de riesgo que se asignan.

### Otra Actividad:

Se realiza una lista de cheque describiendo las acciones a tener en cuenta para contrarrestar el incumplimiento en los componentes del IRCA e IRABApp , en donde se califica el impacto y complejidad de dichas acciones.

Tabla 31

*Acciones a tener en cuenta para contrarrestar el incumplimiento en componentes del IRCA e IRABApp*

	<b>COMPONENTES INCUMPLIMIENTO</b>	<b>ACCION</b>	<b>COMPLEJIDAD</b>	<b>IMPACTO</b>
IRCA		Retirar el lodo que se acumula en el fondo del canal de entrada.	BAJA (Disposición del operador)	
		Observar e identificar que en las unidades de sedimentación no se presenten altas velocidades para evitar el rompimiento del floc y garantizar el tiempo de sedimentación de las partículas.	MEDIA (técnico)	17,64%
	Turbiedad Color aparente	Efectuar limpieza en las placas dispuestas en las unidades de sedimentación.	BAJA (operativo)	7,06%
		Verificar en los filtros el estado del lecho filtrante y hacer el cambio del mismo en tiempos prudentes.	MEDIA (económico)	
		Realizar una correcta limpieza en la tubería cuando se hagan arreglos o nuevas conexiones.	BAJA (operativo)	
	Cloro	Determinar curva de demanda de cloro.	MEDIA (económico)	17,64%
	Alumino+3	Continuar el proceso de Test de jarra para evitar dosificar cantidades innecesarias.	BAJA (disposición del operador)	3,53%
	Ensayos básicos de laboratorio en PTAP	Contratación de laboratorios externos calificados.	MEDIA (económico)	3%
IRABApp	Trabajadores certificados	Gestión para la certificación de la totalidad de trabajadores como operadores de planta.	MEDIA (económico)	5%
	Índice de continuidad	Implementar la micro medición. Reducir pérdidas en el sistema. Realizar jornadas de educación ambiental enfocadas al uso y ahorro eficiente del agua.	ALTA (económica) MEDIA (disponibilidad e interés en la población)	15%



#### 4. Diagnostico final

Dentro de los aporte y cambios que como profesional se presentaron en el lapso del trabajo realizado como pasante en la empresa se describe lo siguiente:

- **Información documentada para la aplicación manual de cloro granulado.**

Al momento de ingresar a la empresa se presentaba la problemática de que en planta no se contaba con energía eléctrica y a raíz de que los operarios realizaban la aplicación de la cantidad de cloro a mezclar en el tanque de 500L según su determinación con la experiencia adquirida en la labor; el gerente solicita determinar la cantidad de cloro necesaria a aplicar como también la graduación de la llave para la cantidad de agua clorada con la que se haría la desinfección del caudal de la planta. Se procede a buscar información que permita dar solución a lo requerido, para lo cual se hizo el siguiente aporte tras consultar información del Manual Para La Cloración Del Agua En Sistemas De Abastecimiento De agua potable En El Ámbito Rural, Elaborado Por La Cooperación Alemana.

Para determinar el peso de cloro a disolver en el tanque de cloración se usa la siguiente expresión:

$$P = \frac{V(L) * Q(L/s) * D(mg/L) * 3600}{q(L/h) * \% * 10^4}$$

Donde

V: Volumen del tanque clorador

Q: Caudal de agua a desinfectar

D: Cloro residual esperado al final de la red

q: Caudal de solución clorada a aplicar en L/h

%: Concentración del producto de cloro a usar

Nota: para determinar  $q$  fue necesario visitar la planta con el coordinador ambiental, hacer una graduación de la llave y registrar el tiempo en que se demoraba en llenar un recipiente de 1L (método volumétrico). De esta manera se puede calcular de manera más confiable la dosis de cloro, teniendo en cuenta que en la fórmula se incluyen variables como lo son el caudal de la planta a desinfectar, la concentración del producto químico a aplicar y el residual que se desea obtener del mismo. La información fue revisada y aprobada por el coordinador ambiental de la empresa.

- **Acompañamiento en PTAP**

Teniendo en cuenta que en la empresa se presentaron cambios, como lo fue el uso de Policloruro de Aluminio-PAC como coagulante y que se hizo la compra del equipo de jarras entonces se brindó el acompañamiento durante 3 semanas (iniciando el 10 de mayo) con el objetivo de verificar que los operarios hicieran el análisis de los parámetros (con el uso del equipo multiparamétrico en el laboratorio) al final de los procesos, como también para instruirlos en el procedimiento de realización de prueba de jarras; para lo cual se contó con el apoyo del coordinador ambiental de la empresa y el asesor técnico externo quienes suministraron la información necesaria (ver Apéndice E), las recomendaciones sugeridas por el coordinador ambiental: realizar mezcla rápida durante un minuto a 120 rpm, mezcla lenta a 60 rpm durante 15 minutos y esperar un tiempo de sedimentación entre 5- 10 minutos y fue necesario calcular los volúmenes a aplicar en las diferentes jarras una vez se preparara la solución del PAC a una concentración del 1% (ver Apéndice F).

En el cálculo de los volúmenes de la solución a aplicar en cada jarra se utiliza la siguiente formula:

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

Donde

C1= Concentración del PAC

V1= Volumen a usar del PAC o de la solución

C2= Concentración en la solución o la cada jarra

V2= Volumen a usar en la solución o en cada jarra



*Figura 33. Acompañamiento a operarios en PTAP para instruir el proceso en la realización prueba de jarras. Elaboración propia*



*Figura 34. Acompañamiento en PTAP para verificación del análisis de parámetros. Elaboración propia*

- **Elaboración de formatos**

Verificación de parámetros en red de distribución

A partir de los resultados obtenidos de las muestras realizadas por la empresa como autocontrol de la calidad del agua, se propone el formato de manera tal que incluya los parámetros en los que no se cumple con la normatividad y que puedan ser medidos con sus equipos; permitiendo así hacer un registro de los parámetros de cloro residual, PH, Color y turbiedad y así ejercer un control en cuanto al trabajo realizado en planta, pues si se detecten valores no permisibles se puede alertar a los operarios para que hagan las debidas correcciones en el tiempo indicado y tenga en cuenta los errores.

### Control parámetro de turbiedad a la salida de los procesos

Este formato se realizó teniendo en cuenta que el parámetro con el que se incumple en la mayoría de muestras es el de turbiedad, de manera que permita tener un registro diario de los resultados en cada muestra y con ello poder hacer análisis que permitan identificar fallas y tomar decisiones pertinentes.

