



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 16 de enero de 2018

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Liz Anyella Nieto Castaño, con C.C. No. 1.075.255.477

Juan Carlos Obando Calderón, con C.C. No. 1.121.829.734,

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado en la modalidad pasantía titulado *ANÁLISIS Y ENSAYOS DE TRATABILIDAD DE AGUA CRUDA CON DIFERENTES COAGULANTES (BEST XANTH, HIDROXICLORURO DE ALUMINIO Y POLIQUINSA) EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO EL JARDÍN SEDE DE EPN EN EL MUNICIPIO DE NEIVA HUILA*, presentado y aprobado en el año 2017 como requisito para optar al título de Licenciado/a en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer,

Vigilada Mineducación



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Liz Anyella Nieto Castaño

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Juan Carlos Obando Calderón



**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** Análisis y ensayos de tratabilidad de agua cruda con diferentes coagulantes (Best Xanth, Hidroxicloruro de Aluminio y Poliquinsa) en la planta de tratamiento el jardín sede de EPN en el municipio de Neiva Huila.

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Nieto Castaño Obando Calderón	Liz Anyella Juan Carlos

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Amorocho Cruz	Claudia Milena

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Amorocho Cruz	Claudia Milena

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** Licenciado/a en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología

**FACULTAD:** Educación

**PROGRAMA O POSGRADO:** Licenciatura en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología

**CIUDAD:** Neiva Huila

**AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2017

**NÚMERO DE PÁGINAS:**

160

**TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):**

Diagramas___	Láminas___	Retratos___
Fotografías <input checked="" type="checkbox"/>	Litografías___	Sin ilustraciones___
Grabaciones en discos <input checked="" type="checkbox"/>	Mapas <input checked="" type="checkbox"/>	Tablas o Cuadros <input checked="" type="checkbox"/>
Ilustraciones en general <input checked="" type="checkbox"/>	Música impresa___	
Grabados ___	Planos___	

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento:

**MATERIAL ANEXO:**

**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):



## PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

### Español

1. Normatividad
2. Decreto
3. Resolución
4. Agua potable
5. Coagulante
6. Laboratorio
7. Análisis
8. Físicos
9. Químicos
10. Microbiológicos

### Inglés

1. Normativity
2. Decree
3. Resolution
4. Drinking water
5. Coagulant
6. Laboratory
7. Analysis
8. Physicists
9. Chemicals
10. Microbiologicals

## RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El motivo por el cual se realizan análisis físico-químicos y microbiológicos en el tratamiento de agua cruda en las plantas potabilizadoras de Neiva es para llevar a diario un control en la calidad del agua teniendo en cuenta la normatividad colombiana establecida en el Decreto 1575 de 2007 y en la Resolución Número 2115 de 2007 para evitar enfermedades y de esta manera obtener agua apta para el consumo humano.

En la pasantía desarrollada por los autores en Empresas Públicas de Neiva E.S.P (EPN), se dio a conocer los resultados microbiológicos del mes de abril de las muestras tomadas en las tres plantas de tratamiento de agua y en los puntos de la red de distribución; como también, los ensayos de tratabilidad del agua cruda que llega de la bocatoma hasta las tres Plantas de Tratamiento de Agua Potable, con tres diferentes coagulantes como BEST XANTH, HIDROXICLORURO DE ALUMINIO y POLIQUINSA en el área de laboratorio, con el objetivo de determinar el coagulante y la dosis óptima para el tratamiento de agua cruda en la Planta el Jardín de Empresas Públicas de Neiva, para ello, se llevó a cabo en el mes de marzo y abril del año 2016, diecinueve (19) Test de jarras, de las cuales doce (12) presentaron excelentes resultados con el producto Poliquinsa y seis (6) buenas con el Hidroxicloruro de Aluminio (PAC) de Avia. Con respecto al Best Xanth, se emplea para lago de lodos y no para el tratamiento de agua potable.



**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

The reason by which physical-chemical and microbiological analyzes are made in the treatment of raw water in the potabilized plants of Neiva is for to take a daily control in the water quality, taking into account the Colombian normativity established in Decree 1575 of 2007 and in the Resolution Number 2115 of 2007 to prevent diseases and in this way obtain water suitable for human consumption.

In the internship developed by the authors in Empresas Públicas de Neiva E.S.P (EPN), the microbiological results of the month of April of the samples taken in the three water treatment plants and at the points of the distribution network were announced; as well as the treatability tests of the raw water that arrives from the intake to the three Drinking Water Treatment Plants, with three different coagulants such as BEST XANTH, ALUMINUM HYDROXYCHLORIDE and POLYQUINSA in the laboratory area, in order to determine the coagulant and the optimal dose for the treatment of raw water in the Neiva Public Company Garden Plant, for this purpose, it was carried out in March and April of 2016, nineteen (19) Jars Test, of the which twelve (12) presented excellent results with the product Poliquinsa and six (6) good with the Aluminum Hydroxychloride (PAC) of Avia. With respect to the Best Xanth, it is used for mud lagoons and not for the treatment of drinking water.

**APROBACIÓN DE LA TESIS**

Presidente Jurado:

JUAN MANUEL PEREA ESPITIA

Jurado:

LUÍS JAVIER NARVÁEZ ZAMORA

Jurado:

JAME ROJAS PUENTES



**Facultad de Educación.**

**Análisis y Ensayos de Tratabilidad de Agua Cruda con Diferentes  
Coagulantes (Best Xanth, Hidroxicloruro de Aluminio y Poliquinsa) en  
la Planta de Tratamiento El Jardín Sede de EPN en el Municipio de  
Neiva Huila.**

**Presentado como trabajo de grado en la modalidad de pasantía para optar el  
título de Licenciado en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología.**

**Presentado por**

**Liz Ányella Nieto Castaño**

**Juan Carlos Obando Calderón**

**Asesora:**

**Claudia Milena Amorocho Cruz**

**Ingeniera Agrícola y Ph.D. en Biotecnología**

**Neiva, Huila, Colombia**

**Jueves 20 de Julio de 2017**

## Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Neiva, Huila, lunes 09 de octubre de 2017

## **Dedicatoria**

Este proyecto de pasantía va dedicado a Dios, a nuestras familias y a todas aquellas personas y entidades públicas que hicieron parte del mismo.

## **Agradecimientos**

Los más sinceros agradecimientos para:

Universidad Surcolombiana “USCO”, Establecimiento de educación superior de carácter público, por tener excelentes profesionales como docentes quienes brindan los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para una adecuada formación profesional, gracias por dejarla como una de las mejores universidades del país.

Claudia Milena Amorocho Cruz, Ingeniera Agrícola, Ph.D. en Biotecnología y docente de la facultad de ingeniería de la Universidad Surcolombiana, quien por primera vez y sin nunca antes habernos visto, aceptó el apoyo incondicional de orientar, corregir, y aconsejarnos en este proyecto de grado, muchas gracias por su sencillez, amabilidad, comprensión e interés al haber sido nuestra asesora de tesis.

Luís Javier Narvárez Zamora, Licenciado de Biología y Química, Magíster en Educación y docente de la facultad de educación de la Universidad Surcolombiana, por su gran didáctica, carisma, dedicación de tiempo y amplios conocimientos de química, gracias por su forma de ser tan servicial.

Jaime Rojas Puentes, Ingeniero Químico, Especialista en Ingeniería Ambiental y docente de la facultad de ingeniería de la Universidad Surcolombiana, gracias por sus amplios conocimientos e inmensa colaboración de préstamo de libros importantes para la bibliografía de este trabajo.

Empresas Públicas de Neiva E.S.P, Entidad reconocida por el préstamo de servicios, gracias por aceptar el convenio con la Universidad Surcolombiana y recibir estudiantes en sus instalaciones para llevar a cabo las pasantías como una modalidad de grado.

Hach Company, Entidad reconocida a nivel internacional, gracias por la capacitación dada por el ingeniero químico y asesor comercial, Oscar Silva de la

empresa Andia quien hizo posible obtener el certificado en el manejo y cuidado de equipos y procedimientos de laboratorio.

Comercial Fox S.A.S., Compañía de Bogotá especializada en la comercialización y distribución de productos químicos y materias primas a nivel nacional para el sector industrial, gracias por obsequiar una muestra del biopolímero Best Xanth para el trabajo de pasantía.

César Augusto Rojas Medina, Ingeniero Químico, Especialista en Ingeniería Ambiental y en Tratamiento de Aguas Residuales, de la empresa Quinsa, por suministrar y brindar manejo de los insumos químicos para la investigación y dedicar parte de su tiempo para que se llevara a cabo la realización de este proyecto.

Pedro Alexander Ortegón Molano, Ingeniero Químico de la empresa Avia LTDA, gracias por su tiempo, colaboración y suministrar el producto químico Hidroxicloruro de aluminio (PAC), objeto de estudio, para la investigación.

Iván Darío Sánchez, Ingeniero Químico y Magíster en Negocios (MBA) de la empresa Wost Services S.A.S, gracias por su colaboración al obsequiar una muestra del coagulante Hidroxicloruro de aluminio (PAC) para el proyecto de grado.

Miryam Vargas Méndez, Doctora en bacteriología y Especialista en Gerencia de Proyectos, por su colaboración en las diferentes actividades diarias en el laboratorio, optimismo, cariño, confianza y ánimo que irradia a cualquier persona de energía positiva, gracias por su forma de ser, nunca cambie.

Operadores de las Plantas de Tratamiento de Empresas Públicas de Neiva E.S.P, por ser las reliquias de experiencia laboral y que con sus amplios conocimientos colaboraron como orientadores durante el desarrollo del proyecto.

Administrativos de Empresas Públicas de Neiva E.S.P, en especial, el Coordinador de Plantas de Tratamiento de EPN y profesional en administración de empresas, Rubén Darío Perdomo Sandoval; La Subgerente Técnica y Operativa e Ingeniera Olga Lucía Acosta Guzmán; El Asesor de talento humano y

administrador de empresas, William Puentes Ramírez; El Jefe de Laboratorio, Ingeniero Químico, Contador y Abogado Carlos Silva Guarnizo; La microbióloga María Margarita Osso Andrade; La profesional en administración de empresas, Blanca María Losada Silva; La tecnóloga en gestión comercial de servicios, Dayanna Vargas Fonseca; La pasante y tecnóloga en control ambiental María Daniela Herrera Medina; La administradora de empresas, Yadira Cedeño Cedeño; Haidy; Francy, y demás que hicieron posible la culminación de este trabajo de grado.

Gracias a todos ustedes por su gran trabajo de interés en la formación de profesionales idóneos con experiencia laboral y sentido de pertenencia.

## Contenido

Lista de tablas .....	10
Lista de gráficas .....	10
Lista de anexos.....	12
Introducción .....	13
1. Antecedentes .....	15
2. Justificación .....	19
3. Marco de referencia .....	21
3.1. Reseña histórica de la empresa .....	21
3.1.1. Infraestructura de las tres plantas de tratamiento y el reservorio. ....	21
3.2. Marco teórico .....	23
3.2.1. El agua .....	23
3.2.1.1. Características físicas .....	24
3.2.1.1.1. Color .....	24
3.2.1.1.2. Turbiedad o turbidez.....	24
3.2.1.1.3. Olor.....	25
3.2.1.1.4. Sabor.....	25
3.2.1.2. Características químicas .....	26
3.2.1.2.1. Acidez.....	26
3.2.1.2.2. Alcalinidad .....	26
3.2.1.2.3. Dureza.....	26
3.2.1.2.4. Conductividad.....	27
3.2.1.2.5. Temperatura.....	27
3.2.1.2.6. Aluminio.....	28
3.2.1.2.7. Potencial de hidrógeno .....	28
3.2.1.3. Parámetros microbiológicos.....	29
3.2.1.3.1. Coliformes totales.....	29
3.2.1.3.1.1. Coliformes fecales .....	29
3.2.1.3.1.1.1. Escherichia coli.....	30
3.2.1.3.2. Legionella.....	30
3.2.1.3.3. Leptospira .....	30
3.2.1.3.4. Pseudomonas .....	31

3.2.1.3.4.1. Aeruginosa .....	31
3.2.1.3.5. Heterótrofos o mesófilos .....	32
3.2.1.3.6. Clostridium .....	32
3.2.1.3.7. Helicobacter pylori .....	32
3.2.1.3.8. Enterococos .....	33
3.2.1.4. Indicador microbiano .....	33
3.2.1.4.1. Coliformes totales.....	33
3.2.1.4.2. Coliformes fecales .....	33
3.2.1.4.3. Heterótrofos o mesófilos .....	34
3.2.1.4.4. Enterococos .....	34
3.2.1.5. Técnicas microbiológicas.....	35
3.2.1.5.1. Técnica de tubos múltiples de fermentación o técnica del número más probable (NMP) .....	36
3.2.1.5.2. Técnica de filtración por membrana.....	36
3.2.1.5.3. Técnica de sustrato definido o enzima–sustrato.....	36
3.2.1.5.4. Técnica de presencia–ausencia.....	37
3.2.2. Tratamiento para la potabilización del agua.....	37
3.2.2.1. Coagulación.....	38
3.2.2.1.1. Coagulantes .....	39
3.2.2.1.2. Métodos de coagulación.....	43
3.2.2.1.2.1. Test de jarras .....	44
3.2.2.1.2.2. Electrocoagulación.....	45
3.2.2.2. Floculación.....	45
3.2.2.3. Decantación o sedimentación.....	46
3.2.2.4. Filtración .....	46
3.2.2.5. Desinfección.....	46
3.2.3. Normatividad general .....	47
3.2.3.1. América del Norte .....	47
3.2.3.2. Europa .....	48
3.2.3.3. Asia .....	49
3.2.3.4. Colombia.....	52
3.2.4. Fuente de abastecimiento del sistema de acueducto de Neiva. ....	55

3.2.4.1.	Localización .....	56
3.2.4.2.	Geología .....	56
3.2.4.3.	Climatología de la cuenca .....	56
4.	Objetivos .....	57
4.1.	Objetivo general .....	57
4.2.	Objetivos específicos .....	57
5.	Metodología .....	58
5.1.	Muestras .....	58
5.2.	Coagulantes empleados .....	59
5.3.	Preparación de la solución patrón .....	60
5.4.	Test de jarras .....	61
5.5.	Análisis físico-químico del agua .....	63
6.	Resultados .....	65
7.	Conclusiones .....	82
8.	Recomendaciones .....	84
	Bibliografía .....	86

## Lista de tablas

Tabla 1. Plantas de tratamiento de agua potable de EPN. ....	21
Tabla 2. Tanques de almacenamiento de agua potable.....	22
Tabla 3. Técnicas de análisis bacteriológicos.....	35
Tabla 4. Coagulantes de la empresa Quinsa, utilizados por Empresas Públicas de Neiva E.S.P.....	41
Tabla 5. Coagulantes de la empresa Comercial Fox, Avia y Quinsa, utilizados para el proyecto de investigación por pasantías en EPN.....	42
Tabla 6. Coagulantes de la empresa Quinsa y Wost.....	43
Tabla 7. Administración del agua en Japón.....	51
Tabla 8. Características físicas y químicas para consumo humano.....	53
Tabla 9. Características microbiológicas.....	54
Tabla 10. Puntos de muestreo de agua potable en Neiva.....	59
Tabla 11. Características de los coagulantes.....	60
Tabla 12. Dosificación de coagulantes.....	62
Tabla 13. Dosis óptima de las 19 pruebas de jarras.....	66
Tabla 14. Resultados de los coagulantes.....	66
Tabla 15. Parámetros y dosificación de BestXanth.....	68
Tabla 16. Parámetros y dosificación del hidroxiclورو de aluminio (PAC) de Avia.....	70
Tabla 17. Parámetros y dosificación del Poliquinsa.....	72
Tabla 18. Parámetros de Colombia y España.....	75
Tabla 19. Resultados microbiológicos en las plantas de tratamiento de EPN.....	77
Tabla 20. Resultados microbiológicos en los puntos de muestreo en Neiva.....	79
Tabla 21. Interpretación de resultados.....	109
Tabla 22. Horario para el análisis del agua.....	118

## Lista de gráficas

Gráfica 1. Esquema del sistema de acueducto de Neiva.....	55
Gráfica 2. Porcentaje de efectividad de los coagulantes.....	67
Gráfica 3. Color Vs dosificación de BestXanth.....	69
Gráfica 4. Turbiedad Vs dosificación de BestXanth.....	69
Gráfica 5. Color Vs dosificación del PAC.....	71
Gráfica 6. Turbiedad Vs dosificación del PAC.....	71
Gráfica 7. Color Vs dosificación del Poliquinsa.....	73
Gráfica 8. Turbiedad Vs dosificación del Poliquinsa.....	73
Gráfica 9. Simulador de pruebas de jarras.....	98
Gráfica 10. Materiales, reactivos y equipos para la técnica enzima–sustrato.....	104

Gráfica 11. Recolecta de muestras de agua cruda en la planta el Jardín. ....	111
Gráfica 12. Recolecta de muestras de agua tratada en tanques de la planta el Jardín. ..	111
Gráfica 13. Test de Jarras para el análisis físico y químico del agua. ....	111
Gráfica 14. Tecnología de sustrato definido para el análisis microbiológico del agua.	111
Gráfica 15. Comentario de un estudiante acerca de la práctica en la toma de muestras en la red de distribución.....	112
Gráfica 16. Comentario de los estudiantes acerca de la práctica de laboratorio en EPN. ....	112
Gráfica 17. Pasantes recolectando muestras de agua tratada en tanques de la planta el Jardín.....	113
Gráfica 18. Pasante recolectando muestras de agua en filtros de la planta el Jardín.....	113
Gráfica 19. Pasante recolectando muestras de agua en tanques de la planta el Recreo.	113
Gráfica 20. Pasantes recolectando muestras de agua en la red distribución.....	113
Gráfica 21. Pasante realizando análisis físicos y químicos del agua. ....	113
Gráfica 22. Pasante realizando análisis microbiológicos del agua. ....	114
Gráfica 23. Coagulantes para el test de jarras.....	114
Gráfica 24. Pasante recolectando muestra de agua cruda en la planta el Jardín.....	114
Gráfica 25. Pasantes realizando pruebas de jarras. ....	114
Gráfica 26. Planta de Tratamiento de Agua Potable el Recreo de EPN. ....	115
Gráfica 27. Laboratorio de Aguas de la Planta el Jardín de EPN.....	115
Gráfica 28. Planta de Tratamiento de Agua Potable Kennedy de EPN.....	115
Gráfica 29. Nevera. Serie 08–1232.....	116
Gráfica 30. pH-metro HQ 411d pH/mV de HACH y Medidor multiparámetro HQ440d multi de HACH.....	116
Gráfica 31. Espectrofotómetro UV-VIS DR 6000 de HACH. ....	116
Gráfica 32. Turbidímetro de HACH. Serie 2100AN.....	116
Gráfica 33. Centrífuga. Model N° 420101. Serial N° 3170078. 60 Hz.....	116
Gráfica 34. Balanza analítica. Series 320XB. TYP 120A. 320-9203B-003.....	116
Gráfica 35. Pipeteador de Thermo Scientific. Serial N° 96060, power input: 6V; 0,5A. ....	116
Gráfica 36. Micropipeteador de 100 – 1000 µl de Brand.....	116
Gráfica 37. Agitadores magnéticos.....	116
Gráfica 38. Autoclave. M11 UltraClave. Automatic Sterilizer. ....	117
Gráfica 39. Cabina de flujo laminar. Flow 180 H. Flujo horizontal clase 100.....	117
Gráfica 40. IDEXX Quanti-Tray* Sealer (Selladora). Model 2X. Model # 89–10894–04. Serial # 12–355–07770. Power 115V. 6A. 60Hz. ....	117
Gráfica 41. Incubadora de Thermo Scientific. Type Heratherm IMC 18. Serial N° IMC 40470363. 17–40°C. 50/60 Hz. 1N/PE 100–240V 0.85A.....	117

Gráfica 42. Lámpara de Luz U.V. de Aqualab. Model EA-160. 365 nm. 115 Volts. 60 Hz. 0.20 Amps. Serial N° 1847063. ....	117
Gráfica 43. Soporte para lámpara U.V. Serial N° 1868640.....	117
Gráfica 44. Simulador test de jarras.Modelo JTP-6P. Serial 0711001. Voltaje 110 V (AC). ....	117

## **Lista de anexos**

Anexo A. Convenio interadministrativo de cooperación académica para la realización de prácticas suscrito entre Empresas Públicas de Neiva E.S.P y la Universidad Surcolombiana “USCO”. ....	92
Anexo B. Práctica de laboratorio N° 1. Prueba o test de jarras .....	98
Anexo C. Práctica de laboratorio N° 2. Tecnología de sustrato definido .....	104
Anexo D. Imágenes de la práctica de laboratorio con los estudiantes de la USCO .....	111
Anexo E. Imágenes de evidencias realizando actividades encomendadas y orientadas por el jefe del Laboratorio de Aguas de Empresas Públicas de Neiva.....	113
Anexo F. Imágenes de las instalaciones de EPN y de los equipos con su respectiva referencia que tiene el Laboratorio de Aguas en la Planta el Jardín.....	115
Anexo G. Guías de laboratorio de Idexx y Hach Company implementadas en el Laboratorio de Aguas de EPN .....	118
Anexo H. Formatos de los resultados de las pruebas o test de jarras .....	120
Anexo I. Cotización de los coagulantes.....	140
Anexo J. Fichas técnicas de algunos coagulantes.....	142
Anexo K. Certificado expedido por Hach Company .....	156
Anexo L. Certificado expedido por el asesor de la oficina de talento humano de Empresas Públicas de Neiva E.S.P .....	157

## Introducción

El motivo por el cual se realizan análisis físico-químicos y microbiológicos en el tratamiento de agua cruda en las plantas potabilizadoras de Neiva es para llevar a diario un control en la calidad del agua teniendo en cuenta la normatividad colombiana establecida en el Decreto 1575 de 2007 y en la Resolución Número 2115 de 2007 para evitar enfermedades y de esta manera obtener agua apta para el consumo humano.

En la actualidad, el laboratorio de aguas de las plantas de tratamiento de EPN cuenta con equipos especializados para el análisis de agua, entre ellos está el simulador para efectuar pruebas de coagulación y así mejorar las características del agua que se proporciona a la población de Neiva; además de los equipos, se implementa nuevos métodos analíticos del área de física, química y microbiología los cuales se están validando para la acreditación del sistema de gestión de calidad del laboratorio bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025.

En la pasantía desarrollada por los autores en Empresas Públicas de Neiva E.S.P (EPN), se dió a conocer como evidencia de apoyo en la diversas actividades y para no extender el trabajo por la cantidad de datos, los resultados microbiológicos únicamente del mes de abril de las muestras tomadas en las tres plantas de tratamiento de agua y en los puntos de la red de distribución; también se dió a conocer los diferentes ensayos de tratabilidad del agua cruda que llega de la bocatoma hasta las tres Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), denominadas Kennedy, Jardín y Recreo con tres diferentes coagulantes como el BEST XANTH de la empresa Comercial Fox de Bogotá, el HIDROXICLORURO DE ALUMINIO (PAC) de la empresa Avia y el POLIQUINSA de Quinsa del Municipio de Aipe (Huila) en el área de laboratorio, con el objetivo de determinar el coagulante y la dosis óptima para el tratamiento de agua cruda en la Planta el Jardín de Empresas Públicas de Neiva, para ello, se llevó a cabo en el mes de marzo y abril del año 2016, diecinueve (19) Test o pruebas de jarras, de las cuales, dieciseis (16) se trabajaron con los tres coagulantes anteriormente mencionados;

con el objetivo de hacerle un aporte de la pasantía a la empresa por parte de la Universidad Surcolombiana y debido a que EPN actualmente está interesada en seleccionar un coagulante apto para la calidad del agua y económico para adquirirlo, se realizaron dos (2) pruebas con los tres coagulantes de estudio (Best Xanth, PAC y Poliquinsa) junto con otros tres diferentes siendo el PAC de Wost, PAC, Poliquinsa II y Mackenfloc II de Quinsa, y finalmente una (1) prueba con los coagulantes de la empresa Quinsa (Poliquinsa), Avia (PAC) y Wost (PAC – 1093 – 1083 – 1500), presentando en su totalidad de las 19 pruebas, excelentes resultados doce (12) test con el producto Poliquinsa y seis (6) pruebas buenas con el coagulante Hidroxicloruro de Aluminio (PAC) de Avia.

Con respecto al insumo químico Best Xanth de la empresa Comercial Fox de Bogotá, es un biopolímero que se emplea para lago de lodos, la teoría plantea que este producto es efectivo a menor dosis, no obstante en las pruebas de jarras para el tratamiento de agua potable, a pesar de formar un mejor floc (más grueso) que los otros coagulantes, no presentó buenos resultados para bajar el color y la turbiedad, sin embargo esto puede ser un antecedente para la empresa cuando lleguen a implementar un lago de lodos y así evitar la contaminación masiva del río Magdalena.

De lo anteriormente mencionado, más adelante se da a conocer de manera comparativa, las fichas técnicas de algunos coagulantes y al final del trabajo, se anexa los formatos de los resultados de las pruebas de jarras que se realizaron en el laboratorio de aguas de Empresas Públicas de Neiva.

## 1. Antecedentes

Con respecto a los estudios sobre temas relacionados con el agua potable, como la normatividad, los procesos de tratamiento para potabilizar el agua, coagulantes, las características físicas, químicas y microbiológicas del agua, hay diversos proyectos de investigación a nivel nacional e internacional, no obstante y de manera regional, en especial al tratar sobre el consumo de agua potable en el municipio de Neiva Huila, hasta el momento se ha encontrado algunas investigaciones, entre ellas, dos proyectos de grado llevados a cabo por estudiantes de la Universidad Surcolombiana de la facultad de educación del programa de pregrado de Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental.

Una de las tesis es titulada: *La Electrocoagulación, un Estudio de Caso para el Tratamiento del Agua de La Bocatoma Antigua del Río Las Ceibas de Neiva*, realizada en el año 2012 por Javier Hernando Quesada Duque y Jonathan Ricardo Mayorca Zambrano, quienes esbozaron las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- La variabilidad en las condiciones de operación del agua del río Las Ceibas con el proceso de electrocoagulación influyó en la mejora de remoción de los diferentes parámetros como Color, Turbiedad, Sólidos Totales y Sólidos Disueltos Totales medidos durante toda la investigación.
- Con el proceso de electrocoagulación del agua del río Las Ceibas, se obtuvieron buenos porcentajes de variación teniendo en cuenta las mejores condiciones de operación, con un 96,7% para Color, 97,8% para Turbiedad, 82.6% para Sólidos Totales, 37% para Sólidos Disueltos Totales y 34,2% para la conductividad. La remoción de Color y Turbiedad indica una buena calidad de agua.

- Los flóculos formados y la cantidad de microburbujas de  $H_2$  que se generaron durante el proceso, tienen relación directa con el voltaje e intensidad de la corriente, área de contacto de las láminas y el número de láminas metálicas.
- Se determinaron las mejores condiciones de operación para la electrocoagulación, siendo éstos de 8 voltios (8.30 a 8.60 V), 20 minutos de operación empleando 6 electrodos de aluminio y 5 de hierro, para el sistema Batch.
- El consumo energético del tratamiento de electrocoagulación fue significativo en este proyecto porque el voltaje y la corriente que se aplicó fueron bajos, por ende el gasto de energía depende del voltaje aplicado, el tiempo de operación y la corriente desarrollada durante el proceso.
- La cantidad de espuma formada se incrementó cuando aumentó el voltaje respectivamente debido a la remoción obtenida en sistema Batch.
- Según la evaluación de costos y gastos de energía, implementar la electrocoagulación es muy económica, teniendo en cuenta el tipo de material a emplear y volumen de agua a tratar.
- Los parámetros analizados en esta investigación cumplen con los requisitos fisicoquímicos establecidos en el decreto 475 de 1988 y 1575 del 2007, debido a que se encuentran en el rango requerido.
- Se recomienda reemplazar los electrodos de aluminio y hierro para futuros ensayos empleados en este trabajo debido a su notable deterioro.
- Hacer un trabajo combinado con electrodos de zinc y cobre, u otro metal para observar los parámetros medidos en la investigación.
- Realizar un estudio para conocer la composición de la espuma formada en el proceso de electrocoagulación, debido a que es utilizada en las industrias como abono por el alto contenido de proteína que posee.
- Se sugiere la construcción de un reactor electrolítico que tenga capacidad para más de 15 litros de agua en flujo continuo, con disposición adecuada en la toma de muestras, lavado y desplazamiento de la espuma formada.

- Respecto al manejo de lodos, se podría estudiar la disposición final de éstos, su impacto ambiental y analizar las posibles formas de reutilizarlos.
- Se recomienda realizar análisis de materia orgánica, oxígeno disuelto y compararlo con un análisis microbiológico (coliformes totales y fecales) en el agua, antes y después del proceso de electrocoagulación.
- Hacer un estudio y análisis de la presencia de metales pesados antes y después del proceso electrolítico, para corroborar que el agua sea apta para el consumo humano.

Otro proyecto lleva por título: ***Estudios de Floculación para el Reemplazo del Sulfato de Aluminio Granulado Tipo B como Coagulante en la Potabilización de Aguas de la Planta de Tratamiento El Jardín de la Ciudad de Neiva***, realizada en el año 2013 por Juan Manuel Quiza Gáfaró y Fabián Humberto Rojas Díaz; en esta tesis se aprecian las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Los productos con sulfato de aluminio (SAGB Y SALB) en aguas con turbiedad baja aportan un nivel significativo de aluminio residual, ya que la poca cantidad de material particulado presente no permite una buena formación de floc para generar un arrastre por sedimentación simple y efectivo, afectando la calidad de la muestra de agua.
- El tratamiento de aguas con altos índices de turbiedad no podrán ser efectuados con químicos a base de sulfatos de aluminio puros (sin coagulantes o alcalinizantes), ya que incrementan drásticamente los niveles de aluminio residual y disminuye notoriamente el pH del agua, infringiendo lo estipulado en la resolución 2115 para aguas potables. Los coagulantes inteligentes o de tecnologías blends (PAC, Mackenfloc I, Mackenfloc II, Mackenfloc III, Mackenfloc IV y Quinsafloc), reducen y equilibran los parámetros fisicoquímicos del agua aún en condiciones de extrema turbiedad, lo que proporciona un producto final de buena calidad.

