

PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA PARA EL MUNICIPIO DE TOCAIMA



ANGELA JULIETTE SÁNCHEZ MALDONADO
WILLIAM VLADIMIR GONZÁLEZ CASTIBLANCO

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.

2017

PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA PARA EL MUNICIPIO DE TOCAIMA

ANGELA JULIETTE SÁNCHEZ MALDONADO
WILLIAM VLADIMIR GONZÁLEZ CASTIBLANCO

Trabajo de grado

Director: Ing. José Luis Díaz Arévalo
Asesor: Andrés Felipe Martínez Urrego
Par Académico: Humberto Pérez

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.

2017

Nota de aceptación

El proyecto plan de seguridad del
agua para el municipio de Tocaima
fue revisado y aceptado, igual que
la presentación del mismo.



Firma del jurado



Firma del par académico

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de este documento se lo agradezco a Dios por darme la sabiduría y el entendimiento necesario para culminar la etapa más importante de mi carrera profesional.

A mis hermanos Mario y Yise por que pese a la distancia han sabido motivarme durante los tropiezos de mi vida.

A Florecilla, mi mami, la columna y fuente de inspiración, motivación y motor indispensable. Gracias por guiarme, aconsejarme y apoyarme en cada decisión y paso que he dado.

Angela Sanchez M.

PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA PARA EL MUNICIPIO DE TOCAIMA

RESUMEN

Para definir un sistema de abastecimiento de agua potable como eficiente y seguro, éste debe garantizar que tendrá un correcto funcionamiento en todo momento y que en caso de que se produzca un incidente de contaminación u operacional, será capaz de enfrentarlo sin afectar la calidad del agua que se le suministra al consumidor. Para cumplir a cabalidad con esto, se plantea la implementación de un Plan de Seguridad del Agua (PSA), el cual tiene como objetivos principales: minimizar la contaminación de las fuentes hídricas, que se realicen adecuadamente los procesos de tratamiento del agua y la prevención de la contaminación durante los diferentes procesos del sistema.

En este proyecto se presentará el diseño de un Plan de Seguridad del Agua para el sistema de abastecimiento de agua potable del municipio de Tocaima, ubicado en el departamento de Cundinamarca. El PSA para la empresa INGEAGUA S.A.S. E.S.P., se evaluará con criterios puntuables basados en el Manual para el Desarrollo de Planes de Seguridad del Agua de la Organización Mundial de la Salud; después de dicho estudio se presentarán las medidas de control que se deben tomar ante los riesgos y peligros encontrados y posteriormente cómo podría reaccionar al implementar tales medidas.

PALABRAS CLAVES: PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA PARA EL MUNICIPIO DE TOCAIMA, AGUA POTABLE, CALIDAD DEL AGUA, RIESGO, PLANTA DE TRATAMIENTO, EVENTO PELIGROSO, MEDIDAS DE CONTROL, PROCESOS DE TRATAMIENTO ADECUADOS.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	11
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
2.1	ALCANCE	12
3.	JUSTIFICACIÓN	13
4.	OBJETIVOS.....	14
4.1	OBJETIVO GENERAL	14
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
5.	MARCO REFERENCIAL	15
5.1	ESTADO DEL ARTE.....	15
5.1.1	Implementación de Planes de Seguridad del agua a nivel Mundial	15
5.1.2	Implementación de Planes de Seguridad del agua en Colombia	15
5.2	TEÓRICO	17
5.2.1	Plan de seguridad del agua	17
5.2.2	Calidad del agua.....	17
5.2.3	Problemas relacionados con la calidad del agua	17
5.3	CONCEPTUAL	18
6.	NORMATIVIDAD APLICABLE	20
7.	METODOLOGÍA	21
7.1	PREPARACIÓN.....	21
7.1.1	Medidas preliminares y formación del equipo del PSA.....	21
7.2	EVALUACIÓN DEL SISTEMA	22
7.2.1	Descripción del sistema de suministro de agua	22
7.2.2	Determinación de los peligros y evaluación de los riesgos	22
7.2.3	Determinación y validación de medidas de control, y nueva evaluación y clasificación de los riesgos	23
7.2.4	Elaboración de un plan de mejora o modernización.....	25
7.3	MONITOREO OPERATIVO	25
7.3.1	Definición del monitoreo de las medidas de control	25

7.4 GESTIÓN Y COMUNICACIÓN	25
7.4.1 Elaboración de procedimientos de gestión.....	25
7.5 RETROALIMENTACIÓN Y MEJORA	25
7.5.1 Planificación y realización de exámenes periódicos del PSA	25
7.5.2 Revisión del PSA tras un incidente	26
8. IMPLEMENTACIÓN DEL PSA EN EL MUNICIPIO DE TOCAIMA	27
8.1 MEDIDAS PRELIMINARES Y FORMACIÓN DEL EQUIPO DEL PSA.....	27
8.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA.....	28
8.2.1 Descripción general de la PTAP	28
8.2.2 Materia prima.....	30
8.2.3 Procedimiento para los insumos	30
8.3 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO.....	30
8.3.1 Bocatoma	30
8.3.2 Aducción.....	31
8.3.3 Dosificación de coagulantes	31
8.3.4 Aforo	32
8.3.5 Mezcla rápida	33
8.3.6 Floculación	34
8.3.7 Tanques de sedimentación	35
8.3.8 Filtración rápida	36
8.3.9 Estación de válvulas	36
8.3.10 Desinfección	37
8.3.11 Tanques de almacenamiento enterrados (Distribución por bombeo)	39
8.3.12 Cuarto de Bombeo.....	39
8.3.13 Tanque de distribución principal.....	40
8.4 ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES	40
8.5 CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE.....	41
8.6 DETERMINACIÓN DE LOS PELIGROS Y EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS	44

8.7 DETERMINACIÓN Y VALIDACIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL, Y NUEVA EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS	57
8.7.1 Medidas de control en la bocatoma	57
8.7.2 Medidas de control en conducción hasta Apulo	59
8.7.3 Medidas de control en la Aducción	60
8.7.4 Medidas de control en la dosificación	61
8.7.5 Medidas de control en aforador y mezclador.....	62
8.7.6 Medidas de control en la floculación	63
8.7.7 Medidas de control en sedimentación	64
8.7.8 Medidas de control en la filtración.....	64
8.7.9 Medidas de control en la desinfección	64
8.7.10 Medidas de control en cuarto de almacenamiento	65
8.7.11 Medidas de control en bombeo	65
8.7.12 Medidas de control en tanques de almacenamiento de agua.....	66
8.8 ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA O MODERNIZACIÓN	87
8.9 MONITOREO OPERATIVO	95
8.10 ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE GESTIÓN	105
8.11 PLANIFICACIÓN Y REALIZACIÓN DE EXÁMENES PERIÓDICOS DEL PSA	107
8.12 REVISIÓN DEL PSA TRAS UN INCIDENTE	109
9. CONCLUSIONES	110
10. RECOMENDACIONES.....	112
11. BIBLIOGRAFÍA.....	113

TABLA DE IMÁGENES

Imagen 1. Mapa Territorial de Tocaima	19
Imagen 2. Etapas de la metodología	21
Imagen 3. Localización bocatoma y conducción a Tocaima.....	28
Imagen 4. Esquema PTAP	29
Imagen 5. Rejilla de fondo	31
Imagen 6. Canal cerrado	31
Imagen 7. Entrada a la planta, Dosificación	32
Imagen 8. Hidroxicloruro Mejorado	32
Imagen 9. Premezcla Polimero Aniónico	32
Imagen 10. Canal triangular.....	33
Imagen 11. Regleta de Aforo	33
Imagen 12. Mezclador Rápido (uno de los dos tanques)	34
Imagen 13. Tanques de coagulación	34
Imagen 14. Tanques de sedimentación	35
Imagen 15. Canales de salida del sedimentador	35
Imagen 16. Filtros	36
Imagen 17. Cuarto de válvulas	37
Imagen 18. Tanque Cloro Gaseoso	38
Imagen 19. Cloración.....	38
Imagen 20. Manómetro presión de Cloro	38
Imagen 21. Procedimiento manejo de tanques de cloro	38
Imagen 22. Tanques de almacenamiento enterrados	39
Imagen 23. Cuarto de bombas.....	39
Imagen 24. Tanque almacenamiento y distribución	40
Imagen 25. Laboratorio.....	41
Imagen 26. Máquina de jarras (laboratorio)	43
Imagen 27. Balneario vecino	58

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Puntaje según la probabilidad de ocurrencia.....	23
Tabla 2. Puntaje según la probabilidad de ocurrencia.....	23
Tabla 3: clasificación del riesgo	24
Tabla 4. Medidas de control y límites críticos según el nivel de riesgo	24
Tabla 5. Composición del equipo del PSA	27
Tabla 6. Equipo de trabajo del PSA	27
Tabla 7. Seguimiento a la tratabilidad del agua en la planta	42
Tabla 8. Informe de parámetros no aceptables por departamento según municipio	44
Tabla 9. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en la bocatoma	45
Tabla 10. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en la conducción ...	46
Tabla 11. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en el desarenador .	47
Tabla 12. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en la aducción	48
Tabla 13. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en la dosificación...	49
Tabla 14. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en el aforador y mezclador	50
Tabla 15. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en la floculación	51
Tabla 16. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en la filtración	52
Fuente: propia	52
Tabla 17. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en desinfección	53
Tabla 18. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en el almacenamiento	54
Tabla 19. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en el bombeo	55
Tabla 20. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en los tanques de almacenamiento	56
Tabla 21. Determinación y validación de medidas de control y límites críticos	67
Tabla 22. Reevaluación de los riesgos	80
Tabla 23. Plan de mejora.....	88

Tabla 24. Monitoreo operativo	96
Tabla 25. Procedimientos de gestión	106
Tabla 26. Formato acta comité técnico	108

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Informe de resultados de laboratorio – Entrada PTAP.....	115
Anexo B. Informe de resultados de laboratorio – Salida PTAP	116
Anexo C. Informe de resultados de laboratorio – Punto muestreo agua tratada (Colorada).....	117
Anexo D. Informe de resultados de laboratorio – Punto muestreo agua tratada (Residencial).....	118
Anexo E. Resultados de laboratorio prueba de jarras – Tabla Eficiencia, Tabla dosificación efectiva, Grafico Eficiencia.	119

1. INTRODUCCIÓN

Este documento presenta el Plan de Seguridad del Agua (PSA) para el sistema de abastecimiento de la zona urbana del municipio de Tocaima con el objetivo de identificar y prevenir riesgos de cualquier tipo que puedan presentarse en el sistema al momento de otorgar agua a cada uno de los suscriptores.

El PSA desarrollado identifica, traza y aplica medidas que, al ser implementadas, cientos de habitantes dejarán de preocuparse por la falta o mala calidad del recurso. Además, permitirá informar con anterioridad a los habitantes de cualquier evento de riesgo que ponga en juego la calidad del recurso y efecto en su salud, aumentando así, la confianza y apreciación del suministro, disminuyendo el desperdicio y aumentando la preservación del mismo.

Tocaima es un municipio que lamentablemente se destaca por tener un sistema de acueducto deficiente, por lo cual, en el año 2002 la Empresa Regional de Servicios Públicos de Tocaima y Agua de Dios decidió contratar un operador privado que tuviera el capital necesario para realizar un diagnóstico y optimizar el sistema. Desde el año 2012 y hasta la actualidad, el servicio de acueducto y alcantarillado está a cargo de la empresa “Ingeniería y Gestión del Agua S.A.S E.S.P.” (INGEAGUA S.A.S E.S.P). Sin embargo, se aplicará la metodología propuesta por la Organización Mundial de la Salud (OMS), diseñada especialmente para los Planes de Seguridad de Agua y posteriormente se entregará un informe (documento) final del estado del sistema que incluya las medidas de control necesarias para garantizar la calidad del agua de acuerdo a dicha metodología.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Durante décadas los habitantes del municipio de Tocaima han padecido problemas en cuanto a la obtención del agua potable debido a que el sistema de acueducto presenta deficiencias. Por ello, es necesario implementar estrategias que permitan que el municipio cuente con el recurso de forma constante.

El servicio público de acueducto para el municipio está a cargo de la empresa INGEAGUA S.A.S. E.S.P., la cual cuenta con una pequeña planta de tratamiento en el municipio de Tocaima donde lleva más de cinco años operando. La empresa INGEAGUA S.A.S. E.S.P. asegura que el líquido vital que suministra a los habitantes es apto y suficiente para el consumo humano pero, el suministro es suspendido todas las noches y hasta la mañana en todo el municipio, sin contar que en épocas de sequía, diferentes barrios y veredas pasan más de una semana sin obtener agua debido a que el caudal del río del que se abastecen es muy pequeño. Por ello la empresa que también está a cargo de la operación del suministro en el municipio de Agua de Dios, bombea agua desde el río Magdalena.

Para garantizar que el agua potable que se les suministra a los usuarios de la empresa INGEAGUA S.A.S. E.S.P. se encuentra en condiciones óptimas para el consumo, se realizará un Plan de Seguridad del Agua (PSA), el cual consiste en proponer la optimización del servicio prestado revisando a fondo los riesgos que se presentan en las diferentes etapas del sistema de abastecimiento y tratamiento. Todo esto, con el fin de asegurar que el líquido vital que llega al consumidor presente la menor contaminación y cumpla con los estándares de calidad.

2.1 ALCANCE

Los planes de seguridad del agua buscan asegurar que el líquido que se suministra a una determinada población cumpla con los parámetros de seguridad, y, un correcto seguimiento a éstos es indispensable para garantizarle a los habitantes de la zona urbana del municipio de Tocaima, los cuales también hacen parte del sistema de acueducto, que la empresa INGEAGUA S.A. E.S.P. entrega un líquido apto para el consumo humano. En éste documento se analizan los diferentes riesgos del sistema de abastecimiento de agua, adicional, se presentan las etapas del mismo con el fin de asegurar que el líquido que se entrega, el cual llegará finalmente a los diferentes hogares, centros de salud, escuelas y demás usuarios del casco urbano del municipio cumple con los estándares de calidad.

3. JUSTIFICACIÓN

El sistema de abastecimiento de agua potable del municipio de Tocaima no supe con la total necesidad que la población exige. Por otro lado, al indagar sobre la operación y los procedimientos de tratabilidad aplicados, se observó que las instalaciones, desde el punto de captación hasta la zona de distribución poseían riesgos asociados a situaciones que afectan los componentes del sistema y por ende la calidad del agua tratada.

El desarrollo de este modelo de Plan de Seguridad del Agua (PSA), permite determinar la manera en que se abastece esta población y plantear estrategias, programas y metodologías enfocadas a la continuidad del servicio y la mejora de la calidad del agua. Por otro lado, la implementación de este modelo permitirá que los habitantes del municipio reciban agua potable con mejores estándares de calidad, proyectar mejoras a la infraestructura del sistema de tratamiento, optimizar los procesos de tratabilidad y a su vez, crear hábitos de cuidado y preservación del recurso.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de seguridad del agua (PSA) para el sistema de abastecimiento del municipio de Tocaima, como material de ayuda para mitigar los riesgos que se presentan en todas las estructuras del sistema.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar los principios de un Plan de Seguridad del Agua (PSA) con el fin de proponer mecanismos que determinen los peligros fundamentales del sistema analizado y otorgar medidas de control para mejorar la calidad del agua y que el servicio de forma continua.
- Determinar las medidas de contingencia que se deben implementar teniendo en cuenta la calidad de agua que actualmente abastece el acueducto de Tocaima
- Evaluar el sistema de abastecimiento de agua mediante matrices de riesgo para plantear soluciones que logren que el agua que se otorgue al consumidor cumple con los parámetros de salubridad.
- Determinar y validar las medidas de control encontradas posterior a la visita de las instalaciones y su clasificación de los peligros.
- Proponer un plan de mejora funcional que incluya medidas correctoras que optimice el proceso de tratabilidad y la calidad del agua.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 ESTADO DEL ARTE

5.1.1 Implementación de Planes de Seguridad del agua a nivel Mundial

De acuerdo con (CRUZ, 2009), a nivel internacional se conocen experiencias de formulación de los PSA en países como Alemania, Portugal, Reino Unido, Islandia, Países Bajos, Japón, Bangladesh, China, Singapur, Uganda e Islas Fiji del Pacífico.¹

5.1.2 Implementación de Planes de Seguridad del agua en Colombia

Debido a la alta contaminación que presentan la mayoría de las fuentes hídricas en Colombia, es de gran importancia desarrollar e implementar los planes de seguridad del agua en el país. Como estrategia de mejoramiento de la calidad del agua potable, algunas empresas prestadoras de servicios públicos como las Empresas Públicas de Medellín E.S.P., Aguas de Cartagena S.A. E.S.P., Aguas de Manizales S.A. E.S.P., Centroaguas S.A. E.S.P., Proactiva Aguas de Montería S.A. E.S.P., Acuaviva S.A. E.S.P., entre otras, han implementado el Sistema de Gestión de Calidad (SGC) y se encuentran certificadas con la norma ISO 9001:2000 (Icontec, 2008), logrando un mejor control en los procesos y una mayor garantía del producto final.

Según (CRUZ, 2009), en términos de formulación de los PSA en Colombia, hasta ese año, sólo se había reportado una experiencia en un pequeño SAAP con capacidad de 80 L/s que abastece a un barrio del municipio de Yumbo, Valle del Cauca (Matta y Venegas, 2007). Las nuevas tendencias mundiales del sector de agua potable y saneamiento, el actual panorama del riesgo físico-químico y microbiológico en las fuentes de abastecimiento, y el nuevo marco normativo colombiano, invitan a las empresas prestadoras del servicio de agua en el país a asumir con responsabilidad el manejo y gestión del riesgo en cada uno de los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua potable, siendo el desarrollo e implementación de los PSA una herramienta preventiva para garantizar la calidad del agua potable hasta el usuario final y proteger la salud de la población.

¹ CRUZ C., PEREZ A. y TORRES P. Planes de seguridad del agua. Fundamentos y perspectivas de implementación en Colombia. En: EIA. Junio, 2009, Vol 29

Adicional a estos trabajos, se realizó una investigación por parte de dos estudiantes de la Universidad Santo Tomás para optar el título de ingenieros civiles. El trabajo llamado “Plan de Seguridad de Agua Potable para la Empresa de Servicios Públicos EMPOAPULO en el Municipio de Apulo” se desarrolló en el año 2013.