- **Muestreo en red de distribución para verificación de parámetros de calidad**

Se lleva a cabo un seguimiento en la red de distribución en cuanto a los parámetros de Cloro residual, pH y turbiedad para lo cual se procede a, tomar muestras en los diferentes puntos de muestreos autorizados haciendo uso del equipo y reactivos proporcionados por la empresa (Kit manual o fotómetro ), dejando registro en el formato de Verificación de parámetros en red de distribución ; lo anterior con el fin de comprobar que dichos parámetros se encuentran dentro de los valores permisibles establecidos por la normatividad y de no ser así el coordinador ambiental pueda ejercer control o implementar acciones que permita corregir dichos incumplimientos .



*Figura 35. Verificación de parámetros en red de distribución con kit manual. Elaboración propia*



*Figura 36.* Verificación de parámetros en red de distribución con equipo fotómetro multiparamétrico portátil. Elaboración propia

## 5. Conclusiones

Respecto a los procesos operados, los equipos y químicos utilizados en el tratamiento se pueden definir que, se han llevado a cabo con la experiencia obtenida por los operarios a lo largo del tiempo puesto que no hay una estandarización en los procesos ( Manual de operación y mantenimiento) y no se conoce exactamente el caudal de entrada ni se cuenta con planos o diseños que demuestren la capacidad hidráulica de la misma; con lo que se ve afectada la eficiencia en los procesos y con ello la calidad del agua.

Con las muestras realizadas a la quebrada La Torcoroma y el análisis de los resultados teniendo como referencia el manual-título A que compone el RAS en sus artículos 104, 105, 106, 107 se concluye que, en la PTAP se operan los procesos mínimos de tratamiento de acuerdo a la calidad del agua de la fuente y en cuanto al agua tratada se da incumplimiento del 79% en un total de 14 muestras evaluadas, en las cuales se presenta no conformidad con mayor frecuencia en el parámetro de turbiedad seguido de los de color, cloro residual y aluminio+3 respectivamente según lo establecido en la Resolución 2115 de 2007.

Teniendo en cuenta el nivel de complejidad en el que se encuentra clasificado el sistema (Medio Alto,) se identificaron falencias en cuanto al cumplimiento de aspectos establecidos en el RAS en el que se incluye infraestructura, ensayos para la tratabilidad del agua y el monitoreo operacional (seguimiento a los parámetros de calidad en planta).

La evaluación del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA), apunta que el agua tratada presenta un nivel de riesgo variante entre bajo -medio y un índice de riesgo por abastecimiento (IRABApp) medio según lo establecido en la Resolución 2115 de 2007; por lo que se deben realizar mejoras en los procesos de tratamiento, aplicar ensayos de



laboratorio, trabajar en la certificación de la totalidad de los operarios y mejorar las condiciones de suministro.

## 6. Recomendaciones

Teniendo en cuenta los caudales evidenciados en la regleta del canal de entrada, el dato proporcionado por el coordinador ambiental tras aplicar la fórmula por el método de vertedero rectangular y el dato de caudal de diseño notificado por el operario de planta, se recomienda verificar el caudal de entrada a la planta puesto que, es un dato de entrada importante ya que es tenido en cuenta para operar las unidades de la planta pues con él se calcula la dosis de coagulante y cloro, además se recuerda la responsabilidad e importancia de trabajar con un caudal dentro de lo concesionado para que de esta manera no se presenten futuras afectaciones a la fuente hídrica ni posibles sanciones para la empresa.

En caso de que la lectura de la regleta del canal de entrada sea correcta, entonces se debe tener en cuenta que en el canal se almacena sedimentos (evidenciado en la visita hecha a la PTAP) generando una altura, la cual podría alterar la lectura de la regleta.

Empezar a realizar el análisis del agua cruda como también a implementar el formato sugerido Control parámetro de turbiedad a la salida de los procesos y verificar que los operarios hagan el registro de los valores obtenidos una vez efectúen el análisis de las muestras con los equipos de laboratorio de manera que se tengan datos con los que se puedan calcular la eficiencia de remoción de la turbiedad en cada proceso y así, identificar las fallas y que puedan ser corregidas a tiempo.

Implementar de manera ordenada el formato de verificación de parámetros en red de distribución para que se pueda controlar la aplicación de cloro en la PTAP y así evitar riesgos a la salud por sobre cloración o falta del mismo, como también para tener registro de datos en los diferentes puntos de muestreos en cuanto a la turbiedad y poder determinar si se debe a los

sedimentos que haya en la tubería y en qué punto se registra mayor turbiedad e implemente con más frecuencias las purgas.

Seguir realizando de manera periódica las purgas en la tubería 8" de red de conducción, en la red de distribución, pero también procurar realizarlas con una frecuencia en la tubería de aducción como también adecuar puntos para realizar la purga en la tubería de conducción que no cuenta con ello para que se pueda retirar sedimento que se encuentre acumulado o el transporte de los mismos hacia la red de distribución.

Hacer lavados del tanque de almacenamiento estableciendo una frecuencia para ello, teniendo en cuenta que la salida del tubo está en la parte inferior del tanque (a nivel del piso) con lo que se estaría dando paso a la salida del agua con los residuos que quedan en el fondo del tanque o si puede ser posible disminuir la altura de la caída del agua que ingresa al tanque (para que no se dé una remoción de los residuos que se encuentran en el fondo ) o aumentar la altura de la tubería de salida del tanque.

Para el lavado de los filtros (retro lavado) se recomienda que se haga de la manera en que ellos mismo utilicen el peso del agua filtrada que retrocede en el momento del lavado y no superar el volumen de agua con el que normalmente se hace el lavado para que así no se alcancen altas velocidades del agua al pasar por lecho filtrante puesto que si se da esta condición el agua no pasaría uniformemente por el lecho podría alterar la posición del material filtrante causando huecos a los que el material más fino puede ser arrastrado, perdiendo así la capa que retiene los sólidos suspendidos.

Establecer la curva de demanda de cloro para identificar la dosis optima a dosificar del desinfectante que reacciona y se consume antes de la aparición del residual para que se dé una

correcta eliminación de los microorganismos y agentes patógenos presentes en el agua y se dejen de presentar no conformidades por la variación en la cantidad de cloro residual en función del cloro añadido.

Aforar el dosificador de Sulfato de Aluminio tipo A con el fin de conocer la cantidad de agua de entrada y salida al mismo como también la cantidad de sulfato que se aplica de acuerdo a la regulación de la perilla para que se puede realizar el test de jarras con dicho químico en los momentos en que no se cuente con PAC.

Se sugiere gestionar o solicitar en los operarios de la PTAP la certificación en al menos tres (3) de las normas colombianas de competencia laboral (NCL), tal como lo establece la resolución 0082 de 2009.