- Los coagulantes de la línea Mackenfloc y el PAC, a excepción del Mackenfloc I, confieren al proceso de potabilización un campo de acción significativo, lo que les permite tratar aguas aún en condiciones de alta turbiedad generar un producto final de buena calidad.
- El coagulante por excelencia para reemplazo del producto químico SAGB, es el Mackenfloc II, ya que demostró durante el proceso de tratamiento y análisis de las 5 muestras de agua, que reduce los índices de turbiedad, color, aluminio residual y a altas turbiedades mantiene equilibrado el pH sin utilizar alcalinizantes o coagulantes de apoyo y los mantiene dentro del margen permitido en la resolución 2115 de 2007.
- Para agua cruda de alta turbiedad, es descartable el uso de SALB, ya que no es recomendable emplear dosis mayores a 250 mg/L para el caso de los sulfatos de aluminio por el incremento de los índices de aluminio residual y disminución del pH en el agua.
- Para aguas de alta turbiedad, ha de emplear SAGB con algún tipo de alcalinizante para no permitir que el pH descienda cuantiosamente o usar un coagulante de apoyo para disminuir la concentración de sulfato.
- El trabajo de análisis con cada una de las muestras de agua no podrá exceder las 72 horas luego de la colecta, ya que los parámetros físicos y químicos naturales iniciales pueden verse afectadas por agentes externos al sistema.
- En cuanto a efectividad y costo, se debe sustituir el sulfato granulado tipo B por el Mackenfloc II, cuando la planta esté tratando agua con mediana y alta turbiedad y para baja turbiedad es pertinente utilizar el coagulante Mackenfloc IV.
- Para condiciones de agua cruda con turbiedades mayores a 5000 NTU, se propone efectuar un estudio de pre tratamiento con polímeros orgánicos desde la bocatoma.

## **2. Justificación**

La pasantía está centrada en estimar la calidad sanitaria a través de análisis físico-químicos y microbiológicos del agua cruda del Río Las Ceibas, captada como suministro de las tres plantas de tratamiento de Empresas Públicas de Neiva E.S.P, dentro del análisis físico-químico, se realizaron Test de Jarras con el objetivo de determinar el producto efectivo y la dosis óptima mediante el uso de tres coagulantes, con respecto al análisis microbiológico se empleó la técnica de sustrato definido y la de presencia – ausencia con el objetivo de contrastar los procedimientos de EPN respecto a la normatividad colombiana, todo lo anterior dando cumplimiento al Decreto 1575 del 09 de mayo de 2007 por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano y la Resolución Número 2115 del 22 de Junio de 2007 por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia en la calidad del agua para el consumo humano en Colombia.

La práctica en el campo de la tratabilidad del agua, ha permitido aplicar los conocimientos previos acerca de dicho recurso, servir de apoyo en la toma de muestras en las Plantas de Tratamiento y Red de Distribución, como también en la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos en el laboratorio, de acuerdo con la normatividad legal vigente y contribuir en la validación de los métodos analíticos del área de microbiología, física y química, necesarios para la acreditación del sistema de gestión de calidad del laboratorio, bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025, de tal forma que los resultados obtenidos a diario de los análisis en el laboratorio son presentados en un informe a las autoridades pertinentes como la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios de manera mensual.

Debido a que Empresas Públicas de Neiva está interesada en seleccionar un coagulante apto para la calidad del agua y económico, se llevaron a cabo algunas pruebas con diferentes coagulantes de tres empresas (Tabla 5 y 6).

- Hidroxicloruro de aluminio (PAC) de Avia LTDA.
- Hidroxicloruro de aluminio (PAC) de Wost S.A.S.
- Poliquinsa de Quinsa.
- Poliquinsa II de Quinsa.

Éstos estudios basados en la experiencia conceptual, procedimental y laboral de los autores y la posterior elaboración del documento, les permite fortalecer el componente de docencia, investigación y proyección social mediante la adquisición de destrezas y habilidades para identificar, observar, analizar y crear posibles soluciones o alternativas de prevención de enfermedades al comprender las causas y consecuencias que lleva consigo el consumo de agua en la salud de los habitantes del municipio de Neiva Huila.

### 3. Marco de referencia

#### 3.1. Reseña histórica de la empresa

Con respecto al siguiente link disponible en línea <http://www.lasceibas.gov.co/las-ceibas/marco-legal>, Empresas Públicas de Neiva E.S.P (EPN) ha sido siempre una dependencia de la Alcaldía de Neiva, su desarrollo se ha establecido mediante acuerdos, leyes, decretos y resoluciones desde 1944 hasta la actual fecha. Luego de varios años, a través del marco legal se le da vida jurídica y se crea Empresas Públicas de Neiva EPN como un establecimiento público autónomo siendo una empresa industrial y comercial del municipio de Neiva cuya función será la organización y administración en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, alumbrado, plaza de mercado, matadero, aseo y sus actividades complementarias, conexas o relacionadas.

##### 3.1.1. Infraestructura de las tres plantas de tratamiento y el reservorio.

El sistema de acueducto de la ciudad de Neiva cuenta con un reservorio y tres plantas de tratamiento de agua potable (PTAP), cuyas capacidades nominales se indican en la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Plantas de tratamiento de agua potable de EPN.

PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE								
PTAP	Nombre	Capacidad (lps*)		Componentes				
		Diseño	Operación	Mezcla	Floculadores	Sedimentadores	Filtros	Desinfección
1	Kennedy	225	100	C. Parsha	2	2	4	Cl Gaseoso
2	El Jardín	1500	900	C. West	4	3	5	Cl Gaseoso
3	Recreo	476	450	C. West	4	4	7	Cl Gaseoso
<b>TOTAL</b>		<b>2201</b>	<b>1450</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	

\* lps: Litros por segundo.

La capacidad instalada es del orden de los 2.2 m<sup>3</sup>/seg y su caudal medio de operación es estimado en 1.45 m<sup>3</sup>/seg. El caudal de agua cruda es medido a través de sistema de vertedero y con indicación de caudales a través de reglillas calibradas y su nivel se verifica en forma visual.

### Tanques de almacenamiento

El sistema de acueducto cuenta con 10 tanques de almacenamiento con un volumen total de 59.800 m<sup>3</sup>. Así el sistema cuenta con un volumen de compensación del orden del 55% del caudal medio diario suministrado (año 2011) (Tabla 2).

Tabla 2. Tanques de almacenamiento de agua potable.

Tanques de Almacenamiento				
Tanque	Cantidad	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Localización	%
T1	1	5,000	PTAP El Jardín	50.2%
T2	1	5,000		
T3	1	5,000		
T4	1	15,000		
<b>Subtotal</b>	<b>4</b>	<b>30,000</b>		
T1	1	5,000	PTAP El Recreo	33.4%
T2	1	15,000		
<b>Subtotal</b>	<b>2</b>	<b>20,000</b>		
T1	1	1,900	PTAP Kennedy	6.4%
T2	1	1,900		
<b>Subtotal</b>	<b>2</b>	<b>3,800</b>		
T1	1	3,000	Las Palmas	10.0%
T2	1	3,000		
<b>Subtotal</b>	<b>2</b>	<b>6,000</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>59,800</b>		<b>100%</b>

Las tablas 1 y 2 provienen de (E.S.P., 2016)

Con respecto al siguiente link disponible en línea

<http://www.lasceibas.gov.co/las-ceibas/reservorio> El reservorio se empezó a contruir el 19 de mayo del año 2008 en el kilómetro 8 sobre la vía a Vegalarga bajo el gobierno de la doctora Cielo González Villa como alcaldesa de Neiva debido a las problemática de los habitantes por la falta de agua en determinados

tiempos de invierno y verano por crecientes del río Las Ceibas, deslizamientos o sequía constante; el río Las Ceibas es la fuente hídrica que alimenta el reservorio el cual que almacena 250.000 m<sup>3</sup> de agua que al pasar por la planta el Recreo llega en las mejores condiciones de potabilidad a los ciudadanos ya que consumen un promedio de 80.000 m<sup>3</sup> a diario, la vida útil del reservorio depende del sentido de pertenencia en la aplicación del manual de operación.

## **3.2. Marco teórico**

### **3.2.1. El agua**

El planeta Tierra es considerado planeta Azul por presentar una gran abundancia de agua en la superficie terrestre, constituye más del 70% del peso de cualquier ser vivo, se puede encontrar en estado líquido, sólido y gaseoso, pero no pura ya que contiene minerales, sustancias orgánicas e inorgánicas disueltas o en suspensión, la molécula de agua está compuesta por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno (H<sub>2</sub>O) unidos por un enlace covalente, lo que explica las diversas propiedades características que presenta, entre ellas estar considerada como disolvente universal, incolora, sin sabor y olor, su punto de ebullición es de 100°C sobre el nivel del mar donde *“se necesitan 540 calorías para convertir un gramo de agua líquida en vapor”*. (Morales & Sánchez, 2003), *“su densidad a 4 °C es 1 kg/L y al contrario de lo que ocurre con las demás sustancias, cuando se solidifica disminuye su densidad (por lo que el hielo flota en el agua)”*. (Ortíz Aguirre, 1996).

El agua está en constante movimiento en la hidrósfera debido a la energía solar puesto que al evaporarse de los océanos, gana energía potencial y al condensarse en gotas, caen por acción de la gravedad a la vez que transforma su energía potencial en energía cinética, dicha circulación de agua se denomina ciclo hidrológico cuyas fases de acuerdo con (Carenas, F., Giner, R., González, Y., & Pozo, R., 2014), son la evaporación, evapotranspiración, condensación, precipitación, escorrentía e infiltración; Por tanto el ciclo hidrológico, permite que

el agua tenga una clasificación de acuerdo a la energía, ubicación en la Tierra y a la cantidad de sustancias que estén presentes en ellas, algunos ejemplos son la alcalina, atmosférica, destilada, dura, dulce, freática, léntica, lítica, pesada, regia, salada, entre otras.

### **3.2.1.1. Características físicas**

Son aquellas que se perciben a través de los sentidos y son consideradas propiedades organolépticas.

#### **3.2.1.1.1. Color**

Con respecto a la calidad del agua apta para el consumo humano, la presencia de materia orgánica, inorgánica, ácidos húmicos, fúlvicos, partículas en suspensión o coloidales de tamaño como arcillas, algas, hierro, óxidos de manganeso, ligninas, taninos, colorantes y demás generan un color particular en aguas superficiales y subterráneas que debe ser retirado por motivos de salud. Las unidades se dan en Platino Cobalto (Pt-Co), *“el término "color aparente" es aportado por material coloidal o en suspensión y se determina en la muestra original sin filtración”*. (APHA (American Public Health Association), 2012). El "color real" hace referencia al agua de la cual se ha eliminado la turbidez por las partículas coloidales y en suspensión más grandes que dispersan la luz e interfiere con la determinación de las mediciones del color real.

#### **3.2.1.1.2. Turbiedad o turbidez**

Está relacionada con el grado de transparencia y limpieza del agua que, a su vez, depende de la cantidad de materia orgánica e inorgánica, plancton, organismos microscópicos y sólidos en suspensión, que pueden ser resultados de una posible actividad biológica o presencia de componentes no deseables como la arena, arcilla, limo, sedimentos o el hierro. *“La materia en suspensión es de tamaño coloidal entre 0,1  $\mu\text{m}$  (micrón) y 1,0 nm (nanómetro). Las materias decantables son de tamaño superior a 0.1  $\mu\text{m}$ ”*. (Soriano, R. & Pancorbo, F.,

2012.). *“Es una expresión de la propiedad óptica que hace que la luz se dispersa y absorbe más que transmite sin cambios en la dirección o el nivel de flujo a través de la muestra”*. (APHA (American Public Health Association), 2012). La medición se da en Unidad Nefelométrica de Turbidez (UNT), o en inglés Nephelometric Turbidity Unit (NTU).

#### **3.2.1.1.3. Olor**

Parámetro de calidad que afecta a la aceptabilidad del agua potable. La mayor parte orgánica y algunos productos químicos inorgánicos contribuyen sabor u olor por la actividad microbiana asociada. Como el gusto, el olor depende del contacto de una sustancia estimulante con la célula receptora apropiada de la nariz humana que es el dispositivo de olor de pruebas de práctica para proporcionar descripciones cualitativas y cuantitativas de la intensidad del olor. Los estímulos son de naturaleza química y el término "sentidos químicos" a menudo se aplica a olor y sabor. El agua es un medio neutro, siempre presente sobre o en los receptores que perciben respuesta sensorial. En su forma pura, el agua es libre de olores. *“Los ensayos sensoriales pueden evaluar la eficacia de los diferentes tratamientos y proporcionar un medio de rastreo de la fuente de contaminación”*. (APHA (American Public Health Association), 2012), según (DEKRA, 2016) mediante olfatometría dinámica, se obtiene unidades de olor por metro cúbico de aire (uo/m<sup>3</sup>).

#### **3.2.1.1.4. Sabor**

Las sensaciones gustativas como amargo, salado, agrio y dulce hace referencia al gusto que resulta de la estimulación química de las terminaciones nerviosas sensoriales localizadas en las papilas de la lengua y el paladar blando. En la calidad del agua potable, el sabor al igual que el olor se debe a los químicos generados por algunas algas y bacterias, por ende el sabor y olor ya sea a tierra, hierba, moho, aceite, pescado, cloro, medicina, gas, pintura y metálico son causados por geosmina, algas verdes, isopropilmetoxipirazina (IPMP), éter

metilterbutílico (MTBE), 2,4-heptadienal, clorofenoles, yodoformo, hidrocarburos, compuestos orgánicos volátiles (COV), hierro, cobre, zinc, manganeso, etc.

### **3.2.1.2. Características químicas**

#### **3.2.1.2.1. Acidez**

Capacidad cuantitativa del agua para reaccionar con una base fuerte a un designado valor de pH, que puede variar significativamente con el pH del punto final usado en la determinación. Con el valor obtenido del pH se puede cuantificar sustancias ácidas contenidas en el agua con el objetivo de neutralizarla para una aplicación determinada. *“Medida de una propiedad de agregado de agua que puede ser interpretado en términos de sustancias específicas sólo cuando se conoce la composición química de la muestra”*. (APHA (American Public Health Association), 2012)

#### **3.2.1.2.2. Alcalinidad**

En relación con los iones del agua pura, la alcalinidad y acidez hace referencia a la cantidad de iones de hidrógeno en una disolución acuosa. Es un indicador debido a la concentración de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos presentes en la muestra, no obstante puede contener boratos, fosfatos, silicatos, u otras bases. Por lo general, en aguas residuales debido a las descargas de químicos, la alcalinidad es ligeramente mayor a las naturales. *“Capacidad del agua para neutralizar el ácido. Es la suma de todas las bases valorables. El valor medido puede variar con el pH de punto final utilizado”*. (APHA (American Public Health Association), 2012)

#### **3.2.1.2.3. Dureza**

Es la concentración de compuestos minerales, generalmente sales de magnesio y calcio en el agua, en mayor cantidad de denomina agua “dura” y en menor concentración, agua “blanda”, *“La dureza total se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambos expresados como carbonato de*

*calcio en miligramos por litro (CaCO<sub>3</sub> en mg /L)”. (APHA (American Public Health Association), 2012). La dureza de carbonatos es la cantidad de dureza equivalente a la alcalinidad total, es decir, que la dureza numéricamente es mayor que la suma de la alcalinidad de carbonato y bicarbonato; la dureza no carbonatada es la cantidad de dureza en exceso; la dureza de carbonatos es la cantidad igual o menor que la suma de la alcalinidad de carbonato y bicarbonato y la dureza no carbonatada está ausente.*

#### **3.2.1.2.4. Conductividad**

Medida de la capacidad que tiene el agua o una solución acuosa para conducir la corriente eléctrica según la concentración en sales disueltas, es decir que depende de la presencia de iones; sobre el total de su concentración, la movilidad, la valencia; y de la medición de temperatura, en sí la conductividad se expresa en unidades de microsiemens por centímetro (uS/cm) y se emplea para determinar el contenido de sales disueltas en ella, con respecto al (APHA (American Public Health Association), 2012), las soluciones de la mayoría de compuestos inorgánicos son relativamente buenos conductores a diferencia de compuestos orgánicos que son malos conductores, se denota con la variable k y *“Los valores están expresados en microsiemens por centímetro (μS/cm). La resistividad es la inversa de la conductividad y se expresa en ohms por centímetro (Ω.cm)”*. (Soriano, R. & Pancorbo, F., 2012.).

#### **3.2.1.2.5. Temperatura**

Magnitud física que mide la cantidad de energía en forma de calor en un cuerpo u objeto, debido a que la materia en cualquier estado de agregación ya sea sólida, líquida o gaseosa, está compuesta por átomos o moléculas en movimiento constante, poseen una energía cinética que se puede sentir como calor, por tanto las moléculas se mueven rápido aumentando dicha energía cuando se calientan y al colocar cerca un objeto frío, ocurre una transferencia de energía térmica que finaliza cuando las moléculas de ambos objetos tienen la misma energía cinética

promedio e igual temperatura. Por ende, la temperatura es una medida de la energía cinética promedio del movimiento traslacional de las moléculas, mas no es una medida de la energía cinética total de las moléculas de un objeto, es decir que *“la temperatura es una propiedad que indica el estado de agitación molecular o energético de un sistema”*. (Peralta, G., González, S., & Avendaño, R., 2002). Se mide con un termómetro el cual contiene mercurio o alcohol que bajan o suben en una escala graduada cuando la temperatura disminuye o aumenta, las escalas más utilizadas son Celsius (°C), Fahrenheit (°F) y Kelvin (°K).

#### **3.2.1.2.6. Aluminio**

Elemento químico de simbolo Al, ubicado en el grupo IIIA de la tabla periódica, de número atómico 13, peso atómico 26,98 y valencia 3. Se produce en la corteza terrestre en combinación con el silicio y oxígeno para formar feldspatos, micas, y minerales de arcilla, la bauxita y corindón son los minerales más importantes que se emplea como abrasivo, el aluminio y sus aleaciones se utilizan para intercambiadores de calor, piezas de aviones, materiales de construcción, contenedores, etc. sulfato de aluminio y potasio (alumbre) se emplean en procesos de tratamiento de agua para flocular partículas en suspensión, pero pueden dejar un residuo de aluminio en el agua tratada. *“Las regulaciones de agua potable EE.UU. EPA listan de un nivel óptimo máximo de contaminación secundaria (SMCL) de 0,05 mg/L y la máxima SMCL de 0,2 mg/L”*. (APHA (American Public Health Association), 2012).

#### **3.2.1.2.7. Potencial de hidrógeno**

Medida de la concentración de iones de hidrógeno  $[H^+]$  en un litro medio acuoso, indicando si es más ácido o básico y por lo general se expresa en miligramos de  $CaCO_3$  por litro; para ello existe una escala de pH que va de cero a catorce donde mide la acidez de la disolución de cero a siete, siendo éste último pH neutro y de siete a catorce hace referencia a un pH alcalino. Con respecto al pH del agua no se conoce el valor exacto, no obstante para hallarlo se emplea algunos

procedimientos, entre ellos el electrométrico, es decir, un dispositivo conocido como peachímetro y la medición colorimétrica del pH mediante el manejo de indicadores, “*un indicador es una sustancia que cambia de color dentro de un pequeño intervalo de pH y que se pueden añadir directamente a la disolución o utilizarlas en forma de tiras de papel llamadas indicadores*”. (Soriano, R. & Pancorbo, F., 2012.). “*Las aguas naturales por lo general tienen valores de pH en el intervalo de 4 a 9, y la mayoría son ligeramente básicas debido a la presencia de bicarbonatos y carbonatos de los metales alcalinos y alcalinotérreos*”. (APHA (American Public Health Association), 2012).

### **3.2.1.3. Parámetros microbiológicos**

Existen grupos microbianos patógenos que prevalecen en los cuerpos de agua y sobre todo afectan la salud del ser humano desarrollando ciertas enfermedades.

#### **3.2.1.3.1. Coliformes totales**

Bacterias de morfología bacilar, gramnegativas, facultativas aerobias y anaerobias, no formadoras de endosporas, no esporulados, oxidasa negativas y fermentan la lactosa a una temperatura de 36°C, con producción de ácido, gas y aldehído de 24 a 48 horas. Con respecto a (García, H., Martínez, C., & Utrilla, A., 2006), el número de especies incluidas en la familia *Enterobacteriaceae* es superior a 100, algunas de ellas son *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter* entre otras que constituye el conjunto mayor y más heterogéneo de bacilos gramnegativos de importancia médica.

##### **3.2.1.3.1.1. Coliformes fecales**

Sub-grupo de coliformes totales, son enterobacterias termorresistentes o termotolerantes puesto que poseen un mecanismo de adaptación a elevadas temperaturas que se encuentran en el tracto entérico de animales de sangre caliente, lo que se basa en una superior estabilidad de las proteínas al calor, éstas

bacterias presentan características iguales que las totales, “*excepto que toleran y crecen a 44.5°C de temperatura y a partir del triptófano, producen indol*”. (Guías para la calidad del agua potable, 1988).

#### **3.2.1.3.1.1. *Escherichia coli***

Pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*, es una bacteria gram negativa de forma bacilar, aeróbica y anaeróbica facultativa, con un tamaño aproximado de 0,5 a 2 micras, hace parte de la flora intestinal normal del ser humano y de algunos animales por tanto es indicadora de todo el grupo de los coliformes de contaminación con materia fecal y de la presencia de patógenos en el agua.

“*Crecen con lactosa y la fermentan a 44.5°C ± 0,2°C produciendo ácido y gas en las primeras 48 horas de incubación*”. (García., et al, 2006).

#### **3.2.1.3.2. *Legionella***

Género de la familia *Legionellaceae*, es un bacilo pequeño, delgado, gram negativo, no formador de esporas, aerobio facultativo, con altos requerimientos nutricionales, se desarrolla en ambientes acuáticos normalmente a 45°C, aunque tolera de 5 a 63°C en pH entre 5.5 y 9.2, por lo general, “*en ambientes naturales vive en simbiosis con otras bacterias, algas verdeazules, amebas y ciliados, lo que hace posible su gran resistencia a la cloración, bajo pH y altas temperaturas*”. (Black, 1996). La especie de mayor importancia en la salud es la *Legionella pneumophila*, que se transmite en aerosoles inhalados y “*se desarrolla en las vías respiratorias en dos formas clínicas, una catarral o fiebre de Pontiac y otra neumónica*”. (Romero Cabello, 2007).

#### **3.2.1.3.3. *Leptospira***

Bacteria delgada en forma de espirilo, móvil y aerobia estricta de 6 a 20 micras de longitud por 0.2 a 0.5 de espesor; puede estar libre en la naturaleza o como parásito en animales y seres humanos. La especie *L. interrogans* crece en cualquier medio artificial, sobreviviendo a pH neutro o ligeramente alcalino por un

largo periodo de tiempo en el agua, no obstante muere con rapidez en medios ácidos; debido a que los reservorios son animales domésticos y salvajes, es considerada la de mayor impacto en la salud puesto que ingresa al huésped por contacto con animales, aguas o suelos contaminados de orina infectada, penetrando por heridas cutáneas o tejidos mucosos, generando la “*leptospirosis o enfermedad de Weil, caracterizada por afecciones en riñón, hígado y sistema nervioso central; se disemina por el torrente sanguíneo*”. (González, L., 2012)., y de acuerdo con (Romero Cabello, 2007), se manifiesta en dos fases que en casos extremos puede ocasionar la muerte, sin embargo, para ello existe el tratamiento con penicilina, tetraciclina o estreptomicina.

#### **3.2.1.3.4. *Pseudomonas***

Bacilos gramnegativos, aerobios estrictos con flagelo polar, son no fermentadores, rectos o ligeramente curvos, emplean glucosa junto con otros hidratos de carbono en forma oxidativa; según (Winn, y otros, 2008), la mayoría de las especies presentan fluorescencia y emiten pigmentos blancos, amarillos, azules, rojos o verdes.

##### **3.2.1.3.4.1. *Aeruginosa***

Especie de *Pseudomona* desnitrificante que crece en lechos filtrantes de arena, carbón, acuíferos, agua, suelo y vegetación, tienen la capacidad de retardar su metabolismo cuando no son suficientes las cantidades de carbono y nitrógeno, “*genera pigmento hidrosoluble azul definido piocianina*” (Winn, y otros, 2008), es de gran importancia en la medicina puesto que es un patógeno causante de infecciones nosocomiales, en pacientes inmunodeficientes ocasionando alta mortalidad, se puede transmitir por contacto o ingestión de comida o agua contaminada, instalándose “*en cualquier órgano o tejido, invadir el oído externo y colonizar las vías urinarias, pulmones, endocardio, córnea y huesos*” (Romero Cabello, 2007); “*es causante de graves diarreas en niños, de infecciones oculares, otitis y osteomielitis, entre otras*”. (González, L., 2012)

#### 3.2.1.3.5. Heterótrofos o mesófilos

Bacterias aerobias dependientes de sustratos orgánicos para sus requerimientos nutritivos, son incapaces de utilizar el dióxido de carbono como única fuente de carbono y deben obtener este elemento a partir de los compuestos orgánicos como carbohidratos y aminoácidos. Están en el aire, suelo y agua, crecen a temperaturas moderadas entre “20 y 40 °C. La mayoría de las bacterias patógenas crecen mejor a temperaturas de alrededor de 37°C”. (Manuel de la Rosa Fraile & Prieto, P., 2003). Según (González, L., 2012), el método para determinar bacterias presentes naturalmente en el agua, es el recuento de bacterias heterotróficas (heterotrophic plate count, HPC).

#### 3.2.1.3.6. *Clostridium*

Bacilo grampositivo, anaerobio estricto, esporulado, móvil por flagelos peritricos, saprofitos que crecen en el suelo, agua y en la flora intestinal de animales y seres humanos, es considerado un agente patógeno puesto que algunas especies causan botulismo, gangrena gaseosa, tétano, enfermedades gastrointestinales, entre otras; con respecto a la calidad del agua, es “resistente al tratamiento convencional con floculación, sedimentación, filtración y desinfección”. (Pérez, V., Torres, L., & Cruz, V., 2009). De acuerdo con (García, H., Martínez, C., & Utrilla, A., 2006), la especie *perfringens* genera toxinas y enzimas responsables de diversas enfermedades que pueden ocasionar la muerte, se transmite por ingestión de agua, leche o alimentos contaminados; según (Merk, 2000), existe una correlación entre la presencia de *Giardia*, *Cryptosporidium* y el *Clostridium perfringens* en agua, es por ello que se emplean como organismos indicadores de contaminación”.

#### 3.2.1.3.7. *Helicobacter pylori*

Bacteria gramnegativa, flagelada y microaerófila en forma de bastón curvo, helicoidal, espiral o de coco, de “diámetro aproximado de 0,5 micras y 3 de longitud” (González, L., 2012), capaz de adaptarse en ambientes extremadamente

ácidos, según (Romero Cabello, 2007), se localiza en el epitelio del estómago, genera gastritis aguda, antral, crónica, atrofia, úlcera gástrica y duodenal, en niños y adultos, se asocia con cáncer gástrico y se contrae al consumir agua o alimentos que poseen materia fecal con *Helicobacter pylori*, “se estima que el 50% de la población mundial está infectada con *H. pylori*”. (Niebuhr Kakiuchi, 2015).

#### **3.2.1.3.8. Enterococos**

Bacterias o cocos grampositivos anaerobios facultativos, ubicuos, catalasa negativos, se encuentran habitualmente en el tracto digestivo y genital del hombre y animales, como también en agua, suelos y alimentos, los enterococos son considerados patógenos nosocomiales puesto que generan varios tipos de infección, entre ellas, las bacteriemias, del tracto urinario, meningitis, endocarditis, infecciones biliares o peritoneales y de úlceras de decúbito o isquémicas, los más relevantes clínicamente para el hombre, según (Ortega González, 2010), son *E. faecalis*, *E. faecium*, *E. durans*, *E. avium*, *E. casseliflavus*, *E. gallinarum*, *E. raffinosus*, *E. malodoratus*, *E. hirae*, *E. mundtii*, *E. solitarius* y *E. pseudoavium*.

#### **3.2.1.4. Indicador microbiano**

Son microorganismos que por su presencia permiten determinar en aguas contaminadas un agente patógeno. Los indicadores más importantes para el control de la calidad del agua son coliformes totales, fecales, heterótrofos y enterococos.

##### **3.2.1.4.1. Coliformes totales**

Este grupo ha sido el más utilizado para medir la calidad del agua, no obstante estudios han demostrado que no son completamente satisfactorios para este propósito, aún así son indicadores de contaminación microbiológica puesto “que incluye especies que se encuentran en el tracto gastrointestinal de animales de sangre caliente” (Fernández Rendón & Barrera Escorcía, 2013).