En el año 2012, se realizó un trabajo titulado “Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima” cuyo propósito fue describir la calidad del agua para consumo humano en áreas urbanas a lo largo del departamento y su relación con la incidencia notificada de Hepatitis A, Enfermedad Diarreica Aguda (EDA) e indicadores sociales en el año 2010 (Briñez, 2012). Así mismo aportó información para vigilar y mejorar la calidad del agua del departamento del Tolima.²

Posteriormente, en junio del año 2014 se publicó un artículo, el cual evaluó los riesgos en el Sistema de Distribución de Agua potable (SDA) de la ciudad de Cali (Colombia), el cual se abastece del río Cauca. Este trabajo entregó como resultado los eventos con mayor nivel de riesgo asociados al deterioro de la integridad física e hidráulica del SDA (daños en tuberías, fluctuaciones de presión, ausencia de información sistematizada sobre el SDA, fallas humanas, falta de capacitación, supervisión, conciencia del concepto aseguramiento del agua, corrosión interna y externa de elementos del SDA).³

También se han encontrado diferentes trabajos relacionados con la seguridad del agua; uno de ellos analizó la evolución que ha tenido el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable (SAAP) de la ciudad de Santiago de Cali, las mejoras y ampliaciones acordes a los requerimientos de crecimiento y desarrollo.⁴ Y otro que entrega un panorama del estado actual de los planes de seguridad de agua que se han implementado en Colombia y las ventajas de aplicar la

² Briñez A., Guarnizo G., Arias V., Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. En: Revista Facultad Nacional De Salud Pública. 30(2), 175-182. Año 2012

³ Amézquita C., Pérez A., Torres P. Evaluación del riesgo en sistemas de distribución de agua potable en el marco de un plan de seguridad del agua. En: EIA Vol. 11. Ed. N.21. Enero-junio 2014 / pp. 157-169.

⁴ Pérez A., Delgado L., Torres P. Evolución y perspectivas del sistema de abastecimiento de la ciudad de Santiago de Cali frente al aseguramiento de la calidad del agua potable. En: Ingeniería y Competitividad Vol. 14, No. 2, p. 69 - 81 (2012).

metodología propuesta por la OMS, los principales riesgos y peligros de un sistema de abastecimiento de agua.⁵

5.2 TEÓRICO

5.2.1 Plan de seguridad del agua

Según lo describe la Tercera Edición de las Guías de la OMS, el PSA es un plan (o varios planes) documentado que identifica posibles riesgos desde la captación hasta el consumidor; los precisa, prioriza, e implementa medidas de control para mitigarlos. Este plan se complementa con procesos para verificar la efectividad de los sistemas de control aplicados y la calidad del agua producida, permitiendo el aseguramiento sostenido de la calidad del sistema de abastecimiento de agua potable en todas sus etapas, los que son fundamentales para obtener agua segura, proteger la salud y apoyar el desarrollo de la comunidad.⁶

5.2.2 Calidad del agua

Cuando se menciona el término calidad, se refiere a un líquido que sea apto para el consumo humano, que la cantidad de metales pesados que posee sea el mínimo establecido por la norma y que en general, las características físicas, químicas y biológicas cumplan los estándares.

La calidad del agua se controla, en general, aplicando estrategias que permitan proteger la principal fuente de abastecimiento, controlando los procesos de tratamiento, creando planes para la correcta distribución y manejo del agua.

5.2.3 Problemas relacionados con la calidad del agua

Existen diferentes pruebas de laboratorio que permiten determinar la calidad del agua, todas estas con el fin de prevenir riesgos y reducir posibles daños en la salud del consumidor. Los problemas más comunes están relacionados con enfermedades y con la dotación suministrada a cada suscriptor, pues no cumple con los estándares de calidad y la cantidad que debería llegar a cada hogar, industria o escuela es deficiente.

⁵ Díaz C. Mateo C., Mendoza P. Dignory A., Mesa F. Duvan J., Díaz A. José L. (2013). Estado actual de la incorporación de los planes de seguridad del agua en Colombia. En: Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2013).

⁶ Rojas R. Planes de seguridad del agua (PSA). En: Organización Panamericana de la Salud. HDT. No. 100. Marzo de 2006.

5.3 CONCEPTUAL

El municipio comprende las veredas de Portillo, Santa Lucia, Corinto, Catarnica, La Colorada y La Salada.

Es un municipio que cuenta con 18387 habitantes en el sector urbano y rural. Fue fundada el 20 de marzo de 1544 por Hernán Venegas Carrillo y estaba ubicada inicialmente un poco más abajo de lo que se encuentra en la actualidad.

“En la división territorial de Colombia, Tocaima forma parte de la Provincia del Alto Magdalena, en el suroeste del Departamento de Cundinamarca. Está situada en la parte media de la Región Andina, margen izquierdo de la cordillera Oriental y distante 30 Km. del margen derecho del Río Magdalena a la altura del Municipio de Girardot, pertenece a la subregión natural central del valle cálido del Alto Magdalena; se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 287 metros de altitud de la parte baja de Pubenza, límite con el vecino municipio de Girardot y a los 1.568 metros de altitud en el Alto del Trigo, extremo norte de Copó; La cabecera municipal se encuentra a 400 metros sobre el nivel del mar. La cabecera municipal de Tocaima se localiza a 4 grados 26 minutos de Latitud Norte y a 74 grados 38 minutos de Longitud Oeste”.⁷

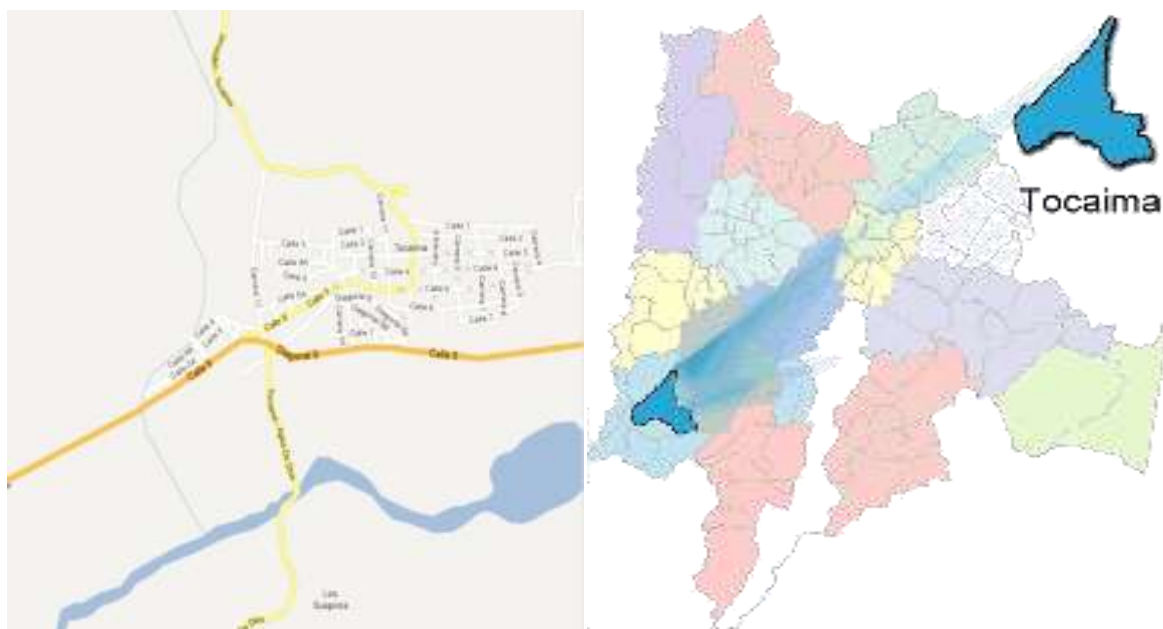
El municipio limita al occidente con Girardot, por el noroeste con Nariño y Jerusalén, por el oriente y norte con Apulo, por el oriente con Viotá y Nilo y Agua de Dios por el sur.

Datos generales del municipio de Tocaima

- **Extensión total:** 246 Km²
- **Extensión área urbana:** 2.8 Km²
- **Extensión área rural:** 243 Km²
- **Altitud de la cabecera municipal:** 400 m.s.n.m.
- **Temperatura media:** 28° C
- **Distancia de referencia:** 102 km de Bogotá

⁷ Disponible en la Web: http://www.tocaima-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml

Imagen 1. Mapa Territorial de Tocaima



Fuente: Alcaldía de Tocaima, Cundinamarca

El municipio hace parte de la cuenca del río Bogotá. Cuenta con varias fuentes hídricas que sirven de suministro de agua para los balnearios y zonas recreativas para turistas, por lo que ha sido catalogada como la ciudad salud en tratamientos terapéuticos.

Existen dos rutas principales para llegar a Tocaima desde Bogotá. La primera es por la vía que desde Bogotá conduce a Mosquera, Tena, La Mesa, Anapoima, Apulo y finalmente a Tocaima; y la segunda, es por la salida a Soacha, luego pasa por Granada, Silvania, Fusagasugá, Boquerón, Melgar, Ricaurte, Girardot, Tocaima. Pero existe un desvío que se puede tomar después de pasar por Melgar y antes de llegar a Girardot y es la vía que pasa por Agua de Dios para llegar a Tocaima por el puente de los Suspiros.

6. NORMATIVIDAD APLICABLE

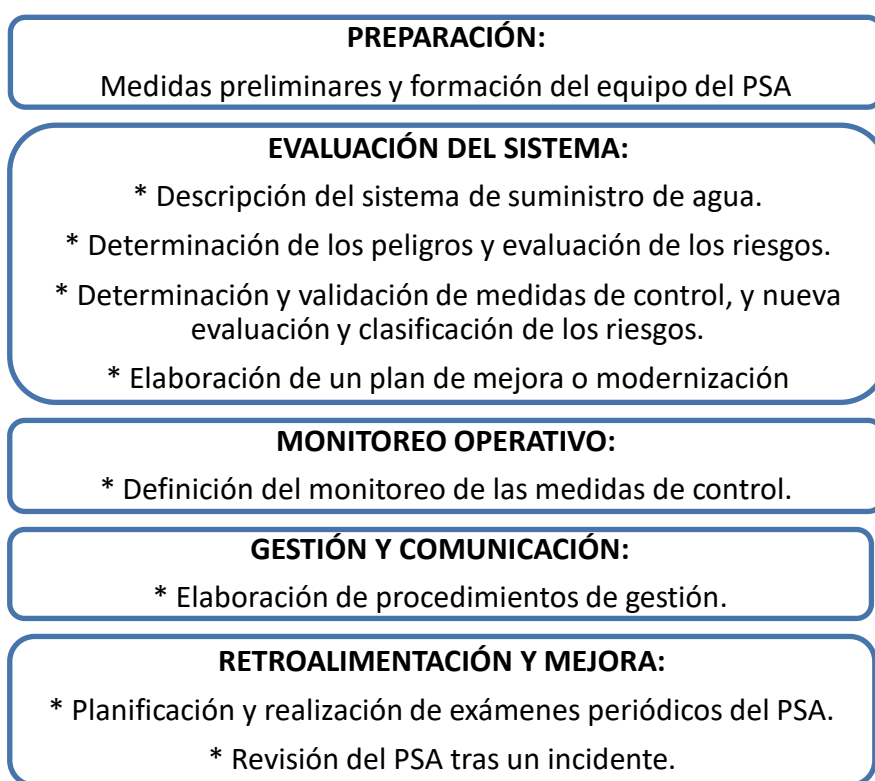
Los diferentes decretos y resoluciones que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar e implementar el PSA son los siguientes:

- Artículos del Decreto 1575 de 2007 del Ministerio de la Protección Social en el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
- Artículos 80, 81, 83, 149 y 150 del Decreto 2811 de 1974 del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
- Resolución 82 de 2009 por medio de la cual se adoptan formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano.
- Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el cual se exponen las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

7. METODOLOGÍA

La metodología empleada es la propuesta por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la cual entrega una serie de parámetros a seguir a la hora de elaborar y ejecutar un plan de seguridad del agua (PSA). Está compuesto de 5 fases de preparación, evaluación del sistema, monitoreo operativo, gestión y comunicación, retroalimentación y mejora del sistema, que a su vez, están divididos en 11 módulos de la siguiente manera:

Imagen 2. Etapas de la metodología



Fuente: propia

7.1 PREPARACIÓN

7.1.1 Medidas preliminares y formación del equipo del PSA

Etapas en la que se organiza el equipo de trabajo para el PSA, el cual debe estar compuesto por personas calificadas, que cuenten con los conocimientos técnicos

necesarios para determinar los peligros que pueden afectar la calidad del agua y a su vez, que garanticen la seguridad del sistema de abastecimiento. De ser necesario, no importa que uno o varios de los miembros del equipo de trabajo sean de lugares externos al municipio, pues lo que se pretende es que el grupo esté conformado por personal calificado que certifique el funcionamiento del sistema.

En ésta etapa se realiza un esquema que presenta cómo es que está compuesto el equipo, el cargo que desempeña cada miembro, su especialidad, su función e información de contacto. Ellos deberán establecer cuál será la metodología que aplicarán para evaluar el riesgo y el plazo máximo para desarrollar el PSA.

7.2 EVALUACIÓN DEL SISTEMA

7.2.1 Descripción del sistema de suministro de agua

Se realiza una visita al sistema de abastecimiento de agua con el fin de inspeccionar cada uno de sus componentes, describirlos detalladamente, pues de ello dependerá el proceso de evaluación de riesgos del sistema. Toda la información recolectada servirá para determinar la vulnerabilidad del sistema frente a algún evento peligroso y las medidas preventivas que se deban realizar.

Se elaborará un diagrama de flujo que describa la composición del sistema.

La etapa incluye recolectar toda la información sobre la localización de la planta de tratamiento, su capacidad de producción, normas y pruebas de tratabilidad del agua, materiales y equipos con lo que cuenta actualmente el sistema, así como la información de la fuente o fuentes del agua y cambios climatológicos que se conozcan como sospechosos y que puedan afectar la fuente.

7.2.2 Determinación de los peligros y evaluación de los riesgos

Luego de analizar los componentes del sistema, se determinaron los peligros y posibles eventos peligrosos en cada uno de ellos, esto solo se logra visitando las instalaciones y recolectando información específica del sistema otorgada por operarios y habitantes del sector.

Para evaluar el riesgo se tendrán presentes aspectos que incidan en la salud de las personas, así como también la reputación del sistema, pues es un evento que puede resultar peligroso en cuanto a la confiabilidad de la comunidad hacia el sistema.

Se realizaron análisis de laboratorio que logran determinar las características físico-químicas y microbiológicas de la fuente para evaluar el estado del agua que se otorga actualmente a la comunidad.

7.2.3 Determinación y validación de medidas de control, y nueva evaluación y clasificación de los riesgos

Esta fase del proyecto se realizó al tiempo que se determinaron los peligros y se evaluó el sistema con el fin de determinar si el control que se realiza es eficaz.

Luego de haber determinado los eventos peligrosos y sus riesgos asociados se procede a evaluar el nivel de gravedad de cada uno de los riesgos. Para ello se adoptó una matriz de riesgo basada en la probabilidad de ocurrencia y nivel de riesgo de cada peligro asociado en una escala de 1 a 5, siendo 1 la menor calificación para el riesgo leve o de menor tamaño y 5 la puntuación más alta otorgada al evento más riesgoso. En la tabla 1 y 2 se establecen los criterios que se adoptaron para otorgar las calificaciones.

Tabla 1. Puntaje según la probabilidad de ocurrencia

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	PUNTAJE
Una vez por día	5
Una vez a la semana	4
Una vez al mes	3
Una vez al año	2
Una vez cada cinco años o más	1

Fuente: Manual PSA - Organización Mundial de la Salud

Tabla 2. Puntaje según la probabilidad de ocurrencia

NIVEL DE GRAVEDAD	PUNTAJE
Tiene efecto catastrófico sobre la salud de la población	5
Tiene efecto sobre el suministro de agua a la población	4
Tiene efecto sobre la operación y mantenimiento	3

Tabla 2. (Continuación)

Tiene efecto sobre aspectos de la organización del Prestador	2
Tiene efecto nulo o insignificante	1

Fuente: Manual PSA - Organización Mundial de la Salud

Los niveles de riesgo se establecieron como: bajo, medio, alto y muy alto. Dichos niveles se obtuvieron multiplicando la probabilidad de ocurrencia del evento por el nivel de gravedad de cada riesgo. El rango de puntuación para cada nivel de riesgo se observa en la tabla 3.

Tabla 3: clasificación del riesgo

Puntaje	≤2	3-5	6 - 9	10 - 15	>15
Clasificación del riesgo	Sin riesgo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto

Fuente: Manual PSA - Organización Mundial de la Salud

Los riesgos se clasificaron indicando qué tan probable es que ocurran y están dados en función de la capacidad de generar agua de calidad. Este proceso se realizó revisando las instalaciones de forma detallada y comprobando qué errores o fallas presentaba, cuáles son las medidas de control que tomaban ante algún evento peligroso y cuáles hacían falta. También se validaron de forma teórica las medidas de control y se determinó el nivel de capacitación de los miembros del equipo.

Debido a que para cada uno de los peligros encontrados existía una medida de control y un límite crítico se creó la tabla 4 para consignar los datos como se muestra a continuación.

Tabla 4. Medidas de control y límites críticos según el nivel de riesgo

ETAPA	EVENTO PELIGROSO	RIESGO ASOCIADO	NIVEL DE RIESGO	MEDIDA DE CONTROL	LÍMITE CRÍTICO PREVISTO	LÍMITE CRÍTICO ACTIVADOR DE LA ADOPCIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL

Fuente: Propia

7.2.4 Elaboración de un plan de mejora o modernización

Este plan se realizó debido a que en la fase anterior se determinó que no existían medidas de control que certificaran que el riesgo se estaba controlando. En esta etapa se propuso mejorar las prácticas y optimizar equipos.

El plan de mejora se organizó en tablas según la prioridad de la medida de control en las que se especificó cómo se deberá realizar el trabajo, el nombre del encargado, la fecha de inicio y de finalización, junto con las observaciones necesarias y el presupuesto.

7.3 MONITOREO OPERATIVO

7.3.1 Definición del monitoreo de las medidas de control

Para demostrar que los controles y las medidas de control funcionaban correctamente se monitoreó de forma teórica el funcionamiento del sistema para evitar posibles inconvenientes a futuro. En ésta etapa se definió la operación, el monitoreo, el personal encargado del análisis y quién tomará las medidas de control. De esta forma se comprobó si el sistema cumplía o no con los parámetros que determinan que la calidad del agua es óptima.

7.4 GESTIÓN Y COMUNICACIÓN

7.4.1 Elaboración de procedimientos de gestión

Se establecieron las actividades de operación del sistema bajo condiciones normales. Los procedimientos están sujetos a modificaciones en caso de presentarse un plan de mejora o modernización. También se revisó si existía algún plan de este tipo; debido a que no existía, se elaboró uno con el fin de mejorar y fortalecer las capacidades del sistema.

7.5 RETROALIMENTACIÓN Y MEJORA

7.5.1 Planificación y realización de exámenes periódicos del PSA

El equipo que conforma el PSA se debe reunir periódicamente para evaluar y revisar cualquier cambio, novedad o emergencia. Todo esto con el fin de prevenir y controlar cualquier evento peligroso que pueda llegar a presentarse a raíz de ello.

7.5.2 Revisión del PSA tras un incidente

El equipo de trabajo del PSA se reunirá en caso tal que se presente un incidente o emergencia que no se tenga previsto dentro de los procesos de gestión, para determinar la razón por la cual se presentó y así, estudiar si se requiere actualizar los programas complementarios.