Se recomienda iniciar el tratamiento y disposición de los lodos provenientes de la descarga de sedimentadores, de acuerdo a los tratamientos descritos en la resolución 0082 de 2009 que deben realizarse, para que de esta manera la clasificación del IRABApp no presente un nivel de riesgo ALTO.

## Referencias

Administradora Pública Cooperativa Empresa Solidaria. (2017). *Manual de Operación y*

*Mantenimiento del Sistema de Acueducto*. Obtenido de: APCES E.S.P

Fustamante, N. (2017). *Manual para la Cloración del Agua en Sistemas de Abastecimiento de*

*Agua Potable en el Ámbito Rural*. Obtenido de SSWM:

[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/GIZ%202017.%20Manual%20para%20la%20cloraci%C3%B3n%20del%20agua%20en%20sistemas%20de%20abastecimiento%20de%20agua%20potable.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/GIZ%202017.%20Manual%20para%20la%20cloraci%C3%B3n%20del%20agua%20en%20sistemas%20de%20abastecimiento%20de%20agua%20potable.pdf)

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (21 de Agosto de 1996).

*Norma Técnica Colombiana- NTC ISO 5667-6*. Obtenido de Library.co:

<https://library.co/document/qopmxvkz-ntc-calidad-agua-muestreo-guia-para-muestreo-aguas.html>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (3 de Noviembre de

2004). *Norma Técnica Colombiana 5667-3*. Obtenido de [http://files.control-](http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000140-e3b67e5121/NTC-ISO%205667-03-2004.%20Directrices%20para%20la%20preservacion%20y%20manejo%20de%20muestras.pdf)

[ambiental5.webnode.com.co/200000140-e3b67e5121/NTC-ISO%205667-03-2004.%20Directrices%20para%20la%20preservacion%20y%20manejo%20de%20muestras.pdf](http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000140-e3b67e5121/NTC-ISO%205667-03-2004.%20Directrices%20para%20la%20preservacion%20y%20manejo%20de%20muestras.pdf)

Instituto Nacional de Salud. (2011). *Manual de Instrucciones para la Toma, Preservación y*

*Transporte de Muestras de Agua de Consumo Humano para Análisis de Laboratorio*.

Obtenido de SIVICAP:

<https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacion%20SIVICAP/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (9 de Mayo de 2007). *Decreto 1575*.

Obtenido de Minambiente:

<https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (22 de Junio de 2007). *Resolución*

*2115*. Obtenido de Minambiente:

[https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislati%C3%B3n\\_del\\_agua/Resoluci%C3%B3n\\_2115.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislati%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf)

Ministerio de Desarrollo Economico. (17 de Noviembre de 2000). *Resolución 1096*. Obtenido de

Alcaldiabogota: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=38541>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio . (2010). *Reglamento Técnico del Sector de Agua*

*Potable y Saneamiento Básico: Título C. Sistemas de Potabilización*. Obtenido de

Minvivienda: <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo-c-dic-4-2013.pdf>

Quimiayudas. (18 de Mayo de 2018). *Cálculos en diluciones*. Obtenido de Youtube:

<https://www.youtube.com/watch?v=gIn9yIRTwDE>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (20 de Mayo de 2019). *Evaluación*

*Integral de Prestadores Administradora Publica Cooperativa Empresa Solidaria De San Martín Cesar*. Obtenido de Superservicios:

[https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Acueducto%2C%20alcantarillado%20y%20aseo/Peque%C3%B1os%20prestadores/2019/Mayo/in\\_f\\_003\\_evaluacion\\_integral\\_apces\\_san\\_martin\\_cesar\\_2019.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Acueducto%2C%20alcantarillado%20y%20aseo/Peque%C3%B1os%20prestadores/2019/Mayo/in_f_003_evaluacion_integral_apces_san_martin_cesar_2019.pdf)

## Apéndices

### Apéndice A: Visitas de campo en zona de ubicación de la PTAP



*Figura 37.* Visitas a la PTAP para la identificación de los procesos de tratamiento. Elaboración propia






*Figura 38.* Visitas a la PTAP para efectuar mediciones. Elaboración propia




## Apéndice B: Encuesta aplicada al personal involucrado en PTAP



**Universidad Francisco  
de Paula Santander**  
Ocaña - Colombia  
Vigilada Mineducación

NIT: 800 163 130 - 0



**apces**  
AGUAS POTABILIZADAS DE CESAR

**ENCUESTA UTILIZADA EN LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA, OPERADOS POR LA EMPRESA APCEs E.S.P EN SAN MARTÍN, CESAR.**

**NOMBRE DEL ENCUESTADO:** \_\_\_\_\_

**NOMBRE DE LA EMPRESA:** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**Información del Encuestado:**

- Función y/o cargo: \_\_\_\_\_
- Tiempo por el que ha ejercido el cargo: \_\_\_\_\_
- ¿Cuenta con cursos o certificación para el cargo que desempeña?  
Si \_\_\_ No \_\_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_\_
- ¿En qué institución recibió el curso o la certificación?  
\_\_\_\_\_

**Información del control de los procesos en operación de la PTAP:**

- Indique información acerca de los parámetros que analizan durante la operación de la PTAP

Material	Marcas con X si es analizado	Cada cuanto se hace el análisis	Lugar de donde se toma la muestra de agua
PH			
Alcalinidad			
Turbidez			
Color			
Cloro			

Otro, cuál: \_\_\_\_\_

**Información del mantenimiento efectuado en la PTAP:**

- Indique la información sobre la limpieza de las unidades en la PTAP

Nombre de la Unidad	Cada cuanto se limpia	Como se hace la limpieza
Canal de entrada		
Floculadores		
Sedimentadores		
Filtros		



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
 info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co

Figura 39. Formato del cuestionario aplicado a operarios de la PTAP. Elaboración propia

“Figura 39. Continuación”

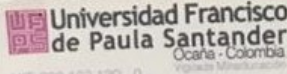

Tanque de almacenamiento		
--------------------------	--	--

**Que otro tipo de mantenimiento se realiza:**

- **Escriba que dificultades o problemas se presentan en los procesos para la potabilización del agua:**

**Información de los procesos de potabilización PAT:**

- **Describa como se hace la aplicación del sulfato de aluminio, con uso del dosificador.**
- **Describa como se hace la aplicación manual del sulfato de aluminio.**
- **Describa como se hace la aplicación de cloro gaseoso, con uso del dosificador.**
- **Describa como se hace la aplicación manual de cloro granulado.**

