

**PROPUESTA DE MEJORA DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIO DE
ACUEDUCTO CABRERANA SERVICIOS PÚBLICOS S.A.E.S.P**

EDINSON GONZALO MAYORGA BECERRA



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2018

**PROPUESTA DE MEJORA DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIO DE
ACUEDUCTO CABRERANA SERVICIOS PÚBLICOS S.A.E.S.P**

EDINSON GONZALO MAYORGA BECERRA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
ESPECIALISTA EN QUÍMICA AMBIENTAL**

Director:

JOSÉ HUMBERTO REMOLINA PATIÑO



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2018

Agradecimientos

A todas las personas que demostraron interés y colaboración en esta monografía, hago manifiesto de este proceso a:

Mis padres por ser el pilar de todos los pasos de mi vida y por su acompañamiento en todos mis logros.

Al Ingeniero Diego Calderón por su constante apoyo y permanencia en todas las etapas para el desarrollo de este trabajo.

Al Ingeniero José Humberto Remolina como Director de esta monografía, por su asesoría y disposición para compartir su conocimiento y experiencia en este sector laboral.

Al Ingeniero Gonzalo Peña como evaluador de esta monografía, por sus oportunas y precisas observaciones y recomendaciones a la misma. Y ser quien motivo la realización de este trabajo.

A todos los compañeros y docentes de la especialización, por el tiempo, las experiencias y el conocimiento compartido.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
2. JUSTIFICACIÓN	19
3. OBJETIVOS.....	20
3.1 OBJETIVO GENERAL	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
4. MARCO TEÓRICO	21
4.1 MARCO LEGAL Y NORMATIVO REGULATORIO DEL RECURSO HÍDRICO EN COLOMBIA.....	21
4.2 DISEÑO CONVENCIONAL DE ABASTECIMIENTO	27
4.2.1 Fuente de Abastecimiento	27
4.2.2 Captación.....	28
4.2.3 Aducción	29
4.2.4 Desarenado	30
4.2.5 Conducción	30
4.3 PROCESOS DEL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	30
4.3.1 Aforo	30
4.3.2 Mezcla Rápida	30
4.3.2.1 Clasificación de las Unidades de mezcla rápida	31
4.3.3 Coagulación, Dosificación de Insumos	35

4.3.4 Mezcla Lenta y Floculación.....	35
4.3.4.1 Tipos de Unidades de Floculación	36
4.3.5 Sedimentación	38
4.3.5.1 Composición de un Sedimentador o Clarificador	38
4.3.5.2 Tipos de Sedimentadores en Tratamiento de Agua	40
4.3.6 Filtración	41
4.3.7 Desinfección	43
5. METODOLOGÍA	44
5.1 PROCEDIMIENTO.....	44
6. RESULTADOS.....	46
6.1 DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE CABRERA.....	46
6.1.1 Sistema de Captación	46
6.1.2 Nacimiento Mata de Guadua	46
6.1.3 Reserva la Esperanza.....	49
6.1.4 Nacimientos Morelia y El Alto	50
6.2 CONDUCCIÓN DEL AGUA CRUDA	52
6.3 PLANTA DE POTABILIZACIÓN	57
6.3.1 Estructura 1- Mezcla rápida	58
6.3.2 Estructura 2- Dosificación de floculante	59
6.3.3 Estructura 3- Mezcla lenta y floculación.....	60
6.3.4 Estructura 4- Sedimentador	61
6.3.5 Estructura 5-Filtración.....	62

6.3.6 Estructura 6- Desinfección	64
6.4 FALENCIAS IDENTIFICADAS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO “PIE DE PEÑA”	66
6.5 REVISIÓN DE LOS RESULTADOS MENSUALES DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA TRATADA EN EL MUNICIPIO DE CABRERA	68
6.6 DISCUSIÓN DE EVIDENCIAS.	70
6.7 PROPUESTA DE PROGRAMAS ACTIVIDADES E INDICADORES PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA POTABLE ASOCIADA AL DIAGNÓSTICO TÉCNICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.	72
6.7.1 Fase física.....	73
6.7.1.1 <i>Sistema de captación y conducción</i>	73
6.7.1.2 <i>PTAP pie de peña</i>	74
6.7.2 Fase Procedimental	76
6.7.2.1 <i>Sistema de captación y conducción</i>	77
6.7.2.2 <i>PTAP pie de peña</i>	79
6.7.3 Fase Conceptual.....	86
7. CONCLUSIONES	93
BIBLIOGRAFÍA.....	94
ANEXOS	102

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Legislación en Colombia para soportar la gestión integral de recurso hídrico GIRH	21
Tabla 2. Tipos de mezcladores	31
Tabla 3. Resumen de las operaciones unitarias del proceso de potabilización en Cabrera y su diagnóstico.	66
Tabla 4. Resultados fisicoquímicos y microbiológicos para el control del agua potable del municipio de Cabrera.	68
Tabla 5. Resumen de propuesta de Mejoramiento	89

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Porcentaje de Agua dulce en la tierra	25
Figura 2. Ciclo hidrológico del agua.....	25
Figura 3. Captación lateral	28
Figura 4. Captación Flotante.....	29
Figura 5. Mezcladores mecánicos – Retromezclador de una sola cámara.....	31
Figura 6. Mezclador en Línea Mecanizado	32
Figura 7. Mezcladores Hidráulicos Tipo I	32
Figura 8. Mezcladores Hidráulicos Tipo I	33
Figura 9. Proceso ilustrativo del inicio floculación	36
Figura 10. Floculadores de mantos de lodos	37
Figura 11. Esquema de un floculador mecánico de paletas	38
Figura 12. Esquema de un sedimentador mantos pulsantes.	40
Figura 13. Filtración superficial	42
Figura 14. Filtración de lecho.....	43
Figura 15. Fotografía del tanque de desarenado del nacimiento Mata de Guadua	47
Figura 16. Fotografía panorámica del nacimiento Mata de Guadua	48
Figura 17. Fotografía de la vía de acceso a la reserva La Esperanza	49
Figura 18. Fotografía de la reserva La Esperanza.....	50
Figura 19. Fotografía aérea de la reserva La Esperanza vista este-oeste.....	50

Figura 20. Fotografía de la estructura de captación y desarenado nacimiento el Alto.....	51
Figura 21. Fotografía de la estructura de captación y desarenado del nacimiento Morelia.....	52
Figura 22. Conducción del agua del nacimiento Mata de Guadua.....	54
Figura 23. Fotografía de la conducción de la reserva La Esperanza	55
Figura 24. Fotografía de conducción de la reserva La Esperanza.....	55
Figura 25. Conducción de los nacimientos Morelia y el Alto	56
Figura 26. Fotografía satelital con georreferenciación de los puntos de captación con propósito de tratamiento en la PTAP “Pie de Peña” del municipio de Cabrera –Santander	56
Figura 27. Georreferenciación de la planta de tratamiento Pie de Peña.....	57
Figura 28. Recepción de agua cruda y dosificación de floculante	59
Figura 29. Unidad de floculación y mezcla lenta.....	61
Figura 30. Equipo Sedimentador	62
Figura 31. Unidad de filtrado.....	63
Figura 32. Tanque de dosificación de cloro y tanque de almacenamiento y distribución.....	65
Figura 33. Metodología propuesta para el abordaje de falencias en la PTAP pie de peña en el municipio de Cabrera-Santander	73

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. COPIAS AUTORIZADAS DE LOS RESULTADOS DE CONTROL DE CALIDAD REALIZADO POR LA SECRETARIA DEPARTAMENTAL DE SALUD AL AGUA TRATADA DISTRIBUIDA EN EL MUNICIPIO DE CABRERA PARA EL AÑO 2017	103
ANEXO B. FORMATOS PROPUESTOS PARA EL CONTROL DE PROCESOS.....	118
ANEXO C. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTE EN LABORATORIO	128
ANEXO D. EJEMPLO PROCEDIMIENTO PARA OBTENCIÓN RECTA	134

ABREVIATURAS

RAS	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
SIVICAP	Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano
PTAP	Planta de tratamiento de agua potable
IRCA	Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano
EDNA	Estudio Nacional del Agua

RESUMEN

TÍTULO: PROPUESTA DE MEJORA DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIO DE ACUEDUCTO CABRERANA SERVICIOS PÚBLICOS S.A. E.S.P.*

AUTOR: EDINSON GONZALO MAYORGA BECERRA**

PALABRAS CLAVE: servicio de acueducto/ calidad de agua potable / PTAP. Sistema de control de calidad de agua, reducción de IRCA

DESCRIPCIÓN:

El objetivo de esta investigación proponer mejoras para corregir los aspectos técnicos del servicio prestado por el ACUEDUCTO CABRERANA SERVICIOS PÚBLICOS S.A.E.S.P. Para este propósito, se realizó una investigación de tipo propositivo; partiendo de una revisión bibliográfica – normativa, teniendo como pilares la noma 2115 de 2007, el reglamento técnico de acueducto y saneamiento básico RAS 2000, el estudio nacional de agua EDNA del año 2014 y los informes de gestión de calidad emitidos por el instituto nacional de salud de Colombia, los cuales permitieron conocer los antecedentes y el estado del arte frente a esta problemática. Se efectuaron visitas que permitieron comprender el funcionamiento de la PTAP perteneciente al municipio de Cabrera-Santander en razón de identificar las falencias También se analizó la información interna referente a los resultados de calidad se analizaron sus efectos y consecuencias. Así mismo, se estructuró un conglomerado de propuestas referentes a cada ítem debidamente identificado durante la fase diagnóstica, para cumplir a cabalidad con el propósito del proyecto. Finalmente se estructuró un sistema de actividades acompañado con sus respectivos indicadores, en los cuales se especifican sus propósitos, objetivos y metas estableciendo como producto final un documento síntesis con el diagnóstico técnico y documental que permita establecer medidas correctivas basadas en los datos presentados.

ABSTRACT

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Director: José Humberto Remolina Patiño,

**TITLE: PROPOSAL FOR IMPROVEMENT OF THE SERVICE PROVISION
 OF ACUEDUCTO CABRERANA SERVICIOS PÚBLICOS S.A.
 E.S.P.***

AUTHOR: EDINSON GONZALO MAYORGA BECERRA**

KEYWORDS: aqueduct service / drinking water quality / PTAP. Water quality control system, reduction of risk on drinking water.

DESCRIPTION

The objective of this investigation is to propose improvements to correct the technical aspects of the service provided by the CABRERANA PUBLIC SERVICES S.A.E.S.P. For this purpose, a proactive type research was carried out; starting from a bibliographic - normative revision, having as pillars the norm 2115 of 2007, the technical regulation of aqueduct and basic sanitation RAS 2000, the national study of water EDNA of the year 2014 and the quality management reports issued by the national institute of health of Colombia, which allowed to know the antecedents and the state of the art in front of this problematic one. Visits were made that allowed to understand the functioning of the PTAP belonging to the municipality of Cabrera-Santander in order to identify the shortcomings. The internal information referring to the quality results was also analyzed, its effects and consequences were analyzed. Likewise, a conglomerate of proposals was structured regarding each item duly identified during the diagnostic phase, in order to fully comply with the purpose of the project. Finally, a system of activities was structured, accompanied by their respective indicators, in which their purposes, objectives and goals are specified, establishing as a final product a synthesis document with the technical and documentary diagnosis that allows to establish corrective measures based on the presented data.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Director: José Humberto Remolina Patiño,

INTRODUCCIÓN

La Constitución Política de Colombia y el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS, especifican que todos los servicios públicos domiciliarios deben cumplir requisitos de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de sus plantas. Sin embargo, aun con los esfuerzos realizados por el gobierno para garantizar la satisfacción de las necesidades básicas de la población a través de la prestación de servicios públicos de calidad, existe todavía una brecha significativa entre el servicio recibido en las áreas urbana y rural.

El presente estudio establece como meta hacer un aporte desde la disciplina de la Ingeniería, con énfasis Ambiental y Química, para el Sistema de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), en el Municipio de Cabrera (Santander). El objetivo de esta investigación es establecer un plan de mejora para abordar los aspectos técnicos del servicio del acueducto de la empresa pública descentralizada: Cabrerana de Servicios Públicos S.A. E.S.P.

La planta de tratamiento de agua potable denominada Pie de Peña está en funcionamiento desde el año 1998 y a la fecha solo se reportan mejoras asociadas al cambio del lecho filtrante y paneles en la unidad de sedimentación ejecutadas el año 2016. La planta de tratamiento no cuenta con formatos de registro de variables, seguimiento de rendimiento o control de calidad primario: turbiedad, color, contenido de coliformes totales y fecales. La empresa CABRERANA DE SERVICIOS PÚBLICOS S.A-E.S.P precisa realizar un diagnóstico técnico que enmarque el rendimiento de la planta asociado a la calidad de agua potable respecto a la norma 2115 del 2007. Existe por parte de la entidad prestadora del servicio un elevado interés en la realización de dicho diagnóstico técnico y de un plan de mejora asociado al mismo.

Para este fin, se planteó una metodología que contempló visitas a la PTAP del municipio y revisiones a las estructuras físicas desde el punto de vista de diseño.

Una vez recolectada la información que permitió diagnosticar el estado actual de la infraestructura, y procedimientos para la operación se procedió a enfrentar el diagnóstico con los resultados analíticos de la calidad del agua y establecer el rendimiento. La metodología de investigación fue de tipo propositivo en cuanto al abordaje de la situación problema.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La planta de tratamiento de agua potable del municipio de Cabrera se encuentra ubicada sobre el camino de Lengerke que lo comunica con el municipio de Barichara, exactamente en las coordenadas N 06°35'37.5" W 073°14'29.8"; Allí se evidencian inestabilidades de las condiciones fisicoquímicas según las variaciones de los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos durante el 2017, fungiendo estos últimos como indicadores de la calidad del agua, determinando la aceptabilidad o no del líquido para consumo humano, partiendo de los límites asignados a los parámetros de control de calidad dentro de la norma 2115 de 2007 emitida por Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (ver anexo 1). Cabe resaltar que la prestación del servicio de acueducto por parte de la empresa CABRERANA DE SERVICIOS PÚBLICOS S.A-E.S.P, es de 24 horas al día los 7 días de la semana; interrumpiendo su operación únicamente ante la presencia de daños en la red de aducción y distribución.

2. JUSTIFICACIÓN

En Colombia el servicio de acueducto está reglamentado el aspecto de calidad fisicoquímico y microbiológico por la norma 2115 de 2007 emitida por los ministerios de la Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. La norma, en su artículo 2, define los valores máximos permisibles de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas para el agua destinada a consumo humano, adicionalmente, define el índice de riesgo asociado a la calidad del agua IRCA asignando un puntaje de riesgo a cada parámetro según la metodología descrita en el artículo 14. Vale aclarar que en caso de incurrir en el sobrepaso de los valores permisibles ponderando un IRCA superior a 5% se debe responder ante los entes de control y se abrirán investigaciones por parte de la superintendencia de servicios o el instituto nacional de salud que pueden derivar en sanciones económicas, disciplinarias y/o administrativas. Por tal motivo la persona prestadora del servicio de acueducto del municipio de cabrera debe asegurar la calidad con el propósito de cumplir de la legislación legal vigente. Por tal motivo la presente monografía busca aportar al mejoramiento del funcionamiento técnico de la PTAP del municipio de cabrera mediante un diagnóstico acompañado de una propuesta de mejora de los componentes del servicio de acueducto.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Estructurar indicadores de procesos para mejorar los aspectos técnicos de la prestación del servicio de acueducto brindado por la empresa CABRERANA DE SERVICIOS PÚBLICOS S.A.E.S.P.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el proceso de potabilización realizado por la empresa CABRERANA DE SERVICIOS PÚBLICOS S.A.E.S.P.
- Analizar los resultados de la calidad del agua potable suministrada por el servicio de acueducto CABRERANA DE SERVICIOS PÚBLICOS S.A.E.S.P.
- Establecer claramente las falencias de los aspectos técnicos identificados como *no conformes* durante el diagnóstico.
- Estructurar un plan de mejora definiendo las prioridades para resarcir las no conformidades técnicas que impiden garantizar la calidad en la prestación del servicio de acueducto.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 MARCO LEGAL Y NORMATIVO REGULATORIO DEL RECURSO HÍDRICO EN COLOMBIA

A continuación se presenta la tabla 1, la cual contiene la normativa colombiana que regula todos los aspectos relacionados con la gestión del recurso hídrico en Colombia.

Tabla 1. Legislación en Colombia para soportar la GESTIÓN INTEGRAL DE RECURSO HÍDRICO GIRH

LEGISLACIÓN		DESCRIPCIÓN
LEY 99 DE 1993	Creación del ministerio de medio ambiente	Se reordena el sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente, y los recursos naturales renovables, se organiza el sistema nacional ambiental SINA. Por la cual se definen las regulaciones y los principios bajo que rigen a los prestadores de servicios públicos domiciliarios de acueductos, alcantarillado, energía eléctrica, telefonía local, telefonía a larga distancia nacional e internacional, recolección transporte y disposición final de desechos sólidos y gas natural domiciliario.
LEY 142 DE 1994	Régimen de servicios públicos domiciliarios	
LEY 373 DE 1997	Uso eficiente y ahorro del agua	Establece pautas para elaborar y adoptar el PUEAA para las entidades prestadoras de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico. Diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de agua. Fijar los criterios básicos y requisitos que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, diseño, construcción, supervisión,

LEGISLACIÓN		DESCRIPCIÓN
RAS-2000	Reglamento	puesta en marcha, operación y mantenimiento de los sistemas de acueducto. De igual manera se incluye el cálculo de población, la dotación y demanda, fuentes de abastecimiento, captaciones de agua superficial y profunda, aducciones y conducciones, redes de distribución, las estaciones de bombeo y los tanques de compensación que se desarrollen en Colombia, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado. Que se desarrollen en Colombia, garantizando seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado.
	Técnico del sector	
	agua potable y saneamiento	
	Básico	
RAS-2000	Reglamento	Fijar los criterios básicos y requisitos que deben reunir los procesos involucrados en la conceptualización, diseño, construcción, supervisión, puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de acueducto.
	Técnico del sector	
	agua potable y saneamiento	
	básico	
RAS-2000	Reglamento	Busca fijar los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, diseño, construcción, supervisión técnica, la puesta en marcha, operación y mantenimiento de los sistemas de acueducto
	Técnico del sector	
	agua potable y saneamiento	
	básico	
DECRETO 990 DE 2002	Modifica la estructura de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios	Mediante la cual se establece la naturaleza, Funciones y Estructura de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y los principios que orientan su actuación, así como las Funciones del superintendente, de las oficinas y de la dirección de entidades intervenidas y en liquidación, de las superintendencias delegadas y de las direcciones del despacho del superintendente.
	Modifican parcialmente las	Se define la regulación y los principios bajo los que deben operar los prestadores de servicios públicos

LEGISLACIÓN		DESCRIPCIÓN
LEY 632 DE 2000	Leyes 142, 143 de 1994, 223 de 1995 y 286 de 1996	domiciliarios y el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional.
LEY 689 DE 2001	Modifica parcialmente la Ley 142 de 1994	Por la cual se modifican los artículos: 15, 24, 20, 31, 39, 50, 51, 52, 60, 61, 62, 66, 77, 79, 102, 103, 104, 140, 159, de la ley 142 de 1994.
NORMA 2115 DE 2007	Regulación controlada de agua potable en Colombia	Mediante la cual se establece la calidad requerida en términos fisicoquímicos y microbiológicos, se reglamenta la metodología de cálculo de riesgo, se establecen la periodicidad del centro de calidad de acuerdo al nivel de complejidad enunciado en el RAS 2000.

Fuente: COLOMBIA, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Normativa de Recurso Hídrico. [En Línea]. En: MINAMBIENTE. 2016. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/normativa-recurso-hidrico>

Teniendo como propósito de la monografía el construir un documento de síntesis que contenga un plan de mejora enfocado a los aspectos técnicos de la planta de tratamiento operada por la empresa CABRERANA DE SERVICIOS PÚBLICOS S.A.E.S.P., el marco teórico presentará algunas generalidades referentes a la importancia del agua, datos estadísticos de la calidad del agua en Colombia y Santander y diseño de procesos de tratamiento.

El agua es un componente esencial de las economías locales y nacionales, y es necesaria para crear y mantener los puestos de trabajo en todos los sectores de la economía. La mitad de la mano de obra mundial está empleada en sectores que dependen del agua y de los recursos naturales: agricultura, bosques, pesca,

energía, producción con uso intensivo de recursos, reciclaje, construcción, transportes y demás sectores que conformen una economía en su totalidad.¹

Se estima que 663 millones de personas carecen de acceso inmediato a fuentes mejoradas de agua potable, mientras que el número de personas sin acceso fiable a un agua de calidad que resulte segura para el consumo humano es de 1.800 millones por lo menos. Se calcula que una tercera parte de la población mundial, aproximadamente 2.400 millones de personas, no utiliza instalaciones de saneamiento básico mejoradas; incluso de estos, 1.000 millones de personas aún practican la defecación al aire libre.²

Los recursos de agua dulce del mundo se renuevan a través de un ciclo continuo comúnmente conocido como el ciclo del agua, el cual hace referencia a la transformación de este recurso natural en sus diferentes estados (sólido, líquido y gaseoso), así como determinar su distribución y disponibilidad a través del tiempo y el espacio.³

¹ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA. UNESCO. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo. Fondo para la Comunicación y la Educación ambiental, A.C [En línea], 2016. Disponible en: <https://goo.gl/9AZksE>.

² *Ibíd.*, p. 2.

³ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD & FONDO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA INFANCIA. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. OMS & UNESCO. [En línea]. En: UNESDOC. 2016. Disponible en: <https://goo.gl/t2qqBJ>

Figura 1. Porcentaje de Agua dulce en la tierra



Fuente: FONDO PARA LA COMUNICACIÓN Y LA EDUCACIÓN AMBIENTAL, A.C. El Agua del Mundo. Centro Virtual De Información del Agua. [En línea]. En: Agua.org. 2017. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/03/Agua-en-el-mundo.jpg>

Para lograr dicha transformación, el agua realiza diferentes etapas, donde inicialmente por aumento de la temperatura - ya sea de manera natural o artificial – ésta cambia su estado de líquido a gaseoso, denominándose evaporación. Posteriormente, por acción del enfriamiento el vapor de agua se expande debido a que se encuentra con presiones más bajas aumentando su volumen, a esta fase se le conoce como condensación. Como resultado de la fase anterior, el agua regresa a la tierra en forma líquida (lluvia) o sólida (nieve o granizo), denominándose como precipitación. Finalmente, al caer ésta se desplaza sobre la superficie de la tierra hacia los cuerpos de agua (mares, ríos o lagunas), conociéndose como escorrentía y con la cual se da inicio una vez más al ciclo del agua o hidrológico.⁴

Figura 2. Ciclo hidrológico del agua

⁴ ARGENTINA, MINISTRO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA. Ciencias naturales: El Ciclo del Agua. [En línea]. En: Biblioteca Nacional de maestros. 2007. Disponible en: <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002315.pdf>



Fuente: ESCOLERO, Oscar; DOMÍNGUEZ MARIANI, Eloísa y MARTÍNEZ EDDA, Sandra. Ciclo Hidrológico. Gobmx. [En línea]. En: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2015. Disponible en: http://www.emapas.inecc.gob.mx/download/lch_ciclo_hidrologico.pdf

La distribución del nivel del riesgo para la salud por el suministro de agua para consumo humano durante el año 2014 para cada municipio del país que reportó el SIVICAP, fue que el 40,66% de la población de Colombia (19'377.763 hab.) consumió agua Sin Riesgo, el 30,66% (14'612.644 hab.) con nivel de Riesgo Bajo, el 12,96% (6'176.116 hab.) con Riesgo Medio, el 12,72% (6'061.036 hab.) Riesgo Alto, y el 0,61% (292.163 hab. en 21 municipios) consumió agua inviable sanitariamente.