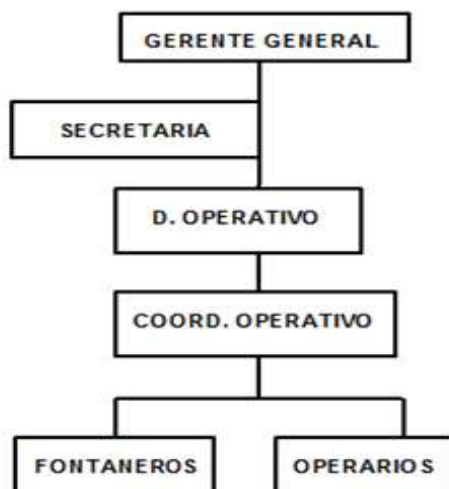
8. IMPLEMENTACIÓN DEL PSA EN EL MUNICIPIO DE TOCAIMA

8.1 MEDIDAS PRELIMINARES Y FORMACIÓN DEL EQUIPO DEL PSA

El equipo de trabajo de la empresa INGEAGUA S.A.S. E.S.P., está conformado por el gerente, quien está a cargo de la entidad como representante legal. A su vez, existe más personal encargado de coordinar, ejecutar y mantener el sistema de abastecimiento bajo el buen funcionamiento.

Para mayor entendimiento de las funciones y el rango del personal se creó la tabla 9 y 10 que se observa a continuación.

Tabla 5. Composición del equipo del PSA



Fuente: INGEAGUA S.A.S. E.S.P

Tabla 6. Equipo de trabajo del PSA

NOMBRE	CARGO	FUNCIÓN EN EL EQUIPO
Héctor Espinosa	Gerente general	Coordinar y representar el equipo del PSA, delegar parcial o totalmente funciones.
Diana Gómez	Asistente administrativo	Atender a la población y presentar informes
Pedro Vargas	Director operativo	Establecer estrategias que regulen y aseguren el buen funcionamiento del sistema, administrar los recursos y delegar funciones.

Tabla 6. (Continuación)

Álvaro Lache	Coordinador operativo	Coordinar el mantenimiento de la planta de tratamiento
Christian Morales	Operarios	Realizar seguimiento a la calidad del agua, realizar pruebas de laboratorio
Germán Pérez		
Jecson Sánchez		
7	# Fontaneros	Toma de muestras y realizar seguimiento a la calidad del agua

Fuente: INGEAGUA S.A.S. E.S.P

8.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA

8.2.1 Descripción general de la PTAP

Localización: La bocatoma se encuentra ubicada en el municipio de Viotá sobre el río Calandayma a una elevación aproximada de 600 metros sobre el nivel del mar aguas abajo de la desembocadura de la quebrada Chorrillos. En la imagen 3 se logra apreciar la ubicación de dicha bocatoma y la dirección de la tubería de conducción hasta el municipio de Tocaima.

Imagen 3. Localización bocatoma y conducción a Tocaima



Fuente: Aplicativo Google Maps

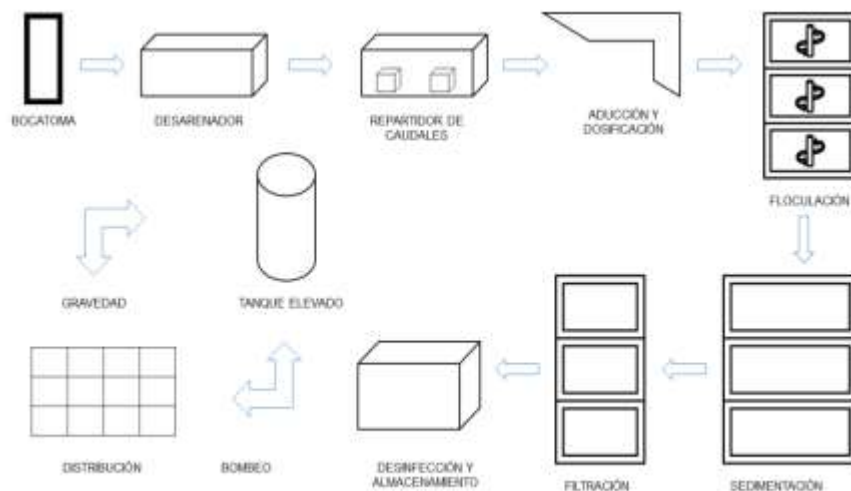
El agua es conducida por gravedad aproximadamente 22 Km por una tubería de asbesto cemento de 12", pasando por 12 viaductos para su protección y un pretratamiento de desarenado antes de llegar hasta el municipio de Apulo; allí, un

repartidor de caudales distribuye el agua de la siguiente manera: 30% del agua para el municipio de Apulo y el 70% para el municipio de Tocaima, anotando que el total de la aducción hasta este punto está alrededor de 100 a 105 L/seg.

Desde Apulo hasta Tocaima el agua es conducida por gravedad aproximadamente 27 Km con tuberías de asbesto cemento de 14" por 12 Km y luego una reducción a PVC de 10" aproximadamente de 15 Km. Durante el recorrido se cuenta con 15 ventosas de doble acción y 12 sistemas de purgas para mantenimiento y eliminación de conexiones erradas.

Capacidad de la planta: la planta tiene una entrada de caudal de 40L/seg a los que se les dosifica hidroxiclورو mejorado para el proceso de floculación. El aforo del caudal se hace por medio de un canal triangular típico y una regleta de nivel para pasar a un proceso de mezcla rápida y luego ser vertida en los tanques de floculación. El agua es conducida por un canal cerrado hasta los tanques de sedimentación con una capacidad aproximada de 231m³ cada uno, de ahí, se conduce a 3 filtros rápidos y por bombeo se llenan los tanques de almacenamiento, en dónde se dosifica el cloro gaseoso para la desinfección. Finalmente el agua es distribuida por gravedad gracias a la elevación del tanque de almacenamiento, para las horas de mayor consumo la distribución se refuerza con bombeo proveniente del municipio de Agua de Dios.

Imagen 4. Esquema PTAP



Fuente: propia

8.2.2 Materia prima

- Hidroxicloruro mejorado
- Polímero Aniónico
- Cloro Gaseoso
- Ajustador de pH

La dosificación de cada componente depende de las condiciones físico-químicas con las que llega el agua a la planta. Los operarios y el encargado de los análisis realizados en el laboratorio de la planta toman la decisión de cómo y cuándo deben cambiar las cantidades de estos componentes según la turbiedad con la que llegue el agua a la planta.

8.2.3 Procedimiento para los insumos

Se emplean los siguientes productos durante el proceso de tratamiento del agua:

- **Hidroxicloruro mejorado (Caneca 5 Galones)**
- **Polímero Aniónico (Bulto 25 Kg)**
- **Cloro gaseoso (balas o cilindro de 68 Kg):** es un desinfectante, destruye los organismos patógenos que aun después de la filtración persisten en el agua. En la planta se diluye por medio de la tubería antes de entrar a los tanques de almacenamiento teniendo una pequeña mezcla gracias a este flujo.

8.3 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

8.3.1 Bocatoma

Funciona por medio de una rejilla de fondo dejando pasar el agua evitando sólidos de gran tamaño como hojas, ramas o basura en el río.

Imagen 5. Rejilla de fondo



Fuente: Propia

8.3.2 Aducción

El agua es conducida hasta un pretratamiento de desarenado por medio de un canal cerrado encontrado en las siguientes condiciones.

Imagen 6. Canal cerrado



Fuente: Propia

8.3.3 Dosificación de coagulantes

Generalmente se agregan 6mL/min de hidroxiclورو mejorado como coagulante. Cuando la turbiedad del agua aumenta o cuando se requiere se refuerza esta

coagulación con polímero aniónico previamente mezclado y dosificado con una parte de agua ya tratada de la planta.

Imagen 7. Entrada a la planta, Dosificación



Fuente: Propia

**Imagen 8. Hidroxicloruro
Mejorado**



Fuente: Propia

**Imagen 9. Premezcla Polimero
Aniónico**



Fuente: Propia

8.3.4 Aforo

Al sistema entran aproximadamente 40L/seg. (El municipio de Apulo está reteniendo más del 30% del total de la aducción, aun así, el suministro es suficiente para el abastecimiento) medidos por medio de un canal triangular típico y una regleta.

En épocas de temporada la demanda aumenta entre 50-60L/seg por lo cual se refuerza el caudal de entrada con 20L/seg bombeados desde el municipio de Agua de Dios (Planta manejada por INGEAGUA S.A.S E.S.P y captación del rio Magdalena).

Imagen 10. Canal triangular



Fuente: Propia

Imagen 11. Regleta de Aforo



Fuente: Propia

8.3.5 Mezcla rápida

El agua es enviada a los dos tanques de mezcla rápida. Dichos tanques tienen una manguera que mide los niveles y de esta manera se comprueba la velocidad inicial para la entrada a los tanques de floculación.

Imagen 12. Mezclador Rápido (uno de los dos tanques)



Fuente: Propia

8.3.6 Floculación

Se realiza el proceso de floculación por agitación lenta de la masa de agua a través de 3 compartimientos. El tiempo de retención del agua en este momento oscila entre los 20 y 30 minutos según requerimiento. La velocidad de las aspas para la mezcla y formación del microfloculo siempre se está verificando para alcanzar los tamaños necesarios para la remoción por sedimentación.

Imagen 13. Tanques de coagulación



Fuente: Propia

8.3.7 Tanques de sedimentación

Los canales cerrados llevan el agua a los tres tanques de sedimentación de 22m x 3.5m x 3m de profundidad cada uno. Por acción de la gravedad se retiran las partículas suspendidas en el agua con tiempos de retención de agua entre 4 y 5 horas. Dichos tanques deben ser coordinados semana a semana para el vaciado puesto que su lavado esta programa 1 vez al mes cada tanque.

Imagen 14. Tanques de sedimentación



Fuente: Propia

El control de la velocidad en los tanques es importante para que las partículas lleguen a la zona de sedimentación y no pasen la zona de salida que para este caso, se realiza por medio de un canal agujereado típico que conduce a los tanques de filtración rápida.

Imagen 15. Canales de salida del sedimentador



Fuente: Propia

8.3.8 Filtración rápida

Es uno de los procesos finales más importantes; en él, se remueve al máximo la turbiedad del agua aun permanente después de la sedimentación. El proceso de filtración se realiza al dejar pasar el agua por gravedad a través de un medio poroso compuesto por capas de grava, arenas finas y antracita, actuando como coladores y reteniendo diminutas partículas en suspensión. Es importante la remoción de partículas para evitar que los microorganismos se camuflen durante el proceso de desinfección.

Estos filtros están compuestos por: Falso fondo de 3m x 3m, Una capa de grava gruesa de 20Cm a 30Cm aproximadamente, una capa de arena de 20Cm y finalmente una capa de antracita alrededor de los 60Cm.

El lavado de los filtros se realiza entre 1 a 3 veces al día según se requiera. El lavado se realiza por medio de impulsión de agua gracias al impulso de las bombas en el sentido contrario al flujo de tratamiento.

Imagen 16. Filtros



Fuente: Propia

8.3.9 Estación de válvulas

El agua que pasa por los filtros atraviesa la zona de válvulas; aquí, se controla el flujo que se deja pasar a la zona de desinfección y tanques de almacenamiento.

Imagen 17. Cuarto de válvulas



Fuente: Propia

8.3.10 Desinfección

Proceso donde se destruyen o desactivan los microorganismos patógenos y otros agentes presentes en el agua. Este proceso controla y previene las enfermedades transmitidas o causadas por microorganismos presentes en el recurso hídrico. Para las poblaciones pequeñas y zonas rurales es de mucha importancia controlar la propagación de enfermedades a causa de la contaminación del agua debido al limitado acceso a la salud.

En la salida de la zona de válvulas y la entrada al tanque de almacenamiento se adiciona cloro gaseoso para el proceso de desinfección. Esto permite que haya una mezcla antes de la entrada a los tanques.

El cloro gaseoso tiene varias ventajas frente a este proceso de desinfección:

- Fácil de aplicar.
- La dosificación puede adecuarse para cualquier tamaño de población.
- Deja efecto residual para perdurar durante un tiempo en tanques de almacenamiento domiciliario.
- Inofensivo para la salud en las dosificaciones necesarias para controlar los organismos patógenos.
- Bajo costo.

Imagen 18. Tanque Cloro Gaseoso



Fuente: Propia

Imagen 19. Cloración



Fuente: Propia

Si el cloro gaseoso no se maneja con atención puede ser un componente sumamente corrosivo para las tuberías y provocar serios efectos sobre la salud. Por ello, se controla la presión de entrada al sistema con un manómetro de glicerina y se tiene el procedimiento de seguridad para reemplazo de los tanques de cloro.

Imagen 20. Manómetro presión de Cloro



Fuente: Propia

Imagen 21. Procedimiento manejo de tanques de cloro



Fuente: Propia

8.3.11 Tanques de almacenamiento enterrados (Distribución por bombeo)

El almacenamiento primario se realiza en 2 tanques. El primero es un tanque enterrado de 1050m³, el segundo es un tanque semienterrado de 1300m³. Cuando el sistema de distribución por gravedad no da abasto se debe bombear de los tanques de almacenamiento enterrados directo hacia la red.

Imagen 22. Tanques de almacenamiento enterrados



Fuente: Propia

8.3.12 Cuarto de Bombeo

Para el llenado del tanque de almacenamiento elevado se bombea el agua de los tanques primarios.

Imagen 23. Cuarto de bombas



Fuente: Propia

8.3.13 Tanque de distribución principal

La mayor parte de la distribución se realiza por gravedad gracias a que el tanque elevado cuenta con una capacidad de 275m³ y 20m de altura, ganando así, presión considerable para que la distribución se realice por gravedad.

El consumo promedio diario es de 3400m³. El servicio está activo desde las 4 am hasta las 12pm. En épocas de temporada alta, el servicio que ofrece la empresa cubre las 24 horas del día.

Imagen 24. Tanque almacenamiento y distribución



Fuente: Propia

8.4 ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES

En el estado actual el sistema de acueducto cumple con los parámetros mínimos en cada una de sus fases para lo cual fue diseñada. Debido al uso normal se presentan ciertos desgastes en algunos componentes del sistema que merecen atención y evaluación detallada y urgente para caracterizar los daños, por ejemplo; dos de los tres mezcladores en los tanques de floculación no están funcionando por efectos de mantenimientos demorados (Ver imagen 12).

La planta cumple para el abastecimiento para el municipio incluso en las épocas de alta demanda como son las temporadas vacacionales o épocas de sequía de los afluentes. En el momento no se tiene información sobre la planeación de una

mejora, adecuación o renovación de la planta así como tampoco se tiene conocimiento sobre la construcción de una nueva planta.

8.5 CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE

La planta de tratamiento cuenta con un laboratorio interno donde se realizan análisis de las muestras de agua a diario. Estos análisis se hacen en la entrada al sistema y en cada una de las estaciones de tratamiento para determinar el estado del proceso y la eficiencia de los componentes químicos. La tabla 13 indica el formato que actualmente implementan en la empresa y que sirve de bitácora del servicio, pues en él se consignan algunas lecturas de parámetros en las diferentes etapas del sistema, así como las horas en las que es suspendido el servicio a la población.

Imagen 25. Laboratorio



Fuente: Propia

Tabla 7. Seguimiento a la tratabilidad del agua en la planta

HORA	Entrada de la Planta					OTRO		Salida de Sedimentador					OTRO		Salida de Filtros					OTRO		Salida de Filtros					OTRO		
	pH	T	Tb	C	Alc	Param	Valor	SED	pH	T	Tb	C	Alc	Param	Valor	FIL	pH	T	Tb	C	Param	Valor	pH	Tb	C	Cl2	Alc	Param	Valor
0:00								1								1													
2:00								2								2													
4:00								3								3													
6:00								1								1													
8:00								2								2													
10:00								3								3													
12:00								1								1													
14:00								2								2													
16:00								3								3													
18:00								1								1													
20:00								2								2													
22:00								3								3													
PROM																													
Determinaciones: t: Temperatura (0°) Tb: Turbiedad (NTU). C: Color (UC), Pj: Prueba de Jarras (ppm), PH: Ph Alcalinidad (mg/ICaCO3) Est: Estabilidad (+-) C22: Clorolibre residual (ppm). Otro: Otra determinación																													
HORAS DE SERVICIO A LA POBLACIÓN								INTERRUPCIONES																					
Desde				Hasta				Causas																					
MANTENIMIENTO E INCIDENCIAS																													
EQUIPOS		ESTADO		OBSERVACIONES								Mantenimientos realizados								Incidencias y Averías									
		F	NF																	Manipulación TAT(Horas Apertura y Cierre):									
Dosificad sulf.																													
Dosificad Cal.																				Paradas de la Planta (Causas, duración):									
Clorador inst.																													
Clorador repto																				Variaciones de Caudal o Calidad agua (duración):									
Floculad. 1,2,3																													
Sediment. 1,2,3																				Otras incidencias (especificar y duración)									
Filtros 1,2,3																													
Instrumentos																				Averías reparadas en Captación, Rebombes, Conductoras, redes, otras									
Valvulas																													
Locales																													
Areas Exter.																													
Otro (Espec.)																													
Acciones: L: limpieza exterior, E: engrase, LV: lavado, MM: mantenimiento Mecánico ME: mto eléctrico, MC: mto. Civil, DS: desobstrucción										TURNO 1				TURNO 2				TURNO 3				Vo. Bo. JefePlantas							

Fuente: INGEAGUA S.A.S. E.S.P

Imagen 26. Máquina de jarras (laboratorio)



Fuente: Propia

El laboratorio de la planta cuenta con:

- Fotómetro
- Turbidímetro
- pH-metro
- Equipo de jarras
- Nevera
- Recipientes para la recolección de muestras
- Elementos de protección personal

Además de las pruebas físico-químicas que se realizan en campo, la empresa INGEAGUA S.A.S E.S.P envía dos muestras mensuales al laboratorio privado de ACUAGYR S.A. E.S.P. ubicado en el municipio de Ricaurte – Cundinamarca. Las muestras de agua en tratamiento son analizadas con pruebas de control de pH, temperatura, color, turbiedad, cloro residual, cloruros, sulfatos, fosfatos, nitritos, hierro total, alcalinidad total, dureza total, aluminio residual, coliformes totales, escherichiacoli, mesofilos totales. Además, la Secretaría de Salud del municipio realiza dos muestreos mensuales, los cuales llevan a su propio laboratorio y analizan si la planta cumple con los decretos y normas establecidas.

8.6 DETERMINACIÓN DE LOS PELIGROS Y EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS

Según la OMS, los peligros se definen como agentes físicos, biológicos, químicos o radiológicos que pueden dañar la salud pública y los eventos peligrosos como aquellos que introducen peligros en el sistema de abastecimiento de agua.⁸

Luego de visitar las instalaciones de la empresa Ingeniería y Gestión del Agua INGEAGUA S.A.S. se revisaron detalladamente cada una de las estructuras con la que cuenta y se analizaron los posibles riesgos de tipo biológico, químico y físico que podrían presentarse según el tipo de peligro, tanto en su estructura como en la zona aledaña. Además, se tomó como punto de partida los parámetros encontrados en el “informe de parámetros no aceptables por departamento según municipio del Instituto Nacional de Salud” mostrados en la tabla 12.