##### **3.2.1.4.2. Coliformes fecales**

*Escherichia coli* es la especie patógena más representativa para evaluar la contaminación fecal, es relativamente inocua capaz de ocasionar infecciones oportunistas, urinarias y gastrointestinales al transmitirse por vía oral–fecal, al consumir agua y alimentos contaminados, “*la mínima dosis infectiva (MID) de E. coli es relativamente alta, en un rango entre  $10^8$  y  $10^{10}$  organismos*” (AWWA (American Water Works Association), 2005)), estas especies se han clasificado en seis grupos *Escherichia coli* enteropatogénica (Epec), *E. coli* enterotoxigénica (Etec), *E. coli* enterohemorrágica (Ehec), *E. coli* enteroinvasiva (Eiec), *E. coli* enteroagregativa (EAggEC) y *E. coli* adherente difusa (Daec) de los cuales el ser humano es el principal reservorio de *E. coli*, excepto de Ehec, que está en el ganado bovino, para determinar estas bacterias en el agua, existen técnicas convencionales como la de tubos múltiples de fermentación o técnica del número más probable (NMP), la de filtración por membrana, la técnica enzima sustrato o sustrato definido y la de presencia-ausencia.

#### **3.2.1.4.3. Heterótrofos o mesófilos**

Bacterias *heterotrophic plate count* (HPC) actualmente presenta altos índices en el agua, pero no se encuentran relacionadas a un agente patógeno o tipo específico de enfermedad, no obstante, “*su presencia en filtros de carbón activado forma una biopelícula que inhibe el crecimiento de patógenos*” (Merk, 2000). En la calidad del agua debe ser analizada puesto que sin cloro residual libre, “*el número de bacterias HPC puede llegar a ser tan alto como de 10.000/mL*” (Rheinheimer, G., 1987)

#### **3.2.1.4.4. Enterococos**

Patógenos nosocomiales importantes capaces de colonizar el tracto gastrointestinal de los seres humanos; de acuerdo con (Ortega González, 2010), los factores que influyeron para ser clasificados de esta manera en pacientes y trabajadores de la salud como reservorio en la diseminación intrahospitalaria son:

- Resistencia a antibacterianos de uso frecuente.

- Contaminación y sobrevivencia en el medio ambiente hospitalario por períodos prolongados.
- Contaminación de manos por incumplimiento de las normas de higiene.

### 3.2.1.5. Técnicas microbiológicas

Para detectar organismos indicadores de contaminación hídrica, existe una variedad de técnicas manejadas rutinariamente, adaptadas en laboratorios microbiológicos del agua y aceptadas por la norma colombiana, están “*basadas en el Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater (21st edition, 2005, APHA, AWWA)*” (AWWA (American Water Works Association), 2006). Acorde con el ( Ministerio de Salud de la República de Colombia, 2002), en la Resolución Número 00414 de 2002, el artículo segundo, expone las técnicas o métodos analíticos alternos que ofrecen reconocidas casas comerciales para determinar organismos indicadores en aguas para el consumo humano (Tabla 3).

Tabla 3. Técnicas de análisis bacteriológicos.

Indicador	Coliformes	Heterótrofos o Mesófilos	Enterococos
Casa Comercial	Totales Fecales Filtración por Membrana. Equipo del Agua		
MERK Colombia S.A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chromocult</li> <li>• Readycult</li> </ul>		
IDEXX	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colilert</li> <li>• Técnica NMP</li> </ul>	HPC for Quanti-Tray	Enterolert
3M	Petrifilm		

En el laboratorio de las plantas de tratamiento de agua potable de Empresas Públicas de Neiva, teniendo en cuenta las guías de la casa comercial IDEXX aceptadas por la normatividad colombiana, para el análisis de microorganismos, en especial, coliformes totales, fecales, mesófilos y enterococos, se emplea la técnica de sustrato definido o enzima–sustrato y la de presencia–ausencia que se menciona más adelante.

### **3.2.1.5.1. Técnica de tubos múltiples de fermentación o técnica del número más probable (NMP)**

Se fundamenta en sembrar o inocular en un medio de caldo de cultivo apropiado contenido en tubos de ensayo, volúmenes parciales de una muestra de agua que luego de un tiempo de incubación a una dada temperatura, cada tubo presenta un resultado si hay o no formación de gas, indicando la presencia o ausencia de ciertas bacterias, para ello se analiza dos tipos de pruebas:

- Presuntiva: Al formar gas, indica la posible presencia de bacterias coliformes, no obstante no son las únicas que producen gas, por ende se recomienda una segunda prueba para confirmar.
- Confirmativa: De los tubos positivos (con gas) se toma muestra para sembrar nuevamente otros tubos con un medio de cultivo más selectivo que luego de un determinado tiempo, se analizan para detectar la formación de gas.

Con respecto a las (Guías para la calidad del agua potable, 1988), a partir del número de tubos inoculados y del número de tubos con resultado positivo obtenidos en la prueba confirmativa, se puede determinar estadísticamente el número más probable (NMP) de bacterias en la muestra original de agua empleando las tablas especialmente diseñadas para dicho propósito.

### **3.2.1.5.2. Técnica de filtración por membrana**

En esta técnica, una muestra de agua se pasa por una membrana filtrante de celulosa con un diámetro de poros uniforme de ciertas micras, con el objetivo de aislar o dejar retenidos los microorganismos para facilitar el recuento, por lo general el poro *“más utilizado es el de 0,45  $\mu\text{m}$ , puesto que la mayoría de las bacterias tienen un diámetro superior”* (González, L., 2012). Para cada microorganismo, se prepara un medio de cultivo específico en el que se coloca la membrana o filtro dejándola incubar a temperatura y tiempo adecuado para luego hacer el conteo directo de las colonias formadas en la superficie del filtro.

### **3.2.1.5.3. Técnica de sustrato definido o enzima–sustrato**

Consiste en la capacidad de los microorganismos con enzimas específicas para hidrolizar o metabolizar sustratos presentes en el medio de cultivo como son los cromogénicos, es decir que cambia de color al liberar un cromóforo y fluorogénicos que emiten fluorescencia. Los coliformes totales producen enzimas que según (González, L., 2012), son detectadas con sustratos cromogénicos tales como el ortho-nitrophenyl- $\beta$ -D-galactopyranoside (ONPG) a una incubación de 24 horas, o chlorophenol rojo- $\beta$ -D-galactopyranoside (CPRG) luego de 28 horas, éstos cambian de color, indicando de esta manera la presencia de coliformes totales. *Escherichia coli* libera un fluorógeno, el cual produce fluorescencia bajo una lámpara de luz ultravioleta a 366 nm debido a la enzima  $\beta$ -D-galactosidasa y  $\beta$ -glucoronidasa que emplea el sustrato 4-methyl-umbelliferyl- $\beta$ -D-glucuronide (MUG).

#### **3.2.1.5.4. Técnica de presencia–ausencia**

Modificación de la técnica de tubos múltiples de fermentación y se fundamenta en trasvasar un volumen, en mayor proporción que en la de tubos múltiples, de la muestra de agua en frascos previamente esterilizados con medios de cultivos apropiados, de esta manera la siembra se incuba por un tiempo y temperatura determinada para luego realizar las observaciones y análisis necesarios de forma cualitativa de la presencia o ausencia de microorganismos, en especial se emplea para detectar el grupo coliforme. La metodología aceptada por el Standard Methods es la de los medios de cultivo deshidratados siendo P-A y el lauril triptosa y medios basados en reacciones enzima-sustrato como los cromogénicos o fluorogénicos empleados en la metodología Colilert<sup>®</sup> y la “*que emplea el medio de cultivo ReadyCult<sup>®</sup>, de laboratorios Merck, combina pruebas bioquímicas con reacciones enzima-sustrato*” (González, L., 2012).

#### **3.2.2. Tratamiento para la potabilización del agua**

El agua es el principal recurso de subsistencia para los seres vivos, por ende, el hombre ha tenido la necesidad de crear plantas de tratamiento de agua

potable cuyos procesos se emplean para tratar el agua que llega desde el río como cruda para hacerle una serie de análisis físicos, químicos y microbiológicos con el objetivo de convertirla apta para el consumo humano, es decir, libre de microorganismos patógenos y de elementos o sustancias químicas perjudiciales para la salud. Existen diferentes plantas de tratamiento de agua con sus respectivos procesos y operaciones para potabilizarla, de acuerdo con (Romero Rojas, 1995), los siguientes diseños son:

- Planta de coagulación y filtración convencional para remoción de color, turbidez y microorganismos.
- Planta para un suministro pequeño con agua cruda de buena calidad.
- Planta de ablandamiento.
- Planta de remoción de hierro y manganeso.
- Planta de filtración directa.

Las plantas de tratamiento de agua, emplean como procesos elementales el cribado o cernido, aforo, aireación, mezcla rápida, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, no obstante, se definirán más adelante algunos procesos.

Empresas Públicas de Neiva E.S.P., posee tres plantas de tratamiento tipo convencional hidráulica mecánica las cuales efectúa el tratamiento para planta de coagulación y filtración convencional para remoción de color, turbidez y microorganismos, cuyos procesos son coagulación, sedimentación, filtración, desinfección con cloro gaseoso.

### **3.2.2.1. Coagulación**

Los parámetros no deseados en el agua potable son la turbidez y el color que se dan debido a la presencia de coloides, es decir, partículas en suspensión generalmente sólidas muy finas capaces de formar agregados o coágulos en relación con las fuerzas de repulsión que poseen, permitiendo que estén en suspensión mediante el contacto con un agente químico adicionado al agua a tratar. Para algunos autores como (Sainz Sastre, 2005), la coagulación es la

reacción química, siendo la fuerza primaria de tipo electrostático o interiónico que tiene lugar por la adición de determinados productos químicos a una dispersión coloidal, produciendo una desestabilización de las partículas coloidales o emulsionadas, mediante la neutralización de las cargas eléctricas que tienden a mantenerlas separadas y para (Bureau Veritas Formación, 2008), es la desestabilización de unas partículas de pequeño diámetro, llamadas coloides, responsables de la turbidez o del color del agua superficial, causada por la adición de un reactivo químico llamado coagulante. Por tanto se deduce que este proceso es causa de partículas suspendidas y que el tratamiento de coagulación óptimo de un agua cruda tiene por objeto lograr un equilibrio muy complejo en el que están implicadas distintas variables, entre ellas el pH, sales disueltas en el agua, la naturaleza de la turbiedad, el tipo de coagulante y temperatura.

#### **3.2.2.1.1. Coagulantes**

Productos químicos empleados para cambiar el comportamiento de los coloides o partículas en suspensión en el agua logrando aumentar su fuerza de atracción entre sí o hacia el insumo químico adicionado para que formen partículas de mayor tamaño y sedimenten; durante la mezcla rápida, se adiciona de forma inmediata el coagulante para que continúe con el proceso de coagulación y los demás que sean necesarios. De acuerdo con (Arboleda Valencia, 2000), los coagulantes poseen carga eléctrica negativa y las cadenas poliméricas se forman (polimerización) cuando se agrega al agua, finalmente viene la etapa de adsorción por los coloides presentes en la fase acuosa. Según (Aguilar, Sáez, Lloréns, Soler, & Ortuño, 2002), los coagulantes se clasifican en inorgánicos (Cal, sales de aluminio y de hierro) y orgánicos que son polímeros de elevado peso molecular de origen natural o sintético. En el momento de seleccionar un coagulante se debe tener en cuenta la disponibilidad en el mercado, almacenamiento, transporte, facilidad de dosificación, turbiedad final menor a 1 UNT, pH y alcalinidad admisible por la normatividad colombiana. En la industria, los coagulantes más empleados para el tratamiento de agua potable, son los compuestos por sales de

aluminio o de hierro ( $\text{Fe}^{+3}$ ); para el tratamiento de aguas blandas y turbias se utiliza el policloruro de aluminio.

Empresas Públicas de Neiva E.S.P, ha empleado a lo largo de los años diferentes coagulantes de la empresa Avia; desde hace 25 años trabaja con la empresa Quinsa, entre los coagulantes de esta última, se encuentra los siguientes:

- Sulfato de aluminio granulado tipo B (Sulf-al-quin): Anteriormente era utilizado para el proceso de potabilidad del agua, actualmente este producto fue remplazado por otros más efectivos y líquidos, puesto que el Ministerio de Medio Ambiente prohibió la explotación de la bauxita que es la roca blanda principalmente compuesta por hidróxido de aluminio que se le agrega ácido sulfúrico para formar el aluminio como grano (Tabla 4).

- Hidroxicloruro de aluminio (PAC).
- Mackenfloc II.
- Poliquinsa.

Otros coagulantes de otras empresas (Tabla 5):

- Best Xanth de Comercial Fox S.A.S.
- Hidroxicloruro de aluminio (PAC) de Avia LTDA.
- Poliquinsa de Quinsa.

Tabla 4. Coagulantes de la empresa Quinsa, utilizados por Empresas Públicas de Neiva E.S.P.

Características	Sulfato de aluminio granulado	Hidroxiclорuro de aluminio	Mackenfloc II
Producto	Tipo B – Sulfalquin: Coagulante higroscópico para aguas residuales y potables	Polinuclear de aluminio líquido que se desempeña como coagulante inorgánico para aguas potables y residuales	Coagulante para aguas residuales y potables. Por su poder oxidante remueve materia orgánica, reduce la DBO, color orgánico, metales pesados.
Fórmula	$Al_2(SO_4)_3 - 14 H_2O$	$Al_n(OH)_m Cl_{(3n-m)} \quad 0 < m < 3n$	Con base en sales de hierro y aluminio
Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contenido: <math>Al_2O_3</math> mínimo: 15.2 %</li> <li><math>Fe_2O_3</math> máximo: 2.0 %</li> <li>Materia insoluble máximo: 8.0 %</li> <li>Granulometría: Pasa 100% malla 4, Máximo 10 % retiene malla 10, Máximo 10 % pasa malla 100.</li> </ul> <p>En aguas superficiales se destaca en clarificación para condiciones de baja y mediana turbiedad (hasta 1000 NTU aproximadamente).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contenido <math>Al_2O_3</math> (%): 18.0 - 24.0</li> <li>Basicidad (%): <math>\geq 70</math></li> <li>Acidez (%): 11.0 – 12.5</li> <li>Turbiedad (NTU): 50 máximo</li> <li>Densidad: 1.30 – 1.40 g/ml</li> <li>Fecha de vencimiento: 12 meses</li> <li>Económico, efectivo a dosis muy bajas.</li> <li>No altera el pH del sistema.</li> <li>Bajo volumen de lodos</li> <li>Fácil de dosificar y manejar.</li> <li>Trabaja en rango amplio de pH.</li> <li>Velocidad de alta sedimentación</li> <li>Mayor carrera de filtros</li> <li>No requiere el uso de alcalinizantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contenido activo: 25,0% mín.</li> <li>Densidad: (30°C) 1,30 g/ml mín.</li> <li>Apariencia: Ámbar o Marrón oscuro</li> <li>Estado: Líquido</li> </ul>
Ventajas			<ul style="list-style-type: none"> <li>Rápida acción y fuerte poder de coagulación y floculación.</li> <li>Trabaja en rango amplio de pH (5-9).</li> <li>Eficaz en aguas con altos contenidos de materia orgánica.</li> <li>Rápida decantación, por las sales de hierro y aluminio.</li> <li>Mayor carrera de filtros</li> </ul>
Uso	Coagulante que remueve agentes contaminantes como turbiedad y color.	Coagulante-floculante en clarificación para condiciones de alta turbiedad sin disminuir el pH. En la industria del papel para el proceso de encolado, piscinas, en la industria petrolera y tratamiento de aguas residuales industriales	Floculación rápida y eficaz en el tratamiento de aguas superficiales para la obtención de agua potable o de uso industrial y en el tratamiento de aguas residuales para su posible reciclaje o vertimiento
Precauciones para el uso y seguridad	Máscaras para polvos, gafas protectoras y buena ventilación. No es un producto tóxico, pero puede producir leve irritación nasal, por tratarse de una sal ácida.	Es astringente, se requiere de gafas protectoras, guantes de Neopreno o plásticos. No es un producto tóxico, pero puede producir leve resequedad e irritación en la piel y ojos por tratarse de un producto de carácter ácido.	Se requiere de gafas protectoras, guantes de Neopreno o plásticos y botas de caucho. En caso de contacto con los ojos y la piel, se debe lavar inmediata y abundantemente con agua y acudir a un médico.
Condiciones de almacenamiento	En sacos de polipropileno con laminado interno y en bodegas cerradas sobre estibas plásticas o de madera	En tanques cerrados de fibra de vidrio, polietileno, polipropileno, en garrafas, tambores y contenedores plásticos	
Presentación	En bultos de 25 Kg y 50 Kg.	Se despacha en isotanques, tambores plásticos, garrafas y a granel	Se despacha en tambores por 250 kg, en isotanques y a granel

Tabla 5. Coagulantes de la empresa Comercial Fox, Avia y Quinsa, utilizados para el proyecto de investigación por pasantías en EPN.

Características	Best Xanth (Comercial Fox)	Hidroxiclорuro de aluminio (Avia)	Poliquinsa (Quinsa)
Producto	Biopolímero, con alto peso molecular, es un viscosificador altamente efectivo.	Coagulante con base en sales aluminio para aguas potables y residuales	Coagulante de alta basicidad para aguas residuales y potables.
Fórmula	Cenizas (%) $\leq 13$ y ácido pirúvico % $\geq 1.5$	Concentración mínima $Al_2O_3$ : 14,5%	Con base en sales aluminio
Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspecto: Polvo de color crema</li> <li>• Tamaño de partícula (malla): 100% pasando malla 28 (600 micrón) y 95% pasando malla 42 (355 micrón)</li> <li>• Viscosidad (1% KCl, cps): <math>&gt;1200</math></li> <li>• pH (1% solución): 5.5–8.0</li> <li>• Pérdida de secado: Máximo el 15%</li> <li>• No altera el pH del sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenido activo mínimo: 20%</li> <li>• Basicidad mínima: 70 %</li> <li>• Apariencia: Ámbar</li> <li>• Estado: Líquido traslúcido</li> <li>• Densidad: 1.26 – 1.30 g/ml</li> <li>• pH (15% en agua): 2,5 – 3,5</li> <li>• Punto de ebullición: 98,5 °C</li> <li>• Incidencia muy baja en el pH del Agua.</li> <li>• No contiene insolubles.</li> <li>• Mayor velocidad de sedimentación y carrera de filtros</li> <li>• Menos corrosivo que otros coagulantes inorgánicos.</li> <li>• Menor aporte de aniones al sistema. Ósmosis inversa más económica.</li> <li>• Trabaja con alcalinidades bajas y en turbiedades bajas, normales, altas y ultra altas.</li> <li>• Compatible con Poliacrilamidas, Poliacrilaminas, PDMDAAC, etc</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenido activo: 20% mín.</li> <li>• Apariencia: Ámbar</li> <li>• Estado: Líquido</li> <li>• Densidad: (25°C) 1,26 g/ml mín.</li> <li>• pH a 25 °C <math>2,5 \pm 0,3</math></li> <li>• Rápida acción y alto desempeño de coagulación y floculación.</li> <li>• Trabaja en rango amplio de pH (5-9)</li> <li>• Eficaz en aguas con altos contenidos de materia orgánica.</li> <li>• Rápida decantación</li> <li>• Mayor velocidad de sedimentación</li> <li>• Mayor carrera de filtros</li> </ul>
Ventajas			
Uso	Se utiliza para incrementar la viscosidad en los sistemas base agua. Tiene una vida útil de 2 años a partir de la fecha fabricación.	Coagulación rápida y eficaz en el tratamiento de aguas superficiales para la obtención de agua potable o de uso industrial y en el tratamiento de aguas residuales para su posible reciclaje o vertimiento	Floculación rápida y eficaz en el tratamiento de aguas superficiales para la obtención de agua potable o de uso industrial y en el tratamiento de aguas residuales para su posible reciclaje o vertimiento
Precauciones para el uso y seguridad		Se requiere de gafas protectoras, guantes de Neopreno o plásticos y botas de caucho. En caso de contacto con los ojos y la piel, se debe lavar inmediata y abundantemente con agua y acudir a un médico.	Se requiere de gafas protectoras, guantes de Neopreno o plásticos y botas de caucho. En caso de contacto con los ojos y la piel, se debe lavar inmediata y abundantemente con agua y acudir a un médico.
Condiciones de almacenamiento		Recipientes de polietileno, polipropileno, PVC, vidrio, poliéster reforzado con fibra de vidrio, teflón y caucho. No utilizar acero y hierro en la instalación de bombeo.	En tanques y recipientes de fibra de vidrio, polietileno, polipropileno, PVC u otro material plástico.
Presentación	Sacos por 25 Kg	A granel en carros tanque de 10 o 18 toneladas. En contenedor de 1,200 Kg y en tambores.	Se despacha en tambores por 250 kg, en isotanques o a granel.

Tabla 6. Coagulantes de la empresa Quinsa y Wost.

Características	Poliquinsa II (Quinsa)	Hidroxiclورو de aluminio (Wost)
Producto	Tiene propiedades físico-químicas para el tratamiento de aguas potables y residuales	Coagulante inorgánico para aguas potables y residuales.
Fórmula	Con base en sales de aluminio	Concentración $Al_2O_3$ : 21 - 24%
Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apariencia: Ámbar</li> <li>• Contenido activo: 9.5 – 10.5%</li> <li>• Estado: Líquido miscible con agua</li> <li>• Densidad: (25°C) 1.28 – 1.31 g/ml</li> <li>• pH a 25 °C 1.5 – 2.0</li> <li>• Rápida acción y alto desempeño de coagulación y floculación.</li> <li>• Trabaja en rango amplio de pH (5-9)</li> <li>• Eficaz en aguas con altos contenidos color y hierro asociados con materia orgánica</li> <li>• Mayor velocidad de decantación</li> <li>• Mayor carrera de filtros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apariencia: Ámbarclaro</li> <li>• Estado: Líquido</li> <li>• Densidad: (25°C) 1.30 – 1.35 g/cm<sup>3</sup></li> <li>• pH 3.5 – 4.5</li> <li>• Económico, efectivo a dosis muy bajas.</li> <li>• No altera el pH del sistema.</li> <li>• Bajo volumen de lodos</li> <li>• Fácil de dosificar y manejar.</li> <li>• Trabaja rango amplio de pH.</li> <li>• Velocidad de alta sedimentación</li> <li>• Mayor carrera de filtros</li> <li>• No requiere el uso de alcalinizantes</li> </ul>
Ventajas		
Uso	“Coagulante inteligente” para tratar aguas con condiciones difíciles, mejorando el proceso de coagulación-floculación	Coagulación rápida y eficaz en el tratamiento de aguas superficiales para la obtención de agua potable o de uso industrial y en el tratamiento de aguas residuales para su reciclaje o vertimiento
Precauciones para el uso y seguridad	Se requiere de gafas protectoras, guantes de Neopreno o plásticos y botas de caucho. En caso de contacto con los ojos y la piel, se debe lavar inmediata y abundantemente con agua y acudir a un médico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es corrosivo y causa irritación en ojos y mucosas</li> <li>• Se requiere de gafas protectoras, guantes de Neopreno o plásticos y botas de caucho. En caso de contacto con los ojos y la piel, se debe lavar inmediata y abundantemente con agua y acudir a un médico.</li> </ul>
Condiciones de almacenamiento	En tanques y recipientes de fibra de vidrio, polietileno, polipropileno, PVC u otro material plástico.	En tanques y recipientes de fibra de vidrio, polietileno, polipropileno, PVC u otro material plástico.
Presentación	En tambores por 250 kg, en isotanques o a granel	En isotanques, tambores plásticos, garrafas y a granel

### 3.2.2.1.2. Métodos de coagulación

Empresas Públicas de Neiva, emplea como método de coagulación el Test o Prueba de Jarras para determinar la dosis de sustancias químicas y diferentes parámetros, según (Yaniris, 2006), a nivel de laboratorio, la prueba trata de simular los procesos de coagulación, floculación y sedimentación influyendo factores químicos e hidráulicos como temperatura, pH, concentración de coagulante, secuencia de aplicación de las sustancias químicas, grado de agitación y tiempo de sedimentación.

Estudios han demostrado nuevas técnicas para la potabilización del agua, con respecto a (Guohua, 2004), entre ellas está:

- Electrodeposición: Para recuperar metales pesados de aguas residuales. Establecida con posible desarrollo en la mejora de rendimiento espacio-tiempo.
- Electrocoagulación: Para tratamiento de aguas residuales. Se basa en hallar aplicaciones con aluminio, hierro o electrodos híbridos de Al/Fe.
- Electroflotación: Eliminación de partículas coloidales, aceites, grasas y contaminantes orgánicos, se emplea en la separación del lodo floculado del agua tratada; para un mejor desempeño ya sea flotación del impulsor, por aire disuelto o sedimentación, los electrodos estables y activos para el desprendimiento de oxígeno haría impulsar la adopción de esta tecnología.
- Electrooxidación: Está encontrando aplicación en el tratamiento de aguas residuales con otras tecnologías. Es eficaz en la degradación de los contaminantes refractarios en la superficie de unos pocos electrodos. Electrodos de película de diamante dotado con boro a base de titanio (Ti/BDD) muestran una alta actividad y dan una estabilidad razonable.

#### **3.2.2.1.2.1. Test de jarras**

Simulación química para aclarar el agua cruda mediante el manejo de un equipo compuesto por paletas y beakers o vasos de precipitado, para comparar varias dosificaciones de coagulante sujetas a condiciones hidráulicas similares. Se emplea para *“determinar si un efluente puede ser tratado de manera rentable y con la eficiencia deseada mediante tratamiento de floculación-coagulación”* (Jiménez, 2001). En el laboratorio se realiza un estudio del agua con esta técnica para determinar el coagulante o flocutante y la dosis óptima, mezclado necesario, pH óptimo, rendimiento máximo alcanzable, por ende es necesario analizar la naturaleza, criterios de calidad, destino del agua tratada, variación de calidad del agua bruta (diarias o estacionales, influencia de la temperatura, etc.), grado de pureza del reactivo y tratamiento previsto después de la coagulación. En la etapa coagulación-floculación se deben tener en cuenta el gradiente de la velocidad para la unión de partículas, el tiempo para que las partículas descendan, por efecto de

la gravedad, y así se acumulen en el fondo y el pH como factor prominente en acción desestabilizadora de las sustancias coagulantes y floculantes.

#### **3.2.2.1.2.2. Electrocoagulación**

Técnica que elimina contaminantes suspendidos, disueltos o emulsificados en el agua mediante la electricidad para el consumo humano, el proceso se fundamenta en inducir corriente eléctrica por placas metálicas paralelas de diversos materiales como hierro y aluminio en agua residual, de acuerdo con (Arango Ruíz, 2005), la corriente eléctrica proporciona la fuerza electromotriz generando reacciones químicas que desestabilizan las partículas contaminantes del medio acuoso formando agregados y partículas sólidas menos coloidales y emulsificadas (o solubles) que en estado de equilibrio, cuando esto sucede, los contaminantes forman componentes hidrofóbicos que precipitan y/o flotan para ser removidos fácilmente por algún método de separación de tipo secundario. Esta técnica puede ser afectada por la densidad de corriente, pH, temperatura y presencia de NaCl (sal) puesto que aumenta la conductividad del agua residual.

#### **3.2.2.2. Floculación**

Si el agua en el proceso de coagulación, no se clarifica, entonces se aplica un floculante, que así como el coagulante, es un agente químico que hace que las partículas se aglutinen, los grumos se hundan, y el agua se aclare quedando limpia, por tanto en este proceso influye fuerzas químicas y físicas como la carga eléctrica de las partículas, capacidad de intercambio, tamaño, concentración del floc y de los electrolitos, temperatura y pH del agua. Para algunos autores como (Sainz Sastre, 2005), la floculación es la formación de puentes, enlaces de tipo físico, o de partículas sedimentables a partir de aquellas desestabilizadas de tamaño submicroscópico por unión entre ellas para dar lugar a otras más estables, es decir, de mayor tamaño, y para (Bureau Veritas Formación, 2008), es la formación de aglomerados por agrupamiento de partículas en suspensión existentes en el líquido, por la adición de un reactivo o floculante.

### **3.2.2.3. Decantación o sedimentación**

Proceso físico que en ocasiones se denomina clarificación o espesamiento, se emplea en tratamiento primario o presedimentación para remover sólidos suspendidos sedimentables antes de la coagulación, en tratamiento secundario luego de la adición de coagulante, de la floculación o ablandamiento para la reducción de material orgánico y biomasa preformada en los sistemas y para espesamiento de lodos. La decantación para (Sainz Sastre, 2005), se basa en eliminar por diferencia de densidad, los sólidos en suspensión, de modo que las partículas con mayor densidad que el agua, mediante la fuerza de gravedad, son separadas, fundamento que concuerda con el de (Bureau Veritas Formación, 2008) quien afirma que la sedimentación consiste en la separación por acción de la gravedad de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el agua.

### **3.2.2.4. Filtración**

La turbiedad y el color son removidos cerca del 90% por la coagulación y la sedimentación, una cierta cantidad de material suspendido o elementos de menor tamaño compuesto de floc, suelo, metales oxidados y microorganismos resistentes a la desinfección, pasa al tanque de sedimentación y requiere su remoción a través de un filtro de material fino que según (Romero Rojas, 1995), generalmente son arena o arena y antracita con poros de ciertos tamaños de diámetros para lograr la clarificación final del agua.

### **3.2.2.5. Desinfección**

Destrucción selectiva de microorganismos patógenos, en este proceso, se emplea por lo general, el cloro ya sea líquido o gaseoso y el ozono para la desinfección del agua. La dosificación de cloro gaseoso comienza donde el cilindro se conecta al clorador o al múltiple de suministro de cloro si hay más cilindros, la dosificación termina en el punto en que la solución de cloro se mezcla con el agua a desinfectar. De acuerdo con (Romero Rojas, 1995), los

componentes básicos del sistema de dosificación son la báscula, válvulas y tuberías, clorador, inyector o eyector y difusor y evaporador.