NIT. 800 163 130 - 0

**ENCUESTA UTILIZADA EN LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA, OPERADOS POR LA EMPRESA APCES E.S.P EN SAN MARTÍN, CESAR.**

NOMBRE DEL ENCUESTADO: Rodolfo Moreno Araya  
 NOMBRE DE LA EMPRESA: APCES E.S.P  
 FECHA: 22/16/2011

**Información del Encuestado:**

- Función y/o cargo: Operario de planta
- Tiempo por el que ha ejercido el cargo: 15 años
- ¿Cuenta con cursos o certificación para el cargo que desempeña?  
Si  No  ¿Cuál? Operación de sistemas de potabilización de agua
- ¿En qué institución recibió el curso o la certificación?  
SENA

**Información del control de los procesos en operación de la PTAP:**

- Indique información acerca de los parámetros que analizan durante la operación de la PTAP



Material	Marca con X si es analizado	Cada cuanto se hace el análisis	Lugar de donde se toma la muestra de agua
PH	X	2 al día	Punto de muestra a la salida de la planta
Alcalinidad			
Turbidez	X	2 al día	Punto de muestra
Color			
Cloro	X	2 al día	Punto de muestra

Otro, cuál: \_\_\_\_\_

**Información del mantenimiento efectuado en la PTAP:**

- Indique la información sobre la limpieza de las unidades en la PTAP

Nombre de la Unidad	Cada cuanto se limpia	Como se hace la limpieza
Canal de entrada	2 veces al mes	Para el lavado de la planta primero se desconecta media planta y se enjuaga a presión, se sacan las
Floculadores	2 veces al mes	todos y se aplica hipoclorito líquido al 15% y se le da un tiempo de espera y se
Sedimentadores	2 veces al mes	enjuaga con agua a presión, después se lava la otra mitad de la planta
Filtros	2 veces al mes	con el mismo procedimiento.

Via Acolisure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
 info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co

Figura 40. Encuesta aplicada al operario Rodolfo moreno. Elaboración propia

"Figura 40. Continuación"

Ocaña - Colombia  
Instituto Municipal de Acueducto y Alcantarillado

ufps

Tel: 800 163 130 - 0

Tanque de almacenamiento	Cada 6 meses	Se sopleta con agua.
--------------------------	--------------	----------------------

Que otro tipo de mantenimiento se realiza:

- Escriba que dificultades o problemas se presentan en los procesos para la potabilización del agua:  
Se considera dificultad en los sedimentadores con respecto a la pastura de los relineros  
los filtros se tapan muy frecuentemente y se deben hacer dos lavados en el día.

Información de los procesos de potabilización PAT:



- 1 • Describa como se hace la aplicación del sulfato de aluminio, con uso del dosificador.
- 2 • Describa como se hace la aplicación manual del sulfato de aluminio.
- 3 • Describa como se hace la aplicación de cloro gaseoso, con uso del dosificador.
- 4 • Describa como se hace la aplicación manual de cloro granulado.

1: Se mide la turbiedad y se mueve la perilla del dosificador cuando la turbiedad es muy alta se utiliza la perilla en 50 y sino coagula bien se sube un poco mas la perilla o se agrega un poco mas de agua al dosificador o se baja el caudal de la planta y el dosificador se carga con 75 kilos de sulfato y segun el ajuste de la perilla se consume el sulfato.

2: Aplico a un tanque de 500 litros un bulto de sulfato de 25 kilos y se mezcla y se llena el tanque hasta que se acabe el recipiente y se agrega mas sulfato al tanque dependiendo de la turbiedad.

3: Se aplica 25 a 35 libras segun el caudal que entra a la planta.

4: Aplico 2 kilos en un tanque de 500L se mezcla y se gradua la llave segun el caudal de la planta.

Via Acolture, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
 info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co

**ENCUESTA UTILIZADA EN LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA, OPERADOS POR LA EMPRESA APCEs E.S.P EN SAN MARTÍN, CESAR.**

**NOMBRE DEL ENCUESTADO:** Wilfer Marquez Garcia

**NOMBRE DE LA EMPRESA:** APCEs E.S.P

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**Información del Encuestado:**

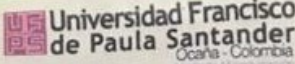
- Función y/o cargo: \_\_\_\_\_
- ¿Cuenta con cursos o certificación para el cargo que desempeña?  
Si \_\_\_ No \_\_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_\_
- ¿En qué institución recibió el curso o la certificación?  
\_\_\_\_\_


**Información de documentación PTAP:**

- ¿Cuál es la Población (Número de habitantes) atendida por la empresa en el suministro de agua potable?  
\_\_\_\_\_
- ¿La empresa cuenta con Plan Operacional de Emergencia? Si \_\_\_ No \_\_\_
- ¿La empresa cuenta con Mapa de Riesgo? Si \_\_\_ No \_\_\_
- ¿Cuáles son los puntos de muestreo, y las actas que los establecen?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- ¿Cuál es el nivel de complejidad del sistema?  
\_\_\_\_\_
- ¿Cuál es el laboratorio encargado del análisis de las muestras de agua potable?  
\_\_\_\_\_



*Figura 41.* Formato del cuestionario aplicado al coordinador ambiental. Elaboración propia


**Universidad Francisco de Paula Santander**  
 Ocaña - Colombia  
 Vicerrectoría de Investigación


**apces**

NIT: 800 163 130 - 0

**ENCUESTA UTILIZADA EN LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA, OPERADOS POR LA EMPRESA APCES E.S.P EN SAN MARTÍN, CESAR.**

**NOMBRE DEL ENCUESTADO:** Wilfer Marquez García  
**NOMBRE DE LA EMPRESA:** APCES E.S.P  
**FECHA:** 21 abril de 2021

**Información del Encuestado:**

- Función y/o cargo: Coordinador ambiental
- ¿Cuenta con cursos o certificación para el cargo que desempeña?  
 Si  No  ¿Cuál? Profesional en ingeniería ambiental
- ¿En qué institución recibió el curso o la certificación?  
UFPSO

**Información de documentación PTAP:**

- ¿Cuál es la Población (Número de habitantes) atendida por la empresa en el suministro de agua potable?  
13.575 habitantes (base) 2018
- ¿La empresa cuenta con Plan Operacional de Emergencia? Si  No
- ¿La empresa cuenta con Mapa de Riesgo? Si  No
- ¿Cuáles son los puntos de muestreo, y las actas que los establecen?  
7701 -> vía al río  
7702 -> vía a la 7 vía a desechada  
7703 -> ca 13 #15A-15 buenos aires  
7704 -> ca 2 #18-58 20 de mayo  
lo establece en la acta 177 (actualizada puntos de muestreo) fecha 23 de octubre
- ¿Cuál es el nivel de complejidad del sistema?  
medio - alto
- ¿Cuál es el laboratorio encargado del análisis de las muestras de agua potable?  
Stama S.A.S.