El departamento de Santander cuenta con 87 municipios y agrupa una población total de 2'080.961 habitantes⁵, de los cuales el 75,24% (1'543.302 habitantes) se ubica en zona urbana del departamento, mientras el restante 24,76% (507.763

⁵ COLOMBIA, DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA – DANE. Proyecciones de Población 2005 – 2020. [En línea]. DANE. 2005. Disponible en: <https://goo.gl/vpXhj9>

habitantes) se distribuye en zona rural del mismo. De acuerdo al Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) promedio anual de cada municipio reportado al SIVICAP en el departamento de Santander, muestra que el 69% de la población consumió agua Sin Riesgo para la salud, el 16% agua con Riesgo Bajo, el 11% Riesgo Medio y el 4% Riesgo Alto. De los municipios nombrados al inicio, no reportaron IRCA rural 32 de ellos.⁶

4.2 DISEÑO CONVENCIONAL DE ABASTECIMIENTO

Un sistema de abastecimiento de agua, son estructuras diseñadas y construidas a partir de las necesidades de una comunidad, con el fin de tratar y transportar el líquido desde la fuente hasta la población; estos sistemas constan de los siguientes elementos:

4.2.1 Fuente de Abastecimiento. El origen o fuente de abastecimiento se considera de vital importancia debido a que ésta es primordial en el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, es trascendental seleccionar una fuente adecuada o una combinación de fuentes para suministrar la cantidad de agua necesaria a la población. Se pueden dividir las fuentes de abastecimiento en fuentes superficiales y fuentes subterráneas.

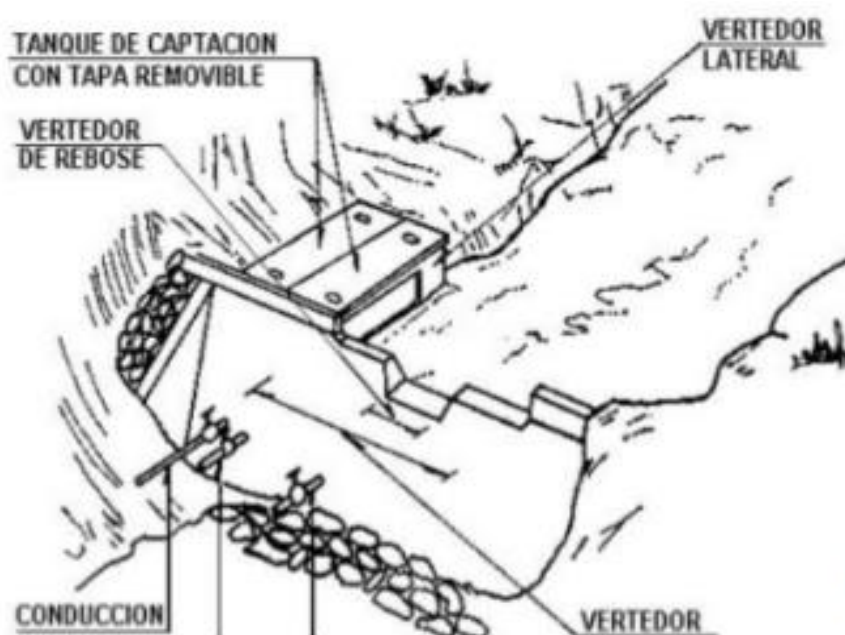
Las aguas superficiales son consideradas aquellas que discurren sobre la superficie terrestre, entre las que se encuentran los ríos, arroyos, lagos, etc. Mientras las aguas subterráneas son aquellas que se infiltran o yacen en el suelo, entre las que se encuentran: pozos y manantiales.⁷

⁶ COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. Informe Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano. [En línea], 2013. Disponible en Internet: <https://goo.gl/YcreqB>.

⁷ CENTRO PERUANO DE ESTUDIOS SOCIALES. CEPES. Fuentes de Abastecimiento. [En línea], 2014. Disponible en Internet: <https://goo.gl/fWXeMs>.

4.2.2 Captación. Es la infraestructura que permite captar el agua de la fuente de abastecimiento y conducirla a través de canales abiertos o tuberías hasta una unidad de desarenado. Entre las estructuras están: toma lateral, que es empleada cuando se necesita realizar una captación superficial, ingresando el agua de forma directa para su conducción. Esta es la más utilizada cuando se trata de captar aguas de ríos con fondos inestables.⁸

Figura 3. Captación lateral



Fuente: MONTENEGRO, Concepción y CASTELLÓN, Mario. Dique con vertedero Lateral. [En línea]. En: SLIDESHARE. 11 de junio de 2011. Disponible en: <https://es.slideshare.net/MIA-CIEMA/obra-de-captacindique-con-vertedero-lateral>

⁸ CHILE. SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS. Agua Potable. Fuentes de abastecimiento y obras de captación. [En línea], 2008. Disponible en Internet: http://www.siss.gob.cl/577/articles-6083_recurso_1.pdf.

Captación flotante, suele usarse cuando el cuerpo de agua sufre de variaciones constantes de nivel de altura, se debe tener muy en cuenta que la tubería de esta captación debe ser flexible para su manipulación y correcto funcionamiento.⁹

Figura 4. Captación Flotante



Fuente: INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN. Obras de Captación – Sistema de Agua Potable. [En Línea]. Civil Geeks. 2010. Disponible en Internet: <https://civilgeeks.com/2010/10/08/obras-de-captacion-sistema-de-agua-potable/>

4.2.3 Aducción. Se define la aducción como el transporte del agua cruda desde la captación hasta la siguiente unidad de tratamiento, que puede ser: una segunda unidad de desarenado, una estructura de conducción a proceso como las canaletas Parshall o un tanque de almacenamiento. Pueden emplearse conductos abiertos o cerrados para esta acción y se emplea como método de impulsión la acción de la gravedad o estaciones de vacío o de bombeo. Se debe tener en cuenta que: en aducciones se deben prever las variaciones de caudal de las fuentes intervenidas, tanto máximos y mínimos para aplicar el sobredimensionamiento adecuado como

⁹ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Sistemas de Acueducto, Guía Ambiental. [En Línea]. En: CORTOLIMA. 2002. Disponible en Internet: <https://goo.gl/xVojDP>

condición de seguridad, así como la proyección poblacional para establecer las dimensiones de diseño y el tiempo de vida útil.¹⁰

4.2.4 Desarenado. Proceso que se da en el tanque desarenado, donde su función es sedimentar la arena, limos y arcillas de cierto tamaño que traen las aguas crudas por la acción de gravedad. Los cuales son de tipo convencionales, tipo Vórtice o de flujo vertical, y pueden ser por gravedad o por presión¹¹.

4.2.5 Conducción. Consiste en la tubería que transporta el agua desarenada hasta la planta de tratamiento de agua potable, para su respectivo tratamiento, estas pueden ser por gravedad o presión¹².

4.3 PROCESOS DEL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

4.3.1 Aforo. Consiste en la determinación del caudal de operación real durante el proceso de tratamiento, la operación permite calcular la dosificación de insumos, así como el tiempo de retención de las unidades subsecuentes.¹³

4.3.2 Mezcla Rápida. Es el proceso en el cual mediante la utilización de un resalto hidráulico se genera la transición del fluido desde un estado laminar a turbulento, permitiéndole garantizar la rápida estabilización de un gradiente de concentración entre la masa de agua a tratar y el floculante empleado como principio activo del tratamiento.¹⁴ A continuación se presentan la clasificación y las ilustraciones de tipos

¹⁰ JIMÉNEZ, José. Manual para el Diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. Veracruz.: Universidad Veracruzana. Facultad de Ingeniería Civil. 2010, p. 19.

¹¹ MARTÍNEZ, Juan. Sistema de Tratamiento del Agua. [En línea]. Blogspot. 12 de abril de 2009. Disponible en: <https://goo.gl/hTMrkA>

¹² COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Sistemas de Acueducto, Guía Ambiental. [En línea]. En: CORTOLIMA. 2002. Disponible en: <https://goo.gl/xVojDP>

¹³ JIMÉNEZ, José. Op. Cit. p. 20.

¹⁴ Ibíd., p. 21.

de mezcladores y resaltos hidráulicos tomados del manual de operación mantenimiento de planta de tratamiento Haina-Mangaguayabo, pagina 25 y 27.

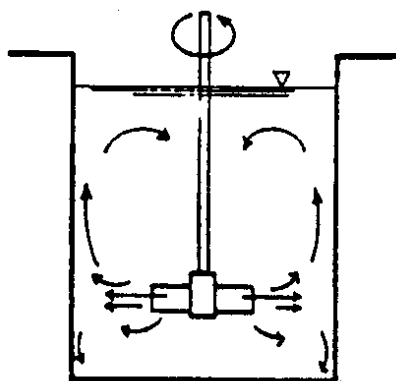
4.3.2.1 Clasificación de las Unidades de mezcla rápida:

Tabla 2. Tipos de mezcladores

MECÁNICOS	Retro mezclador en línea		
HIDRÁULICOS	Resalto hidráulico	Canaleta Parshall	
		Canal de fondo inclinado	
		Vertedero rectangular	
		Difusores	En tuberías
			En canales
		En línea	
	Caídas	Inyectores	
		Estáticos	
		Orificios	
		Vertederos triangulares	
		Medidor Venturi	
		Reducciones	
	Contracciones	Orificios ahogados	
		Línea de bombeo	
	Velocidad o cambio de flujo		
		Codos	

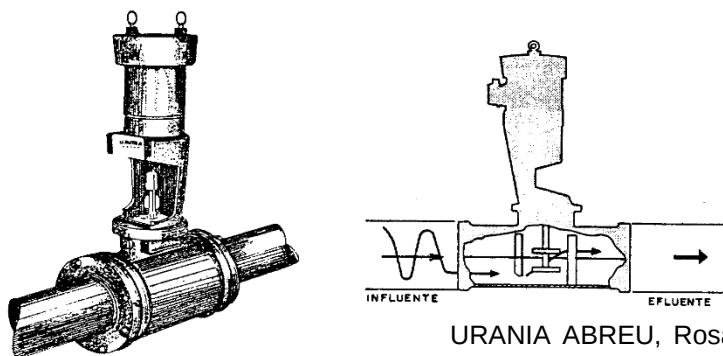
Fuente: AMIRTHARAJAH, Appiah; MILLS, Kirk M. Rapid-mix design for mechanisms of alum coagulation. Journal-American Water Works Association, 1982, vol. 74, no 4, p. 210-216.

Figura 5. Mezcladores mecánicos – Retromezclador de una sola cámara



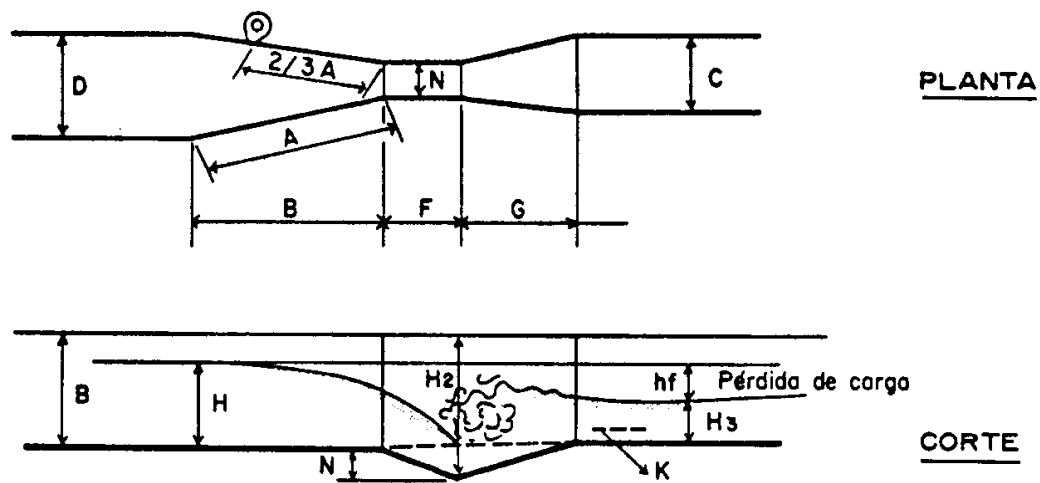
Fuente: URANIA ABREU, Rosa. Manual de operación mantenimiento de planta de tratamiento Haina-Mangaguayabo. [En Línea]. En: Biblioteca Virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental. Santo Domingo, R. D. Diciembre de 2001, p. 23. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/haina.pdf>

Figura 6. Mezclador en Línea Mecanizado

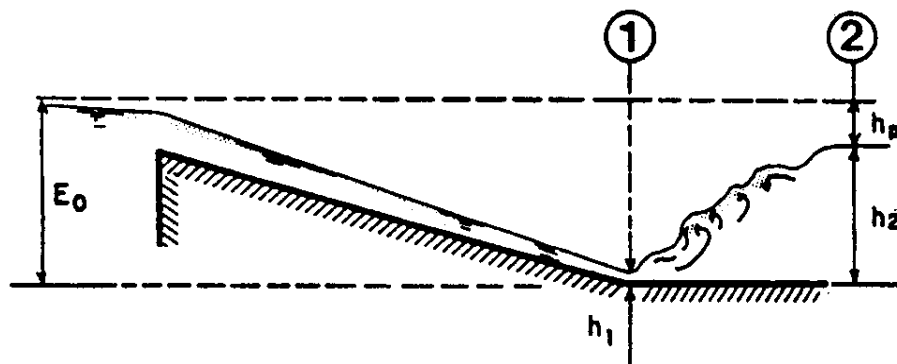


Fuente: URANIA ABREU, Rosa. Manual de operación mantenimiento de planta de tratamiento Haina-Mangaguayabo. [En Línea]. En: Biblioteca Virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental. Santo Domingo, R. D. Diciembre de 2001, p. 23. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/haina.pdf>

Figura 7. Mezcladores Hidráulicos Tipo I



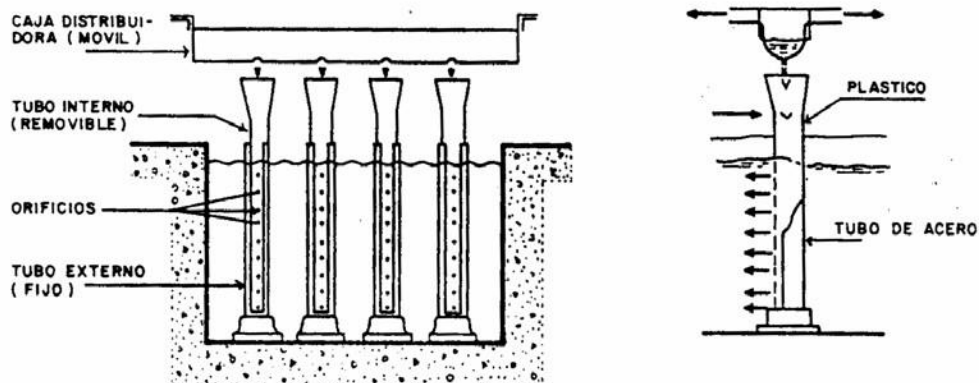
b) CANALETA PARSHALL



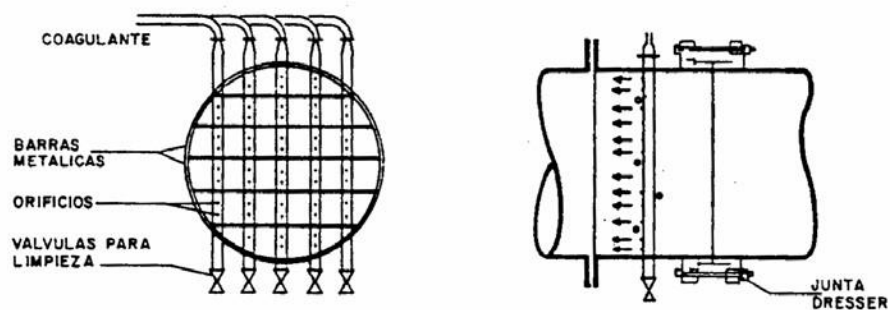
a) CANAL RECTANGULAR CON FONDO INCLINADO

Fuente: URANIA ABREU, Rosa. Manual de operación mantenimiento de planta de tratamiento Haina-Mangoguyabo. [En Línea]. En: Biblioteca Virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental. Santo Domingo, R. D. Diciembre de 2001, p. 24. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/haina.pdf>

Figura 8. Mezcladores Hidráulicos Tipo I



a) DIFUSOR EN CANAL



b) DIFUSOR EN TUBERIA



c) VERTEDERO RECTANGULAR

Fuente: URANIA ABREU, Rosa. Manual de operación mantenimiento de planta de tratamiento Haina-Manguayabo. [En Línea]. En: Biblioteca Virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental. Santo Domingo, R. D. Diciembre de 2001, p. 25. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/haina.pdf>

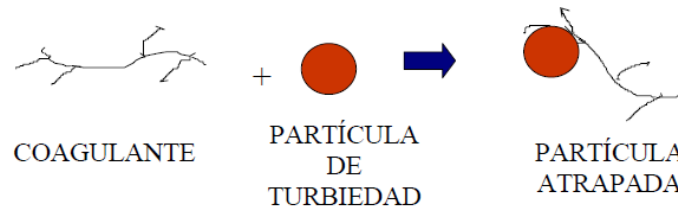
4.3.3 Coagulación, Dosificación de Insumos. Es la diseminación de un agente floculante, generalmente sales oxácidos metálicas, como tetrasulfato de aluminio, hidroxiclورو de aluminio o, sulfato de hierro directamente sobre el resalto hidráulico a fin de garantizar la adecuada homogenización del agente activo en la masa de agua a tratar. En ocasiones y dependiendo de la calidad del agua a tratar requiere una adecuación previa como alcalinización, y/o aireación, ambas con el propósito de formar compuestos oxidativos más densos que el agua que favorecen las etapas siguientes del proceso (mezcla lenta y floculación). Finalmente, de ser necesario se pueden emplear coadyuvantes como polímeros catiónicos o aniónicos que permiten una más rápida desestabilización de los sólidos disueltos en el agua para disminuir el tiempo de retención y mejorar el rendimiento (*dosis optima de floculante*). Las principales variables químicas del proceso son: la dosis óptima, el PH óptimo, la alcalinidad y la concentración óptima de coagulante¹⁵.

4.3.4 Mezcla Lenta y Floculación. Es el proceso que sigue a la mezcla rápida y coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada a una velocidad angular de entre 60 y 80 rpm, con el propósito de permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de alcanzar el peso crítico necesario para sedimentar con facilidad. Estos flóculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar¹⁶.

¹⁵ ANDÍA CÁRDENAS, Yolanda. Tratamiento de Agua, coagulación y floculación. Evaluación de Platas y Desarrollo Tecnológico. [En línea]. En: SEDAPAL. Lima, Perú. Abril de 2000. Disponible en: <https://goo.gl/XkAr6J>.

¹⁶ Ibíd.

Figura 9. Proceso ilustrativo del inicio floculación



Fuente: URANIA ABREU, Rosa. Manual de operación mantenimiento de planta de tratamiento Haina-Mangogwayabo. [En Línea]. En: Biblioteca Virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental. Santo Domingo, R. D. Diciembre de 2001, p. 18. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/haina.pdf>

4.3.4.1 Tipos de Unidades de Floculación. Las unidades de operación de floculación se clasifican en mecánicas e hidráulicas, según el principio energético empleado para generar movimiento desacelerado en el agua. Por otra parte se puede efectuar una clasificación de acuerdo al sistema de aglomeración de flóculos de acuerdo a las siguientes descripciones.

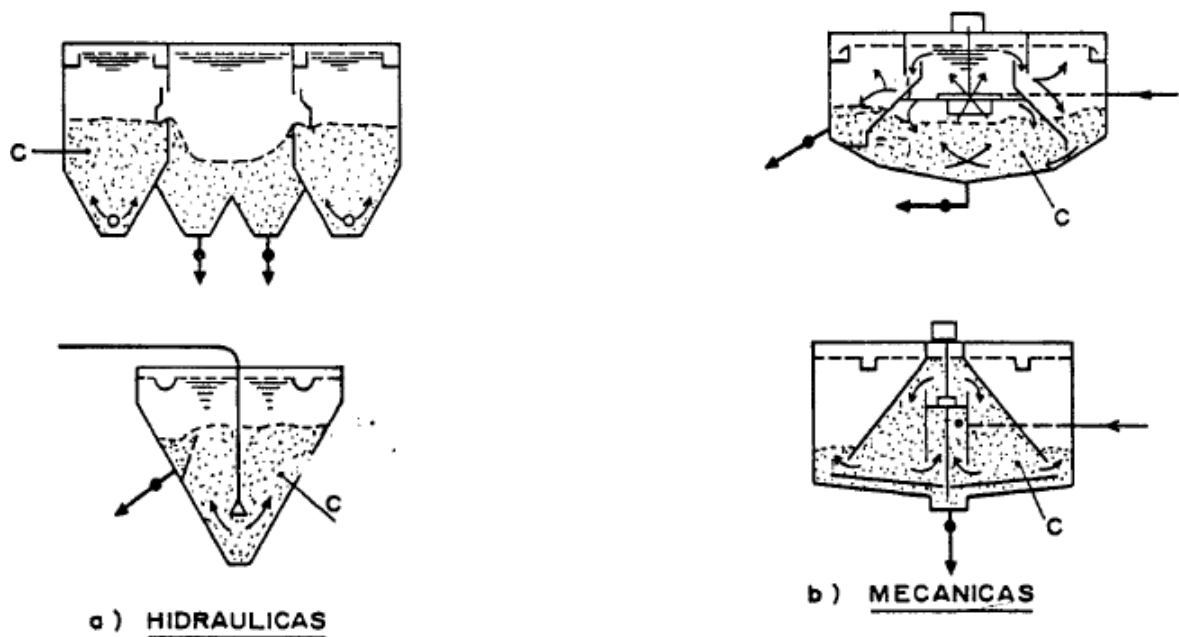
Floculadores de contacto de sólidos o de manto de lodos: Su objeto de funcionamiento es la aglomeración de mantos de lodos en su parte inferior para generar una trampa activa del mismo material que desea remover.

Floculadores de potencia o disipación de energía: Acentuados principalmente en la velocidad del fluido y su cambio de número de Reynolds para determinar la dosis y la velocidad óptima a la cual se aprovechan los gradientes de concentración de sólidos los cuales se establecen durante la etapa de diseño. De acuerdo a la forma de disipación de energía, se pueden clasificar en hidráulicos y mecánicos.

Hidráulicos: utilizan la energía hidráulica disponible a través de una pérdida de carga general o específica. Estos pueden ser de diferentes tipos como son de pantallas, Cox y Alabama, helicoidal de medio poroso, de mallas.

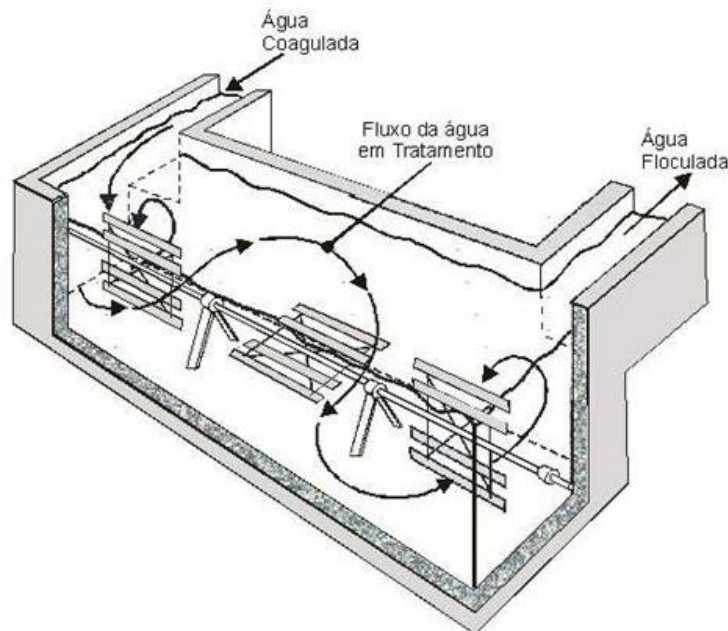
Mecánicos: utilizan energía de una fuente externa, normalmente un motor eléctrico acoplado a un intercambiador de velocidades, que hace posible la pronta variación de la intensidad de agitación. Estos pueden ser de diferentes tipos como son de paletas, de turbina y alternativos.