### **3.2.3. Normatividad general**

Todos los países poseen su propio marco legal con respecto al agua potable, lo cierto es que siempre apuntan a un solo objetivo y es volverla apta para el consumo humano, es decir, un recurso libre de organismos patógenos y de elementos químicos tóxicos o perjudiciales para la salud. Por lo general el marco legal de cada país siempre estará relacionado con normas internacionales para la calidad del agua potable que son creadas por entidades como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de las Naciones Unidas (ONU), American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF), entre otras que han sido fundadas por muchos países a nivel mundial.

#### **3.2.3.1. América del Norte**

Países de América del Norte para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales, utilizan los Métodos estándar revisados y aprobados por un amplio consenso de expertos en análisis de agua, publicados por la Asociación Americana de Salud Pública (APHA), American Water Works Association (AWWA) y la Water Environment Federation (WEF), según la (Librería Licitec, 2012), desde 1905 ha sido la fuente de confianza para la metodología exacta, comprobada para el análisis físico, químico y biológico de aguas naturales, suministros de agua y aguas residuales; la edición más reciente es la N° 22 del año 2012 y ofrece más del 40% de contenidos nuevos y actualizados de los métodos y continúa siendo el manual que dependen analistas, investigadores y funcionarios reguladores.

La Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU o Environmental Protection Agency (EPA), es del gobierno federal encargada de proteger la salud humana y el medio ambiente (agua, aire y suelo), la cual a través del establecimiento de normas dictados por la ley de Agua Potable Segura, la EPA

hace cumplir para el consumo humano con más de 160.000 sistemas de agua potable en los Estados Unidos, de acuerdo a la (EPA, 2006), entre ellas están:

- 1948: Water Pollution Control Act PL 80-845
- 1965: Water Quality Act PL 89-234
- 1966: Clean Waters Restoration Act PL 89-753
- 1969: National Environmental Policy Act PL 91-190
- 1970: Creación de la National Oceanic and Atmospheric Administration
- 1970: Water Quality Improvement Act PL 91-224
- 1972: Water Pollution Control Act PL 92-500
- 1974: Safe Drinking Water Act PL 93-523
- 1976: Toxic Substances Control Act PL 94-469
- 1977: Clean Water Act PL 95-21
- 1987: Water Quality Act PL 100-4

### **3.2.3.2. Europa**

El gobierno de España posee un amplio marco legislativo sobre el uso de aguas de baño, consumo, continentales y residuales, en el caso de agua potable, de acuerdo con (SESA, 2008), se exige el cumplimiento de las siguientes leyes:

- Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- Orden SCO/1591/2005, de 30 de mayo, sobre el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo.
- Orden SCO/2967/2005, se regulan los ficheros de datos de carácter personal gestionados por el Ministerio de Sanidad y Consumo, y se crea el fichero del Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo.
- Orden SCO/3719/2005, de 21 de noviembre, sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano.
- Orden SCO/778/2009, de 17 de marzo, sobre métodos alternativos para el análisis microbiológico del agua de consumo humano.

- Orden SAS/1915/2009, de 8 de julio, sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano.

- Real Decreto 1798/2010, se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano

- Real Decreto 1799/2010, se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas envasadas para el consumo humano.

- Orden SSI/304/2013, de 19 de febrero, sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano.

- Directiva 2013/51/EURATOM del Consejo, de 22 de octubre, por la que se establecen requisitos para la protección sanitaria de la población con respecto a las sustancias radiactivas en las aguas destinadas al consumo humano.

- Real Decreto 314/2016, de 29 de julio, por el que se modifican el Real Decreto 140/2003, el Real Decreto 1798 y 1799 de 2010.

### **3.2.3.3. Asia**

China posee un estándar de normas para la calidad del agua, según (Zheng, 2016), entre ellas están:

- GB/T 17218–1998. Evaluación de la seguridad higiénica de los productos químicos utilizados en el tratamiento de agua potable.

- GB 3838–2002. Estándar de agua potable (Tipo II), promulgada por el Ministerio de Protección del Medio Ambiente.

- CJ 3020–1993. Estándar de calidad de agua para fuentes de agua potable.

- CJ 94–2005. Los estándares de calidad de agua para el agua potable fina.

- CJ/T 206–2005. Normas de calidad de agua para el abastecimiento urbano.

- CJ/T 221–2005. Método de determinación de lodos municipales en la planta de tratamiento de aguas residuales.

- CJ/T 247–2007. Tratamiento de aguas residuales municipales, plantas de barro lodos.

Japón como otros países, tiene entidades y agencias gubernamentales que velan por la calidad del agua para el consumo humano, por ende posee obligatorios estándares para la calidad del agua potable (DWQS) establecidos de acuerdo con (Ministry of Health, Labour and Welfare , 2008), por el Director General del departamento de abastecimiento de agua y saneamiento ambiental el 21 de diciembre de 1992, que año tras año han sido modificados y aplicados. La Oficina de Gobierno Metropolitano de Tokio de Abastecimiento de Agua está encargada de inspeccionar el servicio de agua basándose en la Ley de Aguas de 2002 y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) es la más importante del país que se ha convertido en una organización capaz de brindar asistencia continua a los países y regiones en vías de desarrollo en diversas circunstancias, una de las actividades según (JICA, 2010), es el *Proyecto de Mejoramiento de la Capacidad para Establecer Normas Mexicanas sobre los Criterios de la Calidad del Agua*, en sí es un manual con aspectos necesarios, información y procedimientos para el establecimiento de los criterios ambientales de la calidad del agua (Versión 11 de julio del 2010), dicho manual se basa en guías publicadas por países y organizaciones ambientalmente avanzados, con el objetivo de auxiliar a las personas responsables de áreas ambientales en otros países.

Según el Instituto Nacional de Gestión del Suelo e Infraestructuras (NILIM) y el Ministerio del Suelo, Infraestructuras y Transporte de Japón (MLIT), (2001), existe una información “*El Gran Tokio, Japón*” en la base de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), en la cual menciona que en Japón, gracias a la revisión de la Ley de los Ríos, estableció un sistema completo de administración de los ríos, para control de inundaciones, uso del agua y conservación medioambiental, como también relaciona en la tabla 7 los organismos responsables de administrar los recursos hídricos en Japón.

Tabla 7. Administración del agua en Japón.

<b>Asunto</b>	<b>Organización</b>	<b>Sub-sección</b>	<b>Leyes principales</b>
Abastecimiento de agua	Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar	División de Abastecimiento de Agua	Ley de Obras Hidráulicas
		Oficina de Servicios Sanitarios	Ley de Ejecución del Proyecto de Preservación del Agua para Abastecimiento de Agua
Agua para la Agricultura	Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca	Oficina de Desarrollo Rural	Ley de Mejora del Suelo
Agua para conservación de los bosques		Agencia Forestal	Ley Forestal
Agua para la Industria	Ministerio de Economía, Comercio e Industria	División de Instalaciones Industriales, Oficina de Política Industrial y Económica.	Ley Industrial del Agua Ley de Suministro de Agua para la Industria
Energía Hidroeléctrica		Agencia de Energía y Recursos Naturales	Ley de Promoción del Desarrollo de Energía Eléctrica
Alcantarillado	Ministerio del Suelo, Infraestructuras y Transporte	Departamento de Gestión del Alcantarillado y Aguas residuales, Oficina de Desarrollo Regional y Ciudadano.	Ley de Alcantarillado
Ríos, Instalaciones para los Recursos Hídricos		Oficina de los Ríos	Ley de los Ríos
Política básica completa para abastecimiento y demanda de agua y embalses		Departamento de Recursos Hídricos, Oficina del Suelo y el Agua	Ley de las Presas definidas como de uso múltiple Ley de Promoción del Desarrollo de Recursos Hídricos Ley de Empresas Públicas para el Desarrollo de Recursos Hídricos
Calidad del Agua y Conservación Medioambiental	Ministerio del Medio Ambiente	Departamento del Medio Ambiente Acuático, Oficina de Gestión Medioambiental	Ley de Medidas Especiales para Embalses Ley Básica del Medio Ambiente
			Ley de Control de la Contaminación del Agua

La tabla 7 proviene de (NILIM & MLIT, 2001)

#### **3.2.3.4. Colombia**

En Colombia, entidades públicas de orden nacional como El Ministerio de Salud Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), promueven acciones orientadas a la salud y al desarrollo sostenible, a través de la formulación, coordinación, ejecución, evaluación, adopción e instrumentación técnica y normativa de políticas, bajo los principios de participación e integridad de la gestión pública; por tanto, exige el cumplimiento de los decretos y resoluciones basados en la Constitución Política de Colombia.

**Ley 715 de diciembre 21 de 2001:** Por la cual se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151, 288, 356 y 357 (Acto Legislativo 01 de 2001) de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones para organizar la prestación de los servicios de educación y salud, entre otros.

**Resolución 00414 de abril 12 de 2002:** Por la cual se adoptan Metodologías Analíticas Alternas para Análisis Físico, Químico y Bacteriológicos de Aguas para Consumo Humano.

**Decreto 1575 de mayo 09 de 2007:** Por el cual se establece “El Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano”. En el capítulo II, Características y Criterios de la Calidad del Agua Para Consumo Humano, se expone en el artículo 3°, las características físicas, químicas y microbiológicas junto con los criterios y valores máximos aceptables que debe cumplir el agua para el consumo humano.

**Resolución 2115 de junio 22 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. El capítulo II de esta resolución expone las características físicas y químicas para consumo humano tal cual como se observa en la tabla 8.

Tabla 8. Características físicas y químicas para consumo humano.

Características	Expresadas como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Temperatura	°C	
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable ó no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2
pH	H+	6,5 – 9,0
Conductividad	uS/cm	1.000
Amonio	NH <sub>4</sub>	
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN <sup>-</sup>	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos Totales	THMs	0,2
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	HAP	0,01
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,1
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10
Fluoruros	F <sup>-</sup>	1,0
Oxígeno Disuelto	O <sub>2</sub>	
Fenoles	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> OH	
Calcio	Ca	60
Acidez Total	CaCO <sub>3</sub>	
Alcalinidad Total	CaCO <sub>3</sub>	200
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub>	300
Dureza Cálcica	CaCO <sub>3</sub>	60
Dureza Magnésica	CaCO <sub>3</sub>	36
Cloro Libre	Cl <sub>2</sub>	0,3 y 2,0
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	250
Aluminio	Al <sup>3+</sup>	0,2
Hierro Total	Fe	0,3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,07
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,5
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	

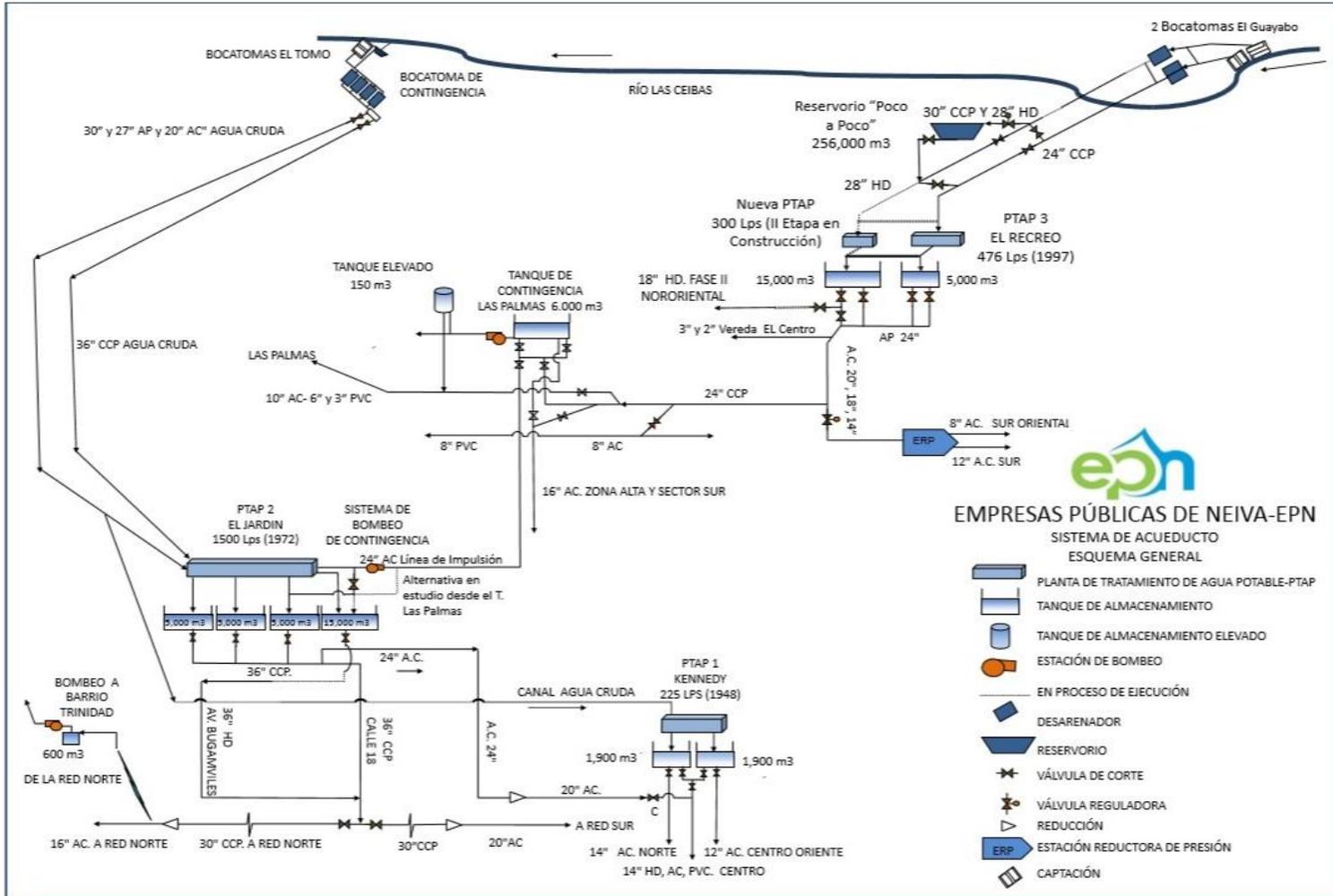
El capítulo III de la resolución 2115 expone en el artículo 11° las características microbiológicas del agua para consumo humano que deben enmarcarse dentro de unos valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) ó 1 microorganismo en 100 cm<sup>3</sup> de muestra (Tabla 9).

Tabla 9. Características microbiológicas.

Técnicas utilizadas	Coliformes totales	<i>Escherichia Coli</i>
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>
Sustrato Definido	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>

### 3.2.4. Fuente de abastecimiento del sistema de acueducto de Neiva.

El río Las Ceibas, es la fuente de abastecimiento del sistema de acueducto de Neiva. (Gráfica 1)



Gráfica 1. Esquema del sistema de acueducto de Neiva.

Fuente: Empresas Públicas de Neiva E.S.P 2015.

#### **3.2.4.1. Localización**

Su cuenca hidrográfica está localizada sobre la vertiente occidental de la cordillera oriental, en el municipio de Neiva y tiene una extensión de 28.165 hectáreas.

#### **3.2.4.2. Geología**

La cuenca del río Las Ceibas, desde el punto de vista regional, presenta un área que *“corresponde a tres bloques principales: El Valle de Magdalena dominado por rocas sedimentarias suave a moderadamente plegadas; el flanco bajo de la Cordillera Oriental dominado por rocas sedimentarias terciarias a cretácicas moderada a fuertemente plegadas en el Sinclinal de San Antonio; y la zona alta caracterizada por rocas ígneo-metamórficas altamente fracturadas del Macizo de Garzón”*. (Quiza Gáfaró & Rojas Díaz, 2013).

#### **3.2.4.3. Climatología de la cuenca**

Según datos de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, el caudal en invierno es del orden de los 3.5 m<sup>3</sup>/seg y en época de verano 2.4 m<sup>3</sup>/seg.

## **4. Objetivos**

### **4.1. Objetivo general**

- Determinar mediante el Test de Jarras en el laboratorio, la sustancia química y la dosis óptima para la coagulación de agua cruda en la Planta el Jardín de Empresas Públicas de Neiva.

### **4.2. Objetivos específicos**

- Realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos implementados en EPN.
- Contrastar los procedimientos de EPN respecto a la normatividad colombiana establecida en el Decreto 1575 de 2007 y en la Resolución Número 2115 de 2007.
- Realizar un estudio económico de los coagulantes para la potabilización del agua en la Planta el Jardín.

## **5. Metodología**

### **5.1. Muestras**

El río las Ceibas es la principal fuente de abastecimiento que llega a las tres plantas de tratamiento de agua y a la red de distribución de Empresas Públicas de Neiva E.S.P., como pasantes y apoyo, durante seis meses a partir del 2015 hasta el 2016, se tomó muestras en las tres plantas de tratamiento y en los treinta puntos de la red de distribución mencionados en la tabla 10 para el análisis microbiológico del agua empleando la técnica de enzima–sustrato tal como se describe en la guía N° 2 del anexo C.

Por otro lado, se tomó la decisión de tomar como muestra, el agua cruda que llega a la Planta el Jardín, es así que se llevó a cabo en el laboratorio de aguas de la empresa y durante un mes, diez y nueve (19) pruebas de jarras, analizando los parámetros físicos y químicos del agua con algunos coagulantes de diferentes empresas, los cuales se les hizo un estudio económico para la potabilización del agua en las plantas de tratamiento de Empresas Públicas de Neiva tal como se evidencia en el anexo I; para ello con la ayuda de galones y timbos plásticos, se tomaron para cada prueba, 13 litros de agua cruda proveniente del río Las Ceibas y disponible en la entrada a la planta de tratamiento el Jardín. En todas las pruebas o test de jarras, se registraron la fecha y hora junto con la información obtenida por el operador de turno de la planta, como el caudal y la dosificación de coagulante usado en partes por millón (ppm) (Gráfica 24 del anexo E).

Tabla 10. Puntos de muestreo de agua potable en Neiva.

Punto	Nombre	Localización	Diam-red	PTAP	X	Y
1	Novena Brigada	Cra. 16 con calle 20 - Costado SW	30"	Jardín	866067,07	816785,41
2	Éxito	Cra. 16 con calle 47 – Separador	6"	Jardín	865457,44	818342,95
3	Álamos Norte	Calle 50 con cra. 22 - Costado NW	4"	Jardín	866175,54	818842,45
4	Aeropuerto	Cra. 6 con calle 33 - Costado NW	8"	Jardín	864990,16	817685,15
5	El Cortijo	Cra. 16 con calle 55 - Costado SW	16"	Jardín	865275,13	818765,98
6	Virgilio Barco	Cra. 7 con calle 74A - Andén costado NO	6"	Jardín	865597,22	820027,6
7	La Inmaculada	Cra. 1 con calle 71 - Costado NO	6"	Jardín	864607,29	820037,91
8	La USCO	Avenida 26 con cra. 2W - Costado NW	12"	Jardín	864117,55	817112,08
9	El Triángulo	Avenida 26 con cra. 10W - Costado NO	6"	Jardín	863350,81	817245,84
10	Telehuila	Cra. 5 con calle 25A – Separador	12"	Jardín	864796,87	816876,22
11	Caracolí	Calle 21 con cra. 1A - Costado SO	3"	Jardín	864036,94	816092,01
12	El Mohán	Avenida circunvalar calle 10 - Separador oriental	3"	Kennedy	864691,62	815536,64
13	Altico	Calle 8 con cra. 12 - Costado NW	3"	Kennedy	866101,12	815821,29
14	Centro Metropolitano	Calle 6 con cra. 5 - Costado NO	3"	Kennedy	865401,55	815317,65
15	Matamundo	Cra. 5 con calle 2 sur - Costado NW	8"	Kennedy	865607,76	814703,65
16	Policía Vial	Cra. 5 con calle 19 sur - Costado SW	6"	Jardín	865717,05	813486,92
17	Los Nogales	Calle 21 con cra. 22 sur - Separador oriental	8"	Recreo	866892,4	813518,01
18	Puertas del Sol	Cra. 32 con calle 29 sur - Costado NO	3"	Recreo	867975,1	812382,02
19	El Limonar	Calle 22 sur con cra. 38 - Costado SO	3"	Recreo	868231,41	813347,63
20	San Martín	Cra. 19 con calle 1A - 68 - Costado oriental	4"	Jardín	866837,21	814686,03
21	Los Alpes	Cra. 36 con calle 2B bis - Costado oriental	8"	Recreo	868316,93	815129,92
22	Los Parques	Cra. 31 con calle 21 - Costado NO	8"	Recreo	867847,41	815440,4
23	Yumaná	Calle 8 con cra. 55 - Costado NW	8"	Recreo	870313,69	816337,29
24	Tanque Las Palmas	Calle 18 entre cra. 55 y 56 - Zona verde	16"	Recreo	870263,15	817088,76
25	Las Palmas	Cra. 52 con calle 26 - Costado SO	3"	Recreo	869634,36	817837,16
26	Villa Café	Cra. 49 con calle 19 - Costado SW	6"	Recreo	869571,4	816937,08
27	El Tesoro	Calle 25A con cra. 35A - Costado SO	4"	Recreo	868062,35	817666,15
28	La Orquídea	Calle 19 con cra. 31 - Costado SW	6"	Recreo	867721,45	816898,81
29	Siete de Agosto	Calle 11 N° 27-22 - Costado norte	3"	Kennedy	867290,2	816170,63
30	La Libertad	Cra 17A con cra. 22 - Costado NW	3"	Kennedy	866728,74	816653,5

## 5.2. Coagulantes empleados

Durante las pasantías en el laboratorio de EPN, en el mes de abril, se realizaron varios Test de jarras en donde se emplearon tres coagulantes, cada uno de diferentes empresas, tal como se puede apreciar en la tabla 5. La empresa Quinsa obsequió una muestra de Mackenfloc II, Hidroxicloruro de Aluminio (PAC), Poliquinsa y Poliquinsa II, de igual forma, la empresa Avia LTDA de Bogotá, facilitó el suministro del producto químico Hidroxicloruro de aluminio

(PAC), posteriormente se logró adquirir una muestra gratuita del coagulante Best Xanth de la compañía Comercial Fox S.A.S de Bogotá; finalmente la empresa Wost Services S.A.S de Neiva (Huila), también obsequió una muestra del coagulante Hidroxicloruro de aluminio (PAC). (Gráfica 23 del anexo E). Teniendo una amplia gama de coagulantes, se optó como objeto de estudio, los siguientes productos:

- Best Xanth por ser un biopolímero sólido – Comercial Fox S.A.S
- Hidroxicloruro de aluminio (PAC) por ser un polímero líquido por electrólisis – Avia LTDA
- PoliQuinsa por ser un polímero líquido – Quinsa

La información descrita en la tabla 4, 5 y 6 es obtenida por la ficha técnica (Anexo J) de algunos productos que cada empresa facilitó a los pasantes de la Universidad Surcolombiana en EPN.

### 5.3. Preparación de la solución patrón

En primer lugar, se llevó a cabo la revisión de la ficha técnica de cada insumo químico, teniendo en cuenta el estado, la concentración y la densidad para preparar una solución patrón de 100 mL de cada coagulante (Tabla 11).

Tabla 11. Características de los coagulantes.

N°	Empresa	Producto	Estado	Concentración	Densidad
1	Comercial Fox	Biopolímero BestXanth	Sólido	No especifica	No especifica
2	Avia	Polímero Hidroxicloruro de Aluminio (PAC)	Líquido	20%	1.30
3	Wost	Polímero Hidroxicloruro de Aluminio (PAC)	Líquido	20%	1.30
4	Quinsa	Polímero PoliQuinsa	Líquido	20%	1.31
5		Polímero PoliQuinsa II	Líquido	10.5%	1.31

**Coagulante en estado sólido:** Debido a que el biopolímero es en polvo y carece de datos importantes como la pureza y la concentración, la preparación se hizo por ensayo y error, es decir, se preparó varias soluciones con diferentes

concentraciones, de tal modo que en una balanza analítica (Gráfica 34 del anexo F), con la ayuda de una espátula, se pesó una cierta cantidad de gramos del producto Best Xanth en un vidrio reloj, luego se diluyó en un poco de agua destilada, trasvasando y aforando en un balón volumétrico hasta 100 mL. Las soluciones preparadas dieron diferentes resultados en las pruebas de jarras (Anexo H), entre las soluciones están:

- 0.010 gramos en 100 ml de agua destilada (Test de jarras N° 1).
- 0.1008 gramos en 100 ml de agua destilada (Test N° 2, 5, 6, 7, 16 y 17).
- 0.0501 gramos en 100 ml de agua destilada (Test de jarras N° 3 y 4).
- 0.2008 gramos en 100 ml de agua destilada (Test de jarras N° 8, 9 y 10).
- 0.1502 gramos en 100 ml de agua destilada (Test N° 11, 12, 13, 14 y 15).

**Coagulantes en estado líquido:** Antendiendo a las especificaciones de los coagulantes consignadas en sus fichas técnicas (Anexo J), se tuvo en cuenta la densidad del coagulante, para determinar el volumen requerido, luego se aforó hasta 100 mL con agua destilada con la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}} \rightarrow \text{Volumen} = \frac{\text{Masa}}{\text{Densidad}}$$

Una solución patrón al 1%, corresponde a 1 gramo y suponiendo un producto con una densidad de 1.30 g/mL, se tiene:

$$\text{Volumen} = \frac{1 \text{ gramo}}{1.30 \text{ g/mL}} = 0.77 \text{ mL del producto}$$

#### 5.4. Test de jarras

Por cada prueba de jarras, se adicionó 1 litro de agua cruda por cada beaker, colocados en los dos simuladores para el test de jarras. Posteriormente se verificó que cada paleta quedara en la mitad de los respectivos vasos. Se analizaron tres coagulantes diferentes, cada uno de los cuales se distribuyeron en cuatro jarras para un total de 12 (Gráfica 25 del anexo E).

**Dosificación:** Se prepararon las soluciones patrones y se consideraron las partes por millón (ppm) que estaban aplicando en planta. Se tomaron cuatro dosis

diferentes en jeringas, por cada producto y se dispusieron al lado del beaker respectivo. Teniendo en cuenta la numeración de los coagulantes: 1 Best Xanth, 2 PAC de Avia, 3 Poliquinsa, 4 PAC de Wost, 5 PAC de Quinsa, 6 Poliquinsa II, 7 Mackenfloc II y de Wost 8 (1093), 9 (1083) y 10 (1500), se detalla la siguiente tabla 12:

Tabla 12. Dosificación de coagulantes.

Prueba N°	Coagulantes	Dosis ppm en Jarras					
		1	2	3	4	5	6
1	1, 2, 3	10	12	14	16		
2	1, 2, 3	16	18	20	22		
3	1, 2, 3	10	12	14	16		
4	1, 2, 3	05	10	15	20		
5	1, 2, 3	24	26	28	30		
6	1, 2, 3	24	26	28	30		
7	1, 2, 3	20	22	24	26		
8	1	004	006	008	010		
	2	33	36	39	42		
	3	30	33	36	39		
9	1	0,16	0,20	0,24	0,28		
	2	36	38	40	42		
	3	32	34	36	38		
10	1	0,4	0,8	0,12	0,16		
	2	44	46	48	50		
	3	40	42	44	46		
11	1	0,35	0,40	0,45	0,50 ml		
	2 y 3	40	45	50	55		
	4, 5 y 7	45	50	55			
12	6	50	55	60			
	1	0,4	0,6	0,8	1,0 ml		
	2 y 3	27	30	33	36		
13	1	0,1	0,3	0,5	0,7 ml		
	2, 3	28	31	34	37		
	4 y 6	28	31	34			
14	1	0,04	0,06	0,08	0,1 ml		
	2	30	32	34	36		
	3	28	30	32	34		
15	1	0,02	0,04	0,06	0,08 ml		
	2	33	36	39	42		
	3	30	33	36	39		
16	1	0,1	0,3	0,5	0,7 ml		
	2 y 3	15	20	25	30		
	1	0,8	1,0	1,2	1,4 ml		
17	2	30	32	34	36		
	3	22	24	26	28		
	2, 3 y 4	20	25	30	35	40	45
19	2, 3, 8	48	50	52	54		
	9 y 10	45	50	55			

Se conectaron los simuladores, encendiéndolos de la parte posterior al lado derecho–inferior y de la parte frontal, al lado superior–derecho se oprimió el botón de la mitad sosteniéndolo por unos segundos hasta pasar a modo *Automático*, luego se oprimió cuatro veces seguidas, la tercera tecla de arriba hacia abajo para empezar los cuatro siguientes pasos:

- **Paso 1:** En 01:00 minuto, 100 rpm. Apenas inició este paso, se agregó la dosis de cada jeringa de forma inmediata a cada jarra y se lavó con la misma muestra de agua.

- **Paso 2:** En 15:00 minutos, 040 rpm. Se observó el floc formándose poco a poco desde el paso 1.

- **Paso 3:** En 15:00 minutos, 000 rpm. Empezó a formarse un floc más grueso.

- **Paso 4:** En 15:00 minutos, 000 rpm. Comenzó la precipitación, quedando la jarra cristalina.

Una vez terminado el proceso, con una jeringa de 50 mL, se tomó cuidadosamente una muestra de cada beaker y se adicionó a un recipiente de 150 mL y otra porción a un tubo de ensayo, seguidamente los tubos de ensayo fueron previamente rotulados para ser centrifugados.

## 5.5. Análisis físico-químico del agua

Los análisis físicos y químicos se realizaron al agua cruda y tratada, esta última se obtuvo después de realizar el test de jarras. De los 13 litros de agua cruda, se tomó 1 litro para registrar los datos iniciales de los siguientes parámetros:

- **Color aparente:** Las unidades se dan en Platino Cobalto (Pt–Co), y se empleó el espectrofotómetro (Gráfica 31 del anexo F), previo a cada ensayo se dejó encendido durante 15 a 30 minutos para garantizar el calentamiento de la lámpara de tungsteno; debido a que la pantalla es táctil y a color, se ingresó a *Programas de Usuario*, seleccionando *Color Último*, llenando una cubeta de cuarzo con agua destilada, tapándola y colocándola dentro del equipo; luego se

llevó hasta **Cero** haciendo la **Medición**, después se vació la cubeta y llenó nuevamente con la muestra, en este caso, agua cruda, y se midió para obtener la lectura correspondiente.