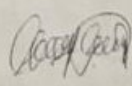


Figura 42. Encuesta aplicada al coordinador ambiental. Elaboración propia



### Apéndice C: Formato Monitoreo de toma de muestras de agua potable en la PTAP

Administradora Pública Cooperativa  
Empresa Solidaria de San Martín  
Nit. 830514235 - 1

RESPONSABILIDAD DE TODOS

Departamento del Cesar  
Municipio de San Martín


#### MONITOREO DE TOMA DE MUESTRA DE AGUA POTABLE EN LA PTAP 2019


DIA	HORA	PH	COLOR T.	TURBIDEZ	COLOR
01.10.20	8 AM	6.6	1.7	0.25	
03.10.20	8 AM	6.5	1.9	0.44	
05.10.20	3: PM	7.0	2.0		
7.10.20	8 AM	6.5	2.1	0.11	
8.10.20	9 AM	6.0	2.1	0.56	
10.10.20	7 AM	6.3	1.8	0.33	
12.10.20	6 AM	7.1	2.0	0.77	
13.10.20	8 AM	6.9	2.1	0.41	
15.10.20	8 AM	6.6	1.9	0.31	
17.10.20	9 AM	6.5	1.8	0.76	
20.10.20	6 AM	6.0	2.0	0.88	
21.10.20	7 AM	6.8	2.1	0.65	
23.10.20	6 AM	6.9	2.0	0.21	
25.10.20	10 AM	7.0	2.2	0.37	
26.10.20	7 AM	6.9	2.0	0.87	
28.10.20	6 AM	6.7	2.2	0.48	
29.10.20	8 AM	6.7	2.3	0.75	
04.11.20	8:30 AM		2.30	1.70	
05.11.20	10 AM	6.8	2.2	1.44	
07.11.20	7 AM	6.6	2.50	1.77	
08.11.20	5 PM	6.7	2.4	1.23	
10.11.20	8 AM	6.6	2.3	1.10	
12.11.20	10 AM	6.8	2.0	1.40	
18.11.20	8 AM	7.0	2.2	1.20	
02.02.21	10:00 AM	7.0	2.05	0.08	
03.02.21	9 AM	7.1	2.40	0.06	
05.02.21	6 AM	7.0	2.50	0.55	
09.02.21	8 AM	6.7	3.00	1.22	
10.02.21	8:36 PM	7.0	0.97	1.18	
13.02.21	10 PM	6.7	2.10	1.08	
15.02.21	6:50 PM	7.7	1.77	1.00	

Sede: Calle 13 No. 7 - 29, Telefax: (095) 554 85 81  
E - mail: apcesp@hotmail.com

Figura 43. Registro de parámetros en PTAP para el monitoreo del agua potable. Elaboración propia

“Fotografía 43. Continuación”


 Administradora Pública Cooperativa  
 Empresa Solidaria de San Martín  
 Nit. 830514235 - 1


 REPONSABILIDAD DE TODOS

República de Colombia  
 Departamento del Cesar  
 Municipio de San Martín

### MONITOREO DE TOMA DE MUESTRA DE AGUA POTABLE EN LA PTAP 2019

DIA	HORA	PH	COLOR T.	TURBIDEZ	COLOR
20.01.20	10: AM	7.1	1.30	0.97	10
24.01.20	4: AM	7.0	0.95	1.38	
25.01.20	6: PM	6.9	0.80	0.99	
29.01.20	6: AM	7.0	2.19	0.54	
01.02.20	2: PM	7.7	1.84	0.35	15
02.02.20	3: pm	6.9	1.90	0.40	10
02.02.20	6: PM	7.0	1.05	0.26	10
09.02.20	10: AM	7.0	0.77	0.20	10
13.02.20	7: AM	7.2	1.5	0.23	
14.02.20	10: AM	7.0	1.12	0.45	
05.03.20	6: AM	7.2	1.5		
17.03.20	7: AM				
27.04.20	3: PM	6.7	1.50	0.26	
02.04.20	6: AM	6.9	1.90	0.44	
04.05.20	6: 30 PM				
08.05.20				1.25	
12.08.20		7.0	1.3		
15.08.20		7.2	2.4		
26.08.20		7.0	1.9		
18.02.21	6: AM	7.1	2.50	1.90	
22.02.21	11 AM	7.6	2.00	1.15	
23.02.21	9: AM	7.3	1.96		
	9: AM	7.1		0.25	
25.02.21	9: AM	7.3	2.6	1.12	
26.02.21	2: PM	7.5	2.30	0.36	
03.02.21	9: 30	7.1	2.40	0.14	
04.02.21	7: AM	7.3	2.44	0.13	
06.03.21	10: AM	7.0	2.50	0.13	
08.03.21	8: AM	7.0	1.36	0.01	
10.03.21	7: 30 AM	7.7	1.50	0.25	
15.03.21	10: AM	7.0	2.17	0.82	


Sede: Calle 13 No. 7 - 29, Telefax: (095) 554 85 81  
 E - mail: [apccsp@hotmail.com](mailto:apccsp@hotmail.com)

RESPONSABILIDAD DE TODOS





## Apéndice D: Registro fotográfico de los resultados de la muestra de agua potable



**siama**  
NIT. 804.016.152-8

### REPORTE DE RESULTADOS N° FQ - 196435

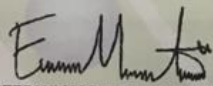
Fecha de emisión: 5 de mayo de 2021		Código de la muestra: 196435	
Solicitante: ADMINISTRADORA PUBLICA COOPERATIVA EMPRESA SOLIDARIA DE SAN MARTIN CESAR-APCES			
Dirección: CALLE 13 # 7-29			
Muestra: 7703			
Fecha de muestreo: 23 de abril de 2021		Matriz: Agua Tratada	
Fecha de recepción: 24 de abril de 2021		Responsable de muestreo: SOLICITANTE	
Envase o empaque: Plástico		Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE	
Tipo de muestreo: Puntual		Tamaño de la muestra: 2000 ml	
Condiciones de recepción de la muestra: Refrigeradas		Plan de muestreo: //	
Observaciones: Datos suministrados por el cliente: Cloro residual libre: 1,3 , pH: 7,20			