Figura 10. Floculadores de mantos de lodos



Fuente: URANIA ABREU, Rosa. Manual de operación mantenimiento de planta de tratamiento Haina-Mangogwayabo. [En Línea]. En: Biblioteca Virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental. Santo Domingo, R. D. Diciembre de 2001, p. 27. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/haina.pdf>

Figura 11. Esquema de un floculador mecánico de paletas



Fuente: ROZARIO, Enzo. 5 Floculación Tratamiento de Agua. [En línea]. En: SlidePlayer. Mayo 15 de 2014. Disponible en: <http://slideplayer.com.br/slide/295549/>

4.3.5 Sedimentación. Con el agua casi en reposo y a través de la acción de la gravedad, se depositan en el fondo las partículas y agrupaciones formadas en el proceso anterior, formando un fango o lodo que se extrae posteriormente para garantizar el volumen útil del proceso unitario.

4.3.5.1 Composición de un Sedimentador o Clarificador. Existe principio de diseño para identificar una estructura de generación de sedimentos, las cuales se describen a continuación. Conocer e identificar las diferentes piezas que componen una estructura permitirá su identificación en campo de forma casi inmediata.

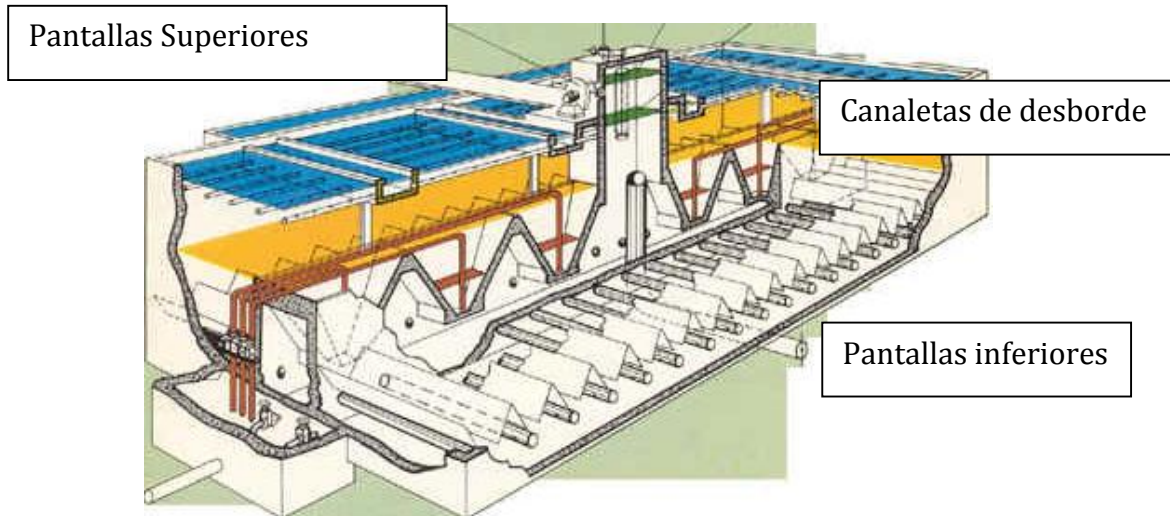
- a) Zona de Ingreso: Es el flujo de entrada a la unidad y debe caracterizarse por poseer baja velocidad para evitar que los flóculos formados durante la mezcla

lenta y la floculación se rompan por alteraciones abruptas en el régimen de flujo, que a este punto debe ser de tipo laminar.

- b) Zona de sedimentación: En esta zona ocurre la separación física de los flóculos del agua, y es propiamente donde la solución genera dos fases claramente diferenciadas y conocidas como: sobrenadante (agua clarificada) y lodos o sedimento (sólidos suspendidos de forma acusa y concentrada) dicha. El equipo puede contener placas paralelas, inclinadas o no tener, aunque las placas de sedimentación acelerada favorecen la formación de capas densas de lodos en un menor tiempo.
- c) Zona de lodos: Es principalmente la zona inferior de la estructura donde se depositan los flóculos. Está formada por estrechamientos físicos y pueden ser continuas o discontinuas. La zona de lodos debe purgarse para evitar la eutrofización del agua a través de los lodos, hecho que derive en la contaminación del agua.
- d) Zona de salida: En el entorno posterior se permite que el agua ya sedimentada abandone la unidad; sin embargo, la velocidad no debe ser elevada para evitar el transporte de materia (flóculos) por arrastre convectivo.

A continuación se presenta la figura esquemática de un sedimentador.

Figura 12. Esquema de un sedimentador mantos pulsantes.



Fuente: RAMÍREZ, F. Tratamiento del agua. [En Línea]. En: El agua potable. 1 de junio de 2018.
Disponible en: <http://www.elaguapotable.com/decantacion.htm>

4.3.5.2 Tipos de Sedimentadores en Tratamiento de Agua:

- **SEDIMENTADORES O DECANTADORES ESTÁTICOS**

En este tipo de unidades puede producirse sedimentación o decantación, usualmente a la libre detención de las partículas, en régimen laminar, turbulento o de transición. Los decantadores de este tipo usualmente se usan como pre sedimentadores dado que dependen del tipo de flujo su forma su volumen y su tiempo de retención para ser eficientes, suelen ser unidades auxiliares.

- **DECANTADORES DINÁMICOS:**

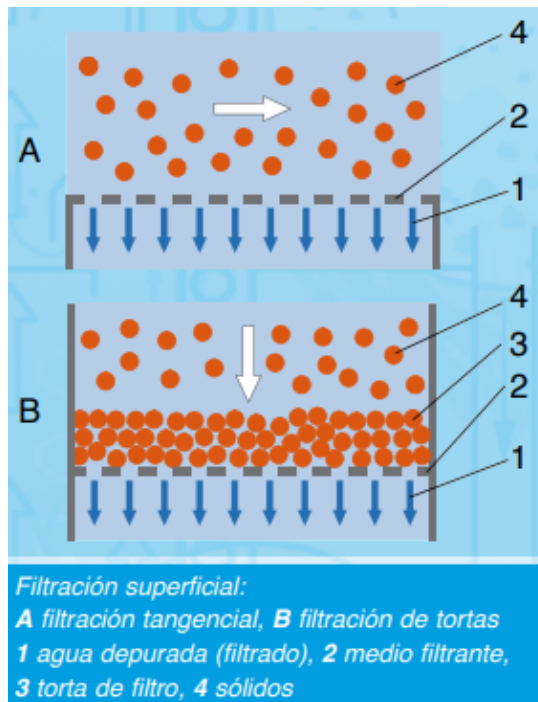
Estas unidades aplican la teoría de decantación interferida al tratamiento de agua; es decir, empleadas para aguas con un histórico de elevadas turbiedades asociadas al contenido de sólidos en suspensión. Las unidades de manto de lodos dinámico se pueden clasificar en hidráulicos y mecánicos.

- **DECANTADORES LAMINARES O DE ALTA TASA**

El proceso se efectúa empleando como sitio activo placas paralelas a cierta inclinación, estas permiten una velocidad de arribo mucho más alta que en los operadores estáticos o convencionales, favorece además que generalmente poseen un menor tamaño y por ende un tiempo de retención más bajo.

4.3.6 Filtración. Es una operación unitaria que emplea generalmente un lecho filtrante que bien puede ser rápida o lenta según su composición en cuanto a la distribución de los materiales que lo componen. La operación consiste en hacer fluir el agua través de una matriz compuesta por fragmentos de diferente diámetro, generalmente grava, arena y antracita, con una configuración que permite al líquido fluir a través de esta reteniendo hasta su capacidad de colmatación los sólidos suspendidos que no haya sido retirados en las operaciones anteriores. Cuando las partículas en suspensión tienen un tamaño suficiente, quedan retenidas en la superficie de un medio poroso, recibiendo el nombre de filtración superficial, en torta o sobre soporte.

Figura 13. Filtración superficial

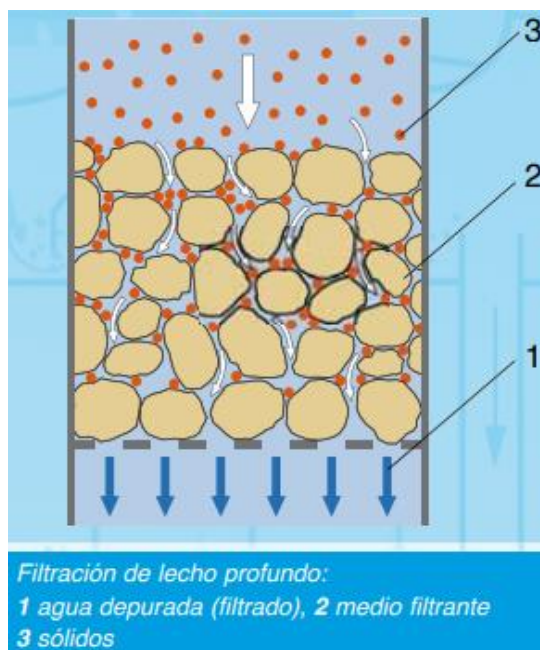


Fuente: GUNT HAMBURG. Tratamiento de Aguas: Procesos Mecánicos. [En Línea]. En: G.U.N.T. Gerätebau GmbH. 2018, p. 1. Disponible en: http://www.gunt.de/images/download/filtration_water_spanish.pdf

Si las partículas tienen un tamaño inferior, pueden quedar adsorbidas en el interior de la masa porosa, denominándose en este caso filtración en volumen, en profundidad o sobre lecho filtrante.¹⁷

¹⁷ CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL AGUA - CIDTA. Módulo de Potabilizadoras. [En línea]. En: Universidad de Salamanca. 2015. Disponible en: <https://goo.gl/uS3y4t>

Figura 14. Filtración de lecho



Fuente: GUNT HAMBURG. Tratamiento de Aguas: Procesos Mecánicos. [En Línea]. En: G.U.N.T. Gerätebau GmbH. 2018, p. 1. Disponible en: http://www.gunt.de/images/download/filtration_water_spanish.pdf.

4.3.7 Desinfección. Con la adición de agentes altamente oxidantes como: cloro gaseoso, hipoclorito de calcio, hipoclorito de sodio, hidróxido de sodio, ozono o germicidas a base de flúor, se consigue eliminar los microorganismos que prevalezcan suspendidos en la solución y se garantiza la calidad del agua durante todo el recorrido por la red de distribución¹⁸. Una "fuente de agua mejorada" se define como aquella en la que se mantienen separadas el agua para uso humano del agua para uso de los animales y la contaminación fecal. Sin embargo, el agua que proviene de una 'fuente mejorada' no está necesariamente libre de bacterias u otro tipo de contaminación y no es necesariamente más segura.

¹⁸ CANAL DE ISABEL II GESTIÓN. Ciclo integral del agua: Tratamiento del agua potable. Fundación Canal de Isabel II. [En línea], Fundación Canal. Madrid. 2015. Disponible en: <https://www.canaleduca.com/wp-content/uploads/2015/08/Tratamiento-de-agua-potable.pdf>

5. METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo descriptiva y propositiva, la cual tiene como objetivo proponer un plan de mejora a una problemática, partiendo de los datos recolectados de la PTAP de tal forma que permitan establecer medidas correctivas basadas en las evidencias presentadas.

5.1 PROCEDIMIENTO

- Examinar las características del problema, tomando como punto de partida las visitas diagnósticas a la planta de tratamiento de agua potable operada por la empresa CABRERANA DE SERVICIOS PUBLICOS S.A-E.S.P. y las estructuras que intervengan directamente en su desarrollo.
- Realizar entrevistas con el gerente del acueducto Robinson Díaz basados en el formato ETCC 01 presentado en el anexo 5, con el fin de conocer los informes sobre la operación y documentación de la PTAP; dejando registro en un diario de campo para toma de datos de las visitas propuestas, material fotográfico y revisión referente a normatividad.
- Realizar observaciones objetivas y exactas, en las visitas de inspección que se llevarán a cabo una vez por semana durante un mes.
- Analizar e interpretar los datos obtenidos, en términos claros y precisos, de acuerdo a la normatividad legal vigente y a las disposiciones técnicas de los entes territoriales de control.

- Estructurar un plan de mejora donde se proponen consignar actividades, objetivos, indicadores y metas, para alcanzar la prestación de un servicio de calidad en conformidad con el RAS 2000 y la norma 2115 del 2007.

6. RESULTADOS

6.1 DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE CABRERA

6.1.1 Sistema de Captación. Los sistemas de captación se identifican como las estructuras que permiten derivar parte del flujo de un sistema hídrico natural o artificial con propósito de distribución u operaciones intermedias. El municipio de Cabrera cuenta con 6 diferentes captaciones, sin embargo solo 3 se tienen en cuenta como flujo de ingreso a la planta de tratamiento de agua potable “Pie de Peña”, localizada en el casco urbano del municipio de Cabrera. A continuación se describen las generalidades de los cuerpos de agua captados con propósito de tratamiento del municipio de Cabrera, Santander.

6.1.2 Nacimiento Mata de Guadua. El nacimiento Mata de Guadua es un brote espontáneo de agua que por sí solo representa un volumen mínimo para abastecimiento. La infraestructura se encuentra incrustada en un terreno veredal sin vía de acceso y rodeada de vegetación nativa que permea la estructura. La infraestructura de captación está construida con hormigón armado y cemento rígido, las dimensiones de la estructura rígida son: 2 m* 1,5m * 1,5 m. y un volumen útil de 2,65 m³, aclarando que el volumen útil no tiene en cuenta el espesor de la pared. La estructura de captación funge también como unidad de desarenado aduciendo la ausencia de alguna unidad consecuente o intermedia entre la captación y la planta de tratamiento de agua potable del municipio. El punto de captación se encuentra ubicado en las coordenadas 06°35'42,9"N y 073°14'14,9" O, y una cota de 1322 msnm. La naturaleza de la captación, aducción y conducción es consecuencia de difícil acceso a la zona, el caudal y la morfología del municipio. A continuación se presenta la fotografía de la captación del nacimiento Mata de Guadua.

Figura 15. Fotografía del tanque de desarenado del nacimiento Mata de Guadua



Figura 16. Fotografía panorámica del nacimiento Mata de Guadua



El agua ingresa a la estructura de captación-desarenado por medio de conducción abierta gracias a la ubicación contigua del brote natural. El flujo de ingreso impacta contra un dique que obliga a circular el fluido de forma ascendente. Una vez finalizado el tiempo de retención deriva por diferencias de presión a sus conducciones incrustadas y simultaneas en la zona inferior de la arista posterior de la unidad.

6.1.3 Reserva la Esperanza. La reserva La Esperanza es un reservorio artificial para aprovisionamiento de agua, fue construida por la administración municipal de Cabrera - Santander entre los periodos 2012-2015 y 2016-2019. La estructura fue diseñada para encontrarse secuencialmente a una cota inferior de 3 metros del brote natural y superficial con el mismo nombre que el proyecto, La Esperanza. La capacidad instalada de operación es de un máximo 20.000 m³ de agua. El embalse La Esperanza se alimenta de un brote espontaneo y el agua pluvial, aprovechando la densidad de precipitaciones de la que goza el municipio de Cabrera, un promedio anual de 1200 mm de agua¹⁹. El punto de referenciación geográfico es: N: 06°35'14" – W: 073°14'090" a una cota de 1372 msnm y cuenta con vía de acceso carretable. El estado en cuanto mantenimiento del terreno es excelente, sin obstáculos o maleza. A continuación se presentan las fotografías de la reserva La Esperanza, su vía de acceso, la reserva, el punto de vista lateral del terreno.

Figura 17. Fotografía de la vía de acceso a la reserva La Esperanza

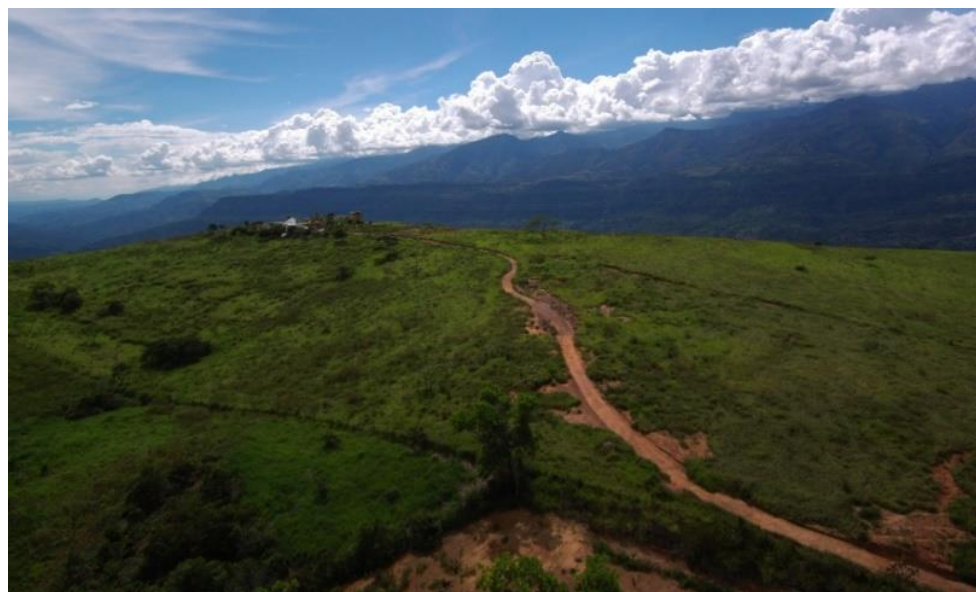


Figura 18. Fotografía de la reserva La Esperanza

¹⁹ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Estudio Nacional del Agua. [En Línea]. En: IDEAM. Bogotá, D. C., mayo de 2015. Disponible en: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf



Figura 19. Fotografía aérea de la reserva La Esperanza vista este-oeste



6.1.4 Nacimientos Morelia y El Alto. Morelia y El Alto son brotes naturales contiguos que recorren una ladera aledaña al nacimiento Mata de Guadua, exactamente a 55 metros lineales en dirección nororiental. La paridad de flujos ingresa mediante una conducción natural abierta hasta unas estructuras de

hormigón y concreto rígido. Las unidades compactas son similares a la estructura del nacimiento Mata de Guadua, funcionando como estructuras de captación y desarenado. El tanque compuesto también contiene un dique que impone un régimen de flujo ascendente dentro del mismo, en ambos casos. Posteriormente, las masas de agua se encuentran con las conducciones incrustadas en su arista posterior. Se encuentran situadas a una altura de 1324 y 1320 msnm, a una separación de 6 metros lineales. El punto de referenciación geográfico es: N: 06°35'714" – W: 073°14'24". A continuación se presentan fotografías de las estructuras mencionadas de los nacimientos Morelia y El Alto.

Figura 20. Fotografía de la estructura de captación y desarenado nacimiento el Alto



Figura 21. Fotografía de la estructura de captación y desarenado del nacimiento Morelia.



6.2 CONDUCCIÓN DEL AGUA CRUDA

La conducción del nacimiento Mata de Guadua inicia su empuje gracias a la columna de agua bajo la cual se encuentra situada. El sistema de conducción es de tubería de PVC de 3 pulgadas de diámetro. Es claro que no se cuenta con planeación técnica en la conducción, evidenciándose que no existen refuerzos en zonas donde los cambios de régimen de flujo, diámetro o pendiente generan repetidas interrupciones del flujo, por avería, por ruptura o taponamiento. El diámetro de la línea de conducción varía desde 3 pulgadas por una longitud de 800 m, posteriormente reduce su diámetro a 2 pulgadas por una longitud de otros 300 m y finaliza con un diámetro de 1 ½ pulgadas. Es acertado afirmar que la falta de implementación de estrategias de mitigación de eventos entre la captación y la conducción genera repetidos golpes de ariete, sobre presiones y/o esfuerzos

oscilantes que fatigan el material, el cual posteriormente falla aduciendo esfuerzos superiores a su módulo de deformación²⁰.

En cuanto a la conducción desde la reserva La Esperanza se observa un mejor estado físico de las líneas de tubería que transportan el flujo, en donde se emplea tubería PVC dúctil. La conducción de la reserva cuenta con 18 ventosas en sus casi 4,6 km de línea, permitiendo estabilizaciones del flujo e impidiendo la incorporación excesiva de aire en la solución²¹. La conducción de la reserva La Esperanza empieza su guía en una estructura de hormigón armado diseñada para proteger la línea de perforaciones, daños y exposición a cualquier tipo de daño natural o antrópicos plausibles por la extensión y lo abierto del campo en el terreno donde se encuentra ubicada.

No obstante, la conducción sufre daños constantes debido a los abruptos cambios de dirección de la tubería que genera elevados gradientes de presión derivando en deformaciones y rupturas. Es importante recalcar que cada daño permite el ingreso de sólidos, material vegetal, material pétreo que comprometen la estructura del punto de suceso en adelante y que además puede dificultar una etapa de tratamiento como consecuencia del arribo de los materiales mencionados a la planta de tratamiento²².

²⁰ PIÑERO LUGO, Ángel. El Fenómeno del Golpe de Ariete: Causas, Efectos y Prevención. Universidad de Puerto Rico. Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura. 09 de abril de 2014.

²¹ FUERTES-MIQUEL, Vicente S.; IGLESIAS-REY, Pedro L.; LÓPEZ-JIMÉNEZ, P. Amparo; Martínez-Solano, F. Javier; LÓPEZ-PATÍÑO, Gonzalo. Utilización de las ventosas para la expulsión del aire durante el llenado de las tuberías. Comportamiento adiabático frente a isoterma Tecnología y Ciencias del Agua, vol. II, núm. 1. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua Morelos, México. enero-marzo, 2011, pp. 33-50.

²² SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES; COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario. [En Línea]. Comisión Nacional del Agua, Estados Unidos Mexicanos. 2015. Disponible en: <http://www.mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro46.pdf>

Para finalizar la observación y diagnóstico de la conducción los aljibes Morelia y el Alto se conducen a través de mangueras de 1 y 1 ½ pulgadas de PVC y no en tubería, evidenciando una falta de diseño y planeación. Vale la pena aclarar que dichos nacimientos fueron intervenidos por la comunidad en su afán de suplir su déficit de agua por tanto carece de cálculos de cambios de presión, velocidad de fluido e índices de deformación de la línea de conducción ocasionando recurrentes episodio de daños asociados a desacoples y taponamientos, acusando también el efecto cadena, la mera ocurrencia del primer evento aumenta la posibilidad de repetición u ocurrencia, es decir que un suceso es consecuencia de los inmediatamente anteriores²³. Todo su recorrido es a la intemperie hasta incursionar en la planta de tratamiento “Pie de Peña” en la vereda Centro del municipio de Cabrera a 2 km del casco urbano por la salida este del camino de Lengerke. A continuación se presentan las fotografías de las conducciones de las fuentes de agua en cuestión.

Figura 22. Conducción del agua del nacimiento Mata de Guadua



²³ BATANERO, Carmen. Razonamiento probabilístico en la vida cotidiana: Un desafío educativo. Investigación en el aula de matemáticas. Estadística y Azar. Granada: Sociedad de Educación Matemática Thales. CD ROM, 2006.

Figura 23. Fotografía de la conducción de la reserva La Esperanza



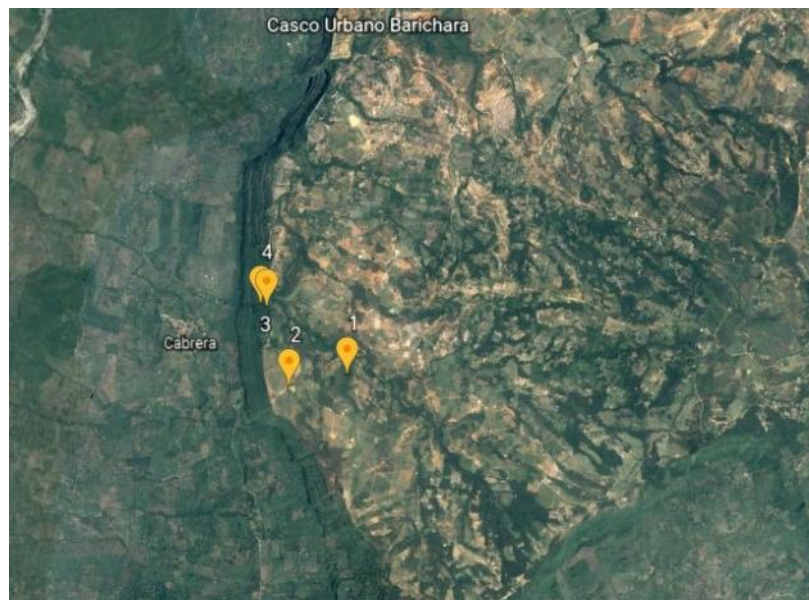
Figura 24. Fotografía de conducción de la reserva La Esperanza



Figura 25. Conducción de los nacimientos Morelia y el Alto



Figura 26. Fotografía satelital con georreferenciación de los puntos de captación con propósito de tratamiento en la PTAP “Pie de Peña” del municipio de Cabrera – Santander.