- **Color real:** Esta característica, se determinó, llenando un tubo de ensayo con agua cruda, luego se llevó a la centrifuga (Gráfica 33 del anexo F) durante diez (10) minutos a 80 revoluciones por minuto (rpm) y finalmente se adicionó el contenido del tubo de ensayo a una celda o cubeta de cuarzo para tomar la lectura correspondiente en el espectrofotómetro.

- **Turbiedad o turbidez:** Se mide en Unidad Nefelométrica de Turbidez (UNT), o en inglés Nephelometric Turbidity Unit (NTU), después de conectar el turbidímetro (Gráfica 32), se esperó de 15 a 30 minutos para calentar la lámpara de tungsteno, asegurando así el buen funcionamiento del equipo, se llenó la celda del turbidímetro con la muestra de agua cruda, se tapó e introdujo dentro del equipo, el cual dio lectura de manera automática.

- **Conductividad eléctrica:** Se expresa en unidades de microsiemens por centímetro (uS/cm), luego de estar encendido y calibrado el equipo, se introdujo la sonda del conductímetro (Gráfica 30 del anexo F) en la muestra de agua contenida en un beakery se oprimió el botón de medición.

- **Potencial de hidrógeno o pH:** Se lee en unidades de pH, el medidor se conectaba con una sonda IntelliCAL que reconocía automáticamente el parámetro; luego de encender y calibrar el equipo, se introdujo el electrodo de pH en la muestra de agua contenida en un beakery se obtuvo la medida respectiva.

- **Temperatura:** Se lee en grados Celsius o centígrados y se determinó cuando las sondas del conductímetro y del pH-metro arrojaban el dato en la pantalla al oprimirse el botón de medición.

## **6. Resultados.**

El test de jarras es una prueba para llevar a cabo análisis físicos y químicos del agua cruda y tratada, por otro lado algunas técnicas como el de enzima sustrato o el de presencia ausencia, se realizan para los análisis microbiológicos del agua.

Debido a la aplicación de los conocimientos previos acerca del análisis físico y químico del agua, se determinó mediante el Test de Jarras en el laboratorio de aguas, el coagulante (PoliQuinsa) y la dosis óptima con respecto a los valores de los parámetros de color y turbiedad tal como se detalla en la tabla 13 para el tratamiento de agua cruda en la Planta el Jardín de Empresas Públicas de Neiva, teniendo en cuenta la normatividad colombiana establecida en el Decreto 1575 de 2007 y en la Resolución Número 2115 de 2007.

En el mes de abril, se llevó a cabo, diez y nueve (19) pruebas de jarras, de las cuales doce (12) arrojaron excelentes resultados con el producto que está actualmente en planta, siendo el PoliQuinsa de la empresa Quinsa; seis (6) pruebas fueron buenas con el coagulante Hidroxicloruro de Aluminio (PAC) de la empresa Avia; cabe resaltar que actualmente, debido a que Empresas Públicas de Neiva E.S.P. se encuentra con el dilema de retomar un coagulante apto para la calidad del agua y económico para adquirirlo, se hicieron tan sólo tres (3) pruebas con otros insumos químicos diferentes de Quinsa, Avia y Wost, entre ellos, el PoliQuinsa II, Mackenfloc II, Hidroxicloruro de Aluminio (PAC) de la empresa Quinsa y 1093 – 1083 – 1500 de Wost, aun así los productos de Quinsa continuaron presentando buenos resultados (Anexo H).

En el momento de registrar los datos en el formato del Test de Jarras, se tuvo en cuenta parámetros físicos y químicos, en especial el color y la turbidez para elegir la jarra con el agua más transparente y limpia luego de haber aplicado el producto (Tabla 13).

Tabla 13. Dosis óptima de las 19 pruebas de jarras.

N°	Jarra	Coagulante	Dosis (mL)	Color A (Pt-Co)	Color R (Pt-Co)	Color Promedio	Turbiedad (NTU)	Conductividad (uS/cm)	pH
1	4	PoliQuinsa	1,6	9	7	8	0,52	162,0	8,01
2	4	PoliQuinsa	2,2	3	3	3	0,54	170,0	8,08
3	4	PoliQuinsa	1,6	5	3	4	0,18	155,7	7,84
4	4	PAC de Avia	2,0	2	5	3,5	0,25	161,8	7,83
5	1	PoliQuinsa	2,4	1	1	1	0,147	160,1	7,37
6	3	PoliQuinsa	2,8	5	7	6	0,20	192,3	7,90
7	1	PAC de Avia	2,0	5	2	3,5	0,20	184,1	7,83
8	2	PAC de Avia	3,6	6	3	4,5	0,31	180,1	8,04
9	3	PoliQuinsa	3,6	5	2	3,5	0,29	197,3	7,85
10	2	PoliQuinsa	4,2	7	5	6	0,33	174,4	8,17
11	3	PoliQuinsa	5,0	2	2	2	0,25	183,0	7,67
12	3	PoliQuinsa	3,3	4	5	3,5	0,25	167,0	7,84
13	2	PAC de Wost	3,1	3	2	2,5	0,33	170,2	7,98
14	4	PoliQuinsa	3,4	4	3	3,5	0,24	174,7	7,68
15	2	PAC de Avia	3,6	3	3	3	0,318	177,3	7,89
16	4	PoliQuinsa	3,0	6	2	4	0,54	168,9	7,91
17	4	PoliQuinsa	2,8	4	4	4	0,32	192,3	8,13
18	6	PAC de Avia	4,5	47			6,30		7,57
19	4	PAC de Avia	5,4	118			23,1		

Una vez seleccionadas las jarras más transparentes de los 19 Test de Jarras, se determinó adjuntar los datos obtenidos del número de jarras de cada coagulante en la siguiente tabla 14.

Tabla 14. Resultados de los coagulantes.

N°	Jarras	Porcentaje	Producto
1	12	63,16	PoliQuinsa
2	6	31,58	PAC de Avia
3	1	5,26	PAC de Wost
4	0	0	Best Xanth de Comercial Fox

Con los datos obtenidos, se realizó una gráfica con el porcentaje respecto a las jarras más transparentes de cada producto y así determinar coagulante óptimo, por tanto se tuvo en cuenta los siguientes cálculos:

Total Jarras                      19 = 100%

PoliQuinsa 12 = ?

$$\frac{12 \times 100}{19} = 63,16$$

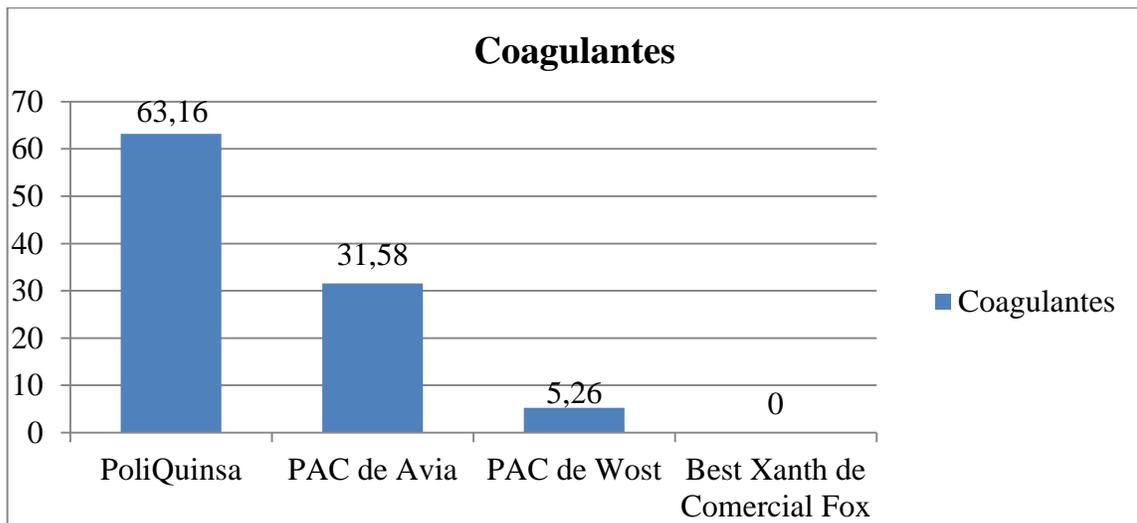
PAC de Avia 6 = ?

$$\frac{6 \times 100}{19} = 31,58$$

PAC de Wost 1 = ?

$$\frac{1 \times 100}{19} = 5,26$$

Best Xanth 0 = 0



Gráfica 2. Porcentaje de efectividad de los coagulantes.

Al analizar los datos obtenidos de la gráfica 2, se determinó que el producto con mayor eficiencia floculante es el poliQuinsa puesto que genera un floc oscuro, pequeño, consistente el cual se observa en el fondo del beaker dejando el agua a simple vista más transparente, por el contrario, el producto de Comercial Fox da menor eficiencia ya que deja un floc más claro, grueso y menos compacto, el cual se observa un poco disperso por el agua dejando la jarra menos cristalina,

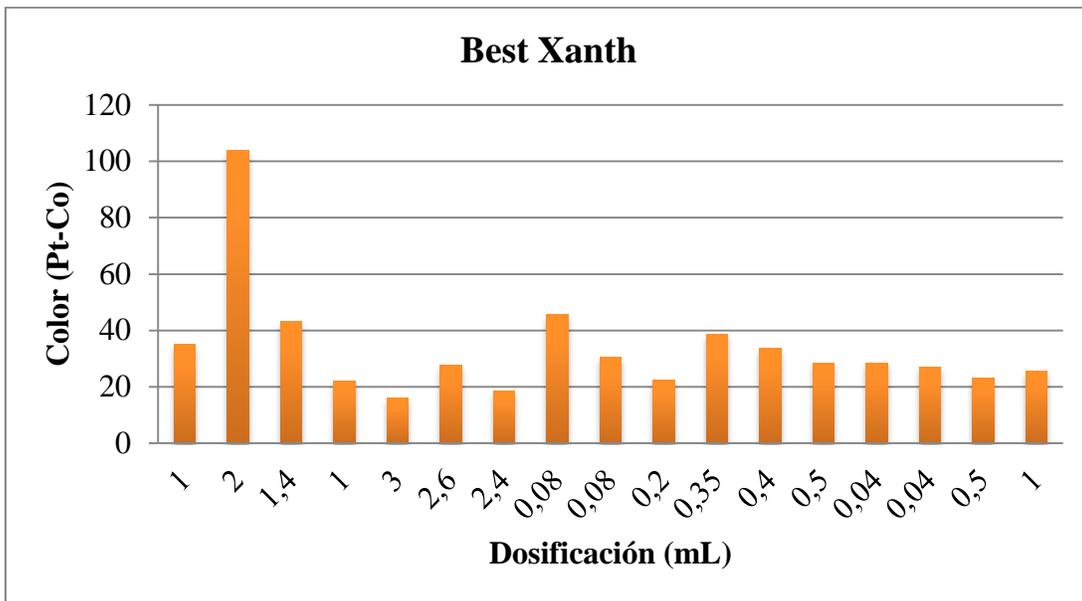
por tanto con el poliquinsa se obtiene como resultado agua de óptima calidad con respecto a la normatividad colombiana.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las diez y nueve (19) pruebas de jarras y registrados en los formatos de ensayos de coagulación, se estableció y comprobó el desempeño de cada producto mediante gráficos de diferentes parámetros como el color y la turbiedad frente a la dosis aplicada del coagulante.

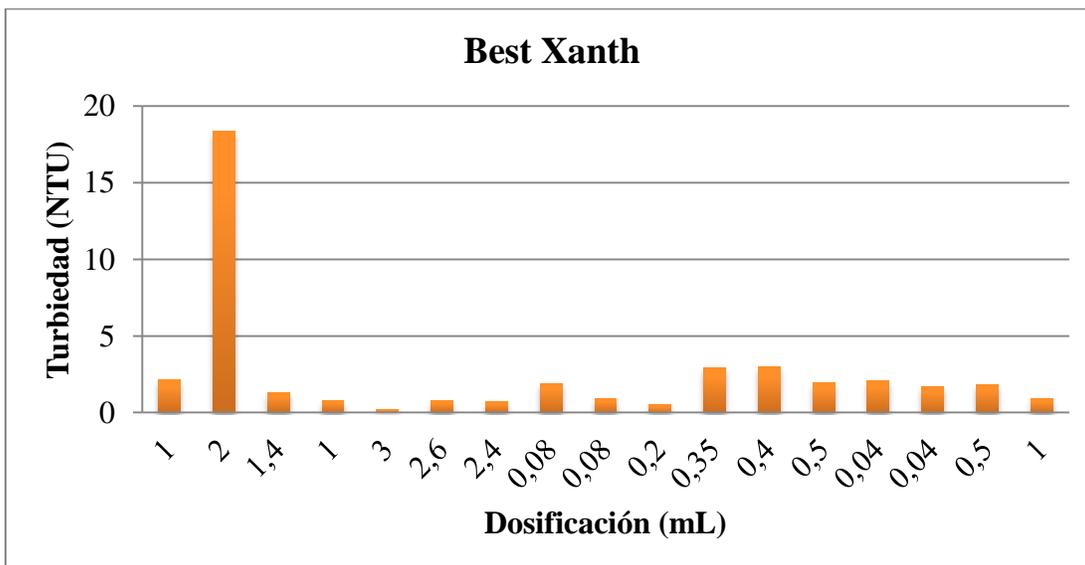
Para realizar las gráficas se tuvo en cuenta los datos de la mejor jarra de cada producto en cada uno de los test de jarras, tal como se detalla a continuación en las siguientes tablas 15, 16, 17 y gráficas 3, 4, 5, 6, 7 y 8:

Tabla 15. Parámetros y dosificación de Best Xanth.

Nº	Jarra	Color A (Pt-Co)	Color R (Pt-Co)	Color Promedio	Turbiedad (NTU)	Dosis (mL)
1	1	41	29	35	2,13	1
2	3	168	40	104	18,4	2
3	3	47	39	43	1,31	1,4
4	2	24	20	22	0,81	1
5	4	21	11	16	0,22	3
6	2	31	24	27,5	0,8	2,6
7	3	23	14	18,5	0,71	2,4
8	3	51	40	45,5	1,91	0,08
9	1	35	26	30,5	0,93	0,08
10	1	23	22	22,5	0,5	0,2
11	1	49	28	38,5	2,95	0,35
12	1	42	25	33,5	2,96	0,4
13	3	34	23	28,5	1,94	0,5
14	1	37	20	28,5	2,1	0,04
15	2	32	22	27	1,68	0,04
16	3	29	17	23	1,85	0,5
17	2	24	27	25,5	0,9	1



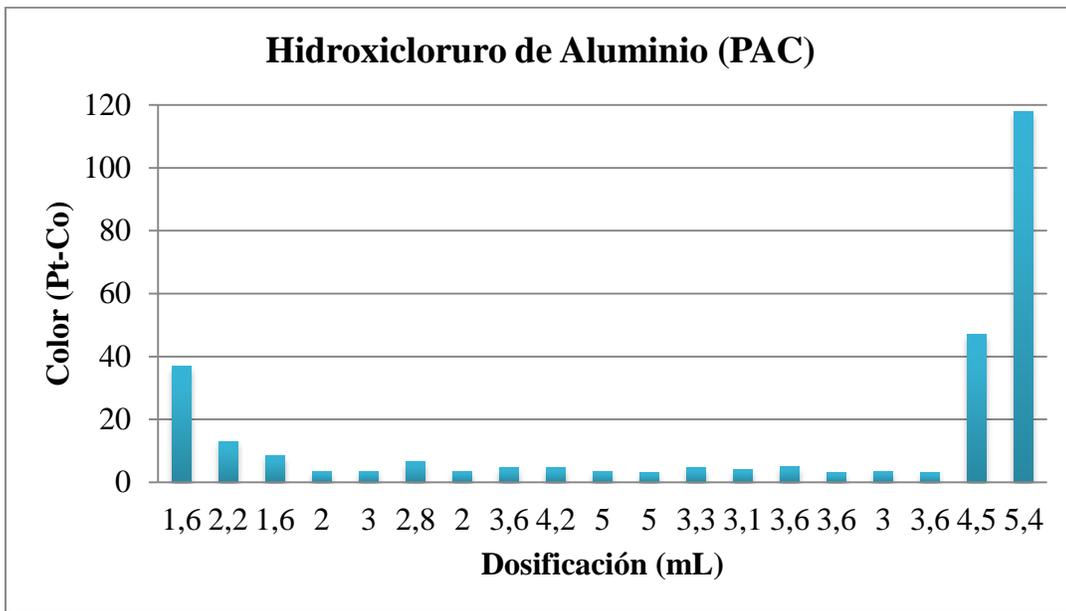
Gráfica 3. Color Vs dosificación de Best Xanth.



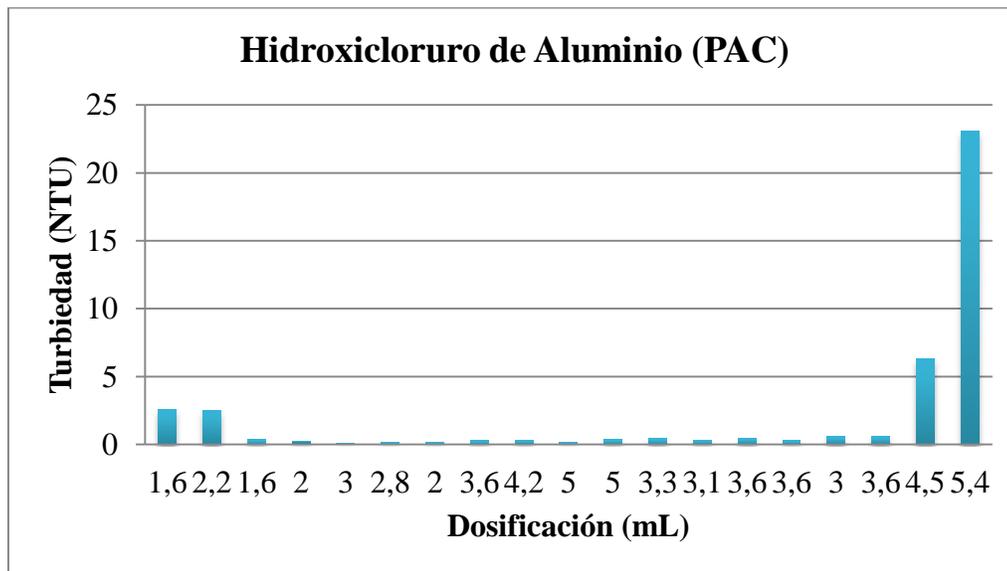
Gráfica 4. Turbiedad Vs dosificación de Best Xanth.

Tabla 16. Parámetros y dosificación del hidroxiclорuro de aluminio (PAC) de Avia.

N°	Jarra	Color A (Pt-Co)	Color R (Pt-Co)	Color Promedio	Turbiedad (NTU)	Dosis (mL)
1	4	48	26	37	2,58	1,6
2	4	18	8	13	2,5	2,2
3	4	9	8	8,5	0,39	1,6
4	4	2	5	3,5	0,25	2
5	4	4	3	3,5	0,124	3
6	3	8	5	6,5	0,2	2,8
7	1	5	2	3,5	0,2	2
8	2	6	3	4,5	0,31	3,6
9	4	5	4	4,5	0,33	4,2
10	4	4	3	3,5	0,19	5
11	3	4	2	3	0,38	5
12	3	5	4	4,5	0,45	3,3
13	2	4	4	4	0,34	3,1
14	4	6	4	5	0,48	3,6
15	2	3	3	3	0,318	3,6
16	4	5	2	3,5	0,6	3
17	4	4	2	3	0,6	3,6
18	6	47		47	6,3	4,5
19	4	118		118	23,1	5,4



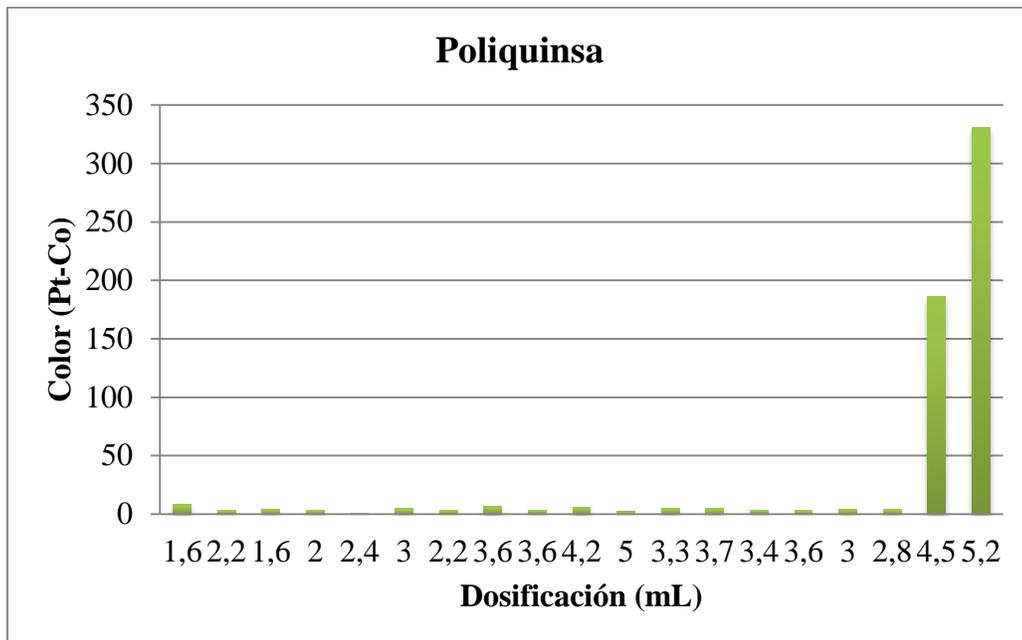
Gráfica 5. Color Vs dosificación del PAC.



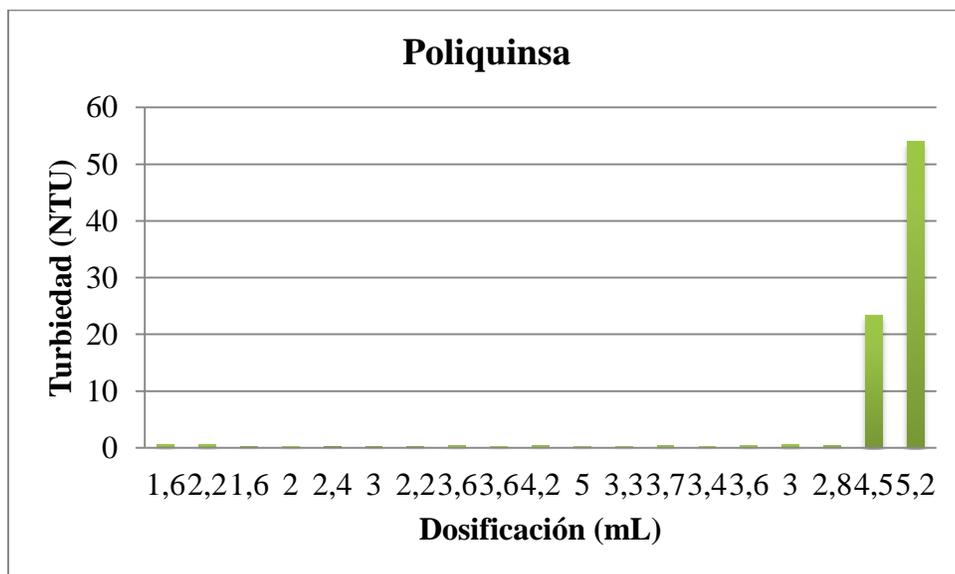
Gráfica 6. Turbiedad Vs dosificación del PAC.

Tabla 17. Parámetros y dosificación del Poliquinsa.

N°	Jarra	Color A (Pt-Co)	Color R (Pt-Co)	Color Promedio	Turbiedad (NTU)	Dosis (mL)
1	4	9	7	8	0,52	1,6
2	4	3	3	3	0,54	2,2
3	4	5	3	4	0,18	1,6
4	4	4	3	3,5	0,3	2
5	1	1	1	1	0,147	2,4
6	4	5	4	4,5	0,18	3
7	2	4	2	3	0,18	2,2
8	3	7	6	6,5	0,33	3,6
9	3	5	2	3,5	0,29	3,6
10	2	7	5	6	0,33	4,2
11	3	2	2	2	0,25	5
12	3	4	5	4,5	0,25	3,3
13	4	5	4	4,5	0,34	3,7
14	4	4	3	3,5	0,24	3,4
15	3	4	2	3	0,402	3,6
16	4	6	2	4	0,54	3
17	4	4	4	4	0,32	2,8
18	6	186			23,3	4,5
19	3	331			54	5,2



Gráfica 7. Color Vs dosificación del Poliquinsa.



Gráfica 8. Turbiedad Vs dosificación del Poliquinsa.

Con respecto al insumo químico Best Xanth de la empresa de Bogotá, Comercial Fox, es un biopolímero que se emplea para lago de lodos, la teoría plantea que este producto es efectivo a menor dosis, no obstante en las pruebas de jarras para el tratamiento de agua potable, a pesar de formar un mejor floc (más grueso) que los otros coagulantes, no presentó buenos resultados para bajar el color y la turbiedad; sin embargo esto puede ser un antecedente para la empresa puesto que en la actualidad compraron unos lotes por la zona occidental cerca del parque la rebeca en el municipio de Neiva (Huila) con el objetivo de implementar un lago de lodos como proyecto a largo plazo y así evitar la contaminación masiva del río Magdalena ya que todos los desechos de los reactivos empleados en el laboratorio del Jardín de Empresas Públicas de Neiva E.S.P se depositan por el vertedero que llega a la quebrada de la Toma y finalmente desemboca en el río Magdalena.

Por otro lado, la normatividad de Colombia al compararla con la de otros países avanzados (Tabla 18), en especial con España, el *Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano*, emplea los mismos parámetros y valores que en el Decreto 1575 y en la Resolución 2115 de Colombia.

Tabla 18. Parámetros de Colombia y España.

Características	Expresadas como	Colombia Valor máximo aceptable (mg/L)	España Valor paramétrico
Bacterias coliformes			0 UFC en 100 mL
Recuento de colonias a 22 °C a la salida de ETAP			100 UFC en 1 mL
Escherichia coli			0 UFC en 100 mL
Enterococo			0 UFC en 100 mL
Clostridium perfringens (incluidas las esporas)			0 UFC en 100 mL
Acrilamida			0,10 µg/L
Epiclorhidrina			0,10 µg/L
Cloruro de vinilo			0,50 µg/L
Temperatura	°C		
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15	15 mg/L Pt/Co
Olor y Sabor	Aceptable ó no aceptable	Aceptable	
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2	
pH	H+	6,5 – 9,0	
Conductividad	uS/cm	1.000	2.500 µS/cm <sup>-1</sup> a 20°C
Amonio	NH <sub>4</sub>		0,50 mg/L
Antimonio	Sb	0,02	5,0 µg/L
Arsénico	As	0,01	10 µg/L
Bario	Ba	0,7	
Benceno			1,0 µg/L
Benzo(α)pireno			0,010 µg/L
Boro			1,0 mg/L
Bromato			10 µg/L
Cadmio	Cd	0,003	5,0 µg/L
Cianuro libre y disociable	CN <sup>-</sup>	0,05	50 µg/L
Cobre	Cu	1,0	2,0 mg/L
Cromo total	Cr	0,05	50 µg/L
Mercurio	Hg	0,001	1,0 µg/L
Microcistina			1 µg/L
Níquel	Ni	0,02	20 µg/L
Plomo	Pb	0,01	10 µg/L
Selenio	Se	0,01	10 µg/L
Sodio			200 mg/L
Tricloroeteno + Tetracloroeteno			10 µg/L
Trihalometanos Totales	THMs	0,2	100 µg/L
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	HAP	0,01	0,10 µg/L
Carbono Orgánico Total	COT	5,0	
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,1	0,5 mg/L
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10	50 mg/L

... Continuación tabla 18

Características	Expresadas como	Colombia	España
		Valor máximo aceptable (mg/L)	Valor paramétrico
Fluoruros	F <sup>-</sup>	1,0	1,5 mg/L
Oxígeno Disuelto	O <sub>2</sub>		
Fenoles	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> OH		
Calcio	Ca	60	
Acidez Total	CaCO <sub>3</sub>		
Alcalinidad Total	CaCO <sub>3</sub>	200	
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub>	300	
Dureza Cálctica	CaCO <sub>3</sub>	60	
Dureza Magnésica	CaCO <sub>3</sub>	36	
Cloro Libre	Cl <sub>2</sub>	0,3 y 2,0	
Cloro libre residual			1,0 mg/L
Cloro combinado residual			2,0 mg/L
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	250	250 mg/L
Aluminio	Al <sup>3+</sup>	0,2	200 µg/L
Hierro Total	Fe	0,3	200 µg/L
Magnesio	Mg	36	
Manganeso	Mn	0,1	50 µg/L
Molibdeno	Mo	0,07	
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	250	250 mg/L
Zinc	Zn	3	
Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,5	
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>		

Con respecto a los análisis microbiológicos, las muestras se analizaron teniendo en cuenta la tabla NMP de la casa comercial IDEXX siendo satisfactorios para el consumo humano presentado en su totalidad valores menor que uno (<1) para microorganismos patógenos como coliformes totales, *Escherichia coli* y mesófilos, debido a la cantidad de datos y como evidencia, se pueden apreciar los resultados únicamente del mes de abril del 2016, por tanto, los datos de las tres plantas de tratamiento agua potable, fueron previamente registrados en la tabla 19 y con base a la información de los treinta puntos de muestreo en la red de distribución en Neiva consignados en la tabla 10, se observan los resultados en la tabla 20.