Tabla 8. Informe de parámetros no aceptables por departamento según municipio

PERIODO	NUMERO DE MUESTRAS	PORCENTAJE DE MUESTRAS TRATADAS	PARÁMETROS NO ACEPTABLES SEGÚN DECRETO 1575 DE 2007	PROMEDIO IRCA
2012	27	100%	2,3,4,21	6,00%
2013	29	100%	2,21	2,00%
2014	10	100%	3,10,21	1,00%
2015	31	100%	2,21	1,06%
1 Color aparente, 2 Turbiedad, 3 pH, 4 Cloro residual libre, 5 Alcalinidad Total, 6 Calcio, 7 Fosfatos, 8 Manganeseo, 9 Molibdeno, 10 Magnesio, 11 Zinc, 12 Dureza total, 13 Sulfatos, 14 Hierro total, 15 Cloruros, 16 Nitratos, 17 Nitritos, 18 Aluminio, 19 Fluoruros, 20 COT, 21 Coliformes totales, 22 E.coli, 23 Antimonio, 24 Arsénico, 25 Bario, 26 Cadmio, 27 Cianuro libre y diasociable, 28 Cobre, 29 Cromo total, 30 Mercurio, 31 Níquel, 32 Plomo, 33 Selenio, 34 Trihalometanos totales, 35 Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, 36 Giardia, 37 Cryptosporidium, 38 Plaguicidas Totales, 39 Organofosforados y carbamatos, 40 Olor, 41 Sabor, 42 Conductividad, 43 Mesófilos, 43 Mesófilos.				

Fuente: SIVICAP

A continuación, se mostrarán las tablas elaboradas para describir cada peligro y riesgo asociado en todas las etapas del sistema. Posteriormente, se muestra la calificación y el nivel de riesgo para cada uno de los riesgos analizados en todas las partes del sistema basados en la evaluación mencionada en las tablas 2, 3 y 4.

⁸ Tomado de: <https://mooc.campusvirtualsp.org/mod/page/view.php?id=1213>

Tabla 9. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en la bocatoma

DETERMINACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA BOCATOMA						
						
Evento peligroso	Riesgo asociado en la Bocatoma	Tipo de peligro	Probabilidad de ocurrencia	Nivel de gravedad	Puntuación	Nivel de riesgo
Acceso sin restricción a personas y/o animales	Contaminación de la fuente	Microbiológico	5	3	15	ALTO
Vertimiento de agua del balneario vecino	Contaminación de la fuente	Microbiológico	5	3	15	ALTO
Ausencia de rejilla lateral	Taponamiento de tuberías por ingreso de partículas	Microbiológico	4	4	16	MUY ALTO
Fenómenos meteorológicos y cambios climáticos	Daños en la tubería de conducción	Físico	2	2	4	BAJO

Fuente: propia

Tabla 10. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en la conducción

DETERMINACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA CONDUCCIÓN						
						
Evento peligroso	Riesgo asociado en la conducción	Tipo de peligro	Probabilidad de ocurrencia	Nivel de gravedad	Puntuación	Nivel de riesgo
Acceso sin restricción a personas y/o animales	Contaminación de la fuente	Microbiológico	5	3	15	ALTO
Empozamiento de agua en tanque abierto	Crecimiento de vegetación, algas y de plagas de zancudos	Microbiológico	3	1	3	BAJO
El material de la conducción es en asbesto cemento y se encuentra en mal estado	Rotura y pérdida de energía constantes.	Físico	5	3	15	ALTO

Fuente: propia

Tabla 11. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en el desarenador

DETERMINACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS EN EL DESARENADOR						
						
Evento peligroso	Riesgo asociado al desarenador	Tipo de peligro	Probabilidad de ocurrencia	Nivel de gravedad	Puntuación	Nivel de riesgo
Acceso sin restricción a personas y/o animales	Contaminación de la fuente	Microbiológico	5	3	15	ALTO
Caída de hojas provenientes de zona de cultivos aledaños.	Ingreso de partículas sólidas a las tuberías de conducción	Físico	3	1	3	BAJO
Ingreso de agua de cultivos y ganadería por escorrentía superficial directamente al sistema.	Contaminación de la fuente	Microbiológico	2	5	10	ALTO

Fuente: propia

Tabla 12. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en la aducción

DETERMINACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA ADUCCIÓN						
						
Evento peligroso	Riesgo asociado en la aducción	Tipo de peligro	Probabilidad de ocurrencia	Nivel de gravedad	Puntuación	Nivel de riesgo
Cambios repentinos de presión	Roturas y fugas en la tubería	Físico	1	3	3	BAJO
Conexiones erradas	Fugas en la tubería	Físico	4	4	16	MUY ALTO

Fuente: propia

Tabla 13. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en la dosificación

DETERMINACIÓN DE RIESGOS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA DOSIFICACIÓN



Evento peligroso	Riesgo asociado en la dosificación	Tipo de peligro	Probabilidad de ocurrencia	Nivel de gravedad	Puntuación	Nivel de riesgo
Falta de capacitación del operario	Errores en las dosis de sustancias químicas	Químico	5	4	20	MUY ALTO
	Tratamiento deficiente del agua	Químico	5	4	20	MUY ALTO
Almacenamiento de los productos	Productos expuestos a agentes externos como humedad, temperatura y manipulación	Físico	4	2	8	MEDIO
Falta de ensayo de jarras	No hay control en el proceso de dosificación	Físico-Químico	5	3	15	ALTO

Fuente: propia

Tabla 14. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en el aforador y mezclador

DETERMINACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS EN EL AFORADOR Y MEZCLADOR						
						
Evento peligroso	Riesgo asociado en el aforador y mezclador	Tipo de peligro	Probabilidad de ocurrencia	Nivel de gravedad	Puntuación	Nivel de riesgo
Mal aforo	Errores en las dosis de sustancias químicas	Químico	5	4	20	MUY ALTO
	Tratamiento deficiente del agua debido a la capacidad de la planta	Químico	2	2	4	BAJO
	Tiempos de retención inadecuados en todas las partes del tratamiento	Físico-Químico	3	3	9	MEDIO
Aplicación del coagulante: punto, forma y secuencia de aplicación de las sustancias químicas	Los componentes químicos no son diluidos de forma homogénea	Físico-Químico	4	4	16	MUY ALTO

Tabla 14. (Continuación)

Ubicación de los galones de hidroxiclорuro	Accidente laboral: derrame excesivo del químico	Físico-Químico	1	5	5	BAJO
--	---	----------------	---	---	---	------

Fuente: propia

Tabla 15. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en la floculación
DETERMINACIÓN DE PELIGROS Y EVOLUCIÓN DE RIESGOS EN LA FLOCULACIÓN

						
Evento peligroso	Riesgo asociado en la floculación	Tipo de peligro	Probabilidad de ocurrencia	Nivel de gravedad	Puntuación	Nivel de riesgo
Fallo mecánico y/o ausencia de mezcladores.	Afecta el sistema de sedimentación y filtración	Físico	5	3	15	ALTO
	El tiempo de retención aumenta	Físico	5	3	15	ALTO

Tabla 15. (Continuación)

Fallo mecánico y/o ausencia de mezcladores	Exceso de coagulante	Químico	4	3	12	ALTO
	No cumple el gradiente y los flocs no se forman con el tamaño apropiado	Físico	5	3	15	ALTO

Fuente: propia

Tabla 16. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en la filtración

DETERMINACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA FILTRACIÓN						
						
Evento peligroso	Riesgo asociado en la filtración	Tipo de peligro	Probabilidad de ocurrencia	Nivel de gravedad	Puntuación	Nivel de riesgo
Caída de hojas provenientes de zona vecina a la planta	Interrupción en el proceso de filtración	Físico	1	1	1	SIN RIESGO

Fuente: propia

Tabla 17. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en desinfección

DETERMINACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA DESINFECCIÓN						
						
Evento peligroso	Riesgo asociado en la desinfección	Tipo de peligro	Probabilidad de ocurrencia	Nivel de gravedad	Puntuación	Nivel de riesgo
Punto o método de la desinfección insuficiente o no fiable	Calidad del agua deficiente	Químico	4	5	20	MUY ALTO
La tubería de dosificación de cloro expuesta	Posible ruptura del tubo por tránsito normal de operarios	Físico-Químico	2	4	8	MEDIO

Fuente: propia

Tabla 18. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en el almacenamiento

DETERMINACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS EN EL CUARTO DE ALMACENAMIENTO						
						
Evento peligroso	Riesgo asociado en el cuarto de almacenamiento	Tipo de peligro	Probabilidad de ocurrencia	Nivel de gravedad	Puntuación	Nivel de riesgo
La tubería de bombeo está expuesta y sin señalización	Accidente laboral	Físico	1	3	3	BAJO

Fuente: propia

Tabla 19. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en el bombeo

DETERMINACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS EN EL BOMBEO						
						
Evento peligroso	Riesgo asociado en el bombeo	Tipo de peligro	Probabilidad de ocurrencia	Nivel de gravedad	Puntuación	Nivel de riesgo
La tubería de bombeo está expuesta y sin señalización	Accidente laboral	Físico	1	3	3	BAJO
Cortes de energía	Equipo mecánico quedará inhabilitado por ausencia de planta eléctrica	Físico	3	4	12	ALTO
	Desabastecimiento de agua por falla del equipo de distribución	Físico	1	4	4	BAJO

Fuente: propia

Tabla 20. Determinación de peligros y evaluación de riesgos en los tanques de almacenamiento

DETERMINACIÓN DE RIESGOS EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO						
						
Evento peligroso	Riesgo asociado en los tanques de almacenamiento	Tipo de peligro	Probabilidad de ocurrencia	Nivel de gravedad	Puntuación	Nivel de riesgo
Medición inadecuada del nivel de agua	Desabastecimiento de agua por mala medición	Físico	1	3	3	BAJO
Apertura o cierre de válvulas	Daños en válvulas y tuberías por confusión	Físico	1	3	3	BAJO

Fuente: propia

Entre los riesgos encontrados se determinó que la rejilla de captación, las fugas en la tubería por conexiones erradas, el tratamiento deficiente del agua por falta de capacitación de los operarios, la adición del coagulante: punto, forma y secuencia de aplicación de las sustancias químicas, la desinfección inadecuada o insuficiente con cloro; son los riesgos potenciales resultado de aplicar y analizar la matriz de riesgos propuesta.

8.7 DETERMINACIÓN Y VALIDACIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL, Y NUEVA EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Para disminuir los peligros y eventos peligrosos existentes en el sistema y mejorar la calidad del agua desde la bocatoma hasta el lugar de distribución se realizó un sondeo y nueva caracterización de cada componente del sistema incorporando medidas de control lógicas que de principio se prevén como mejor opción para cada peligro y evento peligroso puntualmente.

8.7.1 Medidas de control en la bocatoma

- Acceso sin restricción a turistas para uso recreativo, NIVEL DE RIESGO ALTO: para evitar la entrada sin control de turistas y vecinos a la rejilla de captación es indispensable crear una zona de protección ya sea con una cerca de cerramiento en un radio determinado o con pancartas informativas y un eslogan que cree conciencia sobre el buen uso de los recursos hídricos más aún cuando son para consumo.

Es indispensable indagar sobre las posibles causas de contaminación de la fuente y tomar las medidas necesarias para minimizar la carga contaminante en la entrada de la planta. Se recomienda un constante seguimiento para garantizar las óptimas condiciones físicas de las instalaciones. El nivel de riesgo es alto por tanto podrá implicar una inversión y medida de control exhaustiva por parte de la empresa encargada.

- Vertimiento de agua del balneario vecino, NIVEL DE RIESGO ALTO: verificar el lugar de vertimiento del balneario y procurar que este procedimiento se haga con los requerimientos ambientales para no impactar la calidad del agua del río. Se recomienda realizar estudios y muestreos periódicos para verificar el estado de la fuente antes y después. Realizar campañas de seguimiento para que la misma existencia del balneario ayude a minimizar el uso de la zona aledaña a la captación. El

nivel de riesgo es alto por tanto podrá implicar una inversión y medida de control exhaustiva por parte de la empresa encargada. En la imagen 27 se observa la cercanía del balneario con el lugar de captación.

- Disminución del caudal en épocas de sequía, NIVEL DE RIESGO MUY ALTO: en épocas secas el nivel del río es bajo y la captación se realiza por la parte lateral de la rejilla. Se recomienda la instalación de una rejilla lateral para la retención de sólidos de gran tamaño y evitar posibles daños en la tubería de conducción. Normalmente la fuente presenta caudales bajos, por tanto, escases del recurso para su distribución. El nivel de riesgo de dicho peligro requiere una inversión por parte de la empresa encargada.

Imagen 27. Balneario vecino



Fuente: Google Maps

- Lluvias torrenciales:
 - ❖ Turbiedad, NIVEL DE RIESGO ALTO: se recomienda una revisión periódica de las tuberías para ver hasta qué punto se podría presentar taponamiento en el sistema. (En este momento no se mencionan procesos ni métodos del tratamiento puesto que hasta aquí le compete a la bocatoma). El nivel de riesgo es alto por tanto podrá implicar una inversión y medida de control exhaustiva.
 - ❖ Daños en la tubería de conducción, NIVEL DE RIESGO BAJO: algunos tramos de tubería se encuentran expuestos y si los niveles del río suben estas se podrían ver afectadas. Revisar periódicamente estructuras de empotramiento y resistencia a fuertes corrientes, sobre todo después de una época de crecientes y altas lluvias. El nivel de riesgo es bajo por tanto se debe hacer un estudio en días de

caudales máximos y fuertes lluvias para analizar el riesgo de un evento de creciente que arrastre los elementos del sistema.

- ❖ Taponamiento de la rejilla NIVEL DE RIESGO BAJO: realizar revisión periódica de caudales y tener un plan de contingencia para cuando la rejilla se tapone debido al alto arrastre de sólidos producido por la elevación del caudal del río. Como el nivel del río es bajo se podrían implementar estrategias de crear un canal de comunicación con los vecinos para que informen o atiendan al llamado cuando se presente una emergencia de taponamiento que impida la correcta entrada del caudal necesario (Los vecinos solamente podrán hacer las veces de informantes puesto que en una creciente o un evento de emergencia estas medidas deben ser ejecutadas por personal capacitado y autorizado).

8.7.2 Medidas de control en conducción hasta Apulo

- Acceso sin restricción de animales y turistas para uso recreativo NIVEL DE RIESGO – ALTO: al igual que en la zona de captación se deben delimitar y proteger las zonas de conducción para evitar daños y contaminación en las partes del sistema debidas al fácil acceso. El nivel de riesgo es alto por tanto podrá implicar una inversión y medida de control exhaustiva.
- Falta de mantenimiento NIVEL DE RIESGO ALTO: se recomienda realizar inspección y mantenimiento periódico. El nivel de riesgo es alto por tanto podrá implicar una inversión y medida de control exhaustiva.
- Lluvias torrenciales:
 - ❖ Turbiedad NIVEL DE RIESGO ALTO: para controlar los cambios de turbiedad por lluvias y arrastre de materiales se recomienda revisar el estado del funcionamiento del tanque de pre-desarenado existente antes del repartidor de caudales en el municipio de Apulo. También se recomienda una revisión periódica de las tuberías para ver hasta qué punto se podría presentar taponamiento en el sistema. El nivel de riesgo es alto por tanto podrá implicar una inversión y medida de control exhaustiva.
 - ❖ Daños en la tubería de conducción, NIVEL DE RIESGO BAJO: algunos tramos de tubería se encuentran expuestos y si los niveles del río suben estas se podrían ver afectadas. Revisar periódicamente estructuras de empotramiento y la resistencia a fuertes corrientes. El

nivel de riesgo es bajo, por tanto se debe hacer un estudio en días de caudales máximos y fuertes lluvias para analizar el riesgo de un evento de creciente que arrastre los elementos del sistema.

- Empozamiento de agua en tanque abierto, NIVEL DE RIESGO BAJO: se requiere un estudio que evidencie el nivel de riesgo que presenta el crecimiento de especies vegetales e incubación de bichos por empozamiento de agua.
- El material de la conducción es en asbesto cemento y se encuentra en mal estado, NIVEL DE RIESGO ALTO: se recomienda una restauración total de la red de conducción en los puntos inmediatamente cercanos a la captación puesto que las tuberías aún son en asbesto cemento, se encuentran en mal estado y presentan fugas que pueden afectar los caudales de entrada al sistemas por perdidas de presión y si a eso le sumamos que en épocas secas, la perdida de caudal es mucho mayor; posterior a eso realizar inspecciones y mantenimiento periódico. El nivel de riesgo es alto por tanto podrá implicar una inversión y medida de control exhaustiva.

8.7.3 Medidas de control en la Aducción

- Cambios de presión NIVEL DE RIESGO BAJO: tener un manual de mantenimiento en planta que disponga de una matriz de revisión de los componentes y así generar un historial que registre los daños para evaluar en que momento y por qué motivos se presentan los daños en las tuberías.
- Conexiones erradas NIVEL DE RIESGO ALTO: debido a que la medida de control que está realizando el prestador del servicio es la introducción de pasto o residuo vegetal al sistema para lograr el taponamiento de estas conexiones; se propone hacer un estudio detallado de dos factores críticos relacionados a la calidad del agua. Primero el riesgo que presenta esta actividad pues se desconoce la procedencia del material vegetal utilizado que puede transportar residuos (heces de animales, plaguicidas), ingresan al sistema y cambian las características físicas, químicas y microbiológicas del agua afectando directamente la calidad del tratamiento en planta (no se contemplan los riesgos asociados a esta práctica en el momento de la desinfección) y la salud de los usuarios. Segundo, se puede ver afectada la

efectividad de la dosis de coagulante al no tener control de cuando se realizan estas prácticas.

Cabe resaltar que en el momento en que el caudal del río Calandayma no suple la demanda necesaria para el municipio de Tocaima, la empresa INGEAGUA S.A.S E.S.P realiza bombeo desde el municipio de Agua de Dios, el cual es operado por la misma empresa y se abastece del río Magdalena, lo que implica cambios significativos de las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua. Este análisis no se incluyó debido a que no fue posible el acceso a las instalaciones en los momentos en que se presentó esta situación.

8.7.4 Medidas de control en la dosificación

- Falta de capacitación del operario: se analizan dos riesgos asociados al evento:
 - ❖ Errores en las dosis de sustancias químicas NIVEL DE RIESGO MUY ALTO
 - ❖ Tratamiento deficiente del agua NIVEL DE RIESGO MUY ALTO

Todos los operadores deben estar capacitados y certificados laboralmente por parte de entes autorizados como el SENA, programas del ministerio de salud o alguna entidad que aplique legalmente a la formación técnica o superior requerida para cada proceso.

Se debe tener siempre a la mano un manual de operación de la planta y un supervisor encargado que lidere las prácticas éticas y correctas dentro de la planta. Se debe tener un departamento de gestión de recursos humanos para así crear un esquema de contratación del personal pertinente que cumpla con los conocimientos, habilidades y desarrolle aptitudes que aporten al correcto control de las operación generales y unitarias requeridas en la planta de potabilización. También, capacitar al personal para mejorar la fuerza laboral del recurso humano existente y valorar la antigüedad del personal antes de la implementación del PSA.

En este punto del análisis se incluyó un ensayo de jarras donde se verificó la efectividad del coagulante utilizado por INGEAGUA S.A.S. E.S.P. En el momento de toma de muestra la dosificación estaba configurada a 38 *mL/min*. Los resultados de la prueba de tratabilidad demostraron que dicha dosificación funcionaba con una efectividad cercana al 96%. Aun así, con una dosificación de 28,8 *mL/min* se logró una remoción del 95% que ayudaría a optimizar los costos de los productos químicos. (Ver anexo E).