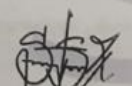
**ANÁLISIS FISCOQUÍMICO**

Fecha de análisis:	VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
29/04/2021	*ALUMINIO +3	SM 3030 F, SM 3111 D	< 0,2	mg Al/L	Máx. 0,2
30/04/2021	*CALCIO	SM 3500 Ca B	12,4	mg Ca/L	Máx. 60
29/04/2021	*CLORUROS	SM 4500-Cl B	3,8	mg Cl/L	Máx. 250
29/04/2021	*CONDUCTIVIDAD (25 °C)	SM 2510 B	143,7	µs/cm	Hasta 1000
30/04/2021	*HIERRO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 B	< 0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3
24/04/2021	*SURFACTANTES - SURFACTANTES ANIÓNICOS COMO (SAAM)	SM 5540 C	< 0,25	mg SAAM/L	---
24/04/2021	*TURBIDEZ	SM 2130 B	3,4	NTU	Máx. 2
24/04/2021	ALCALINIDAD P	SM 2320 B	< 2,0	mg CaCO <sub>3</sub> /L	---
24/04/2021	COLOR APARENTE	SM 2120 C	18	Unid Pt - Co	Máx. 15

N.D. NO DETECTABLE  
\* Variables realizadas en SIAMA. acreditadas por IDEAM Resolución 1277 de 2019, extensión Resolución 0150 de 2020.  
\*\* Variables subcontratadas  
\*\*\* Variables subcontratadas con laboratorio acreditado

**OBSERVACIONES:** SM: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 23th.  
Las siguientes variables se encuentran fuera de los valores aceptables de acuerdo a lo establecido por la resolución 2115/07 para la calidad del agua de consumo humano: Turbidez y Color aparente  
Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.  
Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco.  
Nota: la muestra a la que se refieren los datos de este reporte, ha sido proporcionada por el SOLICITANTE, por lo tanto SIAMA no es responsable del origen o fuente de donde se ha extraído dicha muestra. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la (s) muestra(s) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dicha(s) muestra(s).  
Por solicitud del cliente se analiza(n) la(s) muestra(s) teniendo en cuenta que el tiempo para el análisis de alguna(s) variable(s) supera las recomendaciones de los métodos estándar.

Elaboró:   
**ESTEFANI MORALES APARICIO**  
COORDINADOR DE FISCOQUÍMICA  
QUÍMICA AMBIENTAL PQAmb 00110

Revisó:   
**SERGIO ALEXANDER ROJAS SERRANO**  
DIRECTOR DE FISCOQUÍMICA  
ING. BIOTECNOLÓGICO

FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS

Código	R - 051	Versión	0.4	Fecha	10/02/2020	Página	1 de 1
--------	---------	---------	-----	-------	------------	--------	--------


Servicios Integrados para la Industria del Agro, Minero - Energética y el Medio Ambiente.

[www.siama.co](http://www.siama.co)

Carrera 24 No. 36 - 11; Teléfonos +57 7 634 80 00 Celular 318 707 0821 Bucaramanga - Colombia . info@siama.co

Figura 45. Registro de los resultados obtenidos para muestra de agua potable tomada el día 23 de abril 2021 Elaboración propia

"Figura 45. Continuación"


**siama**  
 NIT. 804.016.152-8

### REPORTE DE RESULTADOS N° MB-196435

Fecha de emisión: 07 de mayo de 2021 Solicitante: <b>ADMINISTRADORA PUBLICA COOPERATIVA EMPRESA SOLIDARIA DE SAN MARTIN CESAR - APCES</b> Dirección: CALLE 13 No 7-29 San Martin Muestra: 7703 Fecha de muestreo: 23 de abril de 2021 Fecha de recepción: 24 de abril de 2021 Envase o empaque: Vidrio Tipo de muestreo: Puntual Condiciones de recepción de la muestra: Refrigerada Observaciones: //	Código de la muestra 196435 Matriz: Agua tratada Responsable de muestreo: Solicitante Procedimiento de muestreo: Solicitante Tamaño de la muestra: 500 mL Plan de muestreo: // Lote: //
---	---

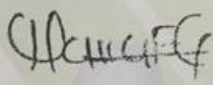
#### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO


Fecha de análisis:	VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
24-04-2021 26-04-2021	RECuento DE AEROBIOS MESÓFILOS	SM. 9215 D	20	UFC / 100 mL	Máx. 100
24-04-2021 25-04-2021	*COLIFORMES TOTALES	SM. 9222 J	0	UFC / 100 mL	0
24-04-2021 25-04-2021	* <i>Escherichia coli</i>	SM. 9222 J	0	UFC / 100 mL	0

SM: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, AWWA, WEF, APHA. 23th EDITION-2017  
 \* Variables realizadas en SIAMA. Acreditadas por IDEAM bajo Resolución 1277 de 2019 extensión Resolución 0150 de 2020.

**OBSERVACIONES:** Las variables analizadas se encuentran dentro de los valores aceptables según los requisitos microbiológicos de la Resolución 2115/07 para agua de consumo humano.

Nota: La muestra a la que se refieren los datos de este reporte, ha sido proporcionada por el SOLICITANTE, por lo tanto, SIAMA no es responsable del origen o fuente de donde se ha extraído dicha muestra. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la(s) muestra(s) y por tanto se refieren (única y exclusivamente a dicha(s) muestra(s)).  
 Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.  
 Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco.

  
 Elaboró: **MARÍA FERNANDA GRIMALDOS SANCHEZ**  
 ANALISTA MICROBIOLOGÍA  
 MICROBIÓLOGA. REG. FOLIO 82332-322  
**FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS.**

  
 Revisó: **BRAYAN VILLAMIZAR PÉREZ**  
 DIRECTOR MICROBIOLOGÍA  
 MICROBIÓLOGO. REG. FOLIO. 799 13-L

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

Código:	R-051	Versión:	0.4	Fecha:	10/02/2020	Página:	1 de 1
---------	-------	----------	-----	--------	------------	---------	--------

Servicios Integrados para la Industria del Agro, Minero - Energética y el Medio Ambiente.  
**www.siama.co**

Carrera 24 No. 36 - 11. Teléfonos +57 7 634 80 00 Celular 318 707 0821 Bucaramanga - Colombia . info@siama.co