Dónde: (1) Nacimiento Mata de Guadua, (2) Reserva La Esperanza, (3) Nacimiento del Alto, (4) Nacimiento Morelia.

6.3 PLANTA DE POTABILIZACIÓN

La planta de tratamiento del municipio de Cabrera se encuentra ubicada en el noreste, sobre el camino de Lengerke que conduce al municipio de Barichara, a la altura del kilómetro 1 en el sector La Peña. La planta se encuentra a una cota de 1058 msnm y es de tipo compacto y su infraestructura está hecha de fibra de vidrio. La PTAP del municipio de Cabrera tiene una capacidad instalada de 30 L/s, contando con estructura para los procesos básicos de tratamiento (mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración y desinfección); su ubicación geográfica es: N: 06^a, 35'37.5" y al 073^a14'29.8" W.

Figura 27. Georreferenciación de la planta de tratamiento Pie de Peña



A continuación en la tabla 3 se presenta la relación de caudales captados y de arribo a la planta de tratamiento pie de peña en el municipio de Cabrera.

Tabla 3. Relación de caudales captados y aprovechados en la PTAP pie de peña en el municipio de cabrera.

Estructura de captación	Caudal captado	Caudal de arribo a la planta de tratamiento de agua potable	Caudal derivado a veredas para uso agrícola y viviendas rurales
Mata de Guadua	1.1 l/s	0.8 l/s	0.4 l/s
Morelia y el alto	0.1 l/s		
La esperanza	4 l/s	1.5 l/s	2.5 l/s
Disponibilidad hídrica total del municipio de Cabrera	5.2 l/s	2.3 l/s	2.9 l/s

Fuente: Empresa CABRERANA DE SERVICIOS PUBLICOS S.A-E.S.P-archivo de concesiones y captaciones.

Nota: Se despreciaron las pérdidas al no contar con datos de un sistema de monitoreo y detección.

Vale la pena aclarar que los nacimientos mata de guadua Morelia y el alto se combinan durante su conducción para permitir obtener un flujo de mayor cuantía, igualmente se establece que la disponibilidad del recurso hídrico en el municipio de cabrera es bastante reducida por ende se explica el bajo aporte de los caudales captados. Así mismo el agua contenida en la reserva la esperanza suple la necesidad hídrica de parte del sector rural aledaño a su conducción y por tal motivo se aduce la reducción del caudal de arribo a la planta de tratamiento. Los caudales fueron medidos justo antes de la combinación final de flujos a la entrada de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Cabrera.

6.3.1 Estructura 1- Mezcla rápida. La PTAP Pie de Peña no cuenta con una canaleta tipo Parshall para la mezcla rápida y homogenización del fluido. Según la configuración de las instalaciones se emplea un tanque de las siguientes

dimensiones: 3m de alto con un diámetro de 2,45m en al cual se realiza la dosificación de floculante Hidroxicloruro de aluminio o hidróxido de aluminio según sea el caso, de acuerdo al contenido de la bodega ubicada en el predio donde se encuentra construida la planta de tratamiento. Dentro de esta unidad se aprovecha la velocidad del flujo para generar un vórtice que permite la diseminación del floculante; no obstante, se verificó que la dosificación no se integra a la masa de agua de forma uniforme. Se pudo observar cambios bruscos de turbiedad en periodos de 60 minutos sin que la dosificación de floculante se ajuste así como ausencias prolongadas de fluido (agua) de hasta 6 minutos sin que la dosificación de los agentes floculantes se detenga. Se estableció un caudal de ingreso de 3,3 L/s mediante un aforo volumétrico de 24 horas realizado por la empresa CABRERANA DE SERVICIOS PUBLICOS, un volumen de 23,45 m³ de la unidad y por ende un tiempo de retención de 2,25 h.

Figura 28. Recepción de agua cruda y dosificación de floculante



6.3.2 Estructura 2- Dosificación de floculante. La planta de tratamiento “Pie de Peña” no cuenta con una estructura articulada de dosificación, ésta se realiza a través de una solución de sulfato de aluminio tipo B, sin estandarizar; es decir, no

se emplea una solución de concentración fija. La solución se prepara en un tanque de PVC de 250 litros; sin embargo, no cuenta con cobertura y se evidencia la falta de mantenimiento por la acumulación de escoria o sarro sobre las superficies del tanque. En la planta de tratamiento se aplica el floculante haciendo uso de la gravedad como fuerza impulsora, siendo esta una dificultad para mantener un flujo adecuado para el tratamiento. No se cuenta con bombas de dosificación de ningún tipo así como tampoco la estandarización de los procedimientos de dosificación en función de la calidad del agua de llegada a la planta de tratamiento. Se pueden emplear metodologías ampliamente estudiadas como la incorporación del potencial Z como factor de optimización para la operación dosificación de floculante, donde se analiza la remoción evaluada en NTU por ppm de Hidroxicloruro de aluminio o sulfato de aluminio²⁴.

6.3.3 Estructura 3- Mezcla lenta y floculación. Consta de un tanque cilíndrico contiguo a la unidad de admisión de agua y dosificación de floculante, unidad de tipo manto de lodos inferiores. Las dimensiones de la estructura son iguales al tanque inmediatamente anterior: 3 m de alto y 2,5 m de diámetro. El tanque tiene el propósito de ralentizar el fluido, permitiendo que de origen a la formación de los flóculos con tamaño suficiente para que posteriormente pueda sedimentar. Adicionalmente, se observa que existe precipitación de lodos en el interior de la unidad. El tanque no cuenta con agitadores mecánicos o resistencias de diseño en su interior. Para favorecer el inicio de la sedimentación en la etapa siguiente se introdujeron tejas onduladas de una sola pieza tipo eternit aprovechando la extensión de la superficie y la porosidad del material para retener lodos en exceso. Se evidencia la falta de mantenimiento y se entienden restricciones de diseño,

²⁴ BETANCUR C., Bibiana; JIMÉNEZ G., David M.; LINARES, Balmes G. Zeta Potential (z) as a criterion for optimization of coagulant dosage in a drinking water treatment plant. Recibido para revisar Enero 20 de 2011, aceptado Junio 28 de 2012, versión final Julio 23 de 2012.

considerando que no existe vía carretable de acceso para trasladar los materiales, herramientas y personal equipado²⁵.

Figura 29. Unidad de floculación y mezcla lenta



6.3.4 Estructura 4- Sedimentador. La tercera unidad del proceso es la denominada sedimentador, el cual tiene como función principal la remoción de sólidos contenidos en las aglomeraciones de flóculos. La infraestructura está construida en fibra de vidrio con dimensiones de 3 m x 4 m x 5 m. El funcionamiento de la unidad es de caída de velocidad constante haciéndolo un proceso lento. La unidad se encuentra dividida en dos cámaras, la primera cumple la función de estabilizar el fluido a una velocidad aún menor que la de la etapa inmediatamente anterior y la segunda se diseñó con cámaras que ofrezcan una superficie de retención; sin embargo, se observa que estas no cuentan con inclinaciones según la velocidad del fluido, se encuentran rotas y no retienen adecuadamente el flóculo. La unidad de sedimentación no cuenta con accesorios para lavado y mantenimiento, las purgas inferiores se encuentran obstruidas y carece de operador. No se conoce el poro útil ni la superficie crítica mínima para remoción de sólidos dentro de la

²⁵ PÉREZ, Luís. Teoría de la sedimentación. *Área de hidráulica, Cátedra de Hidráulica Aplicada a la Ingeniería Sanitaria*. Paraguay, 2005.

estructura y de acuerdo con la autora Élisabeth Guazzelli, ignorar las variables como carga superficial, velocidad de flujo, régimen de flujo, número de Reynolds, número de placas, pérdida de carga y gradiente de velocidad puede generar inestabilidades en el proceso de sedimentación²⁶.

A continuación se presenta una fotografía de la unidad de sedimentación.

Figura 30. Equipo Sedimentador



6.3.5 Estructura 5-Filtración. Para finalizar la clarificación del agua se emplea la unidad de lecho compuesto con la siguiente distribución: 20% antracita, 40% arena fina y 40% arena gruesa. El volumen útil de la cavidad filtrante es de 3,07 m³ según informa la gerencia de la empresa CABRERANA DE SERVICIOS PÚBLICOS S.A-E.S.P. El filtro opera bajo el principio de diferencias de presión; sin embargo, debido a la baja eficiencia de las operaciones unitarias que lo preceden su tiempo de

²⁶ GUAZZELLI, Élisabeth; HINCH, John. Fluctuations and instability in sedimentation. Annual review of fluid mechanics, 2011, vol. 43, p. 97-116.

colmatación es de alrededor de 4 horas, tiempo en el cual se activa el retro lavado. El mecanismo de limpieza consta de una bomba centrífuga de 3 caballos de fuerza, la cual genera un empuje en contra fluido en el lecho filtrante ocasionando una descompactación del material permitiendo de nuevo permear el fluido y retener sólidos de menor tamaño. Sería posible aumentar el rendimiento de la unidad optimizando su configuración granulométrica y determinar sus variables de operación óptima, carrera de filtración, tiempo de pérdida de carga y promedio de remoción (menor carrera de filtración con mayor eficiencia)²⁷.

No se cuenta con un manual de operación ni personal capacitado para el mantenimiento operativo de la estructura. A continuación se muestra una foto de la estructura de filtración.

Figura 31. Unidad de filtrado



²⁷ SERRANO, Rocío Salinas, et al. Optimización de la filtración en una estación de tratamiento de agua potable convencional. Tecnoaqua, 2017, no 28, p. 54-62.

6.3.6 Estructura 6- Desinfección. La etapa de la desinfección del agua es crucial para garantizar la inocuidad del líquido distribuido. La EMPRESA CABRERANA DE SERVICIOS PUBLICOS dosifica hipoclorito de calcio en solución al 2%, 3%, 5%, según lo decida el operario, a una dosis variable a consideración del operario y directamente sobre el tanque de almacenamiento y distribución, no existe tanque de contacto de cloro. En periodos de 4 horas se hace verificación del contenido de cloro, no se tiene en cuenta la capacidad del tanque de almacenamiento en el cual se dosifica el cloro, ni la concentración de desinfectante, ni su caudal de dosificación para un cálculo preciso de incorporación de oxidante-desinfectante, hecho que resulta alarmante pues se pone en riesgo la salud pública de los beneficiarios del servicio de acueducto. Es importante destacar que la operación realizada no se considera una desinfección sino una post cloración por cuanto no existe tanque de contacto por tiempo de al menos 17 minutos entre el desinfectante y el agua. Es preciso recalcar que la eficiencia de la operación de desinfección mejora cuando se realiza bajo un régimen de flujo tipo pistón²⁸.

A continuación se presenta una fotografía de la unidad de desinfección.

²⁸ TEJERO, J.; SUÁREZ, A., y JÁCOME, J. Ingeniería Técnica de Obras Públicas: Tema 5 la Calidad del Agua su Control. [En Línea]. En: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR – CERES. Universidade da Coruña. Curso 2006-2007. Disponible en: [ftp://ceres.udc.es/IT_Obras_Publicas/Troncales/Ingenieria_Ambiental/TEMA___CALIDAD_DE_AG_UAS_\(2010_2011\)/itop___TEMA5_calidad_de_aguas_dic2010.pdf](ftp://ceres.udc.es/IT_Obras_Publicas/Troncales/Ingenieria_Ambiental/TEMA___CALIDAD_DE_AG_UAS_(2010_2011)/itop___TEMA5_calidad_de_aguas_dic2010.pdf)

Figura 32. Tanque de dosificación de cloro y tanque de almacenamiento y distribución



6.4 FALENCIAS IDENTIFICADAS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO “PIE DE PEÑA”

La tabla a continuación presenta las falencias encontradas en cada una de las etapas de proceso de tratamiento de agua en el municipio de Cabrera.

Tabla 4. Resumen de las operaciones unitarias del proceso de potabilización en Cabrera y su diagnóstico.

Operación/ proceso	Falencias
Captación y aducción	• No se dispone de una unidad de desarenado separada de la estructura de captación. • No existe estructura de cribado para evitar taponamientos por ingreso de impurezas. • No se realiza mantenimiento preventivo.
Conducción	• Carece de unidades de desarenado. • No cuenta con factores de diseño como altura mínima de retención de fluido. • La tubería de conducción presenta tramos en muy mal estado que permiten el ingreso excesivo de sólidos en episodios intermitentes.
Dosificación	• No existe proceso de preparación de soluciones de trabajo. • No se posee equipo de dosificación precisa (bomba peristáltica o de diafragma). • No se aplica el principio de dosis óptima. • No se realiza mantenimiento preventivo. • Falta de monitoreo, flujo y nivel del tanque que contiene la solución madre.
Mezcla rápida	• Ausencia de resalto hidráulico, cuando la velocidad del fluido no supera los 1.5 L/s no se forma un vórtice y el floculante no se disemina adecuadamente afectando el rendimiento del proceso. • No se controla o se regula la velocidad de fluido para favorecer la diseminación del floculante.
	• No se conoce la rata de reducción de flujo.

Operación/ proceso	Falencias
Mezcla lenta	• No se emplean superficies oferentes ni se aplica un ángulo adecuado. • No se conoce la velocidad de sedimentación (precipitado). • No posee accesorios de lavado o mantenimiento.
Equipo filtrador	• La eficiencia del equipo es baja 55% en reducción de turbidez (NTU). • El lecho filtrante se encuentra desgastado. • El retro lavado se realiza con alta frecuencia y desgasta el material filtrante y la unidad, desperdiciando en exceso agua tratada.
Desinfección	• No posee tanque de contacto de cloro. • La dosificación no es precisa. • La concentración de la solución empleada no es estándar. • No se monitorea adecuadamente el contenido de cloro libre residual.

Fuente: Autor.

6.5 REVISIÓN DE LOS RESULTADOS MENSUALES DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA TRATADA EN EL MUNICIPIO DE CABRERA.

A continuación se presenta la tabla 5, allí se puede apreciar los resultados de los análisis fisicoquímicos microbiológicos realizados por el instituto nacional de salud y por la empresa CABRANA DE SERVICIOS PUBLICOS S.A-E.S.P para el control de la calidad del agua del municipio de cabrera durante laño 2017.

Tabla 5. Resultados fisicoquímicos y microbiológicos para el control del agua potable del municipio de Cabrera.

UNIDADES	Parámetro	Rango 2115/07	Enero	Febrero	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Diciembre
UNIDADES	p H	6,5-9	7,5	7,5	7,5	6,8	7, 2	7,4	7,2	7,3	7,9
NTU	Turbiedad	0-2	0,7	4,68	5,6	6,47	1, 6	2,3	0,4	2,71	0,2 3
UPtCo	Color	0-15	1,35	4	47	-	11	17	1,2	2,9	2,1
mg / l de Cl ₂	Cloro residual	0,3- 2,0	1,5	2	1,3	0,5	1, 3	3	0	2,28	0,8 4
mg / l de CaCO ₃	alcalinidad	0-200	16	9	28	40	0, 5	6	35	18	51
mg / l de CaCO ₃	Dureza	0-300	122	100	120	12	11, 2	44	70	38	26
mg / l de Cl.	Cloruros	0-301	20,05	23,97	5	14	1, 2	5,5	7,4 8	9	6
UFC/100 ml	Coliformes totales	0	0	0	82	0	0	51	0	0	0
% IRCA			0	18,18	25,45	19,6	0	61,82	0	34,5	0

Fuente: Autor

De acuerdo con los resultados presentados en el informe anual de calidad del agua potable del Instituto Nacional de Salud, el municipio de Cabrera, Santander presenta una calificación IRCA de riesgo bajo²⁹. Contraponiendo dichos resultados con el contra muestreo realizado por la Oficina de Saneamiento Municipal se identifican IRCA(s) de hasta de 61.82%, hecho alarmante que contextualiza la problemática como de importancia para la salud pública. Los resultados que sobrepasan los límites permisibles de forma recurrentes, por lo menos dos veces, son los correspondientes a las siguientes propiedades: turbidez (NTU), color (UptCo), conteo microbiológico de coliformes totales (UFC/100 ml); y el contenido de cloro libre residual (mg/l Cl-), cuyos límites son 2 NTU, 15UptCo, 0 UFC y 0.3-2 mg por litro de Cl-³⁰. Los resultados de las propiedades que sobrepasan los límites permisibles ocurren principalmente durante los meses con presencia de elevadas precipitaciones. Requiriendo acciones de operación que no permitan incurrir en faltas normativas respecto a la calidad del agua; se deben aunar esfuerzos en la tecnificación y estandarización de la operación de la planta de tratamiento para reducir el potencial de presencia de color, turbidez, y albergar UFC de coliformes totales y fecales junto a un bajo índice de cloro libre residual³¹. Para identificar la información presentada en este numeral se recomienda revisar el anexo A, donde se consignan las copias autorizadas de los resultados del monitoreo realizado por la Secretaria Departamental de Salud de Santander al agua tratada distribuida en el municipio de Cabrera durante el año 2017.

²⁹ COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. Boletín de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. [En Línea]. En: INS. Bogotá D. C. Enero de 2018. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/1.%20Boletin%20enero%202018.pdf>

³⁰ COLOMBIA, MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115. (22 de junio 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”. Cuadro N°4. Bogotá, D. C., el 22 junio de 2007.

³¹ COGOLLO FLÓREZ, Juan Miguel. Water clarification using polymerized coagulants: Aluminum hydroxychloride case. Dyna, 2011, vol. 78, no 165, p. 18-27.

6.6 DISCUSIÓN DE EVIDENCIAS.

De acuerdo con las autores Daniela Castrillón Bedoya María De Los Ángeles Giraldo, en su proyecto titulado: *Determinación De Las Dosis Óptimas Del Coagulante Sulfato De Aluminio Granulado Tipo B En Función De La Turbiedad Y El Color Para La Potabilización Del Agua En La Planta De Tratamiento De Villa Santana* publicado en 2012³², en el procedimiento de clarificación del agua durante el tratamiento las operaciones de dosificación de químicos, tanto para flocular como para desinfectar, inciden directamente en los resultados de la calidad de agua, debido a que parten de un principio químico que deriva en una estabilización física y biológica, además alcanzar adecuados resultados con unidades y principios meramente físicos requiere infraestructura de alta tecnología que claramente es inaccesible para un municipio de categoría 6 sin vía de acceso a su estructura de potabilización de agua.

Por ende, un buen tratamiento parte de una adecuada identificación del agua al inicio del proceso para formular una adecuada dosificación, hecho que no ocurre en la planta “Pie de Peña” donde principalmente se emplea la inspección ocular para operar. En Cabrera se incurre en la falencia de la dosificación óptima, un adecuado punto de partida mejora la probabilidad del correcto funcionamiento de las unidades subsecuentes en cualquier conjunto de procesos unitarios³³.

³² DE LA CRUZ JARA, Oscar; CHAUCA, Moya; DELILACH, Gleicer. Determinación de la dosificación óptima de agentes coagulantes y floculantes en relación con parámetros fisicoquímicos en el tratamiento del agua de sanguaza de una empresa pesquera en Chimbote (Perú). [En Línea]. En: Universidad Nacional del Santa, Tesis de grado: Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Nvo. Chimbote – Perú. 2018. Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3050/47035.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

³³ CARRANZA, Richard. Common mistakes in water treatment. [En Línea]. En: Water Online. Disponible en: <https://www.wateronline.com/doc/common-mistakes-in-water-treatment-0001>

Los cambios fluctuantes de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua al ingreso a la planta deberían verse reflejados en cambios simultáneos con las aplicaciones de los agentes empleados en el mejoramiento de dichas propiedades, sus cambio deben ser recíprocos³⁴.

Ahora bien una dosificación por debajo del punto óptimo de acuerdo con las condiciones entrantes del agua genera alteraciones como: la falta de un flóculo con tamaño crítico para sedimentación y por ende una suspensión de sólidos no sedimentables en todas las etapas de proceso. La presencia de sólidos en exceso colmata con mayor velocidad los filtros y generan una operación forzada con resultados de calidad no satisfactorios, principalmente la presencia de turbidez, color y ausencia de cloro libre residual por debajo del valor indicado siendo posible la presencia de microorganismos patógenos. Igualmente una dosificación por sobre el punto ideal genera efectos en las propiedades del agua, como: la acidificación, el desbalance de cargas evitando una adecuada floculación, disminución abrupta del potencial de hidrogeno, acumulación de sulfatos en el agua, formaciones de sarro metálico por exceso de floculante, generando de igual manera una operación forzada de la planta de tratamiento³⁵. De tal forma que es preciso mejorar la toma de decisiones de operación a partir de la identificación adecuada de la calidad inicial del agua para de este modo aplicar una restricta dosificación.

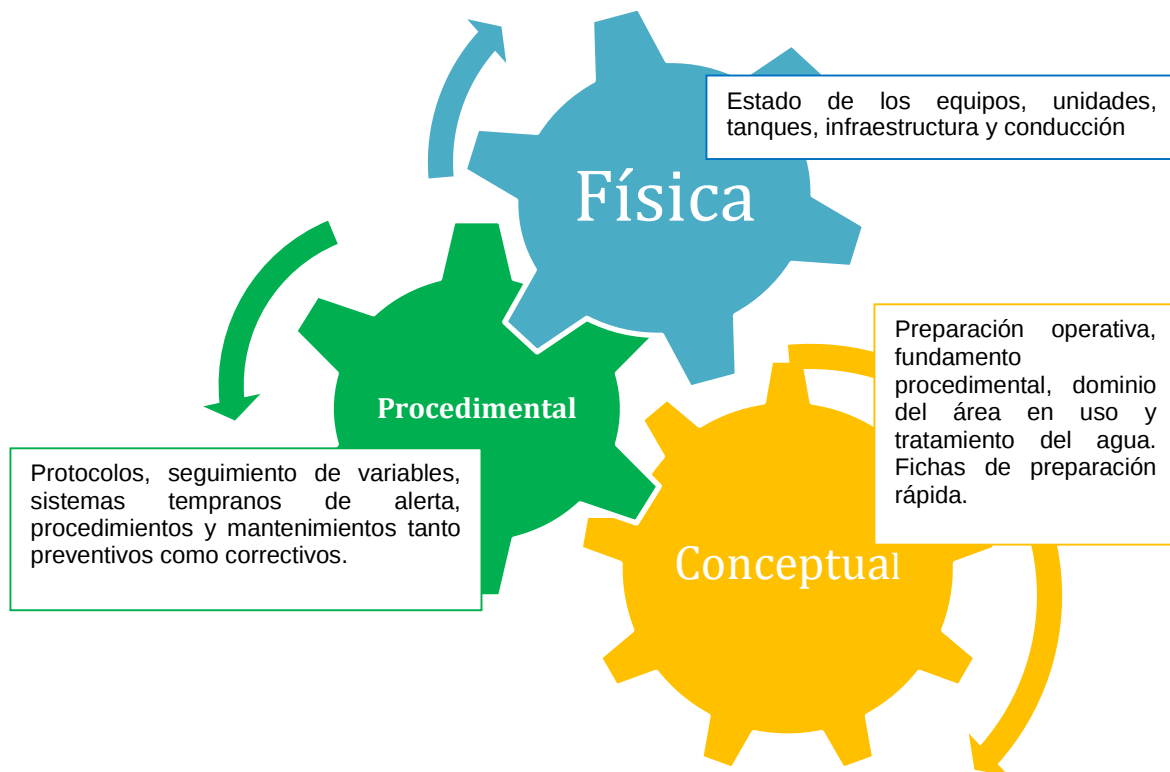
³⁴ CASTRILLÓN BEDOYA, Daniela; GIRALDO, María de los Ángeles. Determinación de las dosis óptimas del coagulante sulfato de aluminio granulado tipo b en función de la turbiedad y el color para la potabilización del agua en la planta de tratamiento de Villa Santana. 2012. Tesis Doctoral. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Tecnología Química.