- Almacenamiento de los productos NIVEL DE RIESGO MEDIO: disponer de áreas cerradas para evitar exponer los productos almacenados y evitar que sean afectados por agentes externos como la humedad, temperatura e incluso la mala manipulación. Dentro del manual de operación deben estar registradas las buenas prácticas de salud ocupacional y de buena manipulación.

8.7.5 Medidas de control en aforador y mezclador

- Mal aforo: se analizan tres riesgos asociados al evento:
 - ❖ Errores en las dosis de sustancias químicas, NIVEL DE RIESGO MUY ALTO.
 - ❖ Tratamiento deficiente del agua debido a la capacidad de la planta, NIVEL DE RIESGO BAJO.
 - ❖ Tiempos de retención inadecuados en todas las partes del tratamiento, NIVEL DE RIESGO MEDIO.

Se recomiendan la instalación de una reglilla nueva (la actual se encuentra en muy mal estado) o inclusión de un nuevo componente de aforo para garantizar que los caudales de entrada son los leídos y evitar problemas en la dosificación por errores de lectura; al controlar la lectura se mitigan de manera inmediata los demás riesgos puesto que sus niveles de riesgo son menores en relación con los errores en la dosis de sustancias químicas.

- Aplicación del coagulante: punto, forma y secuencia de aplicación de las sustancias químicas, NIVEL DE RIESGO MUY ALTO: se debe realizar un estudio que verifique que los puntos de aplicación de las dosis químicas de coagulantes y ajustadores de Ph son los correctos. Dicho estudio deberá dar como resultado la implementación de un medio de medida más exacto en la dosis química que se aplica y determinar si es necesaria la reubicación y mejora de los componentes físicos en la dosificación.

Para documentar este control es necesario establecer los parámetros fisicoquímicos, revisiones y el periodo correspondiente a cada uno. De acuerdo a lo establecido en la “resolución 2115 de 2007, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano” en la que se establecen y regulan las dosificaciones para aplicación de productos químicos en cada proceso. Deben quedar

consignados en el manual de operación de la planta los procedimientos de control en cada parámetro.

- Ubicación de los galones de hidroxiclорuro, NIVEL DE RIESGO BAJO: se recomendaría la construcción o adaptación de una plataforma para evitar que en el momento del llenado o cambio de estos tanques no se ponga en riesgo la seguridad del operario por trabajo en alturas; además, existe una probabilidad muy baja de cometer un error humano y dejar caer una dosis significativa de hidroxiclорuro afectando de manera importante la calidad del agua y que ya se encuentra dentro del sistema.

8.7.6 Medidas de control en la floculación

- Ausencia de mezcladores: se analizan cuatro riesgos asociados al evento:
 - ❖ Afecta el sistema de sedimentación y filtración, NIVEL DE RIESGO ALTO.
 - ❖ El tiempo de retención disminuye, NIVEL DE RIESGO ALTO.
 - ❖ Exceso de coagulante, NIVEL DE RIESGO ALTO.
 - ❖ No cumple el gradiente y los flocs no se forman con el tamaño apropiado, NIVEL DE RIESGO ALTO.

Se debe poner en funcionamiento los 2 mezcladores que están fuera de servicio y así cumplir con el funcionamiento de diseño de la planta. El manual de operación de la planta debe tener consignada la correcta operación de los floculadores como mínimo 2 equipos en funcionamiento; además se deben contar con los repuestos necesarios para las averías menores que puedan ser reparadas en planta.

- Falta de ensayo de jarras, NIVEL DE RIESGO ALTO: capacitar operarios (Según lo propuesto en el numeral 13.7.5 Medidas de control en la dosificación) y realizar control y seguimiento del ensayo de jarras por lo menos cada vez que se presenten cambios en la calidad del agua. Estos procedimientos deben quedar consignados en el manual de operación de la planta para estandarizar las dosificaciones según el nivel de turbiedad con el cual el agua llega a la planta de tratamiento.

Para documentar este control es necesario establecer los parámetros fisicoquímicos, revisiones y el periodo correspondiente a cada uno. De acuerdo a lo establecido en la “resolución 2115 de 2007, por medio de la

cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano” en la que se establecen y regulan las dosificaciones para aplicación de productos químicos para cada proceso. Deben quedar consignados en el manual de operación de la planta los procedimientos de control en cada parámetro.

8.7.7 Medidas de control en sedimentación

- Durante el análisis de esta etapa se observó que todos los riesgos están asociados a etapas previas, los floculadores no funcionan correctamente, la dosificación de coagulantes no está normalizada y por tanto se sobre carga el proceso de filtración debido a que los flocs no alcanzan el tamaño adecuado para sedimentarse.

8.7.8 Medidas de control en la filtración

- Caída de hojas provenientes de zona vecina a la planta, NIVEL DE RIESGO BAJO: aunque el nivel de riesgo es bajo se podría instalar una malla económica que proteja el proceso de filtración y así evitar la caída de hojas provenientes de plantaciones vecinas. El proceso de filtración no es afectado de manera considerable por estas hojas por lo tanto también se podría recomendar un barrido sencillo con una malla o recoge hojas. Este proceso debe quedar consignado en el manual de operación de la planta.

8.7.9 Medidas de control en la desinfección

- Desinfección inadecuada o insuficiente NIVEL DE RIESGO MUY ALTO: se debe realizar un estudio detallado sobre la eficiencia del punto de cloración para determinar si el punto de contacto garantiza una mezcla homogénea cloro-agua. Debido a que en algunos meses del registro del IRCA se ha evidenciado incumplimiento por coliformes totales es muy posible que el riesgo se esté presentando por tener insuficiencia en el cloro residual del agua que se distribuye. Puede ser necesaria la construcción de una zona de contacto adecuada (opción costosa) o una reubicación del punto de cloración (opción económica); decisión que depende del estudio y control que se realice en este punto.
- La tubería de dosificación de cloro expuesta, NIVEL DE RIESGO MEDIO: se deberá proteger o reubicar la tubería de dosificación de cloro puesto que

se encuentra expuesta al tránsito de los operarios. Esto genera la probabilidad de un accidente laboral que provoque el rompimiento de la tubería y derrame masivo del químico. Si se reubica la tubería deberá quedar consignada en los planos y si se protege deberá estar debidamente señalada por efectos informativos para cuando se realicen mantenimientos.

8.7.10 Medidas de control en cuarto de almacenamiento

- La tubería de bombeo está expuesta y sin señalización, NIVEL DE RIESGO BAJO: se debe demarcar la tubería con señales preventivas; al ser elementos de alta presión se debe evitar la disposición de objetos sobre ella y posibles golpes al momento de ingreso y retiro de repuestos. Este proceso debe quedar consignado en el manual de operación de la planta o documento que notifique el procedimiento de seguridad industrial y seguridad física dentro de las instalaciones.

8.7.11 Medidas de control en bombeo

- La tubería de bombeo está expuesta y sin señalización, NIVEL DE RIESGO BAJO: se debe demarcar la tubería con señales preventivas; al ser elementos de alta presión se debe evitar la disposición de objetos sobre ella y posibles golpes al momento de ingreso y retiro de repuestos. Este proceso deberá quedar consignado en el manual de operación de la planta o en el documento que notifique el procedimiento de seguridad industrial y seguridad física dentro de las instalaciones.
- Cortes de energía: se analizan dos riesgos asociados al evento:
 - ❖ Equipo mecánico quedará inhabilitado por ausencia de planta eléctrica, NIVEL DE RIESGO ALTO.
 - ❖ Desabastecimiento de agua por falla del equipo de distribución nivel de riesgo bajo, NIVEL DE RIESGO BAJO.

Se debe adquirir una planta eléctrica puesto que todos los equipos mecánicos como floculadores, equipos de bombeo y mezcladores para dosificación quedarían fuera de servicio. Para adquirir una planta de debe realizar un estudio del consumo de los equipos durante un tiempo determinado y así determinar una capacidad mínima y otra máxima para aquellas épocas o temporadas de alto consumo. Debe quedar registrado en el manual de operación de la planta el apartado de operación con planta eléctrica y su respectivo mantenimiento para que garantice utilidad en el momento del evento.

También, se debe tener un plan de contingencia para que cuando exista el evento de corte de energía se pueda racionar el agua almacenada en el tanque elevado y así distribuir únicamente la cantidad necesaria por gravedad mientras se normaliza la situación. Estos procedimientos deben quedar en el apartado de acciones de emergencia del manual de operación de la planta.

8.7.12 Medidas de control en tanques de almacenamiento de agua

- Medición inadecuada del nivel de agua, NIVEL DE RIESGO BAJO: no se tiene un sistema muy preciso del nivel de agua en los tanques y existe una baja probabilidad de riesgo de desabastecimiento por mal control de los niveles del tanque enterrado.
- Apertura o cierre de válvulas, NIVEL DE RIESGO BAJO: se debe señalar el sentido de cierre y apertura de las válvulas por motivos de seguridad industrial y así garantizar el buen funcionamiento de la planta física.

Además de tener medidas de control específicas para cada componente del sistema según la matriz de riesgos analizada, es indispensable dejar claro que toda medida adicional que promueva las buenas prácticas de tratamiento, la seguridad en la calidad del agua, la seguridad industrial y el buen funcionamiento de la planta y los procesos de tratabilidad se deberán aplicar, tener en cuenta y ser documentadas en los manuales de operación, mantenimiento y seguridad.

En la tabla 36 se muestran todos los peligros encontrados en el sistema, pero ahora ordenados por su nivel de riesgo o gravedad junto con las medidas de control previstas anteriormente y adicional a estos, también se incluyeron los límites críticos en cada una de las etapas analizadas, todo esto con fin de validarlas, mitigar y reducir los riesgos en el sistema.

Cabe resaltar que los límites críticos son metas predeterminadas, es decir, son los criterios con los cuales se limita una situación que se considera aceptable o normal y otra que se considera inaceptable o peligrosa.

Tabla 21. Determinación y validación de medidas de control y límites críticos

ETAPA	EVENTO PELIGROSO	NIVEL DE RIESGO	MEDIDA DE CONTROL	LÍMITE CRÍTICO PREVISTO	LÍMITE CRÍTICO ACTIVADOR DE LA ADOPCIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL
BOCATOMA	Ausencia o daño de rejilla lateral o superior	MUY ALTO	Reparación o instalación de una rejilla que cumpla con los parámetros de diseño. Llevar registro de las épocas en las que se presenta taponamiento de la rejilla.	La rejilla lateral y superior se encuentra en su posición y cumplen su función.	Ausencia de rejilla por factores externos o daños significativos por falta de seguimiento o mantenimiento.
ADUCCIÓN	Conexiones erradas	MUY ALTO	Estudio detallado sobre el impacto de añadir vegetación (pasto) dentro de la tubería para el taponamiento de redes ilegales. Reparación de tuberías en punto de derivación ilegal.	No existen conexiones erradas porque las tuberías están monitoreadas constantemente.	Detectar pérdidas de energía y de caudal durante el monitoreo.

Tabla 21. (Continuación)

DOSIFICACIÓN	Falta de capacitación del operario	MUY ALTO	Capacitación de los operarios por parte de un ente autorizado.	Al menos el 90% de los operarios de la planta de tratamiento deben estar capacitados y certificados por una entidad que garantice su experiencia en el tema. El SENA brinda cursos cortos y de fácil acceso.	Menos del 90% de los operarios de la planta cuentan con la capacitación o están certificados por una entidad que garantice su experiencia en el tema. Se ha perdido la vigencia de la certificación de los operarios.
AFORADOR Y MEZCLADOR	Mal aforo	MUY ALTO	Mejorar el proceso de aforo instalando dispositivos de medición modernos.	El dispositivo aforador debe estar instalado de tal forma que facilite una lectura precisa del caudal.	El dispositivo aforador no funciona correctamente o se genera la duda que la medida sea precisa

Tabla 21. (Continuación)

AFORADOR Y MEZCLADOR	Aplicación del coagulante: punto, forma y secuencia de aplicación de las sustancias químicas	MUY ALTO	Estudio sobre la eficiencia de los puntos de adición de componentes químicos. Reubicar y organizar el punto de aplicación (de ser necesario). Tener claros los parámetros establecidos legalmente para el análisis de las dosificaciones.	El punto de aplicación del coagulante es exacto y la mezcla se realiza correcta y homogéneamente.	El punto y método de aplicación del coagulante ha sido modificado.
DESINFECCIÓN	Punto o método de la desinfección insuficiente o no fiable	MUY ALTO	Crear una zona de contacto eficiente en el punto de desinfección. Recomendar hervir el agua si falla el proceso de tratamiento.	Según Norma RAS 2000, el punto de aplicación del cloro debe ser donde se pueda garantizar y asegurar un tiempo de contacto máximo.	El punto de aplicación del cloro no garantiza una zona de contacto fiable.

Tabla 21. (Continuación)

BOCATOMA	Acceso sin restricción a personas y/o animales	ALTO	Instalación de señalización y/o cerca protectora. Seguimiento al estado físico de las instalaciones.	Las personas son conscientes del uso de la fuente para agua de consumo y por lo tanto no la usa para otros fines aunque no haya señalización ni cerco protector.	La fuente es empleada como punto de recreación y es de fácil ingreso.
BOCATOMA	Vertimiento de agua del balneario vecino	ALTO	Control y seguimiento del vertimiento de aguas. Campaña para minimizar el uso del río aguas arriba para recreación.	El vertimiento de aguas esta 100% controlado.	No hay control del vertimiento de aguas.
CONDUCCIÓN	Acceso sin restricción a personas y/o animales	ALTO	Instalación de señalización y/o cerca protectora. Seguimiento al estado físico de las instalaciones.	Las personas son conscientes del uso de la fuente para agua de consumo y por lo tanto no la usa para otros fines aunque no haya señalización ni cerco protector.	La fuente es empleada como punto de recreación y es de fácil ingreso.

Tabla 21. (Continuación)

CONDUCCIÓN	El material de la conducción es en asbesto cemento y se encuentra en mal estado	ALTO	Restauración de la red dañada. Reemplazar el material existente por PVC.	La tubería y elementos de contención se encuentran en buen estado (sin fugas). La tubería debe ser de un material tal que cumpla las especificaciones de diseño, salubridad y normativa vigente.	La tubería y elementos de contención se encuentran en mal estado físico y presentan fugas. El material de la tubería no cumple con la normativa vigente.
DESARENADOR	Acceso sin restricción a personas y/o animales	ALTO	Instalación de señalización y/o cerca protectora. Seguimiento al estado físico de las instalaciones.	Las personas son conscientes del uso de la fuente para agua de consumo y por lo tanto no la usa para otros fines aunque no haya señalización ni cerco protector.	La fuente es empleada como punto de recreación y es de fácil ingreso.
DESARENADOR	Ingreso de agua de cultivos y ganadería por escorrentía superficial directamente al sistema.	ALTO	Instalación de señalización y/o cerca protectora. Seguimiento al estado físico de las instalaciones.	Las personas son conscientes del uso de la fuente para agua de consumo y por lo tanto no la usa para otros fines aunque no haya señalización ni cerco protector.	La fuente es empleada como punto de recreación y es de fácil ingreso.

Tabla 21. (Continuación)

DOSIFICACIÓN	Falta de ensayo de jarras	ALTO	Control en la dosificación de coagulantes. Ensayo de jarras. Capacitar operarios y realizar control y seguimiento del ensayo de jarras por lo menos cada vez que se presenten cambios en la calidad del agua.	Se debe realizar siguiendo la Norma Técnica Colombiana NTC 3903 por lo menos una vez por cada cambio de turno de operario. Según Decreto 475 de 1998 del Ministerio de Salud, el valor máximo admitido de turbiedad es de 5 UNT.	Cambios repentinos en la turbiedad. Cambio de turno de operario.
--------------	---------------------------	------	--	--	--

Tabla 21. (Continuación)

FLOCULACIÓN	Ausencia de mezcladores	ALTO	Colocar en marcha los otros mezcladores para cumplir con el funcionamiento mínimo de diseño	El diseño de los floculadores se realiza para determinar cuántos y qué capacidad de flocs son capaces de producir, por lo tanto, es necesario que como mínimo dos floculadores estén en funcionamiento El tipo de coagulante, la dosis y las condiciones de operación mínimas que debe tener el agua de buena calidad y exigidos por el Ministerio de Salud en el Decreto 475 del 10 de marzo de 1998. El gradiente de velocidad debe estar entre 20 y 70 seg-1 y el tiempo de retención debe estar entre 20 y 40 segundos según Norma RAS 2000.	Menos de dos mezcladores en funcionamiento.
-------------	-------------------------	------	---	---	---

Tabla 21. (Continuación)

BOMBEO	Cortes de energía	ALTO	Adquisición de planta eléctrica. Plan de contingencia y/o racionamiento de agua para mantener la distribución por gravedad desde el tanque elevado	Menos de 3 horas de corte de energía en un día.	Más de 3 horas de corte de energía en un día.
DOSIFICACIÓN	Almacenamiento de los productos químicos e insumos	MEDIO	Disponer de área para el almacenamiento de forma organizada evitando exponer los productos	Los productos químicos e insumos deben mantenerse en un lugar en el que se conserven sus propiedades de temperatura, humedad. El lugar de almacenamiento debe ser ordenado y de fácil acceso para los operarios.	Los productos químicos e insumos se encuentran expuestos a agentes externos. Al menos un producto dañado por contaminación o mala manipulación.
AFORADOR Y MEZCLADOR	Mal aforo	MEDIO	Mejorar el proceso de aforo instalando dispositivos de medición modernos.	El dispositivo aforador debe estar instalado de tal forma que facilite una lectura precisa del caudal.	El dispositivo aforador no funciona correctamente o se genera la duda que la medida sea precisa

Tabla 21. (Continuación)

DESINFECCIÓN	La tubería de dosificación de cloro está expuesta	MEDIO	Proteger la tubería	La tubería que transporta el cloro está protegida de cualquier accidente laboral que se pueda presentar.	Fuga causada por accidente laboral o deterioro por agentes externos.
BOCATOMA	Fenómenos meteorológicos y cambios climáticos	BAJO	Protección de tuberías con barreras de contención en las tuberías expuestas. Revisión periódica de empotramientos y elementos estructurales sobre todo después de una creciente o época de lluvias. Visitar el lugar después del evento. Se debe llevar registro detallado de cada situación que se presente y que amerite reparación.	Las tuberías de conducción y los elementos de contención se encuentran en buen estado y no presentan daños o desgastes.	Tuberías expuestas a daños. Perdida de energía por fugas en tuberías afectadas.

Tabla 21. (Continuación)

DESARENADOR	Caída de hojas provenientes de zona de cultivos aledaños o ingreso de elementos externos	BAJO	Instalación de una malla protectora para evitar el ingreso de residuos externos	La estructura está protegida del ingreso de elementos externos.	La estructura está expuesta a elementos contaminantes externos de cualquier tipo.
CONDUCCIÓN	Taponamiento y empozamiento de agua en tanque abierto	BAJO	Instalación de tapa o sello protector. Estudio para la determinación detallada del riesgo microbiológico presente.	No debe existir ningún tipo de empozamiento que genere la reproducción de algas y zancudos.	Empozamiento de aguas que permita la reproducción de microorganismos. Ausencia de tapa.
ADUCCIÓN	Cambios repentinos de presión	BAJO	Restauración de la red dañada. Reemplazar el material existente por PVC.	La tubería y elementos de anclaje se encuentran en buen estado (sin fugas). La tubería debe ser de un material tal que cumpla las especificaciones de diseño, salubridad y normativa vigente.	La tubería y elementos de anclaje se encuentran en mal estado físico y presentan fugas. El material de la tubería no cumple con la normativa vigente.