## Apéndice E: Formato Test de Jarra para aplicación del Coagulante a la planta

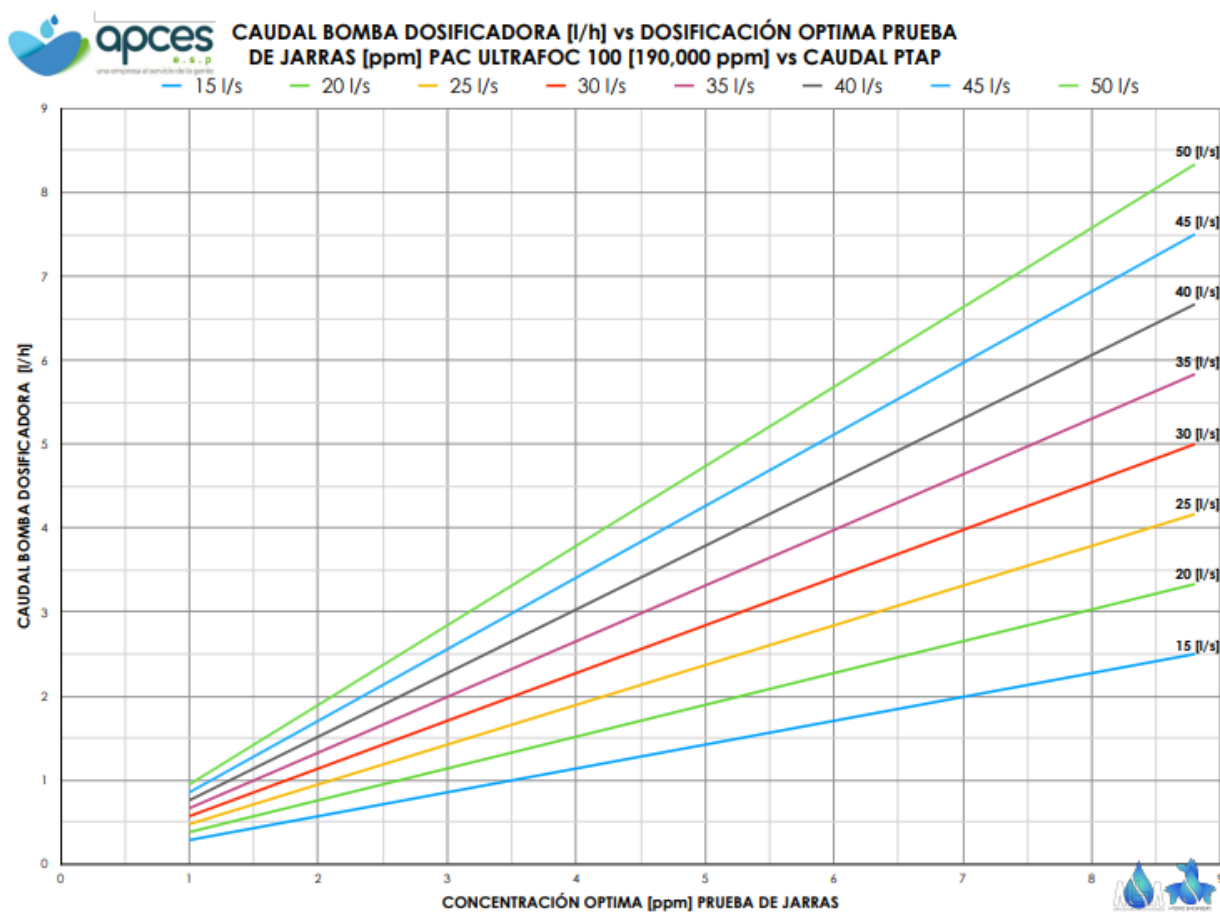


Figura 46. Dosificación de coagulante en relación al caudal de entrada y la concentración óptima. Elaboración propia



## Apéndice F: Determinación de volúmenes de solución de PAC a usar en Prueba de Jarras

### DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA SOLUCIÓN PATRÓN A USAR EN JARRAS SEGÚN CONCENTRACIÓN DESEADA



DATOS SOLUCIÓN PATRÓN	
Volumen (ml)	1000
Concentración (ppm)	1900
Volumen soluto (ml)	10
Volumen solvente (ml)	990

$C1 \cdot V1 = C2 \cdot V2$	
<b>C1</b>	Concentración de la solución patrón (ppm)
<b>V1</b>	Volumen tomado de la solución patrón (ml)
<b>C2</b>	Concentración deseada en cada jarra (ppm)
<b>V2</b>	Volumen de solución en cada jarra (ml)

### DATOS DE JARRAS A DIFERENTES CONCENTRACIONES
















				
Volumen (mL) 1000 Concentración (ppm) 0,5 Volumen soluto (mL) 0,26	Volumen (mL) 1000 Concentración (ppm) 1 Volumen soluto (mL) 0,53	Volumen (mL) 1000 Concentración (ppm) 1,5 Volumen soluto (mL) 0,79	Volumen (mL) 1000 Concentración (ppm) 2 Volumen soluto (mL) 1,05	Volumen (mL) 1000 Concentración (ppm) 2,5 Volumen soluto (mL) 1,32
				
Volumen (mL) 1000 Concentración (ppm) 3 Volumen soluto (mL) 1,58	Volumen (mL) 1000 Concentración (ppm) 3,5 Volumen soluto (mL) 1,84	Volumen (mL) 1000 Concentración (ppm) 4 Volumen soluto (mL) 2,11	Volumen (mL) 1000 Concentración (ppm) 4,5 Volumen soluto (mL) 2,37	Volumen (mL) 1000 Concentración (ppm) 5 Volumen soluto (mL) 2,63
				
Volumen (mL) 1000 Concentración (ppm) 5,5 Volumen soluto (mL) 2,89	Volumen (mL) 1000 Concentración (ppm) 6 Volumen soluto (mL) 3,16	Volumen (mL) 1000 Concentración (ppm) 6,5 Volumen soluto (mL) 3,42	Volumen (mL) 1000 Concentración (ppm) 7 Volumen soluto (mL) 3,68	Volumen (mL) 1000 Concentración (ppm) 7,5 Volumen soluto (mL) 3,95

Figura 47. Cálculo de volúmenes a usar en cada jarra de la solución preparada con PAC. Elaboración propia

"Figura 47. Continuación"



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	8
Volumen soluto (mL)	4,21



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	8,5
Volumen soluto (mL)	4,47



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	9
Volumen soluto (mL)	4,74



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	9,5
Volumen soluto (mL)	5,00



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	10
Volumen soluto (mL)	5,26



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	10,5
Volumen soluto (mL)	5,53



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	11
Volumen soluto (mL)	5,79



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	11,5
Volumen soluto (mL)	6,05



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	12
Volumen soluto (mL)	6,32



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	12,5
Volumen soluto (mL)	6,58



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	13
Volumen soluto (mL)	6,84



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	13,5
Volumen soluto (mL)	7,11



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	14
Volumen soluto (mL)	7,37



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	14,5
Volumen soluto (mL)	7,63



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	15
Volumen soluto (mL)	7,89



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	15,5
Volumen soluto (mL)	8,16