Tabla 19. Resultados microbiológicos en las plantas de tratamiento de

EPN.

REGISTRO CONTROL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS EN PLANTAS											
											
Proceso: Gestión de acueducto						Código: AC-FR-10 Versión: 01					
MES: ABRIL DE 2016											
NOTA: T: Tanque. CT: Coliformes Totales. Ec: Echerichia coli. M: Mesófilos. E: Enterococos											
DÍA	PLANTA JARDÍN					PLANTA KENNEDY		PLANTA RECREO			
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T1	T2	T3	T4
1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 48.9	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 78.4	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1
4	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 16	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 19.9	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 43.1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1
5	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 28.2	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 43.5	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1
6	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1
7	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1
8	CT: <1 Ec: <1 M: 24.1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1
11	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 6.1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 4.1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1
12	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 2.0	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 3.0	CT: <1 Ec: <1
13	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 31.2	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 28.5	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 13.2	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1
14	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1						
15	CT: <1 Ec: <1 M: 67.7	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 13.2	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 7.4	CT: <1 Ec: <1
18	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 27.2	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 12.1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 13.1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1
19	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 2.0	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 1.0	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 20.3
20	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 5.2	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 5.2	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 15.6	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1

... Continuación tabla 19.

REGISTRO CONTROL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS EN PLANTAS



Proceso: Gestión de acueducto

Código: AC-FR-10 Versión: 01

MES: ABRIL DE 2016

NOTA: T: Tanque. CT: Coliformes Totales. Ec: Echerichia coli. M: Mesófilos. E: Enterococos

DÍA	PLANTA JARDÍN					PLANTA KENNEDY		PLANTA RECREO				
21	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 3.1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 10.9	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 17.4	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	
22	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 8.4	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 10.8	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 19.9	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	
25	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 8.5	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 11.9	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 12.7	CT: <1 Ec: <1	
26	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	
27	CT: <1 Ec: <1 M: 3.0	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 4.1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 5.2	
28	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 9.6	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 7.4	CT: <1 Ec: <1 M: 5.2	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	
29	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 6.2	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 10.8	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 3.0	CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1	

Tabla 20. Resultados microbiológicos en los puntos de muestreo en Neiva.

REGISTRO CONTROL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO EN NEIVA.



Proceso: Gestión de acueducto																	Vigente desde: 14/03/2016		Código: AC-FR-09		Versión: 02	
MES: ABRIL DE 2016																						
NOTA: R: Resultado. CT: Coliformes Totales. Ec: Echerichia coli. M: Mesófilos. E: Enterococos																						
CÓDIGO	NOMBRE	R 1	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 11	R 12	R 13	R 14	R 15	R 18	R 19	R 20	R 21	R 22	R 25	R 26	R 27	R 28	R 29
1	Novena Brigada						CT: <1 Ec: <1 M: 2.0							CT: <1 Ec: <1		CT: <1 Ec: <1						
2	Éxito					CT: <1 Ec: <1 M: 3.1	CT: <1 Ec: <1 M: 1.0							CT: <1 Ec: <1		CT: <1 EC: <1 M: 20.3						
3	Álamos Norte					CT: <1 Ec: <1 M: 3.0	CT: <1 Ec: <1							CT: <1 Ec: <1		CT: <1 EC: <1 M: 10.1						
4	Aeropuerto					CT: <1 EC: <1																
5	El Cortijo					CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1							CT: <1 Ec: <1		CT: <1 Ec: <1						
6	Virgilio Barco																					
7	La Inmaculada					CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1			CT: <1 Ec: <1 M: 2.0						CT: <1 Ec: <1						
8	La USCO						CT: <1 Ec: <1			CT: <1 Ec: <1		CT: <1 Ec: <1										
9	El Triángulo									CT: <1 Ec: <1		CT: <1 EC: <1 M: 9.7								CT: <1 Ec: <1		
10	Telehuila					CT: <1 Ec: <1				CT: <1 Ec: <1		CT: <1 Ec: <1										

... Continuación tabla 20.

REGISTRO CONTROL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO EN NEIVA.



Proceso: Gestión de acueducto																	Vigente desde: 14/03/2016			Código: AC-FR-09			Versión: 02		
MES: ABRIL DE 2016																									
NOTA: R: Resultado. CT: Coliformes Totales. Ec: Echerichia coli. M: Mesófilos. E: Enterococos																									
CÓDIGO	NOMBRE	R 1	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 11	R 12	R 13	R 14	R 15	R 18	R 19	R 20	R 21	R 22	R 25	R 26	R 27	R 28	R 29			
11	Caracolí									CT: <1 Ec: <1		CT: <1 Ec: <1						CT: <1 Ec: <1			CT: <1 EC: <1 M: 2.0				
12	El Mohán									CT: <1 Ec: <1 M: 5.1		CT: <1 EC: <1 M: 6.3						CT: <1 EC: <1 M: 7.1			CT: <1 EC: <1 M: 5.2				
13	Altico																								
14	Centro M.																								
15	Matamundo			CT: <1 Ec: <1				CT: <1 Ec: <1 M: 4.1			CT: <1 Ec: <1							CT: <1 Ec: <1			CT: <1 EC: <1 M: 8.6				
16	Policía Vial			CT: <1 Ec: <1				CT: <1 Ec: <1 M: 9.4			CT: <1 Ec: <1							CT: <1 EC: <1 M: 6.0			CT: <1 EC: <1 M: 4.1				
17	Los Nogales			CT: <1 Ec: <1				CT: <1 Ec: <1			CT: <1 Ec: <1										CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1			
18	Puertas del Sol			CT: <1 Ec: <1				CT: <1 Ec: <1			CT: <1 Ec: <1										CT: <1 Ec: <1				
19	El Limonar			CT: <1 Ec: <1 M: 2.0				CT: <1 Ec: <1			CT: <1 Ec: <1 M: 15.8														
20	San Martín																								
21	Los Alpes		CT: <1 Ec: <1					CT: <1 Ec: <1								CT: <1 Ec: <1 M: 8.6									

... Continuación tabla 20.

REGISTRO CONTROL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO EN NEIVA.



Proceso: Gestión de acueducto																	Vigente desde: 14/03/2016		Código: AC-FR-09		Versión: 02		
MES: ABRIL DE 2016																							
NOTA: R: Resultado. CT: Coliformes Totales. Ec: Echerichia coli. M: Mesófilos. E: Enterococos																							
CÓDIGO	NOMBRE	R 1	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 11	R 12	R 13	R 14	R 15	R 18	R 19	R 20	R 21	R 22	R 25	R 26	R 27	R 28	R 29	
22	Los Parques		CT: <1 Ec: <1												CT: <1 Ec: <1 M: 3.0					CT: <1 Ec: <1			
23	Yumaná	CT: <1 Ec: <1 M: <1	CT: <1 Ec: <1		CT: <1 Ec: <1 M: <1				CT: <1 Ec: <1 M: 6.1				CT: <1 Ec: <1 M: 3.1	CT: <1 Ec: <1			CT: <1 Ec: <1		CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1		CT: <1 Ec: <1	
24	Tanque Las Palmas				CT: <1 Ec: <1				CT: <1 Ec: <1 M: 5.1				CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1			CT: <1 Ec: <1		CT: <1 Ec: <1			CT: <1 Ec: <1	
25	Las Palmas	CT: <1 Ec: <1			CT: <1 Ec: <1				CT: <1 Ec: <1				CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1			CT: <1 Ec: <1		CT: <1 Ec: <1				
26	Villa Café				CT: <1 Ec: <1 M: 5.2				CT: <1 Ec: <1				CT: <1 Ec: <1 M: 2.0				CT: <1 Ec: <1 M: 11.5					CT: <1 Ec: <1 M: 7.3	
27	El Tesoro	CT: <1 Ec: <1			CT: <1 Ec: <1				CT: <1 Ec: <1				CT: <1 Ec: <1				CT: <1 Ec: <1		CT: <1 Ec: <1				
28	La Orquídea	CT: <1 Ec: <1 M: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 3.1		CT: <1 Ec: <1				CT: <1 Ec: <1					CT: <1 Ec: <1 M: 6.3			CT: <1 Ec: <1 M: 8.3		CT: <1 Ec: <1		CT: <1 Ec: <1	CT: <1 Ec: <1 M: 2.0	
29	Siete de Agosto		CT: <1 Ec: <1									CT: <1 Ec: <1											
30	La Libertad		CT: <1 Ec: <1								CT: <1 Ec: <1 M: 12.0			CT: <1 Ec: <1 M: 4.1							CT: <1 Ec: <1		

## 7. Conclusiones

Los objetivos planteados al inicio del proyecto se cumplieron satisfactoriamente y como evidencia de ello, se ve reflejado a lo largo del desarrollo de la investigación plasmada en este documento junto con los anexos, en los cuales se detalla los siguientes aportes:

### • Académicos

El convenio establecido por cinco años entre la Universidad Surcolombiana y Empresas Públicas de Neiva E.S.P. a partir del año 2015, un logro para que futuros pasantes de todos los programas continúe dejando en alto el nombre de la Universidad Surcolombiana (USCO).

Con respecto a la parte pedagógica como estudiantes de la Facultad de Educación del Programa de Pregrado de Licenciatura en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología, se crearon dos guías de laboratorio acorde con las actividades laborales que se realizaban a diario en el laboratorio de aguas en la Planta de Tratamiento el Jardín de Empresas Públicas de Neiva E.S.P, dichas guías son la N°1. Prueba o Test de Jarras para el análisis físico y químico del agua (Anexo B) y la N°2. Tecnología de sustrato definido para el análisis microbiológico del agua (Anexo C), las cuales fueron implementadas por primera vez el jueves 05 de mayo del 2016, por un grupo de estudiantes de la facultad de ingeniería de la USCO, de la asignatura de Microbiología de alimentos orientada por la Ingeniera Agrícola, Ph.D. en Biotecnología y docente del programa de ingeniería agrícola de la Universidad Surcolombiana Claudia Milena Amorocho Cruz.

### • Laborales

Se realizaron todas las actividades encomendadas y orientadas por el jefe del laboratorio de aguas de Empresas Públicas de Neiva E.S.P, sirviendo de apoyo en la toma de muestra en las tres plantas de tratamiento y red de distribución, en la realización de los procedimientos de análisis físicos, químicos y microbiológicos

que se requieren a diario y cumple con la normatividad legal vigente, como también se colaboró en la validación de los métodos analíticos de las tres áreas, necesarios para la acreditación del sistema de gestión de calidad del laboratorio, bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025.

- **Específicos**

Se determinó mediante el Test de Jarras en el laboratorio de aguas, el PoliQuinsa como el coagulante junto con las dosis óptima como se detalla en la tabla 13 para el tratamiento de agua cruda en la Planta el Jardín de Empresas Públicas de Neiva, teniendo en cuenta la normatividad colombiana establecida en el Decreto 1575 de 2007 y en la Resolución Número 2115 de 2007

Con respecto a la tabla 14 y la gráfica 2, se halló la efectividad de cada coagulante teniendo en cuenta la normatividad colombiana establecida en el Decreto 1575 de 2007 y en la Resolución Número 2115 de 2007.

De acuerdo a la tabla 15, 16, 17 y la gráfica 3, 4, 5, 6, 7 y 8 se analizaron los parámetros físicos y químicos de los ensayos de tratabilidad del agua cruda con los diferentes coagulantes en la Planta de Tratamiento el Jardín de Empresas Públicas de Neiva.

Se realizó un estudio económico de los coagulantes tal como se detalla en el anexo I para la potabilización del agua en la Planta el Jardín.

Se llevó a cabo la comparación de la normatividad de Colombia con la de otros países avanzados (Tabla 18).

- **Individuales**

Gracias al esfuerzo, se logró obtener el certificado expedido por Hach Company y el certificado expedido por el asesor de la oficina de talento humano de Empresas Públicas de Neiva E.S.P. el lunes 02 de mayo del año 2016.

## **8. Recomendaciones**

Los estudiantes de la Universidad Surcolombiana deberían renovar el convenio cada 5 o 10 años con Empresas Públicas de Neiva E.S.P para llevar a cabo no solamente las pasantías, si no también prácticas extramuros de laboratorios e investigaciones con la ayuda de los profesionales de la planta de EPN.

Debido a que Empresas Públicas de Neiva E.S.P tiene disponibilidad de terreno, se recomienda instalaren el menor tiempo posible, un lago de lodos para evitar que el agua con la que se lava los sedimentadores y filtros de las plantas de tratamiento junto con los desechos de los reactivos empleados en el laboratorio del Jardín de EPN se depositen por el vertedero que llega a la quebrada de la Toma y finalmente desemboca en el río Magdalena, ya que genera un impacto ambiental negativo.

Implementar un lugar adecuado o realizar un convenio con una entidad especial para que además de llevarse todos los reactivos vencidos, se haga cargo de pasar periódicamente por los desechos de los análisis que se llevan a cabo en el laboratorio, puesto que éstos se arrojan diariamente por las tuberías y caen directamente al río Magdalena.

Con respecto a la normatividad general sobre la calidad del agua potable, es importante continuar comparando la de Colombia con la de otros países potenciales con el fin de actualizar los procesos de tratabilidad del agua y buscar la manera de emplearlos en el país.

Emplear otras técnicas de coagulación además del test de jarras para compararlas con éste.

Realizar un monitoreo permanente de la calidad de la fuente hídrica de abastecimiento de las plantas de tratamiento de agua del municipio de Neiva Huila.

Calibrar a diario los equipos de Hach Company tales como el espectrofotómetro DR 6000, el pHmetro, conductímetro y el turbidímetro para darle un buen uso.

Hacer un estudio de las fincas ganaderas, cacaoteras, cafeteras entre otras, para verificar que los desagües que llegan al cauce del río las Ceibas que es captada por la bocatoma el Guayabo, no estén afectando el color y la turbidez del agua que llega a la Planta el Recreo.

## Bibliografía

- Ministerio de Salud de la República de Colombia. (2002). *Resolución Número 00414 de abril 12 de 2002*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2015, de Resolución Número 00414 de abril 12 de 2002.:  
[https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/RESOLUCI%C3%93N%200414%20DE%202002.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/RESOLUCI%C3%93N%200414%20DE%202002.pdf)
- Aguilar, M., Sáez, J., Lloréns, M., Soler, A., & Ortuño, J. (2002). *Tratamiento Físico–Químico de Aguas Residuales: Coagulación–Floculación*. (Editum, Editor) Recuperado el 20 de Febrero de 2016, de Tratamiento Físico–Químico de Aguas Residuales: Coagulación–Floculación.:  
[https://books.google.com.co/books?id=8vIQBXPvhAUC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=8vIQBXPvhAUC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- APHA (American Public Health Association), A. (. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters*. Washington, E.U.A.
- Arango Ruíz, Á. (Enero de 2005). *La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales*. (Revista Lasallista de Investigación, Editor) Recuperado el 21 de Febrero de 2016, de Redalyc:  
<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69520109>><<http://www.redalyc.org/pdf/695/69520109.pdf>>
- Arboleda Valencia, J. (2000). *Teoría y Práctica de la Purificación del Agua*. (3ª ed.). Bogotá, Colombia: MCGraw Hill.
- AWWA (American Water Works Association). (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters* (21 ed.).
- AWWA (American Water Works Association). (2006). *Manual M48: Waterborne pathogens*. (2ª ed.).
- Black, J. (1996). *Microbiology. Principles y Applications*. ( 3ª Ed ed.). Prentice Hall.
- Bureau Veritas Formación. (2008). *Manual para la Formación en Medio Ambiente. España. Pp 807*, 1ª Ed. (Lex Nova S.A. , Editor) Recuperado el 22 de Febrero de 2016, de Manual para la Formación en Medio Ambiente. España. Pp 807:

[https://books.google.com.co/books?id=J7rMDpW49ZQC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.co/books?id=J7rMDpW49ZQC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true)

- Carenas, F., M. B., Giner, R., J. L., González, Y., J., & Pozo, R., M. (2014). *Geología*. (P. S. España, Editor) Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de Geología:  
[https://books.google.com.co/books?id=g3a6AwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=g3a6AwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- DEKRA. (2016). *Ficha de servicios. Medición y control de olores*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de Ficha de servicios. Medición y control de olores: [http://www.dekra-ambio.es/wp-content/uploads/2013/02/FICHA-Servicio\\_OLORES.pdf](http://www.dekra-ambio.es/wp-content/uploads/2013/02/FICHA-Servicio_OLORES.pdf)
- E.S.P., E. P. (2016). *Las Ceibas*. Recuperado el 15 de Enero de 2017, de <http://www.lasceibas.gov.co/las-ceibas/plantas-de-tratamiento-de-agua-potable>
- EPA, A. (2006). *Legislaciones. Enciclopedia Cubana en la Red (EcuRed)*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2015, de Legislaciones. Enciclopedia Cubana en la Red (EcuRed):  
[http://www.ecured.cu/Agencia\\_de\\_Proteccion\\_Ambiental\\_de\\_los\\_EE.UU\\_\(EPA\)](http://www.ecured.cu/Agencia_de_Proteccion_Ambiental_de_los_EE.UU_(EPA))
- Fernández Rendón, C. L., & Barrera Escorcia, G. (2013). *Comparación de técnicas para la extracción de bacterias coliformes del sedimento del lago de Xochimilco, México*. Recuperado el 09 de abril de 2016, de ScienceDirect. Revista Argentina de Microbiología. vol.45, n.3.Pp. 180–184.:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754113700221#>
- García, H., M., Martínez, C., F., & Utrilla, A., A. (2006). *ATS/DUE Personal Laboral Grupo II de la Comunidad Autónoma de Extremadura, Vol. II*. (MAD, Editor) Recuperado el 16 de Abril de 2016, de ATS/DUE Personal Laboral Grupo II de la Comunidad Autónoma de Extremadura:  
[https://books.google.com.co/books?id=BPNo5dp8DJ8C&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.co/books?id=BPNo5dp8DJ8C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true)
- González, L., G. R. (2012). *Microbiología del Agua. Conceptos y Aplicaciones*. (1 ed.). Bogotá., Colombia.: Escuela Colombiana de Ingeniería.

- Guías para la calidad del agua potable. (1988). *Publicación Científica N° 508. Control de la calidad del agua potable en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades*. Recuperado el 22 de Agosto de 2016, de [https://books.google.com.co/books?id=X9QgncMbnsYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.co/books?id=X9QgncMbnsYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true)
- Guohua, C. (2004). *Separation and Purification Technology. Vol 38. 1a Ed. Pp 11–41*. (ELSEVIER, Editor) Recuperado el 1 de Mayo de 2016, de Science Direct: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586603002636>
- JICA, A. (2010). *Proyecto de Mejoramiento de la Capacidad para Establecer Normas Mexicanas sobre los Criterios de la Calidad del Agua. Manual para el establecimiento de los criterios ambientales de la calidad del agua, 1.1*. Recuperado el 17 de Mayo de 2016, de Proyecto de Mejoramiento de la Capacidad para Establecer Normas Mexicanas sobre los Criterios de la Calidad del Agua. Manual para el establecimiento de los criterios ambientales de la calidad del agua: [http://gwwweb.jica.go.jp/km/ProjDoc245.nsf/VW02040102/ED66648D7BB1A1B84925776D002A0CE3/\\$FILE/Manual\\_Ver11\\_Spn\\_100629.pdf](http://gwwweb.jica.go.jp/km/ProjDoc245.nsf/VW02040102/ED66648D7BB1A1B84925776D002A0CE3/$FILE/Manual_Ver11_Spn_100629.pdf)
- Jiménez, B. (2001). *La Contaminación Ambiental en México: Causas, efectos y tecnología apropiada. México. Pp 200*. (Limusa, Editor) Recuperado el 27 de Febrero de 2016, de La Contaminación Ambiental en México: Causas, efectos y tecnología apropiada. México. Pp 200: [https://books.google.com.co/books?id=8MVxlyJGokIC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.co/books?id=8MVxlyJGokIC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true)
- Librería Licitec. (2012). *Ciencias Ambientales. Standard methods for the examination of water and wastewater*. Recuperado el 11 de Abril de 2016, de Ciencias Ambientales. Standard methods for the examination of water and wastewater.: <http://www.cienciasambientales.com/es/noticias-ambientales/standard-methods-for-the-examination-of-water-and-wastewater-3481>
- Manuel de la Rosa Fraile, & Prieto, P., J. (2003). *Microbiología en ciencias de la salud: Conceptos y aplicaciones. 2ª Ed. Madrid. Pp 359*. (Elsevier España S.A, Editor) Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de Microbiología en ciencias de la salud: Conceptos y aplicaciones. 2ª Ed. Madrid. Pp 359:

[https://books.google.com.co/books?id=ZttS4l6wCpYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb\\_s\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.co/books?id=ZttS4l6wCpYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true)

Merk. (2000). *Manual de medios de cultivo*.

Ministry of Health, Labour and Welfare , M. (2008). *Suministro de Agua en Japón*. Recuperado el 7 de Mayo de 2016, de Suministro de Agua en Japón.: [http://www.mhlw.go.jp/english/policy/health/water\\_supply/4.html](http://www.mhlw.go.jp/english/policy/health/water_supply/4.html)

Morales, J. V., & Sánchez, J. A. (2003). *Física y Química*. Recuperado el 21 de Febrero de 2016, de Física y Química:  
[https://books.google.com.co/books?id=qx7Tw\\_7XxM4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gb\\_s\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.co/books?id=qx7Tw_7XxM4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true)

Niebuhr Kakiuchi, D. C. (2015). *Gastroenterología. Clínica Delgado. Helicobacter pylori. Más que una simple bacteria*. Recuperado el 10 de Abril de 2016, de <https://clinicadelgado.pe/helicobacter-pylori/>

NILIM, I., & MLIT, M. (2001). *El Gran Tokio, Japón. Capítulo 22. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)*. Recuperado el 3 de Junio de 2016, de [http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr1/pdf/chap22\\_es.pdf](http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr1/pdf/chap22_es.pdf)

Ortega González, L. M. (2010). *Enterococos: actualización. SciELO. Revista Habanera de Ciencias Médicas. vol.9, n.4. Pp. 507–515*. Recuperado el 09 de Abril de 2016, de  
<<http://scielo.sld.cu/pdf/rhcm/v9n4/rhcm10410.pdf>><[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729-519X2010000400010&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2010000400010&lng=es&nrm=iso)>

Ortíz Aguirre, R. (1996). *Glosario Geohidrológico*. Recuperado el 18 de diciembre de 2015, de Glosario Geohidrológico:  
[https://books.google.com.co/books?id=aaM\\_vpBzDdMC&printsec=frontcover&dq=Glosario+Geohidrol%C3%B3gico+ortiz&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiWxc\\_F7KHPAhXFpR4KHUTEbkYQ6AEIGjAA#v=onepage&q=Glosario%20Geohidrol%C3%B3gico%20ortiz&f=false](https://books.google.com.co/books?id=aaM_vpBzDdMC&printsec=frontcover&dq=Glosario+Geohidrol%C3%B3gico+ortiz&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiWxc_F7KHPAhXFpR4KHUTEbkYQ6AEIGjAA#v=onepage&q=Glosario%20Geohidrol%C3%B3gico%20ortiz&f=false)

Peralta, G., C. I., González, S., H., & Avendaño, R., Á. E. (2002). *Fundamentos de Termodinámica* (1 ed.). Neiva Huila Colombia: Universidad Surcolombiana.

- Pérez, V., A., Torres, L., P., & Cruz, V., C. H. (2009). *Planes de Seguridad del Agua. Fundamentos y Perspectivas de Implementación en Colombia. (Water Safety Plans. Fundamentals and Prospects for Implementing them in Colombia)*. Ingeniería e Investigación.
- Quiza Gáfaró, J. M., & Rojas Díaz, F. H. (2013). *Estudios de Floculación Para el Reemplazo del Sulfato de Aluminio Granulado Tipo B Como Coagulante en la Potabilización de Agua de la Planta de Tratamiento El Jardín de la Ciudad de Neiva*. Neiva Huila Colombia: Universidad Surcolombiana.
- Rheinheimer, G. (1987). *Microbiología de las aguas*. Zaragoza: Acribia S.A.
- Romero Cabello, R. (2007). *Microbiología y Parasitología Humana: Bases etiológicas de las enfermedades infecciosas y parasitarias*. (M. Panamericana, Editor) Recuperado el 09 de 01 de 2016, de Microbiología y Parasitología Humana: Bases etiológicas de las enfermedades infecciosas y parasitarias.: [https://books.google.com.co/books?id=Wv026CUhR6YC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.co/books?id=Wv026CUhR6YC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true)
- Romero Rojas, J. A. (1995). *Acuipurificación. Diseño de sistemas de purificación de aguas*. (2ª ed.). Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sainz Sastre, J. A. (2005). *Tecnologías para la Sostenibilidad: Procesos y Operaciones Unitarias en Depuración de Aguas Residuales*., 1ª Ed. (F. E. ambiente, Editor) Recuperado el 07 de Febrero de 2016, de Tecnologías para la Sostenibilidad: Procesos y Operaciones Unitarias en Depuración de Aguas Residuales.: [https://books.google.com.co/books?id=r9aK7UttDU8C&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.co/books?id=r9aK7UttDU8C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true)
- SESA, S. (2008). *Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA). Marco legislativo sobre aguas*. Recuperado el 05 de Diciembre de 2016, de Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA). Marco legislativo sobre aguas.: <http://www.sanidadambiental.com/legislacion/aguas/>
- Soriano, R., A., & Pancorbo, F., F. J. (2012.). *Suministro Distribución y Evacuación Interior de Agua Sanitaria*, 1a Ed. (M. S.A, Editor, & España, Productor) Recuperado el 07 de Mayo de 2016, de Suministro Distribución y Evacuación Interior de Agua Sanitaria:

[https://books.google.com.co/books?id=yohmlAo6Z-8C&printsec=frontcover&dq=Suministro,+Distribuci%C3%B3n+y+Evacuaci%C3%B3n+Interior+de+Agua+Sanitaria.&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwidi4\\_Sj5zPAhWDKh4KHWvdCJkQ6AEIGjAA#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.co/books?id=yohmlAo6Z-8C&printsec=frontcover&dq=Suministro,+Distribuci%C3%B3n+y+Evacuaci%C3%B3n+Interior+de+Agua+Sanitaria.&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwidi4_Sj5zPAhWDKh4KHWvdCJkQ6AEIGjAA#v=onepage&q&f=true)

Unidas, N. (2004). *Atlas de Productos Básicos*. Recuperado el 23 de Marzo de 2015, de Atlas de Productos Básicos:

[https://books.google.com.co/books?id=KhzSZUMdIUeC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.co/books?id=KhzSZUMdIUeC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true)

Winn, W., Allen, S., Janda, W., Koneman, E., Procop, G., Schreckenberger, P., y otros. (2008). *Koneman: Diagnóstico Microbiológico. Texto y Atlas en color*. (Médica Panamericana, Editor) Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de Koneman: Diagnóstico Microbiológico. Texto y Atlas en color.:

[https://books.google.com.co/books?id=jyVQueKro88C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.co/books?id=jyVQueKro88C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true)

Yaniris, L. (15 de Agosto de 2006). *Redalyc. Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación*. Recuperado el 27 de Diciembre de 2016, de Redalyc. Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120664002>

Zheng, W. (2016). *China National Standards & Industry Standards*. Recuperado el 29 de Marzo de 2016, de China National Standards & Industry Standards:

[https://books.google.com.co/books?id=j1UEBAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=j1UEBAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

## Anexo A.



### **Convenio interadministrativo de cooperación académica para la realización de prácticas suscrito entre Empresas Públicas de Neiva E.S.P y la Universidad Surcolombiana “USCO”.**