Tabla 21. (Continuación)

AFORADOR Y MEZCLADOR	Mal aforo	BAJO	Mejorar el proceso de aforo instalando dispositivos de medición modernos.	El dispositivo aforador debe estar instalado de tal forma que facilite una lectura precisa del caudal.	El dispositivo aforador no funciona correctamente o se genera la duda que la medida sea precisa
AFORADOR Y MEZCLADOR	Ubicación de los galones de hidroxloruro	BAJO	Construcción o adaptación de una plataforma segura.	Los galones están ubicados sobre una base firme y sin exposición a posibles derrames.	Por lo menos un derrame accidental. Los galones no cuentan con un sistema de anclaje o fijación.
CUARTO DE ALMACENAMIENTO	La tubería de bombeo está expuesta y sin señalización	BAJO	Demarcar y señalizar las tuberías	Las manijas de la tubería están demarcadas y la dirección de apertura y cierre de válvulas es clara. La tubería es visible.	Ausencia de señalización en válvulas de apertura y cierre.

Tabla 21. (Continuación)

BOMBEO	La tubería de bombeo está expuesta y sin señalización	BAJO	Demarcar y señalizar las tuberías	Las manijas de la tubería están demarcadas y la dirección de apertura y cierre de válvulas es clara. La tubería es visible.	Ausencia de señalización en válvulas de apertura y cierre.
BOMBEO	Cortes de energía	BAJO	Adquisición de planta eléctrica. Plan de contingencia y/o racionamiento de agua para mantener la distribución por gravedad desde el tanque elevado	Menos de 3 horas de corte de energía en un día.	Más de 3 horas de corte de energía en un día.
TANQUES DE ALMACENAMIENTO	Medición inadecuada del nivel de agua	BAJO	Instalar reglilla para medir correctamente el nivel del agua en los tanques	La reglilla está instalada de tal forma que facilita la lectura del nivel del tanque.	La reglilla no funciona correctamente generando un proceso de medición poco fiable.

Tabla 21. (Continuación)

TANQUES DE ALMACENAMIENTO	Apertura o cierre de válvulas	BAJO	Demarcar y señalizar las tuberías	Las manijas de la tubería están demarcadas y la dirección de apertura y cierre de válvulas es clara. La tubería es visible.	Ausencia de señalización en válvulas de apertura y cierre.
FILTRACIÓN	Caída de hojas provenientes de zona vecina a la planta	SIN RIESGO	Instalación de una malla protectora para evitar el ingreso de residuos externos	La estructura física de la planta de tratamiento está protegida de cualquier ingreso externo de material que dañe el proceso de tratabilidad del agua. La caída de hojas no interrumpe el proceso de filtración.	La vegetación aledaña a los filtros genera pérdida de eficiencia en el proceso.

Fuente: propia

Con la tabla anterior se procede a realizar una evaluación de la eficacia de las medidas de control teniendo como criterios los límites críticos tanto aceptables como aquellos activadores de la medida. Se realiza una reevaluación de los riesgos y se enuncian únicamente aquellos que no fueron mitigados totalmente para ser tenidos en cuenta en el plan de mejora.

Tabla 22. Reevaluación de los riesgos

ETAPA	EVENTO PELIGROSO	MEDIDA DE CONTROL	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN	REEVALUACIÓN DEL RIESGO	FUNDAMENTO
BOCATOMA	Ausencia o daño de rejilla lateral o superior	Reparación o instalación de una rejilla que cumpla con los parámetros de diseño. Llevar registro de las épocas en las que se presenta taponamiento de la rejilla.	1	4	4	BAJO	La captación por la parte lateral se realiza sin presencia de una rejilla que impida el ingreso de sólidos de gran tamaño al sistema.

Tabla 22. (Continuación)

ADUCCIÓN	Conexiones erradas	Estudio detallado sobre el impacto de añadir vegetación (pasto) dentro de la tubería para el taponamiento de redes ilegales. Reparación de tuberías en punto de derivación ilegal.	2	4	8	MEDIO	El operador informó sobre la existencia de conexiones ilegales y el uso de vegetación para el taponamiento de las mismas.
DOSIFICACIÓN	Falta de capacitación del operario	Capacitación de los operarios por parte de un ente autorizado.	2	4	8	MEDIO	Es importante que los operarios conozcan y manejen los temas técnicos referentes a las labores de operación en planta.
			2	4	8	MEDIO	
AFORADOR Y MEZCLADOR	Mal aforo	Mejorar el proceso de aforo instalando dispositivos de medición modernos.	1	4	4	BAJO	La reglilla de aforo se encuentra en mal estado y no existe un dispositivo preciso de medición de caudal.

Tabla 22. (Continuación)

AFORADOR Y MEZCLADOR	Aplicación del coagulante: punto, forma y secuencia de aplicación de las sustancias químicas	Estudio sobre la eficiencia de los puntos de adición de componentes químicos. Reubicar y organizar el punto de aplicación (de ser necesario). Tener claros los parámetros establecidos legalmente para el análisis de las dosificaciones.	1	4	4	BAJO	El punto de aplicación de los coagulantes deben ser exactos para que funcione de manera eficiente.
DESINFECCIÓN	Punto o método de la desinfección insuficiente o no fiable	Crear una zona de contacto eficiente en el punto de desinfección. Recomendar hervir el agua si falla el proceso de tratamiento.	1	5	5	BAJO	El punto de aplicación del cloro no genera una zona de contacto fiable. No es evidente una pre mezcla antes de la entrada a los tanques de almacenamiento.
BOCATOMA	Acceso sin restricción a personas y/o animales	Instalación de señalización y/o cerca protectora. Seguimiento al estado físico de las instalaciones.	2	3	6	MEDIO	La zona de captación es utilizada para uso recreativo. No existen vallas que informen sobre la captación de agua de consumo y la importancia del cuidado de la zona (área contaminada por residuos varios).

Tabla 22. (Continuación)

BOCATOMA	Vertimiento de agua del balneario vecino	Control y seguimiento del vertimiento de aguas. Campaña para minimizar el uso del rio aguas arriba para recreación.	3	3	9	MEDIO	Existencia de una piscina balneario a menos de 20 metros del punto de captación.
CONDUCCIÓN	Acceso sin restricción a personas y/o animales	Instalación de señalización y/o cerca protectora. Seguimiento al estado físico de las instalaciones.	2	3	6	MEDIO	La zona de conducción es utilizada para uso recreativo. No existen vallas que informen sobre la importancia del cuidado de la zona (área contaminada por residuos varios).
CONDUCCIÓN	El material de la conducción es en asbesto cemento y se encuentra en mal estado	Restauración de la red dañada. Reemplazar el material existente por PVC.	1	3	3	BAJO	El material de la tubería es obsoleto.
DESARENADOR	Acceso sin restricción a personas y/o animales	Instalación de señalización y/o cerca protectora. Seguimiento al estado físico de las instalaciones.	1	3	3	BAJO	La zona está expuesta al tránsito y uso de personas y/o animales. No existen vallas que informen sobre el pre tratamiento de agua de consumo y la importancia del cuidado de la zona (área contaminada por residuos varios).

Tabla 22. (Continuación)

DOSIFICACIÓN	Falta de ensayo de jarras	Control en la dosificación de coagulantes. Ensayo de jarras. Capacitar operarios y realizar control y seguimiento del ensayo de jarras por lo menos cada vez que se presenten cambios en la calidad del agua.	2	3	6	MEDIO	Es indispensable documentar y hacer seguimiento continuo de las propiedades fisicoquímicas que arroja el ensayo. La correcta dosificación disminuye el mal gasto de los productos y reduce el riesgo de una posible contaminación química.
FLOCULACIÓN	Ausencia de mezcladores	Colocar en marcha los otros mezcladores para cumplir con el funcionamiento mínimo de diseño	1	3	3	BAJO	La correcta operación de los mezcladores es determinante en la efectividad de los procesos de tratamiento posteriores a esta etapa.
			1	3	3	BAJO	
			1	3	3	BAJO	
			1	3	3	BAJO	
BOMBEO	Cortes de energía	Adquisición de planta eléctrica. Plan de contingencia y/o racionamiento de agua para mantener la distribución por gravedad desde el tanque elevado	1	3	3	BAJO	No existe un sistema de suministro de energía alternativo.

Tabla 22. (Continuación)

AFORADOR Y MEZCLADOR	Mal aforo	Mejorar el proceso de aforo instalando dispositivos de medición modernos.	1	3	3	BAJO	La reglilla de aforo se encuentra en mal estado y no existe un dispositivo preciso de medición de caudal.
DESINFECCIÓN	La tubería de dosificación de cloro está expuesta	Proteger la tubería	1	4	4	BAJO	La tubería se encuentra sobre el nivel del suelo en zona de tránsito de operarios y/o visitantes sin protección ni señalización.
CONDUCCIÓN	Taponamiento y empozamiento de agua en tanque abierto	Instalación de tapa o sello protector. Estudio para la determinación detallada del riesgo microbiológico presente.	1	3	3	BAJO	El tanque no tiene una tapa que lo proteja del empozamiento de aguas por efecto de lluvias.
ADUCCIÓN	Cambios repentinos de presión	Restauración de la red dañada. Reemplazar el material existente por PVC.	1	3	3	BAJO	Los cambios bruscos de presión sin un debido seguimiento pueden ocasionar rotura o daño de las tuberías.

Tabla 22. (Continuación)

AFORADOR Y MEZCLADOR	Ubicación de los galones de hidroxicloruro	Construcción o adaptación de una plataforma segura.	1	5	5	BAJO	Los galones son susceptibles a un accidente laboral o error humano provocando contaminación química peligrosa.
BOMBEO	Cortes de energía	Adquisición de planta eléctrica. Plan de contingencia y/o racionamiento de agua para mantener la distribución por gravedad desde el tanque elevado	1	3	3	BAJO	No existe un sistema de suministro de energía alterno.

Fuente: propia

Con la reevaluación presentada en la tabla 27 se validó la eficacia teórica de las medidas de control específicas para cada riesgo. Aquellas que no fueron mitigadas totalmente deben ser analizadas en el plan de mejora; por otro lado debe quedar claro que cada medida de control debe ser documentada en el manual de operación y mantenimiento de la PTAP y así desarrollar procedimientos de monitoreo que permitan determinar nuevos riesgos o analizar la posibilidad de reincidencia de aquellos ya solucionados.

8.8 ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA O MODERNIZACIÓN

Como se evidenció en la etapa anterior, las medidas de control no siempre logran su objetivo que es el de mitigar los peligros en su totalidad y, aunque su nivel de riesgo logre ser menor, no se debe pasar por alto. Por esta razón se debe hacer un programa de inversión a corto, mediano y largo plazo que permita el análisis, mejora y validación de las medidas de control ya existentes para los riesgos no mitigados.

Se presenta entonces para cada riesgo no mitigado, un plan de mejora específico enfocado en el control de las operaciones y el mejoramiento de las prácticas incluyendo el responsable de cada actividad y el plazo máximo de cumplimiento luego de puesta en marcha dicho plan de mejora. Se aclara que, el equipo del PSA podrá cambiar, incluir o agrupar los diferentes responsables para cada actividad con fines de agilizar tiempos de respuesta en la programación de mejoras así como el análisis de nuevos posibles peligros encontrados en alguna etapa del sistema de tratamiento de agua.

Tabla 23. Plan de mejora

MEDIDA DE CONTROL	FUNDAMENTO	PLAN DE MEJORA	RESPONSABLE	PLAZO
Reparación o instalación de una rejilla que cumpla con los parámetros de diseño. Llevar registro de las épocas en las que se presenta taponamiento de la rejilla.	La captación por la parte lateral se realiza sin presencia de una rejilla que impida el ingreso de sólidos de gran tamaño al sistema.	Creación de manual de mantenimiento periódico y revisiones en el punto de captación.	Coordinador de mantenimiento PTAP	Máximo 2 meses
Estudio detallado sobre el impacto de añadir vegetación (pasto) dentro de la tubería para el taponamiento de redes ilegales. Reparación de tuberías en punto de derivación ilegal.	El operador informó sobre la existencia de conexiones ilegales y el uso de vegetación para el taponamiento de las mismas.	Creación de un sistema de monitoreo y posible esquema de multas para los usuarios de redes ilegales. Basados en los estudios del impacto de añadir vegetación (pasto) dentro de la tubería para taponamiento de redes ilegales, buscar alternativas adicionales.	Coordinador de mantenimiento PTAP	Máximo 2 años

Tabla 23. (Continuación)

Capacitación de los operarios por parte de un ente autorizado.	Es importante que los operarios conozcan y manejen los temas técnicos referentes a las labores de operación en planta.	Creación de alianzas interinstitucionales para capacitación, actualización y/o certificación. Esquema de capacitación y tiempo de prueba para operarios nuevos. Sistema de incentivos a operarios para motivar las buenas prácticas.	Departamento de recursos humanos	Inmediato para operarios nuevos.
Mejorar el proceso de aforo instalando dispositivos de medición modernos.	La reglilla de aforo se encuentra en mal estado y no existe un dispositivo preciso de medición de caudal.	Creación de manual de operación de la planta de tratamiento.	Gerente PTAP, Jefe del equipo de ingenieros, Coordinador operativo.	Máximo 6 meses
Estudio sobre la eficiencia de los puntos de adición de componentes químicos. Reubicar y organizar el punto de aplicación (de ser necesario). Tener claros los parámetros establecidos legalmente para el análisis de las dosificaciones.	El punto de aplicación de los coagulantes debe ser exactos para que funcione de manera eficiente.	Creación de manual de operación de la planta de tratamiento.	Gerente PTAP, Jefe del equipo de ingenieros, Coordinador operativo.	Máximo 6 meses

Tabla 23. (Continuación)

Crear una zona de contacto eficiente en el punto de desinfección. Recomendar hervir el agua si falla el proceso de tratamiento.	El punto de aplicación del cloro no genera una zona de contacto fiable. No es evidente una pre mezcla antes de la entrada a los tanques de almacenamiento.	Creación de manual de operación de la planta de tratamiento.	Gerente PTAP, Jefe del equipo de ingenieros, Coordinador operativo.	Máximo 6 meses
Instalación de señalización y/o cerca protectora. Seguimiento al estado físico de las instalaciones.	La zona de captación es utilizada para uso recreativo. No existen vallas que informen sobre la captación de agua de consumo y la importancia del cuidado de la zona (área contaminada por residuos varios).	Creación de manual de mantenimiento periódico y revisiones en el punto de captación. Creación de un sistema de monitoreo y posible esquema de multas para los usuarios potencialmente contaminantes.	Ente regulador de la cuenca de captación /gerente PTAP	Máximo 1 año
Control y seguimiento del vertimiento de aguas. Campaña para minimizar el uso del río aguas arriba para recreación.	Existencia de una piscina balneario a menos de 20 metros del punto de captación.	Creación de un sistema de monitoreo y posible esquema de multas para los vertimientos no autorizados. Continuidad en campañas para minimizar el uso del río aguas arriba para recreación.	Ente regulador de la cuenca de captación	Máximo 1 año

Tabla 23. (Continuación)

Instalación de señalización y/o cerca protectora. Seguimiento al estado físico de las instalaciones.	La zona de conducción es utilizada para uso recreativo. No existen vallas que informen sobre la importancia del cuidado de la zona (área contaminada por residuos varios).	Creación de manual de mantenimiento periódico y revisiones en el punto de captación. Creación de un sistema de monitoreo y posible esquema de multas para los usuarios potencialmente contaminantes.	Ente regulador de la cuenca de captación /gerente PTAP	Máximo 1 año
Restauración de la red dañada. Reemplazar el material existente por PVC.	El material de la tubería es obsoleto.	Creación de manual de mantenimiento periódico y revisiones a lo largo de la red de conducción.	Coordinador de mantenimiento PTAP	Máximo 1 año

Tabla 23. (Continuación)

Instalación de señalización y/o cerca protectora. Seguimiento al estado físico de las instalaciones.	La zona está expuesta al tránsito y uso de personas y/o animales. No existen vallas que informen sobre el pre tratamiento de agua de consumo y la importancia del cuidado de la zona (área contaminada por residuos varios).	Creación de manual de mantenimiento periódico y revisiones en el punto de captación. Creación de un sistema de monitoreo y posible esquema de multas para los usuarios potencialmente contaminantes.	Ente regulador de la cuenca de captación /gerente PTAP	Máximo 1 año
Control en la dosificación de coagulantes. Ensayo de jarras. Capacitar operarios y realizar control y seguimiento del ensayo de jarras por lo menos cada vez que se presenten cambios en la calidad del agua.	Es indispensable documentar y hacer seguimiento continuo de las propiedades fisicoquímicas que arroja el ensayo. La correcta dosificación disminuye el mal gasto de los productos y reduce el riesgo de una posible contaminación química.	Creación de manual de operación de la planta de tratamiento. Creación de alianzas interinstitucionales para capacitación, actualización y/o certificación. Esquema de capacitación y tiempo de prueba para operarios nuevos. Sistema de incentivos a operarios para motivar las buenas practicas.	Gerente PTAP, Jefe del equipo de ingenieros, Coordinador operativo, departamento de recursos humanos.	Máximo 6 meses

Tabla 23. (Continuación)

Colocar en marcha los otros mezcladores para cumplir con el funcionamiento mínimo de diseño	La correcta operación de los mezcladores es determinante en la efectividad de los procesos de tratamiento posteriores a esta etapa.	Creación de manual de operación de la planta de tratamiento.	Gerente PTAP, Jefe del equipo de ingenieros, Coordinador operativo.	Máximo 6 meses
Adquisición de planta eléctrica. Plan de contingencia y/o racionamiento de agua para mantener la distribución por gravedad desde el tanque elevado	No existe un sistema de suministro de energía alterno.	Creación de manual de operación de la planta de tratamiento.	Gerente PTAP, Jefe del equipo de ingenieros, Coordinador operativo.	Máximo 6 meses
Mejorar el proceso de aforo instalando dispositivos de medición modernos.	La reglilla de aforo se encuentra en mal estado y no existe un dispositivo preciso de medición de caudal.	Creación de manual de operación de la planta de tratamiento.	Gerente PTAP, Jefe del equipo de ingenieros, Coordinador operativo.	Máximo 6 meses
Proteger la tubería	La tubería se encuentra sobre el nivel del suelo en zona de tránsito de operarios y/o visitantes sin protección ni señalización.	Creación de manual de operación de la planta de tratamiento.	Gerente PTAP, Jefe del equipo de ingenieros, Coordinador operativo.	Máximo 6 meses

Tabla 23. (Continuación)

Instalación de tapa o sello protector. Estudio para la determinación detallada del riesgo microbiológico presente.	El tanque no tiene una tapa que lo proteja del empozamiento de aguas por efecto de lluvias.	Creación de manual de mantenimiento periódico y revisiones en el punto de captación.	Coordinador de mantenimiento PTAP	Máximo 1 año
Restauración de la red dañada. Reemplazar el material existente por PVC.	Los cambios bruscos de presión sin un debido seguimiento pueden ocasionar rotura o daño de las tuberías.	Creación de manual de mantenimiento periódico y revisiones a lo largo de la red de conducción.	Coordinador de mantenimiento PTAP	Máximo 1 año
Construcción o adaptación de una plataforma segura.	Los galones son susceptibles a un accidente laboral o error humano provocando contaminación química peligrosa.	Creación de manual de operación de la planta de tratamiento.	Gerente PTAP, Jefe del equipo de ingenieros, Coordinador operativo.	Máximo 6 meses
Adquisición de planta eléctrica. Plan de contingencia y/o racionamiento de agua para mantener la distribución por gravedad desde el tanque elevado	No existe un sistema de suministro de energía alterno.	Creación de manual de operación de la planta de tratamiento.	Gerente PTAP, Jefe del equipo de ingenieros, Coordinador operativo.	Máximo 6 meses

Fuente: propia

Con el plan de mejora anterior se plantea en primera medida la mitigación total de los peligros y la mejora en el monitoreo de los mismos. La correcta ejecución del plan de mejora dependerá de la atención y seguimiento por parte de los miembros del PSA y correcta priorización de las actividades a ejecutar más aun cuando el objetivo requiere algún tipo de inversión económica.