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	16
Volumen soluto (mL)	8,42



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	16,5
Volumen soluto (mL)	8,68



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	17
Volumen soluto (mL)	8,95



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	17,5
Volumen soluto (mL)	9,21

"Figura 47. Continuación"



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	18
Volumen soluto (mL)	9,47



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	18,5
Volumen soluto (mL)	9,74



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	19
Volumen soluto (mL)	10,00



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	19,5
Volumen soluto (mL)	10,26



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	20
Volumen soluto (mL)	10,53



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	20,5
Volumen soluto (mL)	10,79



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	21
Volumen soluto (mL)	11,05



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	21,5
Volumen soluto (mL)	11,32



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	22
Volumen soluto (mL)	11,58



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	22,5
Volumen soluto (mL)	11,84



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	23
Volumen soluto (mL)	12,11



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	23,5
Volumen soluto (mL)	12,37



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	24
Volumen soluto (mL)	12,63



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	24,5
Volumen soluto (mL)	12,89



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	25
Volumen soluto (mL)	13,16



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	25,5
Volumen soluto (mL)	13,42



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	26
Volumen soluto (mL)	13,68



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	26,5
Volumen soluto (mL)	13,95



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	27
Volumen soluto (mL)	14,21



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	27,5
Volumen soluto (mL)	14,47

“Figura 47. Continuación”



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	28
Volumen soluto (mL)	14,74



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	28,5
Volumen soluto (mL)	15,00



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	29
Volumen soluto (mL)	15,26



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	29,5
Volumen soluto (mL)	15,53



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	30
Volumen soluto (mL)	15,79



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	30,5
Volumen soluto (mL)	16,05



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	31
Volumen soluto (mL)	16,32



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	31,5
Volumen soluto (mL)	16,58



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	32
Volumen soluto (mL)	16,84



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	32,5
Volumen soluto (mL)	17,11



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	33,5
Volumen soluto (mL)	17,63



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	34
Volumen soluto (mL)	17,89



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	34,5
Volumen soluto (mL)	18,16



Volumen (mL)	1000
Concentración (ppm)	35
Volumen soluto (mL)	18,42



“Figura 47. Continuación”

**NOTA**

Teniendo en cuenta las recomendaciones del producto, en las que se indica que la dosis máxima de aplicación para tratamiento de agua potable es 250 mg/L y cuya Densidad del producto está entre 1,25 g/cm<sup>3</sup> y 1,35 g/cm<sup>3</sup>; se recomienda aplicar hasta 18,36 cm<sup>3</sup> de la solución preparada puesto que:

Densidad PAC (p): 1,35 g/cm<sup>3</sup>  
 PAC usado en la Solución: 10cm<sup>3</sup>  
 Peso del volumen del PAC usado en la Solución p) (v)

$$m = (1,35 \text{ g/cm}^3) (10 \text{ cm}^3)$$

$$m = 13,5 \text{ g} \rightarrow m = 13500 \text{ mg}$$

Dosis en la Solución (D):  $D = 13500\text{mg}/990 \text{ cm}^3$   
 $D = 13,63 \text{ mg/cm}^3$

Volumen usado de la Solución patrón para una concentración de 0,5 ppm en un volumen de 1L de solución en jarra = 0,26 cm<sup>3</sup>  
 Entonces se calcula el peso de los 0,26 cm<sup>3</sup>

$$m = (D) (v)$$

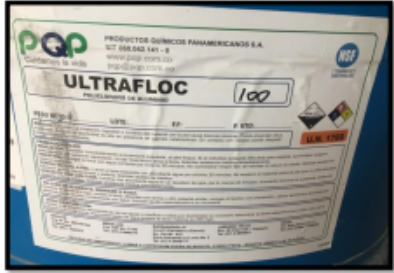
$$m = (13,63 \text{ mg/cm}^3) (0,26 \text{ cm}^3)$$

$$m = 3,54 \text{ mg}$$

Se procede a realizar regla de 3 para determinar con que volumen de la solución se aplicarían los 250mg /L

0,26 cm <sup>3</sup>	3,54 mg/L
X	250 mg/L
X=	<b>18,36 cm<sup>3</sup></b>

Volumen Volumen de







### Apéndice I: Cálculo del Índice de continuidad-IC

Cons.	Barrio	No. Suscriptores	Suministro (h/día)	Sector	Nhs suministradas/mes	Población	Nº horas en un mes	IC
1	Las Orquídeas, Porvenir, Villa miriam, Buenos aires parte alta, Centro, Argemira pedraza	852	13,3	Alto	404,5416667	2641,2	730	2,893667007
2	Urbanización las américas, San jose, Alejandrina, El trebol, William quintero, La cumbre, Villa Lucy, Villa torcoroma, El bosque, Margarita	829	8	Alto	243,3333333	2569,9	730	1,693564862
3	20 de mayo	132	8	Bajo	243,3333333	409,2	730	0,269662921
4	Esperanza Nº 1, Esperanza Nº2, San Alonso, El socorro, San pedro	544	13,3	Bajo	404,5416667	1686,4	730	1,847599591
5	Villa nueva	68	4	Bajo	121,6666667	210,8	730	0,069458631
6	Santa helena	45	6,5	Bajo	197,7083333	139,5	730	0,074693565
7	San vicente- Parte Alta, San jorge parte alta	115	8	Bajo	243,3333333	356,5	730	0,234933606
8	San vicente parte baja	32	12	Bajo	365	99,2	730	0,098059244
9	La Floresta Nº1	135	7,5	Bajo	228,125	418,5	730	0,258554648
10	La Floresta Nº2	134	7	Bajo	212,9166667	415,4	730	0,239530133
11	San Jorge parte Baja	153	4	Bajo	121,6666667	474,3	730	0,15628192
12	Buenos aires parte baja	251	5,5	Bajo	167,2916667	778,1	730	0,35252809
13	Urbanización maria fernada	34	12	Alto	365	105,4	730	0,104187947
14	Villa marcela 1, Villa marcela 3	378	4	Alto	121,6666667	1171,8	730	0,386108274
15	Villa marcela 2	125	3	Bajo	91,25	387,5	730	0,095760981
16	El diamane 1, El diamante 2	59	4	Bajo	121,6666667	182,9	730	0,060265577
17	Puerta del sol	24	6	Bajo	182,5	74,4	730	0,036772217
18	29 de Mayo - Saul Celis	6	3	Bajo	91,25	18,6	730	0,004596527
	<b>TOTALES</b>	<b>3916</b>	<b>129,1</b>			<b>12139,6</b>		<b>8,876225741</b>

Figura 50. Cálculo del índice de continuidad. Elaboración propia