³⁵ ANDÍA, Yolanda. Evaluación de plantas y desarrollo tecnológico: Tratamiento de agua, coagulación y floculación. Lima, Perú, SEDAPAL, 2000.

6.7 PROPUESTA DE PROGRAMAS ACTIVIDADES E INDICADORES PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA POTABLE ASOCIADA AL DIAGNÓSTICO TÉCNICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Analizando los precedentes, las evidencias y el diagnostico se propuso una metodología para el seguimiento y la resolución de inconvenientes a través de tres ejes fundamentales: conceptual, procedimental y físico. Todo en aras de responder a las recomendaciones técnicas de las Guías para la calidad del agua potable publicadas por la ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, OMS, y el reglamento de acueducto y saneamiento básico RAS 2000. El propósito principal de la metodología fue abordar los mayores inconvenientes presentados como falencias durante el desarrollo del presente documento. Para la empresa CABRERANA DE SERVICIOS PUBLICOS S.A-E.S.P los elementos propuestos representaron las bases para iniciar el proceso de construcción procedimental dentro del contexto de un sistema integrado de gestión de la calidad operativa. A continuación se presenta la figura 33 en la cual se conceptualiza la metodología propuesta.

Figura 33. Metodología propuesta para el abordaje de falencias en la PTAP pie de peña en el municipio de Cabrera-Santander



6.7.1 Fase física:

6.7.1.1 Sistema de captación y conducción. El sistema de captación y conducción de cabrera se encuentra en condiciones aceptables, sin embargo, es necesario realizar ampliación en las estructuras de los sistemas de abastecimiento Mata de Guadua, Morelia y el alto. Físicamente los sistemas mencionados requieren el cambio de material de conducción de mangueras sin fijación por tuberías flexible, además de la incorporación de CRIBAS en el sitio de derivación del flujo hacia la PTAP. La conducción proveniente de los puntos denominados Morelia, giralda y el alto requiere identificación visual para permitir su localización de forma más rápida ante cualquier eventualidad, es necesario además construir el perímetro de

encerramiento para disminuir la probabilidad de riesgos antrópicos. Al asegurar el control del flujo de ingreso a proceso tanto en calidad como en cantidad se puede establecer protocolarmente el accionar ante las variaciones dentro de una continuidad operativa³⁶. Los procesos propuestos se evaluarán mediante los siguientes indicadores:

% De ampliación de las unidades: $\frac{m^3 \text{ de volumen adicional}}{m^3 \text{ de volumen}} * 100$ (1)

% De cambio de conducciones: $\frac{\text{metros lineales cambiados de conduccion}}{\text{metros lineales totales de conduccion}} * 100$ (2)

Índice de cribado: $\frac{\# \text{ de cribas instaladas}}{\# \text{ de estructuras de captacion}} * 100$ (3)

6.7.1.2 PTAP pie de peña. Los aspectos físicos de mejora para la planta de tratamiento de agua potable inician en la unidad receptora de agua cruda, debido a que en la actualidad la planta de tratamiento de agua potable no cuenta con energía eléctrica, por ende no se contempla la incorporación de mezcladores eléctricos, pero si se debe dotar al tanque de resistencias mecánicas que permitan generar un vórtice turbulento entro del volumen confinado, para de este modo dispersar el floculante de forma homogénea, atendiendo las definiciones y regulaciones del reglamento de agua potable y saneamiento básico RAS 2000, capítulo C numeral 4.4.2.1.

³⁶ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD – OMS. Guías para la calidad del agua potable. [En Línea]. En: Catalogación por la Biblioteca de la OMS. Primer Apéndice a La Tercera Edición, Volumen 1: Recomendaciones. 2006, p. 11. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf?ua=1

Posteriormente se debe mejorar el sistema de purgas tanto en el tanque receptor como en el tanque de mezcla lenta, ambos presentan dificultades de manipulación debido a la falta de mantenimiento. Ahora bien, el sistema de pantallas empleado en el tanque de espesamiento está fabricado en asbesto, requieren un cambio inmediato por pantallas de fibra de vidrio, policarbonato o PVC para evitar un riesgo potencial en la salud de los habitantes del municipio³⁷.

En cuanto a la estructura destinada a la clarificación de sólidos mayores, sedimentador, se debe proveer de pantallas de sedimentación acelerada, fabricadas en PVC de alta densidad, a una inclinación de 75% y de estructura colmenar o hexagonal. Se debe dotar al sedimentador de un sistema de lavado por medio de diseminación de agua clarificada, acompañado del mejoramiento y ampliación de las purgas, las cuales debe ser dirigidas hacia un sistema de disposición final de lodos para evitar la incorporación de sedimentos y materia orgánica a los sistemas naturales de escorrentía, atendiendo a la reglamentación de RAS 2000 apartado C.13.3.3.

El mecanismo de filtración requiere un cambio de lecho, no obstante funciona adecuadamente pero el tiempo la frecuencia de retro lavados es de 6 horas y debería aumentar a por lo menos 16. El bajo tiempo de carrera de filtración es síntoma de la colmatación o degradación del lecho filtrante. Para finalizar la planta de tratamiento de agua potable del municipio de cabrera no posee tanque de contacto de cloro y es indispensable generar una carrera de desinfección controlada, por ende debe construirse un tanque de inducción de flujo pistón a donde ingresen como corrientes de proceso el agua clarificada y el hipoclorito de calcio al 2% peso/volumen a una rata controlada, al permitir la carrera de contacto

³⁷ INSTITUTO NACIONAL DEL CÁNCER, DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS DE EE. UU. Exposición al asbesto y el riesgo de cáncer. [En Línea]. En: NIH. 7 de junio de 2017. Disponible en: <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/asbesto/hoja-informativa-asbesto>

de cloro garantizaría una adecuada desinfección de agua aun con contenidos reducidos de cloro (0.2-0.5 mg/l de Cl₂)³⁸

Los procesos propuestos en el área PTAP se evaluarán mediante los siguientes indicadores:

Aseguramiento del resalto hidráulico:

instalacion de resistencias mecnicas SI NO

% De cambio de válvulas de purga: $\frac{\# \text{ de válvulas cambiadas}}{\# \text{ de válvulas de purga totales}} * 100$ (2)

Índice de cambio de pantallas de sedimentos: $\frac{\# \text{ de pantallas instaladas}}{\# \text{ de pantallas iniciales}} * 100$ (3)

Índice de cambio de pantallas de sedimentos: $\frac{\# \text{ de pantallas instaladas}}{\# \text{ de pantallas iniciales}} * 100$ (3)

6.7.2 Fase Procedimental. Dentro de las operaciones de transformación de productos es necesario estandarizar los procedimientos con el propósito de garantizar las condiciones óptimas del proceso. Por tal motivo se debe generar un sistema de gestión de la calidad general para la planta de tratamiento de agua potable pie de peña. El sistema de gestión de la calidad se enfocará en garantizar que el operador cuente con las herramientas necesarias para soportar un adecuado control operativo en los aspectos que pueden representar un riesgo para la calidad

³⁸ CERVERO-ARAGÓ, Silvia; RODRÍGUEZ-MARTÍNEZ, Sarah; PUERTAS-BENNASAR, Antoni & M. ARAUJO, Rosa. Effect of common drinking water disinfectants, chlorine and heat, on free Legionella and amoebae-associated Legionella. PLOS ONE, 2015, vol. 10, no 8, p. e0134726.

del agua distribuida en el municipio de cabrera, si bien ya se resaltó la ocurrencia de sobrepasos de color, turbidez y contenido de microorganismos también se deberá regular que el desinfectante siendo los protocolos procedimentales propuestos como ejes principales de esta etapa. A continuación se enunciarán los protocolos necesarios para la adecuada operación del servicio de acueducto en el Municipio de Cabrera, se presenta además la descripción, el objetivo, la herramienta de seguimiento y el indicador de evaluación.

6.7.2.1 Sistema de captación y conducción:

- **Protocolo de inspección de líneas de conducción**

Objetivo: Reducir el número de interrupciones imprevistas en el suministro de agua a la planta de tratamiento pie de peña.

Indicadores

$$\frac{\# \text{ de recorridos realizados}}{\# \text{ de recorridos programados}} * 100 \text{ (1)}$$

$$\frac{\# \text{ de interrupción programadas} - \text{numero de interrupciones imprevistas}}{\text{de interrupción programadas}} * 100 \text{ (2)}$$

Descripción:

Se deben realizar una inspección del estado físico de las estructuras de captación, de este modo se asegura la constante veeduría y funge como sistema de detección de alertas tempranas, evitando tomar acciones correctivas y fortaleciendo las acciones preventivas. Se debe definir la frecuencia de inspección, los responsables y establecer los tiempos de recorridos. A raíz del control visual se consignan las

observaciones en el formato de seguimiento, donde se diligencian: los puntos inicial y final de recorrido, las observaciones, la referenciación mediante un GPS de anomalías, la frecuencia de identificación y se adjuntara el soporte fotográfico para sustentar los recursos empleados para las reparaciones necesarias.

- **Protocolo de control de caudales ecológicos**

Objetivos:

1. Establecer la demanda de agua ejercida por la PTAP pie de peña.
2. Reducir el impacto ambiental producido por el proceso de interrupción del ciclo natura del agua.
3. Aportar información al sistema de gestión de riesgo asociado a la calidad humana requerido por la resolución 549 de 30 de marzo de 2017.

Indicadores

$$\frac{\# \text{registros diligenciados}}{\text{numero de registros requeridos}} * 100 \text{ (3)}$$

Descripción:

Se define como el seguimiento al comportamiento hidrológico de las fuentes de agua de las cuales se abastece el municipio de Cabrera, se realizaran a través de visitas donde se registrara la siguiente información de campo: caudal ofrecido por la fuente de agua, descripción general del área haciendo énfasis en su capa vegetal, a humedad y la temperatura. El formato diligenciado consignara además: observaciones, funcionarios que realizaron la actividad, acompañado del soporte fotográfico.

- **Protocolo mantenimiento y reparación (estructuras de captación, conducción)**

Objetivos:

1. Mejorar las condiciones físicas de los componentes del sistema del servicio de acueducto.
2. Reducir el número de interrupciones imprevistas en el suministro de agua a la planta de tratamiento pie de peña.

Indicadores

$$\frac{\# \text{ de mantenimientos realizados}}{\# \text{ de mantenimientos programados}} * 100 \text{ (4)}$$

Descripción:

Basados en la inspección del estado físico de las estructuras, se deben programar mantenimientos que incluyan las actividades de limpieza de las estructuras, recuperación de impermeabilidad o reconstrucción según sea el caso. La realización de los mantenimientos debe ser soportada a través de un formato de registro donde se registre: mantenimiento anterior, observaciones, funcionarios que realizaron la actividad, adicionalmente se requiere el soporte fotográfico para sustentar los recursos empleados para las reparaciones necesarias.

6.7.2.2 PTAP pie de peña:

- **Protocolo mantenimiento y reparación de la planta de tratamiento de agua potable (Tanques, estructuras, válvulas y lechos)**

Objetivos:

1. Mejorar las condiciones físicas de los componentes de la planta de tratamiento de agua potable.
2. Reducir el número de interrupciones imprevistas en el suministro de agua en la planta de tratamiento pie de peña.

Indicadores

$$\frac{\# \text{ de mantenimientos-reparaciones programados}}{\# \text{ de mantenimientos-reparaciones realizados}} * 100 \text{ (5)}$$

Descripción:

Basados en la inspección del estado físico de las estructuras, tanques, unidades equipos, se deben programar mantenimientos que incluyan las actividades de limpieza de las estructuras, recuperación de impermeabilidad o reconstrucción según sea el caso. La realización de los mantenimientos debe ser soportada a través de un formato de registro donde se registre: mantenimiento anterior, observaciones, funcionarios que realizaron la actividad, adicionalmente se requiere el soporte fotográfico para sustentar los recursos empleados para las reparaciones necesarias.

- **Protocolo de preparación de floculante**

Objetivos:

1. Estandarizar el procedimiento usando siempre el mismo tipo de solución.
2. Establecer un registro de consumo de floculante.
3. Fortalecer el plan de acción en el procedimiento de clarificación.

Indicadores

de formatos de registro de consumo y descarga diligenciado(6)

Descripción:

Se debe establecer el procedimiento de preparación de floculante empleando 5 kg de floculante tipo comercial, si bien sea sulfato de aluminio tipo A o tipo B; o Hidroxicloruro de aluminio, diluyéndolo en 250 litros de agua. El floculante deberá existir un control de consumo porque su dosificación incide de forma proporcional en el contenido de aluminio sulfatos, por ende en el formato se establecerá el peso de sal oxácidas empleada en la preparación de la solución, el volumen de agua empleada como solvente, el volumen de descarga sobre el tanque de recepción de agua cruda y se deberá revisar cada 3 horas.

- **Protocolo de purgas en unidades de operación unitaria en la PTAP**

Objetivos:

1. Mejorar las condiciones de operación.
2. Disminuir el índice de acumulación de sólidos.
3. Reducir las frecuencias de mantenimiento correctivo.

Indicadores

de formatos de registro de purga diligenciado por mes(7)

Descripción:

Establecer como tiempo de purgas 12 horas, la purga se realizara durante un tiempo mínimo de 10 minutos, la purga se generará de forma secuencial empezando por el tanque espectador, prosiguiendo por el sedimentador y terminando con el filtro vertical. Se debe llevar un registro de purgas diligenciado en un formato estructurado por la empresa CABRERANA DE SERVICIOS PUBLICOS S.A. E.S.P. El protocolo de purgas no requiere registro fotográfico, pero si se debe considerar el registro del responsable de la actividad.

- **Protocolo de control de variables y control de calidad del proceso de potabilización de agua.**

Objetivos:

1. Generar registros de trazabilidad de datos.
2. Controlar activamente los procesos de variables primarias de inspección inmediata (turbiedad, color, pH y contenido de cloro libre residual).
3. Generar registros de procedimientos satisfactorios y no satisfactorios.

Indicadores

de formatos de registro de variables diligenciado por mes(7)

Descripción:

Cada 3 horas se deben controlar las siguientes variables a la entrada salida del proceso de potabilización, turbidez, color aparente, potencial de hidrógeno y cloro libre residual. Cada variable se registrará en una planilla unificada de control de variables de proceso, diligenciada por el operador y corroborada por el gerente de la empresa CABRERANA DE SERVICIOS PÚBLICOS S.A-E.S.P. Para llevar a cabo estos procedimientos se seguirán los protocolos estandarizados del IDEAM para control de calidad de agua.

- **Protocolo de realización de prueba de jarras.**

Objetivo: Realizar un instructivo que le permita a la organización determinar las cantidades óptimas que se deben descargar de coagulante para mantener un control efectivo en el tratamiento del agua potable.

Definiciones:

Prueba De Jarras: Es una prueba que se usa para determinar las cantidades mínimas u óptimas expresión de coagulante que deben emplearse en el tratamiento de agua potable.

Coagulante: Material que al agregarlo al agua hace que tenga lugar la coagulación

Coagulación: Acción de congregarse la materia suspendida en el agua, coloidal o finamente dividida, mediante la adición al líquido de un coagulante adecuado. Formación de flósculos precipitados o incipientes mediante los cambios físico-químicos que tienen lugar entre el coagulante soluble y la alcalinidad del agua.

Floculación: Consiste en agitar suavemente el agua tratada con coagulante, durante un periodo de tiempo determinado, para completar las reacciones de

coagulación, hasta alcanzar condiciones que permitan que el material floculento se junte y adhiera formando grandes masas de floculo.

Sedimentación: Deposito de los flóculos formados

Ppm: partes por millón (mg de soluto que hay por litro de solución)

Descripción: El operador de planta debe desplazarse hacia la entrada de agua en planta de tratamiento y tomar una muestra de 10 litros.

Realizar Análisis

Realizar los análisis de PH, turbiedad, color y alcalinidad, remítase al instructivo análisis de turbiedad código 20304-1, análisis de color código 20305-1, análisis de PH con peachímetro código 20303-1 o análisis de PH con comparador código 20313-1, análisis de alcalinidad código 20306-1.

Llenar Los Recipientes

Si la prueba se realiza con equipo, se procede a llenar 6 recipientes de 1 litro cada uno. Llevarlos al equipo de jarras e introducir el aspa en cada recipiente. Si la prueba se hace manualmente, se llenan cuatro (4) recipientes de 1 litro.

Aplicar Químicos

Se ha establecido para las dos plantas de tratamiento la adición de coagulante de acuerdo con la turbiedad que se esté presentando (se agrega en las jarras comenzando por la cantidad inferior de izquierda a derecha):

Planta:

Turbiedad Baja (0-100 UNT) se agrega sulfato de aluminio en las cantidades siguientes: a la Jarra#1, 0,5ml; Jarra #2, 1.0ml; Jarra#3, 1,5ml; Jarra#4, 2ml; Jarra#5, 2,5ml; Jarra#6, 3ml

Turbiedad Media (101-250 UNT) se agrega sulfato de aluminio en las cantidades siguientes: Jarra#1,2ml; Jarra#2, 2,5ml; Jarra#3, 3ml; Jarra#4, 3,5ml; Jarra#5, 4ml; Jarra#6, 4,5ml.

Turbiedad Alta (Mayor a 250UNT) se agrega sulfato de aluminio en las cantidades siguientes se agrega a la Jarra#1,2ml; Jarra#2, 3ml; Jarra#3, 4ml; Jarra#4, 5ml; Jarra#5, 6ml; Jarra#6,7ml.

Simular Manualmente La Mezcla Rápida

El operador debe simular manualmente la mezcla rápida, agitando a 100rpm durante dos (2) minutos, conservando la paridad en las muestras

Simular Manualmente La Mezcla Lenta

El operador debe simular la mezcla lenta agitando las jarras manualmente a una velocidad de 40rpm, durante 10 a 15 minutos.

Aplicar Químicos

Se ha establecido para las dos plantas de tratamiento la adición de coagulante de acuerdo con la turbiedad que se esté presentando (se agrega en las jarras comenzando por la cantidad inferior de izquierda a derecha):

El éxito del proceso se consumará cuando el operador identifique adecuadamente la cantidad de floculante necesario para remover una cantidad de sólidos en función de color o turbidez. Dicho valor será diligenciado en una tabla de dosis óptima de acuerdo al anexo 4.

6.7.3 Fase Conceptual. La planta de tratamiento de agua potable del municipio de cabrera operada por el prestador de servicios públicos CABRANA DE SERVICIOS S.A-E.S.P no cuenta con personal capacitado ante ninguna entidad validada por el ministerio de educación colombiano, por ende el accionar es producto del aprendizaje empírico generando errores asociados a la falta de competencias técnicas que permiten llevar a cabo una adecuada potabilización del agua. Por tal motivo la empresa requiere fortalecer su planta operativa obedeciendo la Resolución Número 000082 DE 2009 emitida por el Ministerio de la Protección Social el 16 enero de 2009, donde se reglamenta que los operadores de PTAP deben estar capacitados en por lo menos 3 competencias laborales de la normativa colombiana, de ese modo se debe asegurar el procedimiento capacitando inicialmente a los operadores y demás funcionarios en las siguientes áreas:

- Salud y seguridad en el trabajo: En el procedimiento de tratamiento y potabilización de agua se manipulan sustancias que representan un riesgo para la salud humana en su estado puro comercial, una vez dicho esto se hace necesaria la formación en procedimientos de transporte, manipulación y preparación de sustancias como el hipoclorito de calcio, el hidróxido de calcio y las sales metálicas oxácidas como el cloruro férrico, el sulfato de aluminio y el Hidroxicloruro de aluminio. El ignorar este hecho puede derivar en quemaduras químicas, intoxicaciones químicas o valores indeseables de sulfatos, aluminio y cloro en el agua.
- Operación de sistemas de potabilización de agua: Contar con un sistema documental de registro control de variables del proceso de potabilización no es

suficiente si el operador y el encargado del funcionamiento de un PTAP no comprenden sus principios técnicos de cada operación que comprende el proceso. Es necesario fundamentar los conceptos de funcionamiento en llenado de tanques, operaciones de separación de dos fases (sólido-líquido), velocidades de flujo y caudales.

- **BUENAS PRÁCTICAS SANITARIAS – BPS – PERSONA PRESTADORA:**

Resolución 000082 de 2009, en capítulo número 5 afirma lo siguiente:

“Las Buenas Prácticas Sanitarias – BPS establece los principios básicos y prácticas operativas generales de higiene para el suministro y distribución del agua para consumo humano, con el objeto de identificar los riesgos que pueda presentar la infraestructura. Las personas prestadoras del servicio de acueducto deben realizar permanentemente actividades de acuerdo con los tiempos preestablecidos, para asegurar en todos los componentes del sistema de suministro de agua para consumo humano la ejecución de procedimientos técnicos y cumplir con las normas sanitarias, ambientales y de prevención del riesgo, los cuales por omisión afectan o pueden afectar la calidad del agua. Del listado de operaciones y procesos propios de un sistema de suministro de agua para consumo humano, se han escogido aquellos que están acordes con la definición de Buenas Prácticas Sanitarias – BPS, que prevé el artículo 2º del Decreto 1575 de 2007 o la norma que lo modifique, adicione o sustituya y que se deben cumplir como medidas preventivas del riesgo en la(s) planta(s) de tratamiento de agua para consumo humano y en algunos elementos del sistema de distribución. La autoridad sanitaria competente debe verificar el cumplimiento de cada una de las Buenas Prácticas Sanitarias – BPS –

enumeradas en este formulario, debiendo realizar una breve descripción de lo observado y su nivel de cumplimiento se calificará en la casilla denominada”³⁹

Por ende es fundamental preparar a todo el personal que intervenga directa o indirectamente en el proceso de potabilización de agua en el dominio de la BPS, de esta forma se cumple con los requisitos mínimos que permitan dominar los aspectos que interfieren en calidad de agua para consumo humano. A continuación se presenta una estructura organizacional propuesta para el adecuado manejo de una prestación del servicio público de alcantarillado.

RESUMEN DE PROPUESTA DE MEJORAMIENTO RELACIONANDO ACTIVIDADES E INDICADORES PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA POTABLE ASOCIADA AL DIAGNÓSTICO TÉCNICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Una vez identificadas las falencias presentes en el conjunto de operaciones, procesos y actividades que comprenden el tratamiento de agua potable se procede a proponer un conjunto de programas, actividades e indicadores que tienen como objetivo reducir el índice de riesgo asociado a la calidad de agua potable en el municipio de Cabrera-Santander, obedeciendo al marco referencial descrito en el documento. Vale la pena resaltar que las actividades propuestas se basan en las metodologías de trabajo expresadas por los autores consultados para el presente documento.

³⁹ COLOMBIA, MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución Nro. 000082. (16 de enero de 2009). “Por medio de la cual se adoptan unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano”. Diario Oficial No. 47.262 de 13 de febrero de 2009.