Entre los suscritos a saber **AURELIO NAVARRO CUELLAR**, mayor de edad y vecino de Neiva, identificado con la Cédula de Ciudadanía No. 12.115.882 expedida en Neiva (Huila), en su calidad de Gerente General de Empresas Públicas de Neiva E.S.P, nombrado para ejercer dicho cargo mediante Decreto N° 0092 del 17 de Enero de 2013, posesionado y facultado para celebrar convenios de conformidad con lo señalado en el artículo 17, de los Estatutos Internos de las Empresas Públicas de Neiva E.S.P y quien en adelante se denominará **LA EMPRESA**, por una parte; y por la otra **PEDRO LEÓN REYES GASPAS**, mayor de edad y vecino de Neiva, identificado con la cédula de ciudadanía No. 12.111.356 expedida en Neiva, quien actúa como Representante Legal de la **UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**, ente autónomo universitario con régimen especial – Nit. 891.180.084-2-, creado por la Ley 13 de 1976 y regido por la Ley 30 de 1992, en calidad de Rector, designado mediante Resolución No. 017 del 19 de septiembre de 2014 proferida por el Consejo Superior de la Universidad Surcolombiana, quien para los efectos del presente Convenio se denominará, **LA UNIVERSIDAD**, acordamos celebrar este Convenio de Cooperación Académica Interinstitucional para la realización de prácticas, conforme a las siguientes cláusulas que se detallan a continuación, previas las siguientes consideraciones: **a)** Que la UNIVERSIDAD, está interesada en brindar colaboración a los estudiantes que estén adelantando o culminando su plan de estudios de los diferentes programas que establece la UNIVERSIDAD, mediante la ubicación de algunos de ellos en las instalaciones administrativas y técnicas de la EMPRESA, con el fin de que pongan en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la respectiva carrera. **b)** Que la EMPRESA, facilita el desarrollo de dichas prácticas, en tareas o proyectos específicos adelantados dentro de sus actividades administrativas y técnicas, al ubicar estudiantes que estén adelantando o hayan culminado el plan de estudios de los diferentes programas que establezca LA UNIVERSIDAD. **c)** Que LA EMPRESA, requiere apoyo humano

para cumplir las obligaciones y deberes que contempla como EMPRESA INDUSTRIAL y COMERCIAL DEL ESTADO. De ésta forma, y en virtud de la suscripción del presente Convenio LA EMPRESA considera pertinente y necesario la vinculación de un grupo de jóvenes que desarrollen o hayan terminado el plan de estudios satisfactoriamente, con el ánimo que presten apoyo institucional es su especialidad para la EMPRESA, lo cual genera beneficios mutuos tanto para LA EMPRESA, como para LA UNIVERSIDAD. **d)** Que según lo anteriormente expuesto, LA EMPRESA Y LA UNIVERSIDAD, convienen celebrar el presente convenio Interadministrativo de cooperación académica. **CLÁUSULA PRIMERA.-OBJETO:** El objeto del presente convenio lo constituye la remisión de estudiantes de los diferentes programas que contemple LA UNIVERSIDAD, que estén desarrollando o que hayan culminado su plan de estudios, a fin de que desarrollen su práctica profesional, lo cual constituye requisito académico, prestando colaboración y apoyo en actividades y labores que desarrolle o requiera LA EMPRESA, en las áreas técnicas relacionadas con el programa específico. **SEGUNDA.- NATURALEZA DE LAS ACTIVIDADES:** Los estudiantes practicantes en desarrollo del objeto del presente convenio, solamente podrán adelantar y ejecutar tareas y actividades que le sean encomendadas por LA EMPRESA, las cuales estarán sujetas a las orientaciones e indicaciones del Coordinador del área o dependencia en la cual se realice la práctica, y que en todo caso deberán guardar estrecha relación con la naturaleza de los estudios profesionales adelantados por aquellos. **TERCERA.- OBLIGACIONES DE LA UNIVERSIDAD:** LA UNIVERSIDAD cumplirá el presente convenio a través de la Facultad del programa respectivo, comprometiéndose a: **1)** Asignar los estudiantes del programa determinado que estén desarrollando o que hayan culminado el plan de estudios y se encuentren en proceso de obtener el título profesional, que se estimen convenientes, según la necesidad de LA EMPRESA, y la oferta que efectúe LA UNIVERSIDAD, para que programen, organicen y ejecuten su práctica, conforme a lo establecido por la legislación vigente. **2)** Coordinar con los funcionarios responsables de las oficinas y dependencias de LA EMPRESA, citadas anteriormente, los respectivos planes de trabajo y evaluación de éstos, que garanticen el adecuado desarrollo de los compromisos asignados a los estudiantes en trámite de obtener el título profesional. **3)** Mantener comunicación permanente con LA EMPRESA a través del Coordinador o persona designada para ello. **4)** Monitorear la práctica y garantizar que los practicantes se ciñan a los reglamentos que establezca LA EMPRESA para su funcionamiento así como, a las disposiciones constitucionales, legales y reglamentarias pertinentes. **5)** Velar por el cumplimiento de las actividades a cargo de los practicantes, acordados en la programación de trabajo, durante su permanencia en LA EMPRESA, con la asesoría de un (1) docente de LA UNIVERSIDAD, vinculado a la Facultad pertinente. **6)** Aprobar o reprobar las prácticas realizadas por los estudiantes de acuerdo con las evaluaciones presentadas por LA EMPRESA y/o por los docentes

encargados de acompañar las prácticas. **7)** Revisar el Informe Final de práctica elaborado por los estudiantes y calificado por el profesor asesor. Finalizada la práctica, entregarlo a LA EMPRESA. **8)** Suspender o cancelar las prácticas de los estudiantes que incumplan con las obligaciones y compromisos adquiridos con LA EMPRESA. **9)** Facilitar al estudiante, en caso de ser necesario, los medios para la culminación de su informe final junto con la respectiva sustentación. **10)** Velar por el cumplimiento del presente Convenio. **CUARTA.-OBLIGACIONES DE LA EMPRESA:** En virtud del presente Convenio LA EMPRESA se compromete a: **1)** Facilitar el desarrollo de la práctica de los estudiantes. **2)** Suministrar oportunamente la información requerida por LA UNIVERSIDAD para adelantar la práctica de los estudiantes. **3)** Reservarse el derecho de aceptar o rechazar los estudiantes que le presente LA UNIVERSIDAD. **4)** Ubicar a los practicantes en las áreas y dependencias correspondientes, y suministrar los recursos físicos que les permitan cumplir de manera eficiente las tareas objeto de la práctica. **5)** Revisar y ajustar la programación y el plan de trabajo referentes a la realización de éste convenio, con apoyo de LA UNIVERSIDAD y de los estudiantes en trámite de obtener el título profesional sin menoscabar la autonomía académica que facilite la realización de las prácticas con óptima calidad. **6)** Hacer una inducción y orientación así como el entrenamiento y la supervisión requeridos para el correcto desarrollo de las tareas que les sean asignadas a los practicantes. **7)** Señalar a los practicantes de manera clara, las actividades que harán parte de la práctica, orientarlos y asesorarlos para el cabal desempeño de la misma. **8)** Coordinar con LA UNIVERSIDAD, en cada periodo académico y durante la vigencia del presente convenio, las fechas e iniciación y culminación de las prácticas, especialmente para que tengan duración o intensidad horaria mínima exigida o requerida por LA UNIVERSIDAD. **9)** Supervisar las prácticas y certificar el tiempo de duración de los estudiantes a través del asesor nombrado por ésta, evaluando sus conocimientos y habilidades. **10)** Velar por el cumplimiento del presente convenio. **QUINTA.- OBLIGACIONES DE LOS PRACTICANTES:** En el marco del presente convenio, los practicantes se obligan a: **1)** Elaborar, organizar, ejecutar y evaluar las programaciones y planes de trabajo bajo la dirección académica de la Facultad pertinente de LA UNIVERSIDAD y la administración de LA EMPRESA. **2)** Cumplir dentro de la jornada laboral con la intensidad horaria, reglamentos, normas internas, directrices, orientaciones e indicaciones que establezca LA EMPRESA. **3)** Desarrollar cabalmente, con eficiencia, celeridad y probidad, las actividades, tareas y labores encomendadas por LA EMPRESA en virtud de la práctica realizada. **4)** Aportar sus conocimientos y calidades al desarrollo de la práctica. **5)** Cumplir con los reglamentos, orientaciones y demás indicaciones fijadas por LA EMPRESA y por LA UNIVERSIDAD, con ética, seriedad y buena conducta. **6)** Guardar la reserva necesaria respecto de cualquier información de carácter técnico, jurídico o financiero, sobre operaciones, métodos, sistema legal, informático, procedimientos y en general, sobre los asuntos que le sean

encomendados o que hayan sido obtenidos en razón de la ejecución del presente convenio. **7)** Entregar y sustentar los informes mensuales que, en virtud de las labores adelantadas en la práctica, le solicite LA EMPRESA o LA UNIVERSIDAD. **8)** Abstenerse de realizar actos que atenten contra LA EMPRESA o sus empleados. **PARÁGRAFO:** El no acatamiento de las obligaciones aquí detalladas o el incumplimiento de las responsabilidades académicas, acarreará al practicante, el no reconocimiento de su práctica por parte de LA EMPRESA Y de LA UNIVERSIDAD.

**SEXTA.- LUGAR DE EJECUCIÓN DEL CONVENIO:** Este Convenio se ejecutará en el municipio de Neiva, en el lugar que determine para ello LA EMPRESA. **SÉPTIMA.- VALOR:** Por tratarse de un convenio de índole académica para el desarrollo de las prácticas, el presente convenio no registra erogación alguna por las partes. No obstante LA EMPRESA, podrá otorgarles a los practicantes por mera liberalidad y sin que llegue a constituir salario o relación laboral alguna, ni siquiera una obligación para con estos, un auxilio dinerario, cuyo monto lo establecerá LA EMPRESA, según su arbitrio, para colaborarles con los gastos de transporte y manutención.

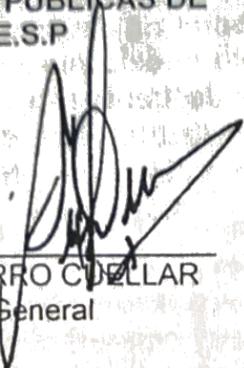
**OCTAVA.- PLAZO DE EJECUCIÓN Y VIGENCIA:** El plazo de ejecución del presente Convenio se fija en cinco (5) años a partir de la firma del mismo. **NOVENA.- CAUSALES DE TERMINACIÓN ANTICIPADA:** Este convenio podrá ser terminado de manera unilateral, antes del vencimiento del plazo pactado, en los siguientes eventos: **a)** Por mutuo acuerdo entre las partes, manifestado por escrito con una antelación no inferior a treinta (30) días calendario. **b)** De manera unilateral cuando una de las partes interfiera gravemente en la prestación del servicio institucional de la otra, o incumpla injustificadamente sus obligaciones afectando el normal desarrollo del objeto aquí pactado. **c)** Por fuerza mayor o caso fortuito que haga imposible la continuación en la ejecución del presente convenio. **PARÁGRAFO:** En el evento que se presente la terminación anticipada del convenio por alguna de las causas señaladas anteriormente, los compromisos adquiridos por las partes continuarán vigentes hasta tanto dure la vinculación de los estudiantes que se encuentren adelantando la práctica en LA EMPRESA. **DÉCIMA.- EXCLUSIÓN DE RELACIÓN LABORAL:** El presente Convenio no constituye vínculo laboral alguno entre las partes, ni entre éstas y los estudiantes que realicen las prácticas. En consecuencia, LA EMPRESA Y LA UNIVERSIDAD no serán responsables por los actos en que incurran los practicantes, como tampoco por hechos derivados de accidentes de trabajo, enfermedades profesionales u otros de simple naturaleza que les llegare a afectar y que no puedan ser cubiertos por el seguro estudiantil.

**DÉCIMA PRIMERA.- INHABILIDADES E INCOMPATIBILIDADES:** LA UNIVERSIDAD afirma bajo la gravedad de juramento, no estar incurso en causal alguna de inhabilidad o incompatibilidad para celebrar este convenio. **DÉCIMA SEGUNDA.- CERTIFICACIÓN DE LA EMPRESA:** LA EMPRESA expedirá a cada uno de los practicantes, al finalizar su respectiva práctica, la correspondiente certificación, donde conste el tiempo laborado, las funciones

desempeñadas, el horario de trabajo, la forma de vinculación, entre otros aspectos relevantes que puedan requerir los practicantes. **DÉCIMA TERCERA.- SUPERVISIÓN Y CONTROL.-** La supervisión y control de este Convenio será ejercida por parte de LA EMPRESA, mediante el funcionario que se designe para el efecto; y por parte de LA UNIVERSIDAD, por el Coordinador de prácticas del programa respectivo. **DÉCIMA CUARTA.- CESIÓN:** El presente convenio no podrá ser cedido por las partes bajo ningún título, a menos que exista autorización previa, expresa y escrita en tal sentido. **DÉCIMA QUINTA.- RÉGIMEN JURÍDICO:** El presente convenio no origina obligaciones para las partes diferentes a las pactadas en este acuerdo de voluntades, y cualquier conflicto que se suscite con ocasión de su ejecución, será resuelto por ellas mismas a través de mecanismos de arreglo directo, mediación, amigable composición, o cualquier otro mecanismo de solución pacífica de conflictos. **DÉCIMA SEXTA. AFILIACIÓN AL SISTEMA GENERAL DE RIESGOS LABORALES.-** Los pasantes o practicantes deberán estar afiliados a una Administradora de Riesgos Laborales (ARL) durante todo el tiempo que dure la Práctica Académica ó Pasantía, teniendo como base para efectos de la afiliación una suma mínima equivalente a un (1) salario mínimo legal mensual vigente, siendo el pago de los aportes obligación exclusiva de LA EMPRESA, de conformidad con el Decreto 055 de 2015. **DÉCIMA SÉPTIMA.- SUSPENSIÓN:** De común acuerdo entre las partes, se podrá suspender la ejecución del convenio mediante la suscripción del acta respectiva, sin que para el efecto del plazo extintivo del mismo se compute el término de suspensión. **DÉCIMA OCTAVA.- DOMICILIO:** Para todos los efectos legales de este Convenio, las partes fijan como domicilio la ciudad de Neiva. **DÉCIMA NOVENA.- PERFECCIONAMIENTO Y LEGALIZACIÓN:** Este Convenio se perfecciona con las firmas de las partes.

Para constancia se firma en Neiva, a los (26) días del mes de Octubre de 2015

POR EMPRESAS PÚBLICAS DE  
NEIVA E.S.P



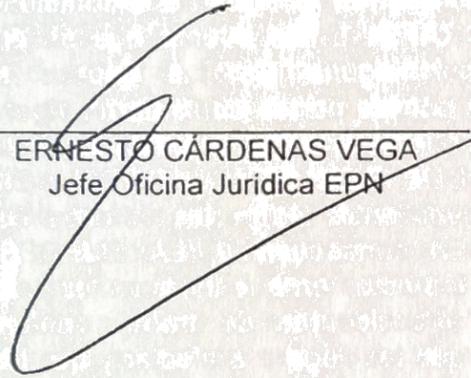
AURELIO NAVARRO CUELLAR  
Gerente General

POR LA UNIVERSIDAD  
SURCOLOMBIANA

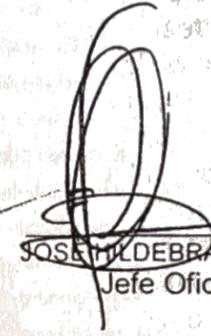


PEDRO LEÓN REYES GASPAR  
Rector

ERNESTO CÁRDENAS VEGA  
Jefe Oficina Jurídica EPN

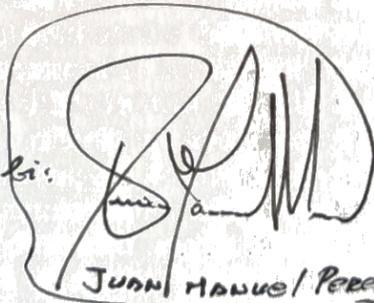


JOSE MILDEBRAN PERDOMO FERNÁNDEZ  
Jefe Oficina Jurídica USCO



Proyectó: Camilo Andrés Núñez Vanegas  
Asesor Jurídico Fac. de Educación USCO

Recibido:



Juan Manuel Pérez

Oct. 29 / 2015

Jefe programas

Asesor X

## Anexo B.



### FACULTAD DE EDUCACIÓN LÍNEA: FÍSICO-QUÍMICA INDUSTRIAL

#### Práctica de laboratorio N° 1.

#### Prueba o test de jarras.



Gráfica 9. Simulador de pruebas de jarras.

**Nota:** Antes de llevar a cabo una práctica de laboratorio, debe tener en cuenta las *normas de seguridad* dentro del establecimiento y para este caso, la normatividad colombiana exige el cumplimiento del Decreto 1575 del 09 de mayo de 2007 por el cual se establece “El Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano” como también la Resolución Número 2115 del 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 destinada al consumo humano.

#### **Objetivo**

➤ Determinar en el laboratorio el insumo químico (coagulante) óptimo y la dosis requerida en campo, con el fin de favorecer la calidad del agua para el consumo humano.

**Elementos de bioseguridad:** Uniforme antifluido, zapatos cerrados, bata, tapabocas, gafas, gorro y guantes.

## **Materiales**

- 1 Espátula
- 1 Gradilla
- 1 Micropipeteador
- 1 Vidrio reloj mediano
- 2 Limpiones
- 4 Puntas
- 5 Balones volumétricos de 100 mL c/u
- 13 Beaker de 1000 mL cada uno.
- 13 Beaker de 150 mL cada uno.
- 13 Tubos de ensayo
- 15 Jeringas 4 (1mL), 8 (5mL) y 3 (50mL)

## **Reactivos**

- 600 mL de agua destilada
- 13 Litros de agua cruda
- Comercial Fox – Biopolímero Best Xanth (Sólido)
- Avia – Polímero Hidroxicloruro de Aluminio (PAC)(Líquido)
- Wost – Polímero Hidroxicloruro de Aluminio (PAC)(Líquido)
- Quinsa – Polímero PoliQuinsa (Líquido)
- Quinsa – Polímero PoliQuinsa II (Líquido)

## **Equipos**

- 1 Balanza analítica. Series 320XB. TYP 120A. 320-9203B-003
- 1 Centrífuga. Model N° 420101. Serial N° 3170078. 60 Hz
- 1 pH-metroHQ411d pH/mV de HACH
- 1 Medidor multiparámetro HQ440d multi de HACH
- 1 Espectrofotómetro UV-VIS DR 6000 de HACH
- 1 Turbidímetro de HACH. Serie 2100AN
- 2 Simuladores. Modelo JTP-6P. Serial 0711001. Voltaje 110 V (AC). (figura N° 1)

## **Procedimiento o desarrollo experimental**

### **Parte I: Preparación de la solución patrón**

➤ Se requiere en primer lugar, la revisión de la ficha técnica de cada insumo químico, teniendo en cuenta el estado, la concentración y la densidad para lograr preparar una solución patrón de 100 mL de cada coagulante (Tabla 11).

**Coagulante en estado sólido:** Debido a que el biopolímero es en polvo y carece de datos importantes como la pureza y la concentración, la preparación se hace por ensayo y error, es decir, se prepara varias soluciones con diferentes concentraciones, de tal modo que en una balanza analítica (Gráfica 34 del anexo F), con la ayuda de una espátula, se debe pesar una cierta cantidad (0.15 gramos) del producto Best Xanth en un vidrio reloj, luego se diluye en un poco de agua destilada para trasvasar y aforar en un balón volumétrico hasta 100 mL.

**Coagulantes en estado líquido:** Antendiendo a las especificaciones de los coagulantes consignadas en sus fichas técnicas (Anexo J), se tuvo en cuenta la densidad del coagulante, para determinar el volumen requerido, luego aforar hasta 100 mL con agua destilada con la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}} \rightarrow \text{Volumen} = \frac{\text{Masa}}{\text{Densidad}}$$

Una solución patrón al 1%, corresponde a 1 gramo y suponiendo un producto con una densidad de 1.30 g/mL, se tiene:

$$\text{Volumen} = \frac{1 \text{ gramo}}{1.30 \text{ g/mL}} = 0.77 \text{ mL del producto}$$

### **Parte II: Muestreo**

➤ Con la ayuda de galones, timbos o baldes plásticos, tomar 13 litros de agua proveniente del río Las Ceibas y disponible en la planta de tratamiento, la cual se denomina agua cruda.

➤ Registrar la fecha, hora en que se tomaron los 13 litros de agua cruda y preguntarle al operador de turno de la planta, el caudal y las partes por millón (ppm) que está empleando del coagulante para tratar el agua.

### **Parte III: Prueba o Test de Jarras**

➤ Adicionar 12 litros de agua cruda en 12 beaker de 1000 mL cada uno, ponerlos en los dos simuladores del Test de Jarras. Verificar que cada paleta quede en la mitad de los respectivos beakers. Se analizarán tres coagulantes diferentes, cada uno de los cuales se distribuirán en cuatro jarras para un total de 12.

➤ **Dosificación:** Se prepara una solución patrón y se considera las parte por millón (ppm) que estén aplicando en planta. Se toman cuatro dosis diferentes en jeringas, por cada producto y se disponen al lado del beaker respectivo.

➤ Se conectan los simuladores, de la parte posterior al lado derecho–inferior se enciende y de la parte frontal, al lado superior–derecho se oprime el botón de la mitad sosteniéndolo por unos segundos hasta pasar a modo Automático, luego se oprime cuatro veces la tercera tecla de arriba hacia abajo para empezar con los cuatro siguientes pasos:

• **1:** En 1 minuto, 100 rpm. Apenas inicia este paso, se debe agregar la dosis de cada jeringa de forma inmediata a cada jarra y se lava con la misma muestra de agua.

• **2:** En 15 minutos, 40 rpm. Se observa el floc formándose poco a poco desde el paso 1.

• **3:** En 15:00 minutos, 000 rpm. Empieza a formarse más floc.

• **4:** En 15 minutos, 0 rpm. Comienza la precipitación, quedando la jarra cristalina.

➤ Una vez terminado el proceso, con una jeringa de 50 mL, tomar cuidadosamente, sin revolver el agua, de la mitad de la jarra, la muestra para analizar, trasvasándola en beakers de 150 mL rotulados para no equivocarse de producto, y llenar con la misma muestra de las 12 jarras, 12 tubos de ensayos rotulados para centrifugar.

#### **Parte IV: Análisis Físico-Químico del agua del Test de Jarras**

➤ De los 13 litros de agua cruda, tomar 1 litro para registrar los datos iniciales de los siguientes parámetros:

• **Color aparente:** Las unidades se da en Platino Cobalto (Pt-Co), y se lee en el espectrofotómetro, de tal manera, que al conectarlo, se debe esperar de 15 a 30 minutos para que caliente la lámpara de tungsteno; debido a que la pantalla es táctil y a color, se debe ingresar a *Programas de Usuario*, seleccionar *Color Último*, llenar una cubeta de cuarzo con agua destilada, taparla y colocarla dentro del equipo; luego se lleva hasta *Cero*, se hace la *Medición*, después vacía la cubeta y llena nuevamente con la muestra, en este caso, es agua cruda y se mide obteniendo el dato.

• **Color real:** Esta característica se determina llenando un tubo de ensayo con agua cruda, luego se centrifuga durante diez (10) minutos a 80 revoluciones por minuto (rpm) y finalmente se adiciona el contenido del tubo de ensayo a una celda o cubeta de cuarzo para leer la muestra en el espectrofotómetro de la misma forma como se hace con el color aparente.

• **Turbiedad o turbidez:** Las unidades se da en Nephelometric Turbidity Unit (NTU), o en español Unidad Nefelométrica de Turbidez (UNT) y al igual que el espectrofotómetro, el turbidímetro al conectarlo, se debe esperar de 15 a 30 minutos para que caliente la lámpara de tungsteno, asegurando así el buen funcionamiento del equipo, se llena la celda del turbidímetro con la muestra de agua cruda, se tapa y coloca dentro del equipo, el cual lee de manera automática sin oprimir ningún botón o tecla.

• **Conductividad eléctrica:** Se expresa en unidades de microsiemens por centímetro (uS/cm), luego de estar encendido y calibrado el equipo, se introduce la sonda del conductímetro en la muestra de agua contenida en un beaker y se oprime el botón de medición.

• **Potencial de hidrógeno o pH:** Se lee en unidades de pH, el medidor se conecta con una sonda IntelliCAL que reconoce automáticamente el parámetro;

luego de estar encendido y calibrado el equipo, se introduce el electrodo de pH en la muestra de agua contenida en un beaker y se oprime el botón de medición.

• **Temperatura:** Se lee en grados Celsius o centígrados y se determina cuando las sondas del conductímetro y del pH-metro arrojan el dato en la pantalla al oprimir el botón de medición.

➤ La coagulación es la primera etapa para potabilizar el agua, por tanto, luego de finalizar el Test de Jarras, el agua cruda pasa a ser agua tratada, y a ésta, de la misma forma que se analizó el agua cruda, se le toman los datos que arrojen los equipos de medición para los parámetros anteriores.

### **Cuestionario**

1. ¿Por qué es importante hacer pruebas o test de jarras?
2. ¿Qué entidad establece las unidades de medida para los parámetros físicos y químicos?
3. En una tabla, mencione: ¿Cuáles son los rangos aptos para el consumo humano establecidos en la normatividad colombiana para cada elemento químico o parámetro?
4. ¿Cuál es el procedimiento que se lleva a cabo en la Planta de tratamiento el Jardín de Neiva para potabilizar el agua?
5. Consulte los tratamientos para la potabilización de agua que se hacen en América del Norte, Europa, Japón, y compare con los realizados en Bogotá y Neiva.

### **Infografía**

➤ <http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/reglamento-de-la-ue/regulacion-desinfeccion-agua-eu.htm>

## Anexo C.



### FACULTAD DE EDUCACIÓN

### LÍNEA: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA

### Práctica de laboratorio N° 2.

### Tecnología de sustrato definido.



Gráfica 10. Materiales, reactivos y equipos para la técnica enzima-sustrato.

**Nota:** Antes de llevar a cabo una práctica de laboratorio, debe tener en cuenta las *normas de seguridad* dentro del establecimiento y para este caso, la normatividad colombiana exige el cumplimiento del Decreto 1575 del 09 de mayo de 2007 por el cual se establece “El Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano” como también la Resolución Número 2115 del 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 destinada al consumo humano.

#### Objetivo

➤ Determinar en diferentes muestras de agua (cruda y tratada), la presencia de coliformes totales, mesófilos y enterococos.

**Elementos de bioseguridad:** Uniforme antifluido, zapatos cerrados, bata, tapabocas, gafas, gorro y guantes. En la gráfica 10, se aprecia algunos materiales, reactivos y equipos necesarios para llevar a cabo la técnica de sustrato definido.

### **Materiales**

- 1 Cinta de enmascarar
- 1 Frasco dosificador con alcohol
- 20 Frascos schott o IDEXX (100mL)
- 2 Limpiones
- 1 Marcador negro
- 1 Pipeteador electrónico. Serial N° 96060
- 1 Pipeta de 10 mL
- 1 Portadispositivo de goma
- 10 Quanti-Tray\*/2000(Bandejapara sellar)
- 1 Tabla de número más probable (NMP)

### **Reactivos**

- Agua potable o destilada
- Tiosulfato de sodio
- Kit de análisis Colilert
- Kit de análisis Enterolert
- Kit de análisis HPC para Quanti-Tray

### **Equipos**

- 1 Autoclave. M11 UltraClave. Automatic Sterilizer.
- 1 Cabina de flujo laminar. Flow 180 H. Flujo horizontal clase 100.
- 1 IDEXX Quanti-Tray\* Sealer (Selladora). Model 2X. Model # 89-10894-04.

Serial # 12-355-07770. Power 115V. 6A. 60Hz.

- 2 Incubadoras de Thermo Scientific. Type Heratherm IMC 18. Serial N° IMC 40470363. 17-40°C. 50/60 Hz. 1N/PE 100-240V 0.85A.

➤ 1 Lámpara de Luz U.V. de Aqualab. Model EA-160. 365 nm. 115 Volts. 60 Hz. 0.20 Amps. Serial N° 1847063.

- 1 Nevera. Serie 08-1232

- 1 Nevera portátil o de icopor
- 1 Soporte para lámpara U.V. Serial N° 1868640

## **Procedimiento o desarrollo experimental**

### **Parte I: Esterilización**

- Los frascos de vidrio schott se lavan previamente con jabón extraído, se dejan secar, con la ayuda de un pipeteador electrónico y una pipeta, se agrega 0.5 ml de tiosulfato de sodio a cada frasco lavado, posteriormente se colocan en las bandejas de la autoclave que contiene agua destilada y se esterilizan por 35 minutos a 120 libras de presión, luego se abre la autoclave y se deja enfriar los frascos, los cuales serán utilizados en la toma de las muestras de las tres plantas de tratamiento y de la red de distribución en los diferentes puntos de la ciudad.
- Casas comerciales como IDEXX ofrecen los envases estériles (100 mL) con la cantidad requerida de tiosulfato de sodio para agilizar el proceso de análisis.

### **Parte II: Muestreo**

- Se emplean tres neveras portátiles de diferentes colores, en el momento de tomar las muestras, se agrega a cada nevera, hielo junto con los frascos previamente rotulados para tomar 100 mL del agua que se quiere analizar (agua cruda procedente de tanques y de la red de distribución en la ciudad), una vez se han tomado las muestras, se almacenan en un refrigerador a una temperatura de 2 – 8°C alejado de la luz.

### **Parte III: Defined Substrate Technology (DST)**

- **Colilert:** Se emplea para determinar coliformes totales, entre ellas y de mayor interés dentro de la coliformes fecales, *Escherichia Coli*.
  - **Almacenamiento:** A temperatura de 2 – 30°C, alejado de la luz.
  - **Procedimiento de Presencia/Ausencia (P/A)**
    - ✓ Añadir el contenido de una dosis a una muestra de 100 mL en un recipiente estéril transparente, no fluorescente.

- ✓ Tapar y agitar el recipiente.
- ✓ Incubar a  $35 \pm 0,5$  °C durante 24 horas.
- ✓ Leer los resultados de acuerdo con la tabla 21.

• **Procedimiento de Enumeración Quanti-Tray\***

- ✓ Añadir el contenido de un paquete a una muestra de 100 mL de agua, en un recipiente estéril.
- ✓ Tapar y agitar el recipiente hasta disolver.
- ✓ Verter la mezcla de muestra/reactivo en una Quanti-Tray\* o una Quanti-Tray\*/2000 y sellar en un IDEXX Quanti-Tray\* Sealer.
- ✓ Colocar la bandeja sellada en una incubadora a  $35 \pm 0,5$  °C durante 24 horas.
- ✓ Leer los resultados de acuerdo con la tabla 21. Contar el número de celdas o pocillos positivos y referirse al cuadro o tabla de NMP proporcionado con las bandejas para obtener el Número Más Probable (NMP).

➤ **Enterolert:** Indicador para detectar enterococos

• **Almacenamiento:** A temperatura de 2 – 30 °C, alejado de la luz.

• **Procedimiento de Presencia/Ausencia (P/A)**

- ✓ Añadir el contenido de un paquete a una muestra de 100 mL en un recipiente estéril transparente, no fluorescente.
- ✓ Tapar y agitar el recipiente.
- ✓ Incubar a  $41 \pm 0,5$  °C durante 24 horas.
- ✓ Leer los resultados de acuerdo con la tabla 21.