Debe ser de conocimiento de los miembros administrativos de la planta como del equipo del PSA que la correcta mitigación de los peligros no exime del monitoreo ningún componente del sistema; por el contrario, se debe documentar, reanalizar y monitorear que dicha solución presenta consistencia a largo plazo y que las soluciones planteadas fueron eficaces y eficientes.

8.9 MONITOREO OPERATIVO

Conjunto al plan de mejora existe el monitoreo operativo o monitoreo de las medias de control previstas. Esta etapa permite determinar un esquema de trabajo o procedimientos de monitoreo que garanticen la correcta ejecución de las medidas de control aplicadas a cada evento peligroso en su respectivo foco de riesgo.

En esta etapa se debe tener en cuenta el limite critico cuando el sistema de abastecimiento de agua potable funciona correctamente para que así la persona responsable asignada comprenda o cuantifique en que momento las cosas se salieron del lineamiento normal definido dentro del PSA.

Por otro lado, el monitoreo operativo tiene como herramienta una medida correctora que será aquella de aplicación inmediata en caso tal de que la medida de control que se está aplicando no esté cumpliendo con su objetivo. Aunque se pretende que la medida correctora actúe de manera rápida o inmediata, no está de mal tener en cuenta que muchas de estas decisiones podrán ser tomadas únicamente en comités administrativos o celebrados por el PSA y así determinar el momento oportuno en que sea necesario ponerla en marcha.

Para la tabla 29 se presentan únicamente los eventos y peligros que no se lograron mitigar del todo en la nueva evaluación de riesgos luego de aplicadas las medidas correctoras y así tener de primera mano los procedimientos de monitoreo antes de la aplicación o puesta en marcha del plan de mejora.

Tabla 24. Monitoreo operativo

ETAPA/ MEDIDA DE CONTROL	LIMITE CRITICO	QUÉ?	DÓNDE?	CUÁNDO?	CÓMO?	QUIÉN?	MEDIDA CORRECT.
BOCATOMA/ Reparación o instalación de una rejilla que cumpla con los parámetros de diseño Llevar registro de las épocas en las que se presenta taconamiento de la rejilla	La rejilla lateral y superior se encuentran en su posición y cumplen su función	Rejilla lateral, superior y estados de los puntos de empotramiento Estado de la rejilla, que no presente taconamiento	Lugar de la captación	Cada año / Cuando exista un evento de precipitación, cambio de características del agua o bajo caudal	Visual, dejando registro de eventos en el punto de captación	Coordinador de mantenimiento PTAP	Gestión de recursos para instalación de rejilla lateral

Tabla 24. (Continuación)

ADUCCIÓN / Estudio detallado sobre el impacto de añadir vegetación (pasto) dentro de la tubería para el taponamiento de redes ilegales Reparación de tuberías en punto de derivación ilegal	No existen conexiones erradas porque las tuberías están monitoreadas constantemente	Existencia de conexiones ilegales	Antes de la entrada a la planta, después de la derivación de caudales Apulo-Tocaima	Cada seis meses / cuando exista un evento de caída de presión o pérdida significativa de caudal	Monitoreando caudal y presión de entrada a la planta	Coordinador de mantenimiento PTAP	Reemplazar tubería afectada
DOSIFICACIÓN / Capacitación de los operarios por parte de un ente autorizado.	Al menos el 90% de los operarios de la planta de tratamiento deben estar capacitados y certificados por una entidad que garantice su experiencia en el tema. El SENA brinda cursos cortos y de fácil acceso.	Vigencia de capacitaciones y certificaciones	Oficina de recursos humanos	Cada año / Cuando se ingrese personal nuevo / cambios en la normativa	Revisión periódica de registro de personal y certificaciones	Departamento de recursos humanos	

Tabla 24. (Continuación)

AFORADOR Y MEZCLADOR / Mejorar el proceso de aforo instalando dispositivos de medición modernos	El dispositivo aforador debe estar instalado de tal forma que facilite una lectura precisa del caudal.	Nivel de caudal	Vertedero	Diario	Visual	Operario de turno	
AFORADOR Y MEZCLADOR / Estudio sobre la eficiencia de los puntos de adición de componentes químicos Reubicar y organizar el punto de aplicación (de ser necesario). Tener claros los parámetros establecidos legalmente para el análisis de las dosificaciones	El punto de aplicación del coagulante es exacto y la mezcla se realiza correcta y homogéneamente.	Cantidad de coagulante y eficiencia de la mezcla	Punto de aplicación de coagulantes	Diario	Visual / Haciendo análisis de jarras para medir eficiencia de mezclado y aplicación / análisis de concentración de sustancias químicas antes de entrada al floculador.	Operario de turno	

Tabla 24. (Continuación)

DESINFECCIÓN / Crear una zona de contacto eficiente en el punto de desinfección Recomendar hervir el agua si falla el proceso de tratamiento	Según Norma RAS 2000, el punto de aplicación del cloro debe ser donde se pueda garantizar y asegurar un tiempo de contacto máximo.	Cloro residual	Punto de salida a distribuci ón	Una vez por semana		Operario de turno	
BOCATOMA / Instalación de señalización y/o cerca protectora. Seguimiento al estado físico de las instalaciones	Las personas son conscientes del uso de la fuente para agua de consumo y por lo tanto no la usa para otros fines aunque no haya señalización ni cerco protector.	Acceso sin restricción de personas	Punto de captación y alrededor es	Una vez por semana en temporada alta	Visual	Coordinador de mantenimiento PTAP	
BOCATOMA / Control y seguimiento del vertimiento de aguas. Campaña para minimizar el uso del rio aguas arriba para recreación	El vertimiento de aguas esta 100% controlado.	Punto, cantidad y característi cas del agua vertida por balneario y vecinos	Punto de captación y alrededor es	Una vez por semana en temporada alta	Visual / Ensayo s microbio lógicos	Ente regulador	

Tabla 24. (Continuación)

CONDUCCIÓN / Instalación de señalización y/o cerca protectora Seguimiento al estado físico de las instalaciones	Las personas son conscientes del uso de la fuente para agua de consumo y por lo tanto no la usa para otros fines aunque no haya señalización ni cerco protector.	Acceso sin restricción de personas	Punto de captación y alrededor es	Una vez por semana en temporada alta	Visual	Coordinador de mantenimiento PTAP	
CONDUCCIÓN / Restauración de la red dañada Reemplazar el material existente por PVC	La tubería y elementos de contención se encuentran en buen estado (sin fugas). La tubería debe ser de un material tal que cumpla las especificaciones de diseño, salubridad y normativa vigente.	Estado de las tuberías existentes	Tubería de conducción	Cada seis meses	Visual	Coordinador de mantenimiento PTAP	

Tabla 24. (Continuación)

DOSIFICACIÓN / Control en la dosificación de coagulantes Ensayo de jarras Capacitar operarios y realizar control y seguimiento del ensayo de jarras por lo menos cada vez que se presenten cambios en la calidad del agua	Se debe realizar siguiendo la Norma Técnica Colombiana NTC 3903 por lo menos una vez por cada cambio de turno de operario. Según Decreto 475 de 1998 del Ministerio de Salud, el valor máximo admitido de turbiedad es de 5 UNT.	Eficiencia de coagulantes	Laboratorio PTAP	Diario	Ensayo de jarras	Operario de turno	
--	--	--------------------------------------	-------------------------	---------------	-----------------------------	------------------------------	--

Tabla 24. (Continuación)

FLOCULACIÓN / Colocar en marcha los otros mezcladores para cumplir con el funcionamiento mínimo de diseño	El diseño de los floculadores se realiza para determinar cuántos y qué capacidad de flocs son capaces de producir, por lo tanto, es necesario que como mínimo dos floculadores estén en funcionamiento. El tipo de coagulante, la dosis y las condiciones de operación mínimas que debe tener el agua de buena calidad y exigidos por el Ministerio de Salud en el Decreto 475 del 10 de marzo de 1998. El gradiente de velocidad debe estar entre 20 y 70 seg-1 y el tiempo de retención debe estar entre 20 y 40 segundos según Norma RAS 2000.	Funcionamiento de mezcladores	Floculadores	Diario	Visual	Operario de turno	
--	--	--------------------------------------	---------------------	---------------	---------------	--------------------------	--

Tabla 24. (Continuación)

BOMBEO / Adquisición de planta eléctrica Plan de contingencia y/o racionamiento de agua para mantener la distribución por gravedad desde el tanque elevado	Menos de 3 horas de corte de energía en un día.	Continuidad del servicio por falta de energía eléctrica	PTAP	Diario / Durante el periodo de evaluación de adquisición de planta eléctrica	Visual	Coordinador de mantenimiento PTAP	Gestión de recursos para adquisición de planta eléctrica
DOSIFICACIÓN / Disponer de área para el almacenamiento de forma organizada evitando exponer los productos	Los productos químicos e insumos deben mantenerse en un lugar en el que se conserven sus propiedades de temperatura, humedad. El lugar de almacenamiento debe ser ordenado y de fácil acceso para los operarios.	Estado de los productos químicos	Almacén de productos PTAP	Una vez por semana	Visual	Coordinador de mantenimiento PTAP	

Tabla 24. (Continuación)

AFORADOR Y MEZCLADOR / Mejorar el proceso de aforo instalando dispositivos de medición modernos	El dispositivo aforador debe estar instalado de tal forma que facilite una lectura precisa del caudal.	Nivel de caudal	Vertedero	Diario / Mientras se adquieren dispositivos de medición	Visual	Operario de turno	Gestión de recursos para adquisición de instrumentos modernos
DESINFECCIÓN / Proteger la tubería	La tubería que transporta el cloro está protegida de cualquier accidente laboral que se pueda presentar.	Estado físico de las tuberías de cloración	PTAP	Una vez por semana / Una vez al mes después de protegidas las tuberías	Visual	Coordinador de mantenimiento PTAP	

Fuente: propia

Siempre que se tengan procedimientos de monitoreo de las medias de control, es importante revisar sobre versión de documentos se están realizando las inspecciones. Es posible que al no realizar una actualización oportuna de los cronogramas de trabajo o capacitación con respecto a la puesta en marcha del plan de mejora se realicen inspecciones con criterios y límites críticos ya desaprobadados debido a la nueva focalización del trabajo sobre los puntos críticos.

Es de suma importancia capacitar a los miembros del equipo de mantenimiento, inspección y demás operarios que no pertenezcan al PSA con sentido de pertenencia, responsabilidad hacia el trabajo y criterios técnicos que les permitan centrar su trabajo en la mejora constante de las prácticas; deben estar en confianza de tomar decisiones responsables en caso de una emergencia o daño que no esté consignado en los manuales o histórico de incidentes.

8.10 ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE GESTIÓN

Parte integral del PSA es incluir procedimientos de operación del sistema de tratamiento y abastecimiento de agua potable. El objetivo de tener procedimientos de gestión normalizados es prever de manera anticipada a los operarios sobre las variaciones en la operación de la planta que pueden generar una pérdida de control o, en dado caso, que pueden llegar a crear un foco de riesgo.

En este caso se deben describir de manera breve las actividades que se ejecutan cuando la planta funciona de manera correcta. Estos procedimientos deben estar actualizados en caso de presentarse alguna variación en los componentes del sistema o en caso de aplicación del plan mejora.

Para algunos operarios, los procedimientos de gestión normalizados pueden llegar a ser monótonos o demasiado inherentes a cada componente del sistema como para ser enlistados y mencionados de manera individual; aun así y de manera preventiva, se pretende que la ruta informativa lleven al operario y/o persona responsable de cada componente del sistema a desarrollar memoria operativa y aprovechar la experiencia de cada uno en la identificación de futuros focos de riesgo.

Tabla 25. Procedimientos de gestión

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	PROCEDIMIENTO OPERATIVO NORMALIZADO
Captación	Operación	Rondas semanales (A menos que se presente un evento que altere el proceso de captación) Informar (Para eventos de atención inmediata) Inspección de estado funcional y físico de las instalaciones
	Mantenimiento	Limpieza periódica de la rejilla
	Emergencia	Informar a jefe inmediato y a su vez al ente regulador de la cuenca de captación
Tratamiento	Operación	Registro de pH, turbiedad, realizar ensayos de laboratorio, registro dosificación Inspección de estado funcional y físico de las instalaciones
	Mantenimiento	Limpieza periódica de los componentes del sistema
	Emergencia	Informar a jefe inmediato Seguir protocolo de emergencia
Almacenamiento	Operación	Control de niveles de los tanques
	Mantenimiento	Limpieza periódica de tanques
	Emergencia	Informar sobre posibles cortes del servicio

Fuente: propia

8.11 PLANIFICACIÓN Y REALIZACIÓN DE EXÁMENES PERIÓDICOS DEL PSA

Para garantizar la actualidad de la información consignada y la eficacia de esta, el PSA deberá celebrar una reunión periódica con todo el equipo. El objetivo será realizar una retroalimentación general para así aprender de las experiencias y dejar registro de que y como se mejorara.

Existen ciertos aspectos de suma importancia que se deben tener en cuenta para hacer de las reuniones un evento productivo y benigno para el PSA:

- Socialización de nuevos eventos y/o riesgos para ser evaluados y acordar la mejor medida de control a ser aplicada,
- Actualización de los focos de riesgo y conformación de nuevos procedimientos de gestión y monitoreo teniendo en cuenta si se activan o no actividades del plan de mejora,
- Actualización de información sobre miembros del PSA y datos relevantes para el equipo como contactos de emergencia o cambio de entidades responsables,
- Autoevaluación del PSA sobre la respuesta dada al momento de algún incidente de haberse presentado y/o la socialización con ejemplos actualizados sobre posibles riesgos venideros por fenómenos meteorológicos o cambios del comportamiento de la cuenca. En estos casos se pueden incluir los estudios sobre nuevas fuentes de captación.

Una de las dificultades típicas que se pueden presentar es la no asistencia de los miembros del PSA a causa de reuniones no productivas; por tanto es importante tener a la mano al momento de la reunión información relevante como: Registros de eventos de emergencia, bitácora de operaciones, registro de daños y reparaciones en los componentes del sistema, registro de inconformidades de la población con algún componente del sistema de tratamiento y distribución, y cualquier documento que argumente los temas a tratar.

Tabla 26. Formato acta comité técnico



REUNIÓN PERIODICA DE PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA INGEAGUA S.A.S. E.S.P.

ACTA DE COMITÉ TÉCNICO No. MUNICIPIO DE TOCAIMA	PAGINA FECHA	1	DE	2
--	-------------------------------	----------	-----------	----------

I. PARTICIPANTES

FIRMA DE LOS PARTICIPANTES

II. OBJETO

III. LECTURA ACTA ANTERIOR Y POSIBLES OBSERVACIONES A LA MISMA

III. VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE COMPROMISOS PACTADOS SEGÚN ACTA ANTERIOR

IV. TEMAS TRATADOS

[illegible]

Fuente: Propia

8.12 REVISIÓN DEL PSA TRAS UN INCIDENTE

El equipo del PSA debe reunirse cada vez que se presente un incidente o evento peligroso que no haya sido contemplado dentro de los establecidos en el plan de mejora. Se determinarán las causas del incidente y se hará una verificación del nivel de respuesta dado a la situación de emergencia en su momento.

Existen unos criterios preestablecidos por la OMS en su manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua que conviene revisar tras el incidente y que son punto de partida para determinar la causa de qué lo ocasionó y cómo se podría mejorar la capacidad de respuesta.

- ✓ ¿Qué ocasionó el problema?
- ✓ ¿La causa fue un peligro ya contemplado en la evaluación de riesgos del PSA?
- ✓ ¿Cómo se detectó o reconoció el problema originalmente?
- ✓ ¿Qué medidas eran más necesarias? ¿Se aplicaron?
- ✓ En caso pertinente, ¿se tomaron las medidas adecuadas y oportunas para advertir a los consumidores y proteger su salud?
- ✓ ¿Qué problemas de comunicación surgieron, y cómo se resolvieron?
- ✓ ¿Qué consecuencias tuvo la emergencia, inmediatas y a largo plazo?
- ✓ ¿Cómo pueden mejorarse la evaluación de riesgos, los procedimientos, la formación o la comunicación?
- ✓ ¿Cómo funcionó el plan de respuesta a la situación de emergencia?

9. CONCLUSIONES

- Al analizar los diferentes componentes del sistema se identificaron riesgos significativos. La fuente de abastecimiento está afectada por actividad agrícola y vertimientos de aguas residuales. La captación está ubicada en una zona de fácil acceso a turistas y la rejilla no cumple con su función, pues en las épocas más secas, el caudal es mínimo y la captación se hace por debajo.
- La planta de tratamiento está diseñada para trabajar con tres floculadores mecánicos de paleta pero sólo uno de ellos funciona correctamente; otro está fuera de servicio y el tercero fue retirado, generando un foco de riesgo en las etapas posteriores. La desinfección no se realiza correctamente pues el cloro ingresa directamente al tanque de almacenamiento sin pasar por un proceso de mezcla que garantice que el porcentaje de cloro residual es el indicado.
- Partiendo del informe del Instituto Nacional de Salud encontrado en la base de datos del SIVICAP (2012-2014), el cual indicó que el tratamiento no estaba cumpliendo con los parámetros de coliformes totales, se orientó el análisis de peligros y riesgos asociados a incluir un análisis microbiológicos en diferentes etapas del sistema, los cuales arrojaron que la empresa INGEAGUA S.A.S. E.S.P. ha implementado estrategias de tratamiento brindando un servicio de agua dentro de los parámetros establecidos en la resolución 2115 que reglamenta el decreto 1575 de 2007.
- El análisis arrojó que existen eventos de peligro que migran desde las etapas iniciales hasta la etapa de desinfección. Para dichos eventos se determinó que la mejor forma de mitigar el riesgo es implementando medidas de control relacionadas con buenas prácticas y controlando los procesos de tratamiento. Dicho de otro modo, se pueden realizar mejoras sobre todo el proceso aplicando medidas adecuadas desde los procesos tempranos hasta el tratamiento final; este proceso se debe hacer reevaluando los riesgos de cada etapa luego de implementar la medida en una etapa anterior.
- Después del proceso de reevaluación de los peligros, se determinó que el nivel de riesgo disminuye considerablemente puesto que ningún peligro se calificó como alto, esto validó de manera teórica el funcionamiento y la

efectividad de las medidas de control propuestas dentro de los límites críticos. Lo anterior, comprueba que el rango establecido para estos límites abarcan la situación de emergencia específica en cada etapa del sistema.