Tabla 6. Resumen de propuesta de Mejoramiento

Operación/ proceso	Programa	Actividades	Formula de evaluación de Indicadores:
Captación	Incorporación de unidades y separación de procesos	1. Instalar una unidad de desarenado, individual o mancomunada para las captaciones circundantes sobre un punto geográfico estratégico. 2. Instalación de cribas en la captación	1. $\frac{\# \text{ unidades construidas}}{\# \text{ unidades necesarias}} * 100$ 2. $\frac{\# \text{ Cribas instaladas}}{\# \text{ cribas requeridas}} * 100$ 3. $\frac{\# \text{ Mantenimientos realizados}}{\# \text{ mantenimientos programados}} * 100$
	Establecimiento de estándares de operación.	1. Incorporar protocolos de procedimientos y formatos de seguimiento	<i>Generacion de resalto hidraulico</i> <i>SI ; NO</i> <i>Generacion de fomatoseguimiento</i> <i>SI ; NO</i>
	Mantenimiento	1. Realización de mantenimiento preventivo	1. $\frac{\# \text{ Mantenimientos realizados}}{\# \text{ mantenimientos programados}} * 100$

Operación/ proceso	Programa	Actividades	Formula de evaluación de Indicadores:
Conducción	Mantenimiento preventivo y correctivo de redes de conducción	1. Inspección periódica de la línea de conducción desde la captación hasta la planta de tratamiento empleando un operador de línea en el terreno accesible y un dron para zonas escarpadas. 2. Cambio de conducción de manguera por tubería en tramos donde requiera 3. Cambio de accesorios de re direccionamiento de 45 ° por conjuntos de unidades de ángulos complementarios o tubería flexible.	1. $\frac{\# \text{ inspecciones realizadas}}{\# \text{ inspecciones programadas}} * 100$ 2. <i>Metros de tubería instalada</i> 3. $\frac{\# \text{ accesorios instalados}}{\# \text{ accesorios identificados}} * 100$
Dosificación	Estructuración del sistema técnico-operativo para la dosificación de floculante	1. Crear el procedimiento de estandarización de solución de trabajo. 2. Crear procedimiento de dosificación en función de la calidad de agua a la entrada de la planta de tratamiento de agua potable. 3. Instalación de dispositivos de dosificación. 4. Mantenimiento preventivo y correctivo a los recipientes y dosificadores	1. <i># de formatos incorporados para preparación de solución de trabajo (floculante)</i> 2. <i>codificados para la operación</i> 3. $\frac{\# \text{ dosificadores instalados}}{\# \text{ dosificadores necesarios}} * 100$ 4. $\frac{\# \text{ Mantenimientos realizados}}{\# \text{ Mantenimientos programados}} * 100$

Operación/ proceso	Programa	Actividades	Formula de evaluación de Indicadores:
Mezcla rápida	Adecuación de las condiciones físicas e hidráulicas propias de la mezcla rápida	1. Instalación de mecanismo generador de resalto hidráulico o turbulencia provocada. 2. Instalación de válvula reguladora de presión para evitar caídas abruptas en la presión y la velocidad del fluido.	1. <i>Generacion de resalto hidraulico</i> <i>SI ;NO</i> 2. <i>Valvula reguladora de presion</i> <i>SI ;NO</i>
Mezcla lenta	Adecuación de las condiciones físicas e hidráulicas propias de la mezcla Lenta	1. Establecimiento de condiciones técnicas de operación bajo formatos codificados y certificados. 2. Instalación de paneles de sedimentación acelerada tipo colmena de acuerdo a las condiciones establecidas de operación. 3. Establecimiento de la velocidad de sedimentación y remoción de sólidos.	1. $\frac{\# \text{ variables de operacion}}{\# \text{ Grados de libertad}-1} * 100$ 2. $\frac{\# \text{ paneles instalados}}{\# \text{ paneles requeridos}} * 100$ 3. <i>Velocidad de sedimentación</i> $\left(\frac{mg \text{ flock}}{h}\right)= \text{_____}$

Operación/ proceso	Programa	Actividades	Formula de evaluación de Indicadores:
Filtración Equipo filtrador	Reinserción del lecho filtrante de acuerdo a la configuración establecida para su optima operación	1. Reemplazo del lecho filtrante de acuerdo a una configuración granulométrica óptima para la velocidad de flujo, la altura y las condiciones fisicoquímicas máximas de arribo a la planta. 2. Establecimiento de las condiciones de requeridas para efectuar el lavado de filtros bajo soporte de históricos en un formato	1. <i>Instalaciojn de lecho filtrante</i> <i>Si No_</i> 1.1. <i>Tiempo de filtrado (h)</i> 1.2. <i>Velocidad de Filtrado $\left(\frac{l}{s}\right)$</i> 2. <i>Procedimiento estandarizacion de lavado de filtros</i> 2.1. <i>Formato de registro de lavado</i> <i>si No</i>
Desinfección		1. Instalación de pantallas de flujo forzado PFR para contacto de cloro 1 m3. 2. Estandarización de la solución empleada para la desinfección. 3. Implementación de formatos	1. <i>Instalaciojn tanque de contacto forzado PFF</i> <i>Si No_</i> 2. <i>Procedimiento estandarizacion de lavado de filtros SI_ NO</i> 3. <i>Formato de registro</i> <i>Contenido de cloro</i> <i>si No</i>

7. CONCLUSIONES

En el municipio de Cabrera-Santander se trata un promedio de 78840 m³ de agua por año teniendo en cuenta todas las fuentes disponibles a tratamiento. No se realiza una correcta identificación de propiedades fisicoquímicas del agua para determinar medidas operativas para un adecuado tratamiento. El contenido de turbidez, color y conteo de coliformes totales y fecales, durante el periodo de lluvias puede alcanzar un IRCA del 62% evidenciando la falta de procedimientos estándar para la operación técnica de la estructura.

La planta de tratamiento de agua potable de municipio de Cabrera presenta falencias estructurales y procedimentales, aduciendo la ausencia de parámetros de diseño como tiempos de retención aceleración de la sedimentación o velocidad límite para flujo laminar, igualmente son ausentes sistemas operativos de gestión de la calidad de los procedimientos, de tal forma que no se posee un histórico de formatos de registro de procedimientos permitiendo evidenciar las razones de las alteraciones en la calidad del agua potable del municipio de Cabrera.

Como resultado de la presente investigación se propusieron un total de 21 actividades, cada una con indicadores de seguimiento, enmarcadas en 9 programas, para los procesos de para los procesos de Captación, Conducción, Dosificación, Mezcla rápida, Mezcla lenta, Filtración, Equipo filtrador y Desinfección; con el propósito de aportar al mejoramiento de la prestación del servicio de acueducto brindado por la empresa CABRERANA DE SERVICIOS PÚBLICOS S.A.E.S.P.

BIBLIOGRAFÍA

AMIRTHARAJAH, Appiah; MILLS, Kirk M. Rapid-mix design for mechanisms of alum coagulation. Journal-American Water Works Association, 1982, vol. 74, no 4, p. 210-216.

ANDÍA CÁRDENAS, Yolanda. Tratamiento de Agua, coagulación y floculación. Evaluación de Platas y Desarrollo Tecnológico. [En línea]. En: SEDAPAL. Lima, Perú. Abril de 2000. Disponible en: <https://goo.gl/XkAr6J>.

ANDÍA, Yolanda. Evaluación de plantas y desarrollo tecnológico: Tratamiento de agua, coagulación y floculación. Lima, Perú, SEDAPAL, 2000.

ARGENTINA, MINISTRO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA. Ciencias naturales: El Ciclo del Agua. [En línea]. En: Biblioteca Nacional de maestros. 2007. Disponible en: <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002315.pdf>

BATANERO, Carmen. Razonamiento probabilístico en la vida cotidiana: Un desafío educativo. Investigación en el aula de matemáticas. Estadística y Azar. Granada: Sociedad de Educación Matemática Thales. CD ROM, 2006.

BETANCUR C., Bibiana; JIMÉNEZ G., David M.; LINARES, Balmes G. Zeta Potential (z) as a criterion for optimization of coagulant dosage in a drinking water treatment plant. Recibido para revisar Enero 20 de 2011, aceptado Junio 28 de 2012, versión final Julio 23 de 2012.

CANAL DE ISABEL II GESTIÓN. Ciclo integral del agua: Tratamiento del agua potable. Fundación Canal de Isabel II. [En línea], Fundación Canal. Madrid. 2015.

Disponible en: <https://www.canaleduca.com/wp-content/uploads/2015/08/Tratamiento-de-agua-potable.pdf>

CARRANZA, Richard. Common mistakes in water treatment. [En Línea]. En: Water Online. Disponible en: <https://www.wateronline.com/doc/common-mistakes-in-water-treatment-0001>

CASTRILLÓN BEDOYA, Daniela; GIRALDO, María de los Ángeles. Determinación de las dosis óptimas del coagulante sulfato de aluminio granulado tipo b en función de la turbiedad y el color para la potabilización del agua en la planta de tratamiento de Villa Santana. 2012. Tesis Doctoral. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Tecnología Química.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL AGUA - CIDTA. Módulo de Potabilizadoras. [En línea]. En: Universidad de Salamanca. 2015. Disponible en: <https://goo.gl/uS3y4t>

CENTRO PERUANO DE ESTUDIOS SOCIALES. CEPES. Fuentes de Abastecimiento. [En línea], 2014. Disponible en Internet: <https://goo.gl/fWXeMs>.

CERVERO-ARAGÓ, Silvia; RODRÍGUEZ-MARTÍNEZ, Sarah; PUERTAS-BENNASAR, Antoni & M. ARAUJO, Rosa. Effect of common drinking water disinfectants, chlorine and heat, on free Legionella and amoebae-associated Legionella. PLOS ONE, 2015, vol. 10, no 8, p. e0134726.

COGOLLO FLÓREZ, Juan Miguel. Water clarification using polymerized coagulants: Aluminum hydroxychloride case. Dyna, 2011, vol. 78, no 165, p. 18-27.

COLOMBIA, DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA – DANE. Proyecciones de Población 2005 – 2020. [En línea]. DANE. 2005. Disponible en: <https://goo.gl/vpXhj9>

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. Boletín de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. [En Línea]. En: INS. Bogotá D. C. Enero de 2018. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/1.%20Boletin%20enero%202018.pdf>

COLOMBIA, MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115. (22 de junio 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”. Cuadro N°4. Bogotá, D. C., el 22 junio de 2007.

COLOMBIA, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Normativa de Recurso Hídrico. [En Línea]. En: MINAMBIENTE. 2016. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/normativa-recurso-hidrico>

COLOMBIA, MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Resolución 0330. (08 de junio de 2017). “Por el cual se adopta el reglamento técnico para el sector agua potable y saneamiento básico – RAS y se derogan las Resoluciones números 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”. Diario Oficial, Bogotá D.C., No. 50267 del 17 de junio de 2017.

COLOMBIA. ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE. Constitución Política de Colombia, Artículo 365. Bogotá D.C.: Asamblea Nacional Constituyente, 1991.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Sistemas de Acueducto, Guía Ambiental. [En línea]. En: CORTOLIMA. 2002. Disponible en: <https://goo.gl/xVojDP>

COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. Informe Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano. [En línea], 2013. Disponible en Internet: <https://goo.gl/YcreqB>.

DANIELA CASTRILLÓN BEDOYA MARIA DE LOS ÁNGELES GIRALDO. Determinación DETERMINACIÓN DE LAS DOSIS ÓPTIMAS DEL COAGULANTE SULFATO DE ALUMINIO GRANULADO TIPO B EN FUNCIÓN DE LA TURBIEDAD Y EL COLOR PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE VILLA SANTANA. [En Línea]. En: tecnología química. Pereira-Colombia. 2012. Disponible en: <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/6281622H565.pdf>

ESCOLERO, Oscar; DOMÍNGUEZ MARIANI, Eloísa y MARTÍNEZ EDDA, Sandra. Ciclo Hidrológico. Gobmx. [En línea]. En: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2015. Disponible en: http://www.emapas.inecc.gob.mx/download/lch_ciclo_hidrologico.pdf

FONDO PARA LA COMUNICACIÓN Y LA EDUCACIÓN AMBIENTAL, A.C. El Agua del Mundo. Centro Virtual De Información del Agua. [En línea]. En: Agua.org. 2017. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/03/Agua-en-el-mundo.jpg>

FUERTES-MIQUEL, Vicente S.; IGLESIAS-REY, Pedro L.; LÓPEZ-JIMÉNEZ, P. Amparo; Martínez-Solano, F. Javier; LÓPEZ-PATIÑO, Gonzalo. Utilización de las ventosas para la expulsión del aire durante el llenado de las tuberías. Comportamiento adiabático frente a isoterma Tecnología y Ciencias del Agua, vol.

II, núm. 1. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua Morelos, México. Enero-marzo, 2011, pp. 33-50.

GUAZZELLI, Élisabeth; HINCH, John. Fluctuations and instability in sedimentation. Annual review of fluid mechanics, 2011, vol. 43, p. 97-116.

GUNT HAMBURG. Tratamiento de Aguas: Procesos Mecánicos. [En Línea]. En: G.U.N.T. Gerätebau GmbH. 2018, p. 1. Disponible en: http://www.gunt.de/images/download/filtration_water_spanish.pdf

INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN. Obras de Captación – Sistema de Agua Potable. [En Línea]. Civil Geeks. 2010. Disponible en Internet: <https://civilgeeks.com/2010/10/08/obras-de-captacion-sistema-de-agua-potable/>

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Estudio Nacional del Agua. [En Línea]. En: IDEAM. Bogotá, D. C., mayo de 2015. Disponible en: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf

INSTITUTO NACIONAL DEL CÁNCER, DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS DE EE. UU. Exposición al asbesto y el riesgo de cáncer. [En Línea]. En: NIH. 7 de junio de 2017. Disponible en: <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/asbesto/hoja-informativa-asbesto>

JIMÉNEZ, José. Manual para el Diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. Veracruz.: Universidad Veracruzana. Facultad de Ingeniería Civil. 2010, p. 19.

MARTÍNEZ, Juan. Sistema de Tratamiento del Agua. [En línea]. Blogspot. 12 de abril de 2009. Disponible en: <https://goo.gl/hTMrkA>

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Sistemas de Acueducto, Guía Ambiental. [En Línea]. En: CORTOLIMA. 2002. Disponible en Internet: <https://goo.gl/xVojDP>

MONTENEGRO, Concepción y CASTELLÓN, Mario. Dique con vertedero Lateral. [En línea]. En: SLIDESHARE. 11 de junio de 2011. Disponible en: <https://es.slideshare.net/MIA-CIEMA/obra-de-captacindique-con-vertedero-lateral>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA. UNESCO. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo. Fondo para la Comunicación y la Educación ambiental, A.C [En línea], 2016. Disponible en: <https://goo.gl/9AZksE>.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD – OMS. Guías para la calidad del agua potable. [En Línea]. En: Catalogación por la Biblioteca de la OMS. Primer Apéndice a La Tercera Edición, Volumen 1: Recomendaciones. 2006, p. 11. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowsres.pdf?ua=1

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD & FONDO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA INFANCIA. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. OMS & UNESCO. [En línea]. En: UNESDOC. 2016. Disponible en: <https://goo.gl/t2qqBJ>

PÉREZ, Luís. Teoría de la sedimentación. Área de hidráulica, Cátedra de Hidráulica Aplicada a la Ingeniería Sanitaria. Paraguay, 2005.

PIÑERO LUGO, Ángel. El Fenómeno del Golpe de Ariete: Causas, Efectos y Prevención. Universidad de Puerto Rico. Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura. 09 de abril de 2014.

RAMÍREZ, F. Tratamiento del agua. [En Línea]. En: El agua potable. 1 de junio de 2018. Disponible en: <http://www.elaguapotable.com/decantacion.htm>

ROZARIO, Enzo. 5 Floculación Tratamiento de Agua. [En línea]. En: SlidePlayer. Mayo 15 de 2014. Disponible en: <http://slideplayer.com.br/slide/295549/>

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES; COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario. [En Línea]. Comisión Nacional del Agua, Estados Unidos Mexicanos. 2015. Disponible en: <http://www.mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro46.pdf>

SERRANO, Rocío Salinas, et al. Optimización de la filtración en una estación de tratamiento de agua potable convencional. Tecnoaqua, 2017, no 28, p. 54-62.

TEJERO. J.; SUÁREZ, A., y JÁCOME, J. Ingeniería Técnica de Obras Públicas: Tema 5 la Calidad del Agua su Control. [En Línea]. En: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR – CERES. Universidade da Coruña. Curso 2006-2007. Disponible en: [ftp://ceres.udc.es/IT_Obras_Publicas/Troncales/Ingenieria_Ambiental/TEMA___CALIDAD_DE_AGUAS_\(2010_2011\)/itop___TEMA5_calidad_de_aguas_dic2010.pdf](ftp://ceres.udc.es/IT_Obras_Publicas/Troncales/Ingenieria_Ambiental/TEMA___CALIDAD_DE_AGUAS_(2010_2011)/itop___TEMA5_calidad_de_aguas_dic2010.pdf)

URANIA ABREU, Rosa. Manual de operación mantenimiento de planta de tratamiento Haina-Mangogwayabo. [En Línea]. En: Biblioteca Virtual de desarrollo

sostenible y salud ambiental. Santo Domingo, R. D. Diciembre de 2001, p. 23.
Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/haina.pdf>

ANEXOS

ANEXO A. COPIAS AUTORIZADAS DE LOS RESULTADOS DE CONTROL DE CALIDAD REALIZADO POR LA SECRETARIA DEPARTAMENTAL DE SALUD AL AGUA TRATADA DISTRIBUIDA EN EL MUNICIPIO DE CABRERA PARA EL AÑO 2017

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD		Informe de Análisis de la Calidad del Agua para Consumo Humano		Autoridad Santander	
		LABORATORIO DEPARTAMENTAL DE SALUD PUBLICA DE SANT			
		IRCA por Muestra			
NIT: 900253669		Persona Prestadora: CABRERA S.A. E.S.P.			
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA					
Muestra No: 94	Código laboratorio: 95	Contramuestra pp: No			
Fecha de toma: 31/01/2017 8:00:00	Fecha de recep. laboratorio: 31/01/2017 9:00:00	Fecha análisis laboratorio: 31/01/2017 14:00:00			
Muestra Tomada por: NESTOR JOSE VARGAS QUINTERO	Desinfectante: --	Coagulante: --			
Análisis Solicitados: Adicional, Físicoquímico, Microbiológico	Resultados para: Vigilancia	Tipo de muestra: Tratada			
INFORMACIÓN DEL LABORATORIO					
Código: 318	Nombre: LABORATORIO DEPARTAMENTAL DE SALUD PUBLICA DE SANT	Teléfono: 6441473			
Fax:	Dirección: CALLE 56 N 2W-88	Email: labdepsan@yahoo.es			
Página WEB: www.gobernaciondesantander.gov.co					
INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE					
Nombre: SECRETARIA DE SALUD DE SANTANDER		Departamento: Santander		Municipio: Cabrera	
INFORMACIÓN DEL PUNTO DE TOMA					
Departamento: Santander	Municipio: Cabrera	Población: 0,00	Clase: Cabecera Municipal		
Lugar: PLATA DE TRATAMIENTO	Descripción: TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	Código punto: 0			
Dirección: PUNTO No. 0001	GPS:	Fuente: QUEBRADA MATEGUADUA			
Concertado: No	Intradomiciliario: Si				
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS					
Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
Alcalinidad Total	Volumétrico	16	mg CaCO3/L	$\geq 0 \leq 200$	Aceptable
Calcio	Volumétrico EDTA	11,22	mg Ca/L	$\geq 0 \leq 60$	Aceptable
Cloro residual libre	Colorimétrico de la DPD	1,5	mg Cl2/L	$\geq 0,3 \leq 2$	Aceptable
Ciudades	Cromatografía iónica	20,05	mg Cl - /L	$\geq 0 \leq 250$	Aceptable
Coliformes totales	Sustrato definido	0	UFC/100ml - NMP/100ml	$\geq 0 \leq 0$	Aceptable
Color aparente	Espectrofotométrico	1,35	UPC	$\geq 0 \leq 15$	Aceptable
Dureza total	Volumétrico EDTA	122	mg CaCO3/L	$\geq 0 \leq 300$	Aceptable
E.coli	Sustrato definido	0	UFC/100ml - NMP/100ml	$\geq 0 \leq 0$	Aceptable
Magnesio	Volumétrico EDTA	26,59	mg Mg/L	$\geq 0 \leq 36$	Aceptable
ph	Electrométrico	7,5	Unidades de PH	$\geq 6,5 \leq 9$	Aceptable
Turbiedad	Nefelométrico	0,7	UNT	$\geq 0 \leq 2$	Aceptable
* Cuando se utilice la técnica de enzima sustrato y el resultado es "<1 microorganismo / 100cm3" o cuando se utilice la técnica Presencia-Ausencia y el resultado es "ausencia en 100cm3" se le asigna el valor de 0 "cero". Si se >1 o hay presencia el valor es >0					
ANÁLISIS ESPECIALES					
Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnostico
CARACTERÍSTICAS ADICIONALES**					



Característica	Método	Resultado	Unidades
Conductividad	Electrométrico	247	u siemens/cm

**IRCA sin tomar en cuenta las características adicionales no considerados en la resolución 2115 de 2007.

OBSERVACIONES: COLIFORMES TOTALES Y FECALIS ESTAN EXPRESADOS EN UNIDADES NMP/100ML. pH Y CLORO RESIDUAL MEDIDOS IN SITU. EL RESULTADO EMITIDO CORRESPONDE ÚNICAMENTE AL OBTENIDO POR EL ANÁLISIS DE LA MUESTRA ALLEGADA PARA ESTUDIO

NOTA: Según los parámetros analizados, la muestra de agua se clasifica en el nivel de riesgo: SIN RIESGO. Es apta para consumo humano desde el punto de vista Microbiológico según la resolución 2115 del 2007 del MPS / MAVDT.

CARACTERÍSTICAS ANALIZADOS: 12

Índice de Riesgo de la Calidad del Agua IRCA			
Características para IRCA: 11	IRCA BÁSICO: 0,00 %	IRCA ESPECIAL: 0,00 %	IRCA: 0,00 %
Nivel de riesgo: SIN RIESGO			
IRCA Básico: Según Cuadro 6 Art. 13 Res. 2115 de 2007 IRCA Especial: Según Parágrafo Art. 13 Res. 2115			

[Firma]

Analista - Fisicoquímico

[Firma]

Analista - Microbiológico

Impresión Reporte: 10/05/2017

Prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin la autorización escrita del laboratorio.