• **Procedimiento de Enumeración Quanti-Tray\***

- ✓ Añadir el contenido de un paquete a una muestra de 100 mL de agua, en un recipiente estéril.
- ✓ Tapar y agitar el recipiente hasta disolver.
- ✓ Verter la mezcla de muestra/reactivo en una Quanti-Tray\* o una Quanti-Tray\*/2000 y sellar en un IDEXX Quanti-Tray\* Sealer.

✓ Colocar la bandeja sellada en una incubadora a  $41 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas.

✓ Leer los resultados de acuerdo con la tabla 21. Contar el número de pocillos positivos y referirse a la tabla NMP proporcionadas con las bandejas para obtener el número más probable.

➤ **HPC para Quanti-Tray:** Kit para hallar heterótrofos como los mesófilos

• **Almacenamiento:** A  $2 - 25^{\circ}\text{C}$ , lejos de la luz.

• **Procedimiento de Enumeración Quanti-Tray\***

✓ Agregar el contenido del reactivo a una muestra de 100 mL de agua en un recipiente estéril.

✓ Tapar el recipiente y agitarlo hasta que el reactivo se disuelva.

✓ Verter la mezcla de muestra/reactivo dentro de una Quanti-Tray o Quanti-Tray\*/2000 y sellar utilizando un Quanti-Tray\* Sealer.

✓ Colocar la bandeja sellada en una incubadora a  $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 44 horas. Los resultados son válidos hasta las 72 horas.

✓ Interpretar los resultados de acuerdo con la tabla 21. Consultar la tabla de NMP facilitada con las bandejas para obtener el número más probable.

#### **Parte IV: Análisis de la siembra**

➤ **Colilert**

• Buscar fluorescencia usando una luz UV de 6 vatios, 365 nm a distancia de unas 5 pulgadas (13 cm) de la muestra, en un entorno oscuro. Apuntar el haz de luz en dirección contraria a los ojos y hacia la muestra.

• Los resultados de Colilert se deben leer a las 24 horas de incubación.

• Es posible prolongar el tiempo de lectura 4 horas más, hasta las 28 horas, para que en raro, pero posible caso de duda el color o la fluorescencia se intensifiquen.

• Los resultados positivos para coliformes totales y *E. coli* antes de las 24 horas y negativos tras 28 horas también son válidos.

- Así mismo, los laboratorios pueden incubar muestras (hasta 28 horas en total) si lo desean, para mayor comodidad.

➤ **Enterolert**

- Buscar fluorescencia usando una luz ultravioleta de 6 vatios, 365 nm a distancia de unas 5 pulgadas (13 cm) de la muestra, en un entorno oscuro. Apuntar el haz de luz en dirección contraria a los ojos y hacia la muestra.

- Los resultados Enterolert son definitivos a las 24 – 28 horas. Además, los positivos para enterococos observados antes de las 24 horas y los negativos observados después de las 28 horas también son válidos.

➤ **HPC para Quanti-Tray**

- Buscar fluorescencia usando una luz UV de 6 vatios, 365 nm a distancia de unos 13 cm de la muestra en un ambiente oscuro. Apuntar la luz en dirección contraria a los ojos y hacia la muestra.

- Los resultados del HPC para Quanti-Tray son definitivos a las 44 a 72 horas.

**Parte V: Interpretación de resultados**

La corporación multinacional IDEXX en las guías de los kits de análisis para microbiología, menciona la manera de interpretar los resultados, dicha interpretación se detalla en la siguiente tabla 21:

Tabla 21. Interpretación de resultados.

Kit	Aspecto	Resultado
Colilert	Menos amarillo que el comparador	Negativo para coliformes totales y <i>E. Coli</i>
	Amarillo igual o mayor que el del comparador	Positivo para coliformes totales
Enterolert	Amarillo y fluorescencia iguales o mayores que los del comparador	Positivo para <i>E. Coli</i>
	Ausencia de fluorescencia	Negativo para enterococos
	Fluorescencia azul	Positivo para enterococos
HPC para Quanti-Tray	Sin fluorescencia azul	Negativo para organismos heterótrofos
	Fluorescencia azul† mayor que la cantidad presente en una muestra de control negativa	Positivo para organismos heterótrofos

## **Parte VI: Determinación del Número Más Probable (NMP)**

- Para cualquiera de los tres casos (Colilert, Enterolert y HPC para Quanti-Tray), al hallar la fluorescencia con la luz U.V. se debe hacer el conteo de las celdas grandes y pequeñas que sean positivas para lograr determinar el Número Más Probable (NMP) con la ayuda de la tabla de IDEXX Quanti-Tray®/2000.

### **Cuestionario**

1. Mencione otras técnicas empleadas para el análisis de microorganismos presentes en muestras de agua.
2. Compare la técnica del sustrato definido con otras y mencione ¿Cuáles son las ventajas y desventajas?
3. Consulte las técnicas para el análisis de microorganismos en el tratamiento de potabilización del agua que se hacen en América del Norte, Europa, Japón, y compare con los procedimientos implementados en Bogotá y Neiva.
4. ¿Cuáles son los límites máximos permisibles de Coliformes Totales, Fecales, Enterococos y Heterótrofos en la técnica por sustrato definido?
5. Mencione 5 enfermedades transmitidas por el agua, indicando el agente etiológico correspondiente.

### **Infografía**

- <https://www.idexx.com/corporate/home.html>
- [https://www.idexx.com/pdf/en\\_us/water/qt97mpntable.pdf](https://www.idexx.com/pdf/en_us/water/qt97mpntable.pdf)
- <https://www.idexx.com/resource-library/water/quant-tray-2000-procedure-en.pdf>
- <http://www.idexx.es/water/products/colilert.html>
- <http://www.idexx.es/resource-library/water/colilert-procedure-es.pdf>
- <http://www.idexx.es/water/products/enterolert.html>
- <http://www.idexx.es/resource-library/water/enterolert-procedure-es.pdf>
- <https://www.idexx.com/water/products/hpc-for-quant-tray.html>
- <https://www.idexx.com/resource-library/water/hpc-quant-tray-procedure-en.pdf>
- <https://prezi.com/uwmjfwqxe4b/tecnica-del-sustrato-definido/>

## Anexo D.

### Imágenes de la práctica de laboratorio con los estudiantes de la USCO.



Gráfica 11. Recolecta de muestras de agua cruda en la planta el Jardín.



Gráfica 12. Recolecta de muestras de agua tratada en tanques de la planta el Jardín.



Gráfica 13. Test de Jarras para el análisis físico y químico del agua.



Gráfica 14. Tecnología de sustrato definido para el análisis microbiológico del agua.

En la toma de muestras por diferentes puntos de la ciudad pudimos observar que es muy importante este paso ya que en él se puede saber e identificar como está llegando la calidad del agua a diferentes puntos de la ciudad y así tomar medidas al respecto.

Gráfica 15. Comentario de un estudiante acerca de la práctica en la toma de muestras en la red de distribución.

Comentarios. - Recomendaciones.

Lo bueno:

- Muy buena atención; los practicantes Liz y Juan se dieron a entender muy bien. La parte de laboratorio de test de jarros muy bien explicado obtuvimos conocimientos muy buenos.
- Es muy importante esta práctica porque conocimos como se hace la parte físico-química del agua y como es el proceso del agua en la red.

La práctica fue buena pues le da idea al estudiante sobre el tratamiento de aguas que se le da al agua potable que consumimos todos los días y además de gran importancia para adquirir conocimiento sobre la calidad de la misma, como también fue parte fundamental la parte de estudios y análisis microbiológico que incide sobre la calidad del agua. Además me gustó porque nos dieron a conocer las instalaciones de la empresa que como estudiante desconocía.

Gráfica 16. Comentario de los estudiantes acerca de la práctica de laboratorio en EPN.

## Anexo E.

**Imágenes de evidencias realizando actividades encomendadas y orientadas por el jefe del Laboratorio de Aguas de Empresas Públicas de Neiva.**



Gráfica 17. Pasantes recolectando muestras de agua tratada en tanques de la planta el Jardín.



Gráfica 18. Pasante recolectando muestras de agua en filtros de la planta el Jardín.



Gráfica 19. Pasante recolectando muestras de agua en tanques de la planta el Recreo.



Gráfica 20. Pasantes recolectando muestras de agua en la red distribución



Gráfica 21. Pasante realizando análisis físicos y químicos del agua.



Gráfica 22. Pasante realizando análisis microbiológicos del agua.



Gráfica 23. Coagulantes para el test de jarras.



Gráfica 24. Pasante recolectando muestra de agua cruda en la planta el Jardín.



Gráfica 25. Pasantes realizando pruebas de jarras.

## Anexo F.

**Imágenes de las instalaciones de EPN y de los equipos con su respectiva referencia que tiene el Laboratorio de Aguas en la Planta Jardín.**



Gráfica 26. Planta de Tratamiento de Agua Potable el Recreo de EPN.



Gráfica 27. Laboratorio de Aguas de la Planta el Jardín de EPN.



Gráfica 28. Planta de Tratamiento de Agua Potable Kennedy de EPN.



Gráfica 29. Nevera. Serie 08-1232



Gráfica 30. pH-metro HQ 411d pH/mV de HACH y Medidor multiparámetro HQ440d multi de HACH.



Gráfica 31. Espectrofotómetro UV-VIS DR 6000 de HACH.



Gráfica 32. Turbidímetro de HACH. Serie 2100AN.



Gráfica 33. Centrífuga. Model N° 420101. Serial N° 3170078. 60 Hz.



Gráfica 34. Balanza analítica. Series 320XB. TYP 120A. 320-9203B-003.



Gráfica 35. Pipeteador de Thermo Scientific. Serial N° 96060, power input: 6V; 0,5A.



Gráfica 36. Micropipeteador de 100 – 1000 µl de Brand.



Gráfica 37. Agitadores magnéticos.



Gráfica 38. Autoclave. M11 UltraClave. Automatic Sterilizer.



Gráfica 39. Cabina de flujo laminar. Flow 180 H. Flujo horizontal clase 100.



Gráfica 40. IDEXX Quanti-Tray\* Sealer (Selladora). Model 2X. Model # 89-10894-04. Serial # 12-355-07770. Power 115V. 6A. 60Hz.



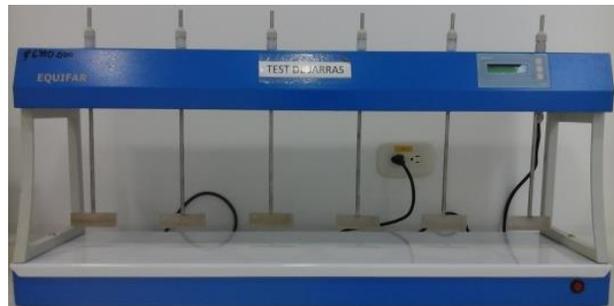
Gráfica 41. Incubadora de Thermo Scientific. Type Heratherm IMC 18. Serial N° IMC 40470363. 17-40°C. 50/60 Hz. 1N/PE 100-240V 0.85A.



Gráfica 42. Lámpara de Luz U.V. de Aqualab. Model EA-160. 365 nm. 115 Volts. 60 Hz. 0.20 Amps. Serial N° 1847063.



Gráfica 43. Soporte para lámpara U.V. Serial N° 1868640.



Gráfica 44. Simulador test de jarras. Modelo JTP-6P. Serial 0711001. Voltaje 110 V (AC).

## Anexo G.

### Guías de laboratorio de Idexx y Hach Company implementadas en el Laboratorio de Aguas de EPN.

En el laboratorio de aguas de EPN, se lleva un horario para realizar los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua tal como se evidencia en la siguiente tabla 22:

Tabla 22. Horario para el análisis del agua.

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Aluminio	Alcalinidad	Sólidos totales	Aluminio	Acidez
Fosfatos	Dureza cálcica	Sulfatos	Cloruros	Nitratos
Hierro	Dureza total	Magnesio (1er semana)	Toc –	Nitritos
		Manganeso (2da semana)	Fluoruros	
		Molibdeno (3ra semana)	(Semestral)	
		Zinc (4ta semana)		
Coliformes	Coliformes	Coliformes	Coliformes	Coliformes
Mesófilos	Mesófilos	Mesófilos	Mesófilos	Mesófilos
		Enterococos		

Para dichos análisis del agua, se tuvo en cuenta las guías de laboratorio encomendadas por casas comerciales como IDEXX y Hach Company que las hacen bajo el marco legal vigente para que el agua sea apta para el consumo humano, entre las guías están:

#### **IDEXX**

- Kit de análisis Colilert
- Kit de análisis Enterolert
- Kit de análisis HPC for Quanti-Tray

## **HACH COMPANY**

- Aluminio – Aluminum. DOC316.53.01002. Method 8012.
- Cloruros – Chloride. DOC316.53.01017. Method 8113
- Dureza, Calcio y Magnesio. DOC316.53.01043. Method 8030
- Fluoruros – Fluoride. DOC316.53.01184. Method 10225
- Fosfatos
- Hierro – IronTotal. DOC316.53.01053. Method 8008
- Magnesio
- Manganeso – Manganese. DOC316.53.01057. Method 8149
- Molibdeno – Molybdenum. DOC316.53.01062. Method 8169
- Nitratos – Nitrate, MR. DOC316.53.01069. Method 8171
- Nitritos – Nitrite. DOC316.53.01074. Method 8507
- Sulfatos
- Cinc – Zinc. DOC316.53.01145. Method 8009

Algunas guías empleadas en el laboratorio de EPN fueron tomadas del  
Standard Methods:

- Acidez
- Alcalinidad
- Dureza cálcica
- Dureza total
- Sólidos totales

## **Anexo H.**

**Formatos de los resultados de las pruebas o test de jarras.**

# TEST DE JARRAS N° 1 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

FECHA: Lunes 11 de Abril de 2016

HORA DE LA TOMA: 10:00 A.M.

CAUDAL: 1090 L/S ÉPOCA: Invierno

MUESTRA: Agua Cruda

VOLUMEN TOMADO EN VASOS: 1000 (mL)

HORA DEL TEST: 03:11 P.M.

MEZCLA RÁPIDA: 1 (Minuto) 100 (rpm)

MEZCLA LENTA: 15 (Minutos) 40 (rpm)

HORA FINAL: 03:57 P.M.

DATOS INICIALES: 20 ppm Quinsa

Color: Aparente 63. Real 30

Turbiedad: 5,12

Conductividad: 157,2

pH: 8,23

T: 22°C

Empresa y Coagulante	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Comercial Fox Best Xanth	Dosis	cc. o mL	1,0	1,2	1,4	1,6
		mg/L o ppm	10	12	14	16
	Color Pt-Co	Aparente	41	44	43	43
		Real	29	30	31	27
	Turbiedad NTU		2,13	2,15	2,22	2,13
	Conductividad uS/cm		164,2	163,6	161,7	161,1
pH		8,29	8,45	8,42	8,23	
Avia Hidroxiclورو de Aluminio	Dosis	cc. o mL	1,0	1,2	1,4	1,6
		mg/L o ppm	10	12	14	16
	Color Pt-Co	Aparente	63	56	56	48
		Real	34	34	32	26
	Turbiedad NTU		4,12	3,93	3,54	2,58
	Conductividad uS/cm		163,5	163,7	164,1	164,4
pH		8,17	8,18	8,17	8,15	
Quinsa PoliQuinsa	Dosis	cc. o mL	1,0	1,2	1,4	1,6
		mg/L o ppm	10	12	14	16
	Color Pt-Co	Aparente	48	10	17	9
		Real	29	8	8	7
	Turbiedad NTU		2,20	0,72	0,59	0,52
	Conductividad uS/cm		159,0	162,8	162,3	162,0
pH		8,91	8,06	8,03	8,01	

OBSERVACIONES: La mejor jarra es la N° 4 con el producto PoliQuinsa.

# TEST DE JARRAS N° 2 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

FECHA: Martes 12 de Abril de 2016

HORA DE LA TOMA: 09:30 A.M.

CAUDAL: 815 L/S

ÉPOCA: Invierno

MUESTRA: Agua Cruda

VOLUMEN TOMADO EN VASOS: 1000 (mL)

HORA DEL TEST: 02:09 P.M.

MEZCLA RÁPIDA: 1 (Minuto) 100 (rpm)

MEZCLA LENTA: 15 (Minutos) 40 (rpm)

HORA FINAL: 02:56 P.M.

DATOS INICIALES: 30 ppm Quinsa

Color: Aparente 389. Real 60

Turbiedad: 41,3

Conductividad: 155,9

pH: 8,18

T: 25°C

Empresa y Coagulante	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Comercial Fox Best Xanth	Dosis	cc. o mL	1,6	1,8	2,0	2,2
		mg/L o ppm	16	18	20	22
	Color Pt-Co	Aparente	168	170	168	171
		Real	60	40	40	44
	Turbiedad NTU		18,5	18,5	18,4	19,0
	Conductividad uS/cm		171,1	162,8	174,4	170,2
pH		8,60	8,62	8,63	8,60	
Avia Hidroxiclورو de Aluminio	Dosis	cc. o mL	1,6	1,8	2,0	2,2
		mg/L o ppm	16	18	20	22
	Color Pt-Co	Aparente	43	35	22	18
		Real	20	16	10	8
	Turbiedad NTU		4,67	4,52	3,20	2,50
	Conductividad uS/cm		170,3	170,2	184,4	167,8
pH		8,36	8,31	8,28	8,22	
Quinsa Poliquinsa	Dosis	cc. o mL	1,6	1,8	2,0	2,2
		mg/L o ppm	16	18	20	22
	Color Pt-Co	Aparente	10	5	3	3
		Real	6	4	3	3
	Turbiedad NTU		1,54	0,68	0,67	0,54
	Conductividad uS/cm		169,0	167,0	170,5	170,0
pH		8,33	8,25	8,13	8,08	

OBSERVACIONES: La mejor jarra es la N° 4 con el producto Poliquinsa.

# TEST DE JARRAS N° 3 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

**FECHA:** Jueves 14 de Abril de 2016  
**MUESTRA:** Agua Cruda  
**MEZCLA RÁPIDA:** 1 (Minuto) 100 (rpm)

**HORA DE LA TOMA:** 10:15 A.M.  
**VOLUMEN TOMADO EN VASOS:** 1000 (mL)  
**MEZCLA LENTA:** 15 (Minutos) 40 (rpm)

**CAUDAL:** 873 L/S      **ÉPOCA:** Invierno  
**HORA DEL TEST:** 11:00 A.M.  
**HORA FINAL:** 11:46 A.M.

**DATOS INICIALES:** 43 ppm Quinsa      Color: Aparente 75. Real 34      Turbiedad: 3,83      Conductividad: 167,4      pH: 7,97      T: 26°C

Empresa y Coagulante	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Comercial Fox Best Xanth	Dosis	cc. o mL	1,0	1,2	1,4	1,6
		mg/L o ppm	10	12	14	16
	Color Pt-Co	Aparente	48	46	47	46
		Real	32	39	39	38
	Turbiedad NTU		1,45	1,35	1,31	1,40
	Conductividad uS/cm		156,3	150,3	152,1	150,8
pH		8,19	8,19	8,09	8,11	
Avia Hidroxiclورو de Aluminio	Dosis	cc. o mL	1,0	1,2	1,4	1,6
		mg/L o ppm	10	12	14	16
	Color Pt-Co	Aparente	48	24	11	9
		Real	36	25	8	8
	Turbiedad NTU		1,75	1,01	0,60	0,39
	Conductividad uS/cm		385	154,9	153,2	153,9
pH		8,08	8,05	8,02	7,98	
Quinsa Poliquina	Dosis	cc. o mL	1,0	1,2	1,4	1,6
		mg/L o ppm	10	12	14	16
	Color Pt-Co	Aparente	11	7	4	5
		Real	9	5	5	3
	Turbiedad NTU		0,95	0,23	0,21	0,18
	Conductividad uS/cm		150,8	154,5	155,2	155,7
pH		8,09	7,92	7,86	7,84	

**OBSERVACIONES:** La mejor jarra es la N° 4 con el producto Poliquina.

# TEST DE JARRAS N° 4 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

FECHA: Viernes 15 de Abril de 2016

HORA DE LA TOMA: 07:00 A.M.

CAUDAL: 963 L/S

ÉPOCA: Invierno

MUESTRA: Agua Cruda

VOLUMEN TOMADO EN VASOS: 1000 (mL)

HORA DEL TEST: 07:40 A.M.

MEZCLA RÁPIDA: 1 (Minuto) 100 (rpm)

MEZCLA LENTA: 15 (Minutos) 40 (rpm)

HORA FINAL: 08:26 A.M.

DATOS INICIALES: 33 ppm Quinsa

Color: Aparente 38. Real 17

Turbiedad: 3,97

Conductividad: 160,5

pH: 8,13

T: 25°C

Empresa y Coagulante	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Comercial Fox Best Xanth	Dosis	cc. o mL	0,5	1,0	1,5	2,0
		mg/L o ppm	05	10	15	20
	Color Pt-Co	Aparente	24	24	24	24
		Real	20	20	25	21
	Turbiedad NTU		0,85	0,81	0,84	0,90
	Conductividad uS/cm		160,2	160,6	159,0	159,6
	pH		7,99	8,12	8,05	8,02
Avia Hidroxiclورو de Aluminio	Dosis	cc. o mL	0,5	1,0	1,5	2,0
		mg/L o ppm	05	10	15	20
	Color Pt-Co	Aparente	30	10	4	2
		Real	22	12	6	5
	Turbiedad NTU		1,60	0,64	0,36	0,25
	Conductividad uS/cm		160,4	160,4	161,4	161,8
	pH		8,01	7,95	7,89	7,83
Quinsa Poliquina	Dosis	cc. o mL	0,5	1,0	1,5	2,0
		mg/L o ppm	05	10	15	20
	Color Pt-Co	Aparente	14	8	5	4
		Real	11	5	4	3
	Turbiedad NTU		0,56	0,37	0,32	0,30
	Conductividad uS/cm		163,7	163,5	164,7	165,1
	pH		7,98	7,84	7,70	7,65

OBSERVACIONES: Teniendo en cuenta el color (A) y la turbiedad, la mejor jarra es la N° 4 con el producto Hidroxiclورو de Aluminio (PAC).

# TEST DE JARRAS N° 5 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

FECHA: Martes 19 de Abril de 2016

HORA DE LA TOMA: 09:30 A.M.

CAUDAL: 873 L/S

ÉPOCA: Invierno

MUESTRA: Agua Cruda

VOLUMEN TOMADO EN VASOS: 1000 (mL)

HORA DEL TEST: 10:20 A.M.

MEZCLA RÁPIDA: 1 (Minuto) 100 (rpm)

MEZCLA LENTA: 15 (Minutos) 40 (rpm)

HORA FINAL: 11:06 A.M.

DATOS INICIALES: 25 ppm Quinsa

Color: Aparente 21. Real 16

Turbiedad: 0,80

Conductividad: 167,0

pH: 7,90

T: 24°C

Empresa y Coagulante	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Comercial Fox Best Xanth	Dosis	cc. o mL	2,4	2,6	2,8	3,0
		mg/L o ppm	24	26	28	30
	Color Pt-Co	Aparente	22	23	23	21
		Real	12	16	17	11
	Turbiedad NTU		0,51	0,79	0,77	0,22
	Conductividad uS/cm		153,7	153,6	154	153
	pH		7,91	7,99	7,98	8,07
Avia Hidroxiclورو de Aluminio	Dosis	cc. o mL	2,4	2,6	2,8	3,0
		mg/L o ppm	24	26	28	30
	Color Pt-Co	Aparente	4	3	3	4
		Real	1	3	3	3
	Turbiedad NTU		0,28	0,189	0,254	0,124
	Conductividad uS/cm		160,5	158,7	171,4	162,0
	pH		7,64	7,70	7,72	7,73
Quinsa PoliQuinsa	Dosis	cc. o mL	2,4	2,6	2,8	3,0
		mg/L o ppm	24	26	28	30
	Color Pt-Co	Aparente	1	2	2	2
		Real	1	2	1	1
	Turbiedad NTU		0,147	0,22	0,089	0,137
	Conductividad uS/cm		160,1	161,6	159,8	161
	pH		7,37	7,39	7,49	7,51

OBSERVACIONES: La mejor jarra por economía de la empresa es la N° 1 con el producto PoliQuinsa.

# TEST DE JARRAS N° 6 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

FECHA: Martes 19 de Abril de 2016

HORA DE LA TOMA: 03:00 P.M.

CAUDAL: 934 L/S

ÉPOCA: Invierno

MUESTRA: Agua Cruda

VOLUMEN TOMADO EN VASOS: 1000 (mL)

HORA DEL TEST: 04:30 P.M.

MEZCLA RÁPIDA: 1 (Minuto) 100 (rpm)

MEZCLA LENTA: 15 (Minutos) 40 (rpm)

HORA FINAL: 05:16 P.M.

DATOS INICIALES: 23 ppm Quinsa

Color: Aparente 20. Real 14

Turbiedad: 0,84

Conductividad: 151,3

pH: 8,52

T: 29°C

Empresa y Coagulante	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Comercial Fox Best Xanth	Dosis	cc. o mL	2,4	2,6	2,8	3,0
		mg/L o ppm	24	26	28	30
	Color Pt-Co	Aparente	31	31	33	33
		Real	24	24	26	28
	Turbiedad NTU		0,81	0,80	0,90	0,90
	Conductividad uS/cm		158,7	168,3	166,0	166,9
	pH		8,04	8,09	8,11	8,13
Avia Hidroxiclورو de Aluminio	Dosis	cc. o mL	2,4	2,6	2,8	3,0
		mg/L o ppm	24	26	28	30
	Color Pt-Co	Aparente	7	9	8	7
		Real	5	5	5	9
	Turbiedad NTU		0,25	0,25	0,20	0,26
	Conductividad uS/cm		193,6	193,2	193,7	192,7
	pH		8,23	8,18	8,17	8,12
Quinsa PoliQuinsa	Dosis	cc. o mL	2,4	2,6	2,8	3,0
		mg/L o ppm	24	26	28	30
	Color Pt-Co	Aparente	10	7	5	5
		Real	8	5	7	4
	Turbiedad NTU		0,88	0,28	0,20	0,18
	Conductividad uS/cm		184,9	187,6	192,3	183,5
	pH		7,87	7,90	7,90	7,85

OBSERVACIONES: Para la calidad del agua, la mejor jarra es la N° 4 con el producto PoliQuinsa y por economía la N° 3 de PoliQuinsa.

# TEST DE JARRAS N° 7 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

FECHA: Miércoles 20 de Abril de 2016

HORA DE LA TOMA: 11:20 A.M.

CAUDAL: 903 L/S

ÉPOCA: Invierno

MUESTRA: Agua Cruda

VOLUMEN TOMADO EN VASOS: 1000 (mL)

HORA DEL TEST: 11:30 A.M.

MEZCLA RÁPIDA: 1 (Minuto) 100 (rpm)

MEZCLA LENTA: 15 (Minutos) 40 (rpm)

HORA FINAL: 12:16 P.M.

DATOS INICIALES: 20 ppm Quinsa

Color: Aparente 24. Real 14

Turbiedad: 1,30

Conductividad: 192,6

pH: 8,31

T: 28°C

Empresa y Coagulante	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Comercial Fox Best Xanth	Dosis	cc. o mL	2,0	2,2	2,4	2,6
		mg/L o ppm	20	22	24	26
	Color Pt-Co	Aparente	24	24	23	22
		Real	14	14	14	14
	Turbiedad NTU		0,73	0,72	0,71	0,73
	Conductividad uS/cm		176,4	174,8	178,2	171,4
pH		8,11	8,19	8,21	8,29	
Avia Hidroxiclورو de Aluminio	Dosis	cc. o mL	2,0	2,2	2,4	2,6
		mg/L o ppm	20	22	24	26
	Color Pt-Co	Aparente	5	5	5	13
		Real	2	2	2	2
	Turbiedad NTU		0,20	0,25	0,26	0,85
	Conductividad uS/cm		184,1	186,4	187,8	187,4
pH		7,83	7,87	7,86	7,82	
Quinsa PoliQuinsa	Dosis	cc. o mL	2,0	2,2	2,4	2,6
		mg/L o ppm	20	22	24	26
	Color Pt-Co	Aparente	7	4	2	4
		Real	1	2	1	1
	Turbiedad NTU		0,31	0,18	0,42	0,16
	Conductividad uS/cm		185,2	187,1	187,4	188,1
pH		8,0	7,81	7,70	7,74	

OBSERVACIONES: Por la calidad del agua, la mejor jarra es la N° 2 con el producto PoliQuinsa, pero por economía la N° 1 de Avia (PAC).

# TEST DE JARRAS N° 8 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

**FECHA:** Jueves 21 de Abril de 2016  
**MUESTRA:** Agua Cruda  
**MEZCLA RÁPIDA:** 1 (Minuto) 100 (rpm)

**HORA DE LA TOMA:** 04:00 P.M.  
**VOLUMEN TOMADO EN VASOS:** 1000 (mL)  
**MEZCLA LENTA:** 15 (Minutos) 40 (rpm)

**CAUDAL:** 995 L/S      **ÉPOCA:** Invierno  
**HORA DEL TEST:** 04:30 P.M.  
**HORA FINAL:** 05:16 P.M.

**DATOS INICIALES:** 34 ppm Quinsa      Color: Aparente 68. Real 42      Turbiedad: 4,56      Conductividad: 164,4      pH: 8,43      T: 27°C

Empresa y Coagulante	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Comercial Fox Best Xanth	Dosis	cc. o mL	0,04	0,06	0,08	0,10
		mg/L o ppm	0,08	0,12	0,16	0,20
	Color Pt-Co	Aparente	51	56	51	53
		Real	40	41	40	40
	Turbiedad NTU		2,4	1,98	1,91	1,99
	Conductividad