- Los riesgos asociados a: falta de capacitación de operarios, malos procedimientos de dosificación, accidentes laborales, ensayos de laboratorio entre otros; son eventos difíciles de predecir y destacados en el plan de mejora en múltiples etapas del sistema. La implementación del PSA y la creación de un manual de operaciones disminuye la probabilidad de aparición de estos riesgos convirtiéndose en una medida de control eficaz.

10. RECOMENDACIONES

- Se recomienda analizar posibles riesgos aguas arriba del lugar de captación asociados a factores externos dentro de la cuenca del río Calandayma como: flora y fauna, ganadería, zonas de cultivo, vertimiento de aguas, zonas de recreación, etc. puesto que son focos contaminantes que requieren seguimiento y control. De esta manera se evaluará el estado de calidad del agua para lograr ciertos parámetros que brinden garantías a los habitantes del municipio de Tocaima y contribuirá al cuidado de las condiciones ambientales de la cuenca.
- Actualmente, el servicio es suspendido en horas de la noche debido a que el nivel del tanque de almacenamiento elevado disminuye y no es posible la distribución por gravedad, por lo tanto, los usuarios deben contar con tanques de almacenamiento propios si desean mantener agua en sus hogares. Para mitigar el riesgo de desabastecimiento se recomienda invertir en la construcción de un tanque de almacenamiento elevado o aumentar el bombeo desde el municipio de Agua de Dios que permita la continuidad del servicio.
- Para la etapa de sedimentación se omitió la evaluación de los riesgos debido a que estos están asociados a etapas previas. Por tanto se recomienda hacer la evaluación de los peligros luego de la implementación de medidas correctoras en las etapas previas.
- En el momento que se presente un bombeo desde el municipio de Agua de Dios debido al aumento en el consumo diario o a la disminución del caudal del río Calandayma, es recomendable realizar un ensayo de tratabilidad para determinar los cambios en las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua. Además, se debe realizar una evaluación del diseño y determinar si bajo las nuevas condiciones la planta cumple con la capacidad otorgar un recurso que cumpla con las condiciones de salubridad.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo Barrios, R. L., & Severiche Sierra, C. A. (2013). Evaluación de impactos ambientales en un laboratorio de calidad de aguas. *Producción Más Limpia*, 8(2), 32-38.
- Alcaldía de Tocaima, Cundinamarca: <<http://www.tocaima-cundinamarca.gov.co/index.shtml#4>>.
- Amézquita M. Claudia P., Pérez V. Andrea., Torres L. Patricia. Evaluación del riesgo en sistemas de distribución de agua potable en el marco de un plan de seguridad del agua. *Revista Escuela de Ingeniería de Antioquia* Vol. 11. Edición N. 21. Enero-junio 2014 / pp. 157-169.
- Arango, I. M. (2006). HADAS: Asistente para el diseño óptimo de redes hidráulicas exteriores de evacuación. (Spanish). *Ingeniería Hidráulica Y Ambiental*, 27(2/3), 39-43.
- Bartram J, Corrales L, Davison A, Deere D, Drury D, Gordon B, Howard G, Rinehold A, Stevens M. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2009.
- Briñez A., K. J., Guarnizo G., J. C., & Arias V., S. A. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista Facultad Nacional De Salud Pública*, 30(2), 175-182.
- Clemente, A. R., Chica Arrieta, E. L., & Peñuela Mesa, G. A. (2013). Procesos de tratamiento de aguas residuales para la eliminación de contaminantes orgánicos emergentes. (Spanish). *Revista Ambiente E Água*, 8(3), 93-103. doi:10.4136/ambi-agua.1176.
- Díaz C. Mateo C., Mendoza P. Dignory A., Mesa F. Duван J., Díaz A. José L. Estado actual de la incorporación de los planes de seguridad del agua en Colombia. (2013). Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2013).

- García, J. H., Heberling, M. T., & Thurston, H. W. (2011). Optimal Pollution Trading Without Pollution Reductions: A Note. *Journal Of The American Water Resources Association*, 47(1), 52-58. doi:10.1111/j.1752-1688.2010.00476.
- Madera-Parra, C. A., Mara, D. D., & Torres, P. (2011). Sanitization of biosolids from chemically enhanced primary treatment plant: composting or alkali stabilization?. *Ingeniería y Competitividad*, 13(2), 23-31.
- Matta, S., Venegas, J., Aplicación de los Planes de Seguridad del Agua en Pequeños Sistemas de Acueductos del Valle del Cauca., tesis presentada al Universidad Javeriana para optar por el grado de Ingeniería Industrial, Cali, Colombia, 2007.
- Pérez A., Delgado L., Torres P. Evolución y perspectivas del sistema de abastecimiento de la ciudad de Santiago de Cali frente al aseguramiento de la calidad del agua potable. *Revista Ingeniería y Competitividad*. Vol. 14, No. 2, p. 69 - 81 (2012).
- Pérez V. Andrea, Torres L. Patricia, Cruz V. Camilo. Planes de seguridad del agua. Fundamentos y perspectivas de implementación en Colombia. *Ing. Investig.* vol.29 no.3 Bogotá Sept./Dec. 2009.
- Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable [recurso electrónico]: incluye el primer apéndice. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición.
- Plan de desarrollo territorial del municipio de Tocaima, Cundinamarca, 2016–2019 “Sembrando futuro”. Acuerdo municipal No. 12 de 2016. WILMAR ALEXANDER MARTÍNEZ BAREÑO, Alcalde municipal de Tocaima, Cundinamarca.
- Takahashi, S., Saldarriaga, J. G., Vega, M. C., & Hernández, F. (2010). Water distribution system model calibration under uncertainty environments. *Water Science & Technology: Water Supply*, 10(1), 31-38. doi:10.2166/ws.2010.906.
- Torres, P. (2001). Tendencias en el tratamiento de aguas residuales domésticas. (spanish). *Ingeniería y Competitividad*, 3(1), 35-42.

Anexo A. Informe de resultados de laboratorio – Entrada PTAP

 CYANAM S.A.S. Consultoría y Análisis Ambiental S.A.S.	GC-F-008 V04 INFORME DE RESULTADOS 342 -17	 IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Resolución 2508 del 17 de Nov de 2015 Resolución 2860 del 23 de Dic de 2016.
--	--	--

DATOS DE CLIENTE			
EMPRESA	Universidad Santo Tomas	NIT	860.012.357-6
DIRECCION	Carrera 9 No 51-11	TELEFONO	3124805151
CONTACTO	Ing. William González	E-MAIL (S)	williamgonzalez@usantotomas.edu.com
ACTIVIDAD	Institución Universitaria		
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha toma muestra	2017-01-26	Fecha de informe	2017-02-08
Hora toma muestra	15:00	ID muestras	342-17
Sitio muestreo	Entrada PTAP	Tipo muestreo	Puntual
Tipo muestra	Potable	Informe	ORIGINAL

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO Y COMPARACION CON RESOLUCION 2115

TECNICA	METODO	UNIDADES	LC ¹	RESULTADO	RESOLUCION 2115/2007
Hierro	S.M. 3500 – Fe B Método de la Fenantrolina	mg Fe/L	0,10	0,06	0,03
Sulfatos	S.M. 4500 – SO ₄ ²⁻ Método Turbidimétrico	mg SO ₄ /L	10	102	250
Coliformes Totales ²	S.M. 9222 H – Método Filtración por Membrana	UFC/100 ml o cm ³	NR	720	0

¹LC: Límite de cuantificación

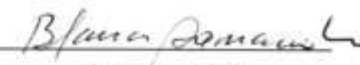
²Parámetro Subcontratado

NR: No reporta

CONCLUSIONES
Los resultados registrados solo corresponden a la muestra analizada, identificada con ID 342- Entrada PTAP. Analysis realizados según lineamientos de American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Edition 22. Prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin autorización del cliente y/o CYANAM SAS Los resultados de Hierro y sulfatos se comparan con el artículo 7 de la Resolución 2115 del 2007.

ANEXOS
Resolución de acreditación 2508 del 17 de Noviembre de 2015 – CYANAM SAS Análisis subcontratados: Informe de resultados 14839- LABORATORIO BIOPOLAB

Dennys Alejandra Samacá Ch.
Director de Calidad - R.P. 15625


Blanca Samacá Ch.
Director Técnico - PQI – 560

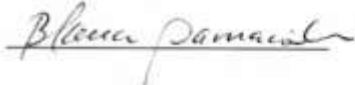
Fin del Informe

Carrera 70 D # 78 – 21 Bogotá D.C / (1) 7005506 - 310 6975767 / cyanamsas@gmail.com

Anexo B. Informe de resultados de laboratorio – Salida PTAP

 CYANAM S.A.S. Consultoría y Análisis Ambiental S.A.S.		GC-F-008 V04 INFORME DE RESULTADOS 343 -17		 IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Resolución 2508 del 17 de Nov de 2015 Resolución 2860 del 23 de Dic de 2016.	
DATOS DE CLIENTE					
EMPRESA	Universidad Santo Tomas		NIT	860.012.357-6	
DIRECCION	Carrera 9 No 51-11		TELEFONO	3124805151	
CONTACTO	Ing. William González		E-MAIL (S)	williamgonzalez@usantotomas.edu.com	
ACTIVIDAD	Institución Universitaria				
DATOS DE LA MUESTRA					
Fecha toma muestra	2017-01-26		Fecha de informe	2017-02-08	
Hora toma muestra	15:00		ID muestras	343-17	
Sitio muestreo	Salida PTAP		Tipo muestreo	Puntual	
Tipo muestra	Potable		Informe	ORIGINAL	
RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO					
TECNICA	METODO	UNIDADES	LC¹	RESULTADO	RESOLUCION 2115/2007
Hierro	S.M. 3500 – Fe B Método de la Fenantrolina	mg Fe/L	0,10	0.06	0,03
Sulfatos	S.M. 4500 – SO ₄ ²⁻ Método Turbidimétrico	mg SO ₄ /L	10	80	250
Coliformes Totales ²	S.M. 9222 H – Método Filtración por Membrana	UFC/100 ml o cm ³	NR	180	0
¹ LC: Limite de cuantificación ² Parámetro Subcontratado NR: No reporta					
CONCLUSIONES					
Los resultados registrados solo corresponden a la muestra analizada, identificada con ID 343- Salida PTAP. Analysis realizados de acuerdo a los lineamientos de American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Edition 22. Los resultados de Hierro y sulfatos se comparan con el artículo 7 de la Resolución 2115 del 2007. Prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin autorización del cliente y/o CYANAM SAS					
ANEXOS					
Resolución de acreditación 2508 del 17 de Noviembre de 2015 – CYANAM SAS Análisis subcontratados: Informe de resultados 14840- LABORATORIO BIOPOLAB					

Dennys Alejandra Samacá Ch.
 Director de Calidad - R.P. 15625


Blanca Samacá Ch.
 Director Técnico - PQI – 560

Fin del Informe

Carrera 70 D # 78 – 21 Bogotá D.C / (1) 7005506 - 310 6975767 / cyanamsas@gmail.com

Anexo C. Informe de resultados de laboratorio – Punto muestreo agua tratada (Colorada)

 CYANAM S.A.S Consultoría y Análisis Ambiental S.A.S	GC-F-008 V04 INFORME DE RESULTADOS 345 -17	 IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Resolución 2508 del 17 de Nov de 2015 Resolución 2860 del 23 de Dic de 2016.
--	--	---

DATOS DE CLIENTE			
EMPRESA	Universidad Santo Tomas	NIT	860.012.357-6
DIRECCION	Carrera 9 No 51-11	TELEFONO	3124805151
CONTACTO	Ing. William González	E-MAIL (S)	williamgonzalez@usantotomas.edu.com
ACTIVIDAD	Institución Universitaria		

DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha toma muestra	2017-01-26	Fecha de informe	2017-02-08
Hora toma muestra	15:00	ID muestras	345-17
Sitio muestreo	Colorada	Tipo muestreo	Puntual
Tipo muestra	Potable	Informe	ORIGINAL

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO Y COMPARACION CON RESOLUCION 2115

TECNICA	METODO	UNIDADES	LC ¹	RESULTADO	RESOLUCIÓN 2115/2007
Coliformes Totales ²	S.M. 9222 H – Método Filtración por Membrana	UFC/100 ml o cm ³	NR	0	0

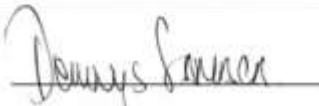
¹LC: Limite de cuantificación

²Parámetro Subcontratado

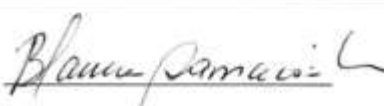
NR: No reporta

CONCLUSIONES
Los resultados registrados solo corresponden a la muestra analizada, identificada con ID 345- Colorada. Analysis realizados de acuerdo a los lineamientos de American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Edition 22. Prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin autorización del cliente y/o CYANAM SAS

ANEXOS
Resolución de acreditación 2508 del 17 de Noviembre de 2015 – CYANAM SAS Análisis subcontratados: Informe de resultados 14842- LABORATORIO BIOPOLAB



Dennys Alejandra Samacá Ch.
Director de Calidad - R.P. 15625



Blanca Samacá Ch.
Director Técnico - PQI - 560

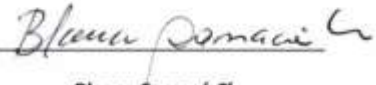
Fin del Informe

Carrera 70 D # 78 – 21 Bogotá D.C / (1) 7005506 - 310 6975767 / cyanamsas@gmail.com

Anexo D. Informe de resultados de laboratorio – Punto muestreo agua tratada (Residencial)

 CYANAM S.A.S Consultoría y Análisis Ambiental S.A.S	GC-F-008 V04 INFORME DE RESULTADOS 344 -17	 IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Resolución 2508 del 17 de Nov de 2015 Resolución 2860 del 23 de Dic de 2016.			
DATOS DE CLIENTE					
EMPRESA	Universidad Santo Tomas	NIT	860.012.357-6		
DIRECCION	Carrera 9 No 51-11	TELEFONO	3124805151		
CONTACTO	Ing. William González	E-MAIL (S)	williamgonzalez@usantotomas.edu.com		
ACTIVIDAD	Institución Universitaria				
DATOS DE LA MUESTRA					
Fecha toma muestra	2017-01-26	Fecha de informe	2017-02-08		
Hora toma muestra	15:00	ID muestras	344-17		
Sitio muestreo	Casa	Tipo muestreo	Puntual		
Tipo muestra	Agua Potable	Informe	ORIGINAL		
RESULTADO DE ANALISIS DE LABORATORIO Y COMPARACION RESOLUCION 2115					
TECNICA	METODO	UNIDADES	LC¹	RESULTADO	RESOLUCION 2115/2007
Coliformes Totales ²	S.M. 9222 H – Método Filtración por Membrana	UFC/100 ml o cm ³	NR	0	0
¹ LC: Limite de cuantificación		² Parámetro Subcontratado		NR: No reporta	
CONCLUSIONES					
Los resultados registrados solo corresponden a la muestra analizada, identificada con ID 344-17 Casa. Analysis realizados de acuerdo a los lineamientos de American Public Health Association American Water Works Association Water Pollution Control Federation Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Edition 22. Prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin autorización del cliente y/o CYANAM SAS.					
ANEXOS					
Resolución de acreditación 2508 del 17 de Noviembre de 2015 – CYANAM SAS Análisis subcontratados: Informe de resultados 14841- LABORATORIO BIOPOLAB					

Dennys Alejandra Samacá Ch.
Director de Calidad - R.P. 15625

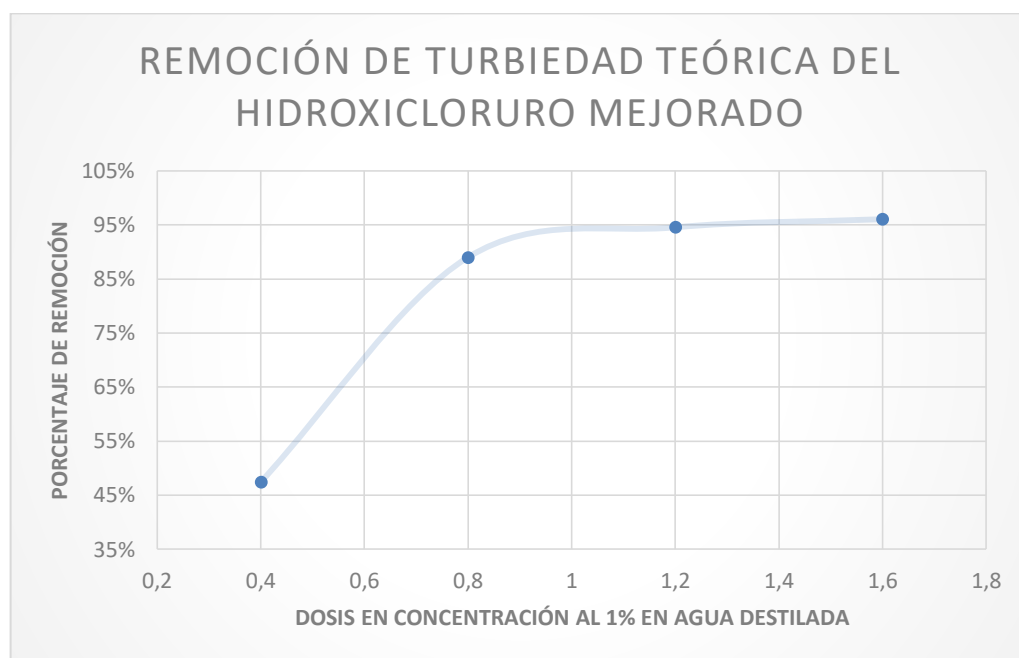

Blanca Samacá Ch.
Director Técnico - PQI - 560
Fin del informe.

Carrera 70 D # 78 – 21 Bogotá D.C / (1) 7005506 - 310 6975767 / cyanamsas@gmail.com

Anexo E. Resultados de laboratorio prueba de jarras – Tabla Eficiencia, Tabla dosificación efectiva, Grafico Eficiencia.

DOSIS RECOMENDADA EN CONCENTRACIÓN AL 1% EN AGUA DESTILADA [mL]				0,75
Muestra	DOSIS [mL]	TURBIEDAD INICIAL [NTU]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	REMOCIÓN [%]
M1	0,4	83,3	43,8	47%
M2	0,8	83,3	9,16	89%
M3	1,2	83,3	4,54	95%
M4	1,6	83,3	3,28	96%

CALCULO DE DOSIFICACIÓN			
DOSIS EN CONCENTRACIÓN AL 1% EN AGUA DESTILADA [mL]	CAUDAL ENTRADA [L/seg]	TIEMPO [seg]	DOSIS DE COAGULANTE [mL/min]
0,012	40	60	28,8
0,016	40	60	38,4



Fuente: propia