NIT: 900253669	Persona Prestadora: CABRERA S.A. E.S.P.
----------------	---

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Muestra No: 93	Código laboratorio: 209	Contramuestra pp: No
Fecha de toma: 28/02/2017 8:30:00	Fecha de recep. laboratorio: 28/02/2017 15:00:00	Fecha análisis laboratorio: 28/02/2017 16:00:00
Muestra Tomada por: NESTOR JOSE VARGAS QUINTERO	Desinfectante: --	Coagulante: --
Análisis Solicitados: Adicional, Físicoquímico, Microbiológico	Resultados para: Vigilancia	Tipo de muestra: Tratada

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Código: 318	Nombre: LABORATORIO DEPARTAMENTAL DE SALUD PUBLICA DE SANT	Teléfono: 6441473
Fax:	Dirección: CALLE 56 N 2W-68	Email: labdepsan@yahoo.es
Página WEB: www.gobernaciondesantander.gov.co		

INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

Nombre: SANEAMIENTO AMBIENTAL	Departamento: Santander	Municipio: Cabrera
-------------------------------	-------------------------	--------------------

INFORMACIÓN DEL PUNTO DE TOMA

Departamento: Santander	Municipio: Cabrera	Población: 0,00	Clase: Cabecera Municipal
Lugar: PLATA DE TRATAMIENTO	Descripción: TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	Código punto: 0	
Dirección: PUNTO No. 0001	GPS:	Fuente: QUEBRADA MATEGUADUA	
Concertado: No	Intradomiciliario: Si		

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
Alcalinidad Total	Volumétrico	9	mg CaCO ₃ /L	≥ 0 ≤ 200	Aceptable
Calcio	Volumétrico EDTA	19,23	mg Ca/L	≥ 0 ≤ 60	Aceptable
Cloro residual libre	Colorimétrico de la DPD	2	mg Cl ₂ /L	≥ 0,3 ≤ 2	Aceptable
Cloruros	Cromatografía iónica	23,97	mg Cl - /L	≥ 0 ≤ 250	Aceptable
Coliformes totales	Sustrato definido	0	UFC/100ml - NMP/100ml	≥ 0 ≤ 0	Aceptable
Color aparente	Espectrofotométrico	4	UPC	≥ 0 ≤ 15	Aceptable
Dureza total	Volumétrico EDTA	100	mg CaCO ₃ /L	≥ 0 ≤ 300	Aceptable
E.coli	Sustrato definido	0	UFC/100ml - NMP/100ml	≥ 0 ≤ 0	Aceptable
Magnesio	Volumétrico EDTA	19,38	mg Mg/L	≥ 0 ≤ 36	Aceptable
ph	Electrométrico	7,5	Unidades de PH	≥ 6,5 ≤ 9	Aceptable
Turbiedad	Nefelométrico	4,68	UNT	≥ 0 ≤ 2	No Aceptable

* Cuando se utilice la técnica de enzima sustrato y el resultado es "<1 microorganismo / 100cm³" o cuando se utilice la técnica Presencia-Ausencia y el resultado es "ausencia en 100cm³" se le asigna el valor de 0 "cero". Si se >1 o hay presencia el valor es >0

ANÁLISIS ESPECIALES

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
----------------	--------	-----------	----------	--------------------	-------------

NIT: 900253669	Persona Prestadora: CABRERA S.A. E.S.P.
----------------	---

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Muestra No: 93	Código laboratorio: 209	Contramuestra pp: No
Fecha de toma: 28/02/2017 8:30:00	Fecha de recep. laboratorio: 28/02/2017 15:00:00	Fecha análisis laboratorio: 28/02/2017 16:00:00
Muestra Tomada por: NESTOR JOSE VARGAS QUINTERO	Desinfectante: --	Coagulante: --
Análisis Solicitados: Adicional, Físicoquímico, Microbiológico	Resultados para: Vigilancia	Tipo de muestra: Tratada

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Código: 318	Nombre: LABORATORIO DEPARTAMENTAL DE SALUD PUBLICA DE SANT	Teléfono: 6441473
Fax:	Dirección: CALLE 56 N 2W-68	Email: labdepsan@yahoo.es
Página WEB: www.gobernaciondesantander.gov.co		

INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

Nombre: SANEAMIENTO AMBIENTAL	Departamento: Santander	Municipio: Cabrera
-------------------------------	-------------------------	--------------------

INFORMACIÓN DEL PUNTO DE TOMA

Departamento: Santander	Municipio: Cabrera	Población: 0,00	Clase: Cabecera Municipal
Lugar: PLATA DE TRATAMIENTO	Descripción: TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	Código punto: 0	
Dirección: PUNTO No. 0001	GPS:	Fuente: QUEBRADA MATEGUADUA	
Concertado: No	Intradomiciliario: Si		

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
Alcalinidad Total	Volumétrico	9	mg CaCO ₃ /L	≥ 0 ≤ 200	Aceptable
Calcio	Volumétrico EDTA	19,23	mg Ca/L	≥ 0 ≤ 60	Aceptable
Cloro residual libre	Colorimétrico de la DPD	2	mg Cl ₂ /L	≥ 0,3 ≤ 2	Aceptable
Cloruros	Cromatografía iónica	23,97	mg Cl - /L	≥ 0 ≤ 250	Aceptable
Coliformes totales	Sustrato definido	0	UFC/100ml - NMP/100ml	≥ 0 ≤ 0	Aceptable
Color aparente	Espectrofotométrico	4	UPC	≥ 0 ≤ 15	Aceptable
Dureza total	Volumétrico EDTA	100	mg CaCO ₃ /L	≥ 0 ≤ 300	Aceptable
E.coli	Sustrato definido	0	UFC/100ml - NMP/100ml	≥ 0 ≤ 0	Aceptable
Magnesio	Volumétrico EDTA	19,38	mg Mg/L	≥ 0 ≤ 36	Aceptable
ph	Electrométrico	7,5	Unidades de PH	≥ 6,5 ≤ 9	Aceptable
Turbiedad	Nefelométrico	4,68	UNT	≥ 0 ≤ 2	No Aceptable

* Cuando se utilice la técnica de enzima sustrato y el resultado es "<1 microorganismo / 100cm³" o cuando se utilice la técnica Presencia-Ausencia y el resultado es "ausencia en 100cm³" se le asigna el valor de 0 "cero". Si se >1 o hay presencia el valor es >0

ANÁLISIS ESPECIALES

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
----------------	--------	-----------	----------	--------------------	-------------



CARACTERÍSTICAS ADICIONALES**

Característica	Método	Resultado	Unidades
Conductividad	Electrométrico	105,2	u siemens/cm

**IRCA sin tomar en cuenta las características adicionales no considerados en la resolución 2115 de 2007.

OBSERVACIONES: COLIFORMES TOTALES Y FECALIS ESTAN EXPRESADOS EN UNIDADES NMP/100ML. pH Y CLORO RESIDUAL MEDIDOS IN SITU. EL RESULTADO EMITIDO CORRESPONDE ÚNICAMENTE AL OBTENIDO POR EL ANÁLISIS DE LA MUESTRA ALLEGADA PARA ESTUDIO.

NOTA: Según los parámetros analizados, la muestra de agua se clasifica en el nivel de riesgo: MEDIO. Presenta valores para Turbiedad, que la apartan de los valores aceptables desde el punto de vista Fisicoquímico según la resolución 2115 del 2007 del MPS / MAVDT.

CARACTERÍSTICAS ANALIZADOS: 12

Índice de Riesgo de la Calidad del Agua IRCA			
Características para IRCA: 11	IRCA BÁSICO: 18,18 %	IRCA ESPECIAL: 0,00 %	IRCA: 18,18 %
Nivel de riesgo: MEDIO			
IRCA Básico: Según Cuadro 6 Art. 13 Res. 2115 de 2007 IRCA Especial: Según Parágrafo Art. 13 Res. 2115			

[Firma]

Analista - Fisicoquímico

[Firma]

Analista - Microbiológico

Impresión Reporte: 03/05/2017

Prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin la autorización escrita del laboratorio.



NIT: 900253669	Persona Prestadora: CABRERA S.A. E.S.P.
----------------	---

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Muestra No: 95	Código laboratorio: 350	Contramuestra pp: No
Fecha de toma: 29/03/2017 8:30:00	Fecha de recep. laboratorio: 30/03/2017 7:30:00	Fecha análisis laboratorio: 30/03/2017 15:00:00
Muestra Tomada por: NESTOR JOSE VARGAS QUINTERO	Desinfectante: --	Coagulante: --
Análisis Solicitados: Adicional, Físicoquímico, Microbiológico	Resultados para: Vigilancia	Tipo de muestra: Tratada

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Código: 318	Nombre: LABORATORIO DEPARTAMENTAL DE SALUD PUBLICA DE SANT	Teléfono: 6441473
Fax:	Dirección: CALLE 56 N 2W-68	Email: labdepsan@yahoo.es
Página WEB: www.gobernaciondesantander.gov.co		

INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

Nombre: SECRETARIA DE SALUD DE SANTANDER	Departamento: Santander	Municipio: Cabrera
--	-------------------------	--------------------

INFORMACIÓN DEL PUNTO DE TOMA

Departamento: Santander	Municipio: Cabrera	Población: 0,00	Clase: Centro Poblado no categorizado
Lugar: PUNTO DE MUESTREO NUMERO 2	Descripción: GRIFO	Código punto: -1	
Dirección: CASA DE LA CULTURA	GPS:	Fuente: QUEBRADA MATEGUADUA	
Concertado: No	Intradomiciliario: No		

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
Alcalinidad Total	Volumétrico	28	mg CaCO ₃ /L	≥ 0 ≤ 200	Aceptable
Calcio	Volumétrico EDTA	25,65	mg Ca/L	≥ 0 ≤ 60	Aceptable
Cloro residual libre	Colorimétrico de la DPD	1,3	mg Cl ₂ /L	≥ 0,3 ≤ 2	Aceptable
Cloruros	Cromatografía iónica	5	mg Cl - /L	≥ 0 ≤ 250	Aceptable
Coliformes totales	Sustrato definido	0	UFC/100ml - NMP/100ml	≥ 0 ≤ 0	Aceptable
Color aparente	Espectrofotométrico	47	UPC	≥ 0 ≤ 15	No Aceptable
Dureza total	Volumétrico EDTA	120	mg CaCO ₃ /L	≥ 0 ≤ 300	Aceptable
E.coli	Sustrato definido	0	UFC/100ml - NMP/100ml	≥ 0 ≤ 0	Aceptable
Magnesio	Volumétrico EDTA	22,64	mg Mg/L	≥ 0 ≤ 36	Aceptable
ph	Electrométrico	7,5	Unidades de PH	≥ 6,5 ≤ 9	Aceptable
Turbiedad	Nefelométrico	5,6	UNT	≥ 0 ≤ 2	No Aceptable

* Cuando se utilice la técnica de enzima sustrato y el resultado es "<1 microorganismo / 100cm³" o cuando se utilice la técnica Presencia-Ausencia y el resultado es "ausencia en 100cm³" se le asigna el valor de 0 "cero". Si se >1 o hay presencia el valor es >0

ANÁLISIS ESPECIALES

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
----------------	--------	-----------	----------	--------------------	-------------

CARACTERÍSTICAS ADICIONALES**



Característica	Método	Resultado	Unidades
Conductividad	Electrométrico	127,7	u siemens/cm

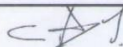
**IRCA sin tomar en cuenta las características adicionales no considerados en la resolución 2115 de 2007.

OBSERVACIONES: COLIFORMES TOTALES Y FECALIS ESTÁN EXPRESADOS EN UNIDADES NMP/100ML. pH Y CLORO RESIDUAL MEDIDOS IN SITU. EL RESULTADO EMITIDO CORRESPONDE ÚNICAMENTE AL OBTENIDO POR EL ANÁLISIS DE LA MUESTRA ALLEGADA PARA ESTUDIO.

NOTA: Según los parámetros analizados, la muestra de agua se clasifica en el nivel de riesgo: MEDIO. Presenta valores para Color aparente, Turbiedad, que la apartan de los valores aceptables desde el punto de vista Físicoquímico según la resolución 2115 del 2007 del MPS / MAVDT.

CARACTERÍSTICAS ANALIZADOS: 12

Índice de Riesgo de la Calidad del Agua IRCA			
Características para IRCA: 11	IRCA BÁSICO: 25,45 %	IRCA ESPECIAL: 0,00 %	IRCA: 25,45 %
Nivel de riesgo: MEDIO			
IRCA Básico: Según Cuadro 6 Art. 13 Res. 2115 de 2007 IRCA Especial: Según Parágrafo Art. 13 Res. 2115			



Analista - Físicoquímico



Analista - Microbiológico

Impresión Reporte: 23/05/2017

Prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin la autorización escrita del laboratorio.



NIT: 900253669	Persona Prestadora: CABRERA S.A. E.S.P.
----------------	---

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Muestra No: 96	Código laboratorio: 820	Contramuestra pp: No
Fecha de toma: 28/06/2017 9:00:00	Fecha de recep. laboratorio: 29/06/2017 8:30:00	Fecha análisis laboratorio: 29/06/2017 14:00:00
Muestra Tomada por: NESTOR JOSE VARGAS QUINTERO	Desinfectante: --	Coagulante: --
Análisis Solicitados: Adicional, Físicoquímico, Microbiológico	Resultados para: Vigilancia	Tipo de muestra: Tratada

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Código: 318	Nombre: LABORATORIO DEPARTAMENTAL DE SALUD PUBLICA DE SANT	Teléfono: 6441473
Fax:	Dirección: CALLE 56 N 2W-68	Email: labdepsan@yahoo.es
Página WEB: www.gobernaciondesantander.gov.co		

INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

Nombre: SECRETARIA DE SALUD DE SANTANDER	Departamento: Santander	Municipio: Cabrera
--	-------------------------	--------------------

INFORMACIÓN DEL PUNTO DE TOMA

Departamento: Santander	Municipio: Cabrera	Población: 0,00	Clase: Centro Poblado no categorizado
Lugar: PUNTO DE MUESTREO NUMERO 2	Descripción: GRIFO	Código punto: -1	
Dirección: CASA DE LA CULTURA	GPS:	Fuente: QUEBRADA MATEGUADUA	
Concertado: No	Intradomiciliario: No		

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
Alcalinidad Total	Volumétrico	40	mg CaCO ₃ /L	≥ 0 ≤ 200	Aceptable
Calcio	Volumétrico EDTA	6,4	mg Ca/L	≥ 0 ≤ 60	Aceptable
Cloro residual libre	Colorimétrico de la DPD	0,5	mg Cl ₂ /L	≥ 0,3 ≤ 2	Aceptable
Cloruros	Cromatografía iónica	14	mg Cl - /L	≥ 0 ≤ 250	Aceptable
Coliformes totales	Sustrato definido	0	UFC/100ml - NMP/100ml	≥ 0 ≤ 0	Aceptable
Dureza total	Volumétrico EDTA	12	mg CaCO ₃ /L	≥ 0 ≤ 300	Aceptable
E.coli	Sustrato definido	0	UFC/100ml - NMP/100ml	≥ 0 ≤ 0	Aceptable
Magnesio	Volumétrico EDTA	1,34	mg Mg/L	≥ 0 ≤ 36	Aceptable
ph	Electrométrico	6,8	Unidades de PH	≥ 6,5 ≤ 9	Aceptable
Turbiedad	Nefelométrico	6,47	UNT	≥ 0 ≤ 2	No Aceptable

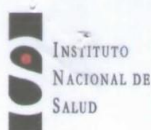
* Cuando se utilice la técnica de enzima sustrato y el resultado es "<1 microorganismo / 100cm³" o cuando se utilice la técnica Presencia-Ausencia y el resultado es "ausencia en 100cm³" se le asigna el valor de 0 "cero". Si se >1 o hay presencia el valor es >0

ANÁLISIS ESPECIALES

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
----------------	--------	-----------	----------	--------------------	-------------

CARACTERÍSTICAS ADICIONALES**

Característica	Método	Resultado	Unidades
----------------	--------	-----------	----------



Informe de Análisis de la Calidad del Agua para Consumo Humano
Autoridad Santander
LABORATORIO DEPARTAMENTAL DE SALUD PUBLICA DE SANT
IRCA por Muestra



Conductividad	Electrométrico	279	u siemens/cm
---------------	----------------	-----	--------------

**IRCA sin tomar en cuenta las características adicionales no considerados en la resolución 2115 de 2007.

OBSERVACIONES: COLIFORMES TOTALES Y FECALIS ESTAN EXPRESADOS EN UNIDADES NMP/100ML. pH Y CLORO RESIDUAL MEDIDOS IN SITU. EL RESULTADO EMITIDO CORRESPONDE ÚNICAMENTE AL OBTENIDO POR EL ANÁLISIS DE LA MUESTRA ALLEGADA PARA ESTUDIO.

NOTA: Según los parámetros analizados, la muestra de agua se clasifica en el nivel de riesgo: MEDIO. Presenta valores para Turbiedad, que la apartan de los valores aceptables desde el punto de vista Fisicoquímico según la resolución 2115 del 2007 del MPS / MAVDT.

CARACTERÍSTICAS ANALIZADOS: 11

Índice de Riesgo de la Calidad del Agua IRCA			
Características para IRCA: 10	IRCA BÁSICO: 19,60 %	IRCA ESPECIAL: 0,00 %	IRCA: 19,60 %
Nivel de riesgo: MEDIO			
IRCA Básico: Según Cuadro 6 Art. 13 Res. 2115 de 2007 IRCA Especial: Según Parágrafo Art. 13 Res. 2115			

Analista - Fisicoquímico

Analista - Microbiológico

Impresión Reporte:27/07/2017

Prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin la autorización escrita del laboratorio.

NIT: 900253669	Persona Prestadora: CABRERA S.A. E.S.P.
----------------	---

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Muestra No: 97	Código laboratorio: 1043	Contramuestra pp: No
Fecha de toma: 26/07/2017 10:00:00	Fecha de recep. laboratorio: 27/07/2017 7:00:00	Fecha análisis laboratorio: 27/07/2017 14:00:00
Muestra Tomada por: NESTOR JOSE VARGAS QUINTERO	Desinfectante: --	Coagulante: --
Análisis Solicitados: Adicional, Fisicoquímico, Microbiológico	Resultados para: Vigilancia	Tipo de muestra: Tratada

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Código: 318	Nombre: LABORATORIO DEPARTAMENTAL DE SALUD PUBLICA DE SANT	Teléfono: 6441473
Fax:	Dirección: CALLE 56 N 2W-68	Email: labdepsan@yahoo.es
Página WEB: www.gobernaciondesantander.gov.co		

INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

Nombre: SECRETARIA DE SALUD DE SANTANDER	Departamento: Santander	Municipio: Cabrera
--	-------------------------	--------------------

INFORMACIÓN DEL PUNTO DE TOMA

Departamento: Santander	Municipio: Cabrera	Población: 0,00	Clase: Cabecera Municipal
Lugar: PUNTO No. 0004	Descripción: NR		Código punto: -1
Dirección: BIBLIOTECA MUNICIPAL	GPS:		Fuente: MORELIA ALTO Y ACUESCOOP
Concertado: No	Intradomiciliario: No		

ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
Alcanilidad Total	Volumétrico	0,5	mg CaCO ₃ /L	≥ 0 ≤ 200	Aceptable
Calcio	Volumétrico EDTA	1,8	mg Ca/L	≥ 0 ≤ 60	Aceptable
Cloro residual libre	Colorimétrico de la DPD	1,3	mg Cl ₂ /L	≥ 0,3 ≤ 2	Aceptable
Ciános	Cromatografía iónica	1,2	mg Cl - /L	≥ 0 ≤ 250	Aceptable
Coliformes totales	Sustrato definido	0	UFC/100ml - NMP/100ml	≥ 0 ≤ 0	Aceptable
Color aparente	Espectrofotométrico	11	UPC	≥ 0 ≤ 15	Aceptable
Dureza total	Volumétrico EDTA	14,42	mg CaCO ₃ /L	≥ 0 ≤ 300	Aceptable
E.coli	Sustrato definido	0	UFC/100ml - NMP/100ml	≥ 0 ≤ 0	Aceptable
Magnesio	Volumétrico EDTA	6,61	mg Mg/L	≥ 0 ≤ 36	Aceptable
pH	Electrométrico	7,2	Unidades de PH	≥ 6,5 ≤ 9	Aceptable
Turbiedad	Nefelométrico	1,51	UNT	≥ 0 ≤ 2	Aceptable

* Cuando se utilice la técnica de enzima sustrato y el resultado es "<1 microorganismo / 100cm³" o cuando se utilice la técnica Presencia-Ausencia y el resultado es "ausencia en 100cm³" se le asigna el valor de 0 "cero". Si se >1 o hay presencia el valor es >0

ANÁLISIS ESPECIALES

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
----------------	--------	-----------	----------	--------------------	-------------

CARACTERÍSTICAS ADICIONALES**

Característica	Método	Resultado	Unidades
Conductividad	Electrométrico	42,7	u siemens/cm

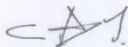
**IRCA sin tomar en cuenta las características adicionales no considerados en la resolución 2115 de 2007.

OBSERVACIONES: COLIFORMES TOTALES Y FECALIS ESTAN EXPRESADOS EN UNIDADES NMP/100ML. pH Y CLORO RESIDUAL MEDIDOS IN SITU. EL RESULTADO EMITIDO CORRESPONDE ÚNICAMENTE AL OBTENIDO POR EL ANÁLISIS DE LA MUESTRA ALLEGADA PARA ESTUDIO.

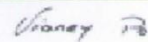
NOTA: Según los parámetros analizados, la muestra de agua se clasifica en el nivel de riesgo: SIN RIESGO. Es apta para consumo humano desde el punto de vista Microbiológico según la resolución 2115 del 2007 del MPS / MAVDT.

CARACTERÍSTICAS ANALIZADOS: 12

Índice de Riesgo de la Calidad del Agua IRCA			
Características para IRCA: 11	IRCA BÁSICO: 0,00 %	IRCA ESPECIAL: 0,00 %	IRCA: 0,00 %
Nivel de riesgo: SIN RIESGO			
IRCA Básico: Según Cuadro 6 Art. 13 Res. 2115 de 2007 IRCA Especial: Según Parágrafo Art. 13 Res. 2115			



Analista - Fisicoquímico



Analista - Microbiológico

Impresión Reporte: 22/08/2017

Prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin la autorización escrita del laboratorio.



NIT: 900253669	Persona Prestadora: CABRERA S.A. E.S.P.
----------------	---

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Muestra No: 98	Código laboratorio: 1133	Contramuestra pp: No
Fecha de toma: 09/08/2017 7:30:00	Fecha de recep. laboratorio: 09/08/2017 12:00:00	Fecha análisis laboratorio: 09/08/2017 14:30:00
Muestra Tomada por: NESTOR JOSE VARGAS QUINTERO	Desinfectante: --	Coagulante: --
Análisis Solicitados: Adicional, Físicoquímico, Microbiológico	Resultados para: Vigilancia	Tipo de muestra: Tratada

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Código: 318	Nombre: LABORATORIO DEPARTAMENTAL DE SALUD PUBLICA DE SANT	Teléfono: 6441473
Fax:	Dirección: CALLE 56 N 2W-68	Email: labdepsan@yahoo.es
Página WEB: www.gobernaciondesantander.gov.co		

INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

Nombre: SECRETARIA DE SALUD DE SANTANDER	Departamento: Santander	Municipio: Cabrera
--	-------------------------	--------------------

INFORMACIÓN DEL PUNTO DE TOMA

Departamento: Santander	Municipio: Cabrera	Población: 0,00	Clase: Cabecera Municipal
Lugar: PLATA DE TRATAMIENTO	Descripción: TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	Código punto: 0	
Dirección: PUNTO No. 0001	GPS:	Fuente: QUEBRADA MATEGUADUA	
Concertado: No	Intradomiciliario: Si		

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
Alcalinidad Total	Volumétrico	6	mg CaCO ₃ /L	≥ 0 ≤ 200	Aceptable
Calcio	Volumétrico EDTA	14,43	mg Ca/L	≥ 0 ≤ 60	Aceptable
Cloro residual libre	Colorimétrico de la DPD	3	mg Cl ₂ /L	≥ 0,3 ≤ 2	No Aceptable
Ciudades	Cromatografía iónica	5,5	mg Cl - /L	≥ 0 ≤ 250	Aceptable
Coliformes totales	Sustrato definido	51	UFC/100ml - NMP/100ml	≥ 0 ≤ 0	No Aceptable
Color aparente	Espectrofotométrico	17	UPC	≥ 0 ≤ 15	No Aceptable
Dureza total	Volumétrico EDTA	44	mg CaCO ₃ /L	≥ 0 ≤ 300	Aceptable
E.coli	Sustrato definido	0	UFC/100ml - NMP/100ml	≥ 0 ≤ 0	Aceptable
Magnesio	Volumétrico EDTA	7,1	mg Mg/L	≥ 0 ≤ 36	Aceptable
ph	Electrométrico	7,4	Unidades de PH	≥ 6,5 ≤ 9	Aceptable
Turbiedad	Nefelométrico	2,3	UNT	≥ 0 ≤ 2	No Aceptable

* Cuando se utilice la técnica de enzima sustrato y el resultado es "<1 microorganismo / 100cm³" o cuando se utilice la técnica Presencia-Ausencia y el resultado es "ausencia en 100cm³" se le asigna el valor de 0 "cero". Si se >1 o hay presencia el valor es >0

ANÁLISIS ESPECIALES

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
----------------	--------	-----------	----------	--------------------	-------------



CARACTERÍSTICAS ADICIONALES**

Característica	Método	Resultado	Unidades
Conductividad	Electrométrico	30,7	u siemens/cm

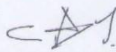
**IRCA sin tomar en cuenta las características adicionales no considerados en la resolución 2115 de 2007.

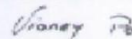
OBSERVACIONES: COLIFORMES TOTALES Y FECALIS ESTAN EXPRESADOS EN UNIDADES NMP/100ML. pH Y CLORO RESIDUAL MEDIDOS IN SITU. EL RESULTADO EMITIDO CORRESPONDE ÚNICAMENTE AL OBTENIDO POR EL ANÁLISIS DE LA MUESTRA ALLEGADA PARA ESTUDIO.

NOTA: Según los parámetros analizados, la muestra de agua se clasifica en el nivel de riesgo: ALTO. Presenta valores para Color aparente, Turbiedad, Cloro residual libre, Coliformes totales, que la apartan de los valores aceptables desde el punto de vista Fisicoquímico, Microbiológico según la resolución 2115 del 2007 del MPS / MAVDT.

CARACTERÍSTICAS ANALIZADOS: 12

Índice de Riesgo de la Calidad del Agua IRCA			
Características para IRCA: 11	IRCA BÁSICO: 61,81 %	IRCA ESPECIAL: 0,00 %	IRCA: 61,81 %
Nivel de riesgo: ALTO			
IRCA Básico: Según Cuadro 6 Art. 13 Res. 2115 de 2007 IRCA Especial: Según Parágrafo Art. 13 Res. 2115			


Analista - Fisicoquímico


Analista - Microbiológico

Impresión Reporte:30/08/2017

Prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin la autorización escrita del laboratorio.

NIT: 900253689	Persona Prestadora: CABRERA S.A. E.S.P.
----------------	---

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Muestra No: 99	Código laboratorio: 1589	Contramuestra pp: No
Fecha de toma: 27/09/2017 8:30:00	Fecha de recep. laboratorio: 28/09/2017 7:00:00	Fecha análisis laboratorio: 28/09/2017 14:15:00
Muestra Tomada por: NESTOR JOSE VARGAS QUINTERO	Desinfectante: --	Coagulante: --
Análisis Solicitados: Adicional, Físicoquímico, Microbiológico	Resultados para: Vigilancia	Tipo de muestra: Tratada

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Código: 318	Nombre: LABORATORIO DEPARTAMENTAL DE SALUD PUBLICA DE SANT	Teléfono: 6441473
Fax:	Dirección: CALLE 56 N ZW-68	Email: labdepsan@yahoo.es
Página WEB: www.gobernaciondesantander.gov.co		

INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

Nombre: SECRETARIA DE SALUD DE SANTANDER	Departamento: Santander	Municipio: Cabrera
--	-------------------------	--------------------

INFORMACIÓN DEL PUNTO DE TOMA

Departamento: Santander	Municipio: Cabrera	Población: 0,00	Clase: Centro Poblado no categorizado
Lugar: PUNTO DE MUESTREO NUMERO 2	Descripción: GRIFO	Código punto: -1	
Dirección: CASA DE LA CULTURA	GPS:	Fuente: QUEBRADA MATEGUADUA	
Concertado: No	Intradomiciliario: No		

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
Alcalinidad Total	Volumétrico	35	mg CaCO ₃ /L	≥ 0 ≤ 200	Aceptable
Calcio	Volumétrico EDTA	21,64	mg Ca/L	≥ 0 ≤ 60	Aceptable
Cloro residual libre	Colorimétrico de la DPD	1,2	mg Cl ₂ /L	≥ 0,3 ≤ 2	Aceptable
Cloruros	Cromatografía iónica	7,49	mg Cl - /L	≥ 0 ≤ 250	Aceptable
Coliformes totales	Sustrato definido	0	UFC/100ml - NMP/100ml	≥ 0 ≤ 0	Aceptable
Color aparente	Espectrofotométrico	0	UPC	≥ 0 ≤ 15	Aceptable
Dureza total	Volumétrico EDTA	70	mg CaCO ₃ /L	≥ 0 ≤ 300	Aceptable
E.coli	Sustrato definido	0	UFC/100ml - NMP/100ml	≥ 0 ≤ 0	Aceptable
Magnesio	Volumétrico EDTA	11,6	mg Mg/L	≥ 0 ≤ 36	Aceptable
ph	Electrométrico	7,2	Unidades de PH	≥ 6,5 ≤ 9	Aceptable
Turbiedad	Nefelométrico	0,4	UNT	≥ 0 ≤ 2	Aceptable

* Cuando se utilice la técnica de enzima sustrato y el resultado es "<1 microorganismo / 100cm³" o cuando se utilice la técnica Presencia-Ausencia y el resultado es "ausencia en 100cm³" se le asigna el valor de 0 "cero". Si se >1 o hay presencia el valor es >0

ANÁLISIS ESPECIALES

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
----------------	--------	-----------	----------	--------------------	-------------

CARACTERÍSTICAS ADICIONALES**



Característica	Método	Resultado	Unidades
Conductividad	Electrométrico	95	u siemens/cm

**IRCA sin tomar en cuenta las características adicionales no considerados en la resolución 2115 de 2007.

OBSERVACIONES: COLIFORMES TOTALES Y FECALIS ESTAN EXPRESADOS EN UNIDADES NMP/100ML. pH Y CLORO RESIDUAL MEDIDOS IN SITU. EL RESULTADO EMITIDO CORRESPONDE ÚNICAMENTE AL OBTENIDO POR EL ANÁLISIS DE LA MUESTRA ALLEGADA PARA ESTUDIO.

NOTA: Según los parámetros analizados, la muestra de agua se clasifica en el nivel de riesgo: SIN RIESGO. Es apta para consumo humano desde el punto de vista Microbiológico según la resolución 2115 del 2007 del MPS / MAVDT.

CARACTERÍSTICAS ANALIZADOS: 12

Índice de Riesgo de la Calidad del Agua IRCA			
Características para IRCA: 11	IRCA BÁSICO: 0,00 %	IRCA ESPECIAL: 0,00 %	IRCA: 0,00 %
Nivel de riesgo: SIN RIESGO			
IRCA Básico: Según Cuadro 6 Art. 13 Res. 2115 de 2007 IRCA Especial: Según Parágrafo Art. 13 Res. 2115			

Analista - Físicoquímico

Analista - Microbiológico

Impresión Reporte:11/10/2017

Prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin la autorización escrita del laboratorio.

ANEXO B. FORMATOS PROPUESTOS PARA EL CONTROL DE PROCESOS.

Tabla A.1 Formato de control del cribado

Nombre de la planta de tratamiento:					
Localización:			Entidad:		
Jefe de turno:		Fecha:		Hora:	
Criba 1					
Localización de la criba:					
Fecha de limpieza:					
Nombre del operador:					
Hora de la limpieza:					
Cantidad de basura extraída (en peso, kg):					
Cantidad de basura extraída (en volumen, L):					
Observaciones:					
Criba 2					
Localización de la criba:					
Fecha de limpieza:					
Nombre del operador:					
Hora de la limpieza:					
Cantidad de basura extraída (en peso, kg):					
Cantidad de basura extraída (en volumen, L):					
Observaciones:					
Criba 3					
Localización de la criba:					
Fecha de limpieza:					
Nombre del operador:					
Hora de la limpieza:					
Cantidad de basura extraída (en peso, kg):					
Cantidad de basura extraída (en volumen, L):					
Observaciones:					

Fuente: (*Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Pretratamiento y tratamiento primario, Comisión Nacional del Agua*)

Tabla A.3 Formato de control de canales desarenadores

Nombre de la Planta de tratamiento:					
Localización:		Entidad:			
Jefe de turno:		Fecha:		Hora:	
Canal desarenador 1					
Localización del canal desarenador:					
Dimensiones (m):		Largo (m):		Profundidad (m):	
Última revisión:		Hora:		Tiempo transcurrido:	
Cantidad de arena extraída (en peso, kg):					
Cantidad de arena extraída (en volumen, L):					
Observaciones:					
Canal desarenador 2					
Localización del canal desarenador:					
Dimensiones (m):		Largo (m):		Profundidad (m):	
Última revisión:		Hora:		Tiempo transcurrido:	
Cantidad de arena extraída (en peso, kg):					
Cantidad de arena extraída (en volumen, L):					
Observaciones:					
Croquis de los canales desarenadores					

Fuente: (*Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Pretratamiento y tratamiento primario, Comisión Nacional del Agua*)

**RELACIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE COLOR RECIBIDAS EN LA
PLANTA DE TRATAMIENTO**

FECHA	HORA	AGUA CRUDA	AGUA TRATADA	AGUA P- JARRAS	OPERADOR ENTREGA	OPERADOR RECIBE	OPERADOR QUE ANALIZA

EMPRESA CABRERANA DE SERVICIOS SA ESP
MÁXIMOS Y MÍNIMOS DEL AGUA CRUDA QUE LLEGA A LAS PLANTAS DE
TRATAMIENTO

MES Y AÑO _____

R20000-2 REV 02

DIA	PH MAXIMO Y MINIMO		ALCALINIDAD MAX Y MIN		TURBIEDAD MAX Y MIN		COLOR MAX Y MIN	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								

23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

**RELACIÓN DE PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE TRABAJO EN LA PLANTA
DE TRATAMIENTO**

FECHA	HORA	PESO DE FLOCULANTE (kg)	Volumen de agua	Dosis de aplicación ml/min	OPERADOR QUE ANALIZA

**RELACIÓN DE PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE TRABAJO EN LA PLANTA
DE TRATAMIENTO**

FECHA	HORA	PESO DE desinfectante (kg)	Volumen de agua	Dosis de aplicación ml/min	OPERADOR QUE ANALIZA

**CONTROL DE CONTENIDO DE CLORO Y pH DURANTE LA OPERACIÓN
DIARIA**

FECHA	HORA	CLR-Cloro libre residual (mg/l)	pH	Dosis de aplicación ml/min	OPERADOR QUE ANALIZA
	0:00				
	1:00				
	2:00				
	3:00				
	4:00				
	5:00				
	6:00				
	7:00				
	8:00				
	9:00				
	10:00				
	11:00				
	12:00				
	13:00				
	14:00				
	15:00				
	16:00				
	17:00				

	18:00				
	19:00				
	20:00				
	21:00				
	22:00				
	23:00				

**FICHA DE SEGUIMIENTO AL MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO**

FECHA	HORA	UNIDAD	PLANTA/CONDUCCIÓN	Dosis de aplicación ml/min	OPERADOR QUE ANALIZA
	0:00				
	1:00				
	2:00				
	3:00				
	4:00				
	5:00				
	6:00				
	7:00				
	8:00				
	9:00				
	10:00				
	11:00				
	12:00				
	13:00				
	14:00				

**CUADRO NO. 3: TURBIEDAD AGUA CRUDA VS. DOSIS ÓPTIMA DE
COAGULANTE**

TIPO: _____

TURBIEDAD AGUA CRUDA (UNT)	DOSIS ÓPTIMA (MGR/LT)	DOSIS ÓPTIMA FILTRACIÓN DIRECTA (MGR/LT)
1.0		
2.0		
3.0		
4.0		
5.0		
6.0		
7.0		
8.0		
9.0		
20.0		

30.0		-
50.0		-
100		-
200.0		-
500.0		-
1000.0		-

ANEXO C. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTE EN LABORATORIO

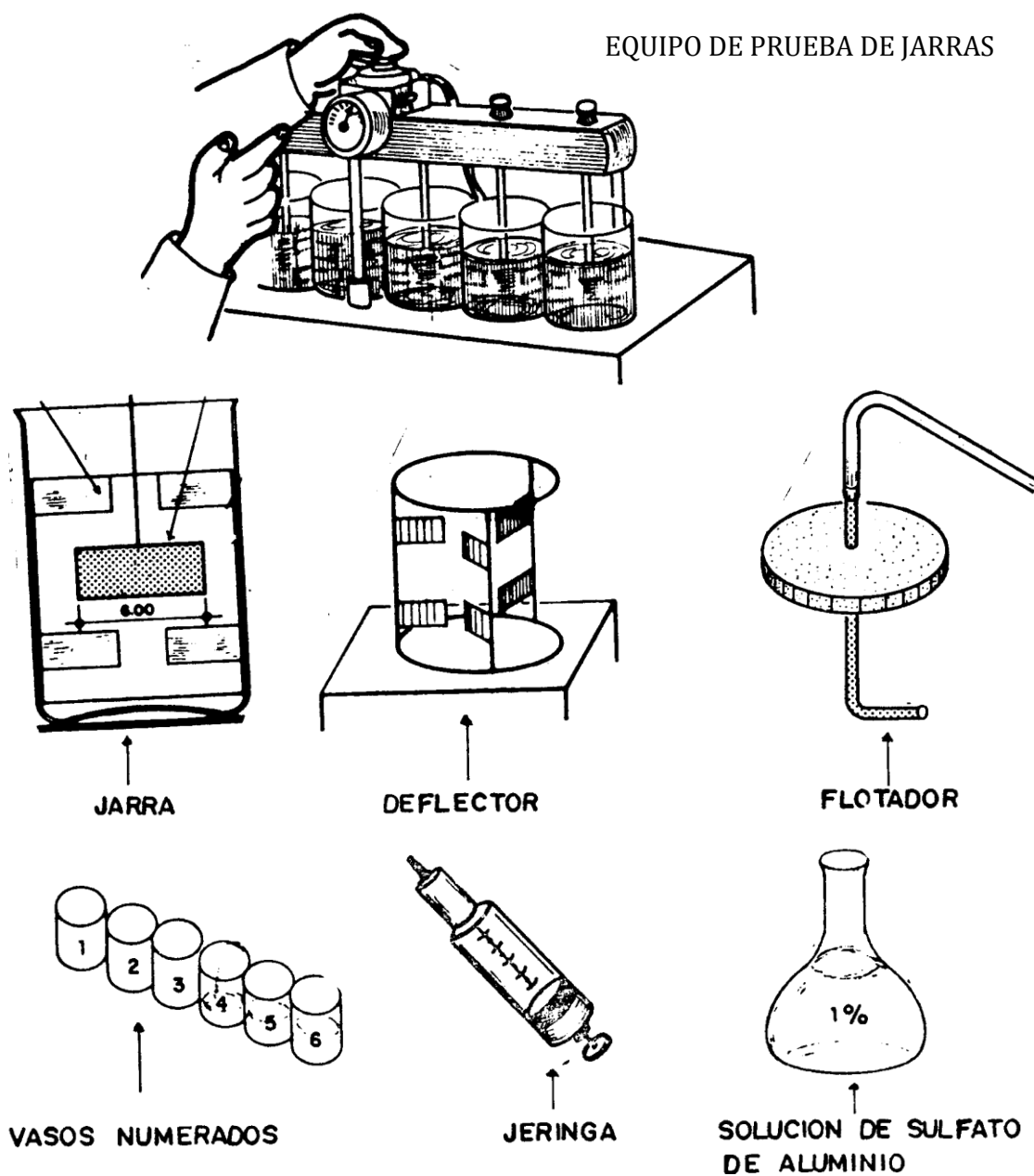
PRUEBA DE JARRAS PARA LA DETERMINACIÓN DE DOSIS ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO

Objetivo: el objetivo de este ensayo es poder determinar la dosis de coagulante que produce la más rápida desestabilización de las partículas coloidales, o sea, aquella dosis que produce la menor turbiedad residual para una determinada calidad de agua cruda.

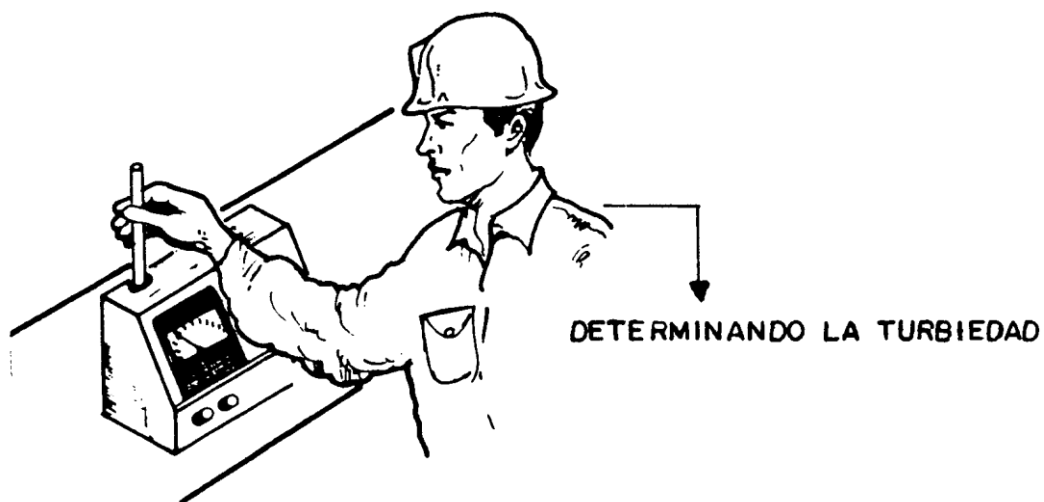
Equipos, materiales y reactivos.

- 1) Equipo de prueba de jarras, con 6 jarras de dos litros, 6 deflectores, 6 tomadores de muestras y 6 jeringas hipodérmicas desechables de 10 cm³ con sus agujas.

EQUIPO DE PRUEBA DE JARRAS



- 1) Preferencia nefelométrico.
- 2) Turbidímetro con la sensibilidad para determinar con precisión menos de 10 UNT, de



3) Colorímetro.

4) Medidor de PH.

La solución de sulfato de aluminio, se prepara a la misma concentración que la que se utilizará en la planta de tratamiento.

Procedimiento:

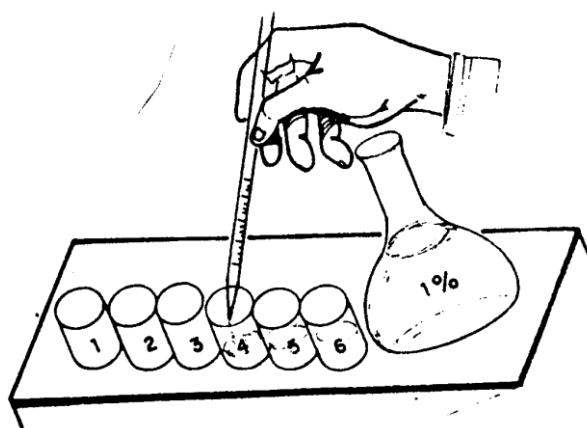
1.- Determine el color, la turbiedad, el PH y la alcalinidad del agua cruda.

2.- Llenar las jarras con agua cruda hasta completar 2 litros.

3.- Por medio de una pipeta, coloque las cantidades de coagulantes que se van a agregar, en seis vasos pequeños. Succione el contenido de cada vaso con una jeringuilla provista de su aguja. Retire dicha aguja de la jeringuilla, y esta última, con su dosis completa, se coloca junto a la jarra correspondiente.

**CANTIDAD EN MLS. QUE HAY QUE AGREGAR A UNA JARRA DE 2000 MLS
PARA OBTENER DISTINTAS DOSIFICACIONES, SEGÚN SEA LA
CONCENTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE COAGULANTE**

DOSIS POR APLICAR MG/LT	CONCENTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE COAGULANTE				
	10 %	5 %	1 %	0.5 %	0.1 %
10	0.2	0.4	2	4	20
15	0.3	0.6	3	6	30
20	0.4	0.8	4	8	40
25	0.5	1.0	5	10	50
30	0.6	1.2	6	12	60
35	0.7	1.4	7	14	70
40	0.8	1.6	8	16	80
45	0.9	1.8	9	18	90
50	1.0	2.0	10	20	100

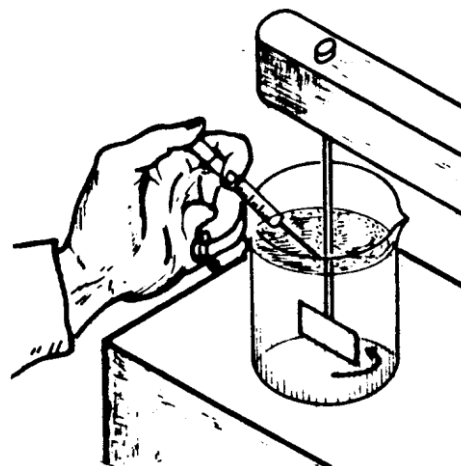


**SEPARANDO LAS DIFERENTES
CANTIDADES DE SULFATO**



4.- Haga girar las paletas del equipo a 100 rpm e inyecte el contenido de cada jeringuilla en la jarra que le corresponde, cuidando que la solución penetre profundamente para que la dispersión sea más rápida.

AGREGANDO EL COAGULANTE
A LAS JARRAS

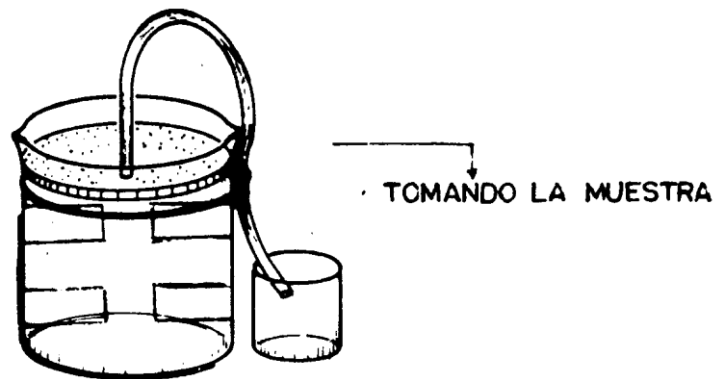


5.- Una vez hecha la mezcla rápida durante 1 minuto, se disminuye la velocidad de rotación de las paletas a 30-60 rpm (promedio 40 rpm). Esta selección se realiza con la ayuda de un ábaco.

6.- Luego de un período de floculación de 20 minutos, suspenda la agitación, retire las jarras, coloque los sifones para para la toma de muestra y dejar sedimentar por un período de 10 a 15 minutos.



7.- Después de descartar los primeros 10 mls, tome las muestras colectando un volumen de aproximadamente 30 mls.



8.- Proceda a efectuar la medición de turbiedad y/o color para cada muestra. Los resultados se grafican en papel aritmético, seleccionándose como dosis óptima aquella que produce la menor turbiedad residual.

**ANEXO D. EJEMPLO PROCEDIMIENTO PARA OBTENCIÓN RECTA
TURBIEDAD VS. DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTE.**

OBTENCIÓN RECTA TURBIEDAD Vs DOSIS ÓPTIMA

EJEMPLO:

En una planta de tratamiento se realizaron tres ensayos de determinación de Dosis Optima de coagulante para diferentes turbiedades de agua cruda, cuyos resultados se presentan a continuación:

TURBIEDAD AGUA CRUDA U.N.T.	DOSIS OPTIMA (mgr/lit)
14	25
76	47
40	35

Para obtener la ruta turbiedad Vs Dosis Optima se le aplica el Método de los Mínimos cuadrados a esos puntos, donde:

$$\text{Log } T = a + b (D)$$

T = Turbiedad

D = Dosis

NOTA: Para la obtención de esta recta debe hacerse un mínimo de 5 ensayos que abarquen el rango de turbiedad de agua cruda mínimo y máximo, dentro del rango en que se ha determinado la obtención de la recta.

CALCULO DE LA ECUACIÓN DE TURBIDEZ Vs DOSIS ÓPTIMA.

Y = Log T	X = D	Y ²	X ²	X . Y	T(u.n.)
1.1461	25	1.3136	625	28.65	14
1.8808	47	3.5375	2209	88.4	76
1.6021	35	2.5667	1225	56.07	40
ΣY= 4.629	ΣX= 107	ΣY ² = 7.4178	ΣX ² = 4059	ΣXY= 173.12	

$$r = \frac{n(\Sigma XY) - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{\sqrt{[n \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2][n \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}}$$

$$r = \frac{3(173.12) - (107 \cdot 4.629)}{\sqrt{[3 \times 4059 - (11449)][3 \times 7.4178 - 21.428]}} = \frac{24.057}{24.51}$$

$$r = 0.981 \quad r^2 = 0.962$$

$$a = \frac{\Sigma Y \cdot \Sigma X - \Sigma X \cdot \Sigma XY}{n \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}$$

$$a = \frac{4.629 \times 4059 - 107 \times 173.12}{3 \times 4059 - (107)^2} = \frac{265.271}{728} = 0.364$$

$$b = \frac{n \cdot \Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{n \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{3 \times 173.12 - 107 \times 4.629}{3 \times 4059 - (107)^2} = \frac{24.057}{728} = 0.0330$$

Sustituyendo en la ecuación:

$$\text{Log T} = a + b (D)$$

T = Turbiedad

D= Dosis

$$\text{Log } T = 0.364 + 0.033 D$$

$$D = \frac{\text{Log } T - 0.364}{0.033}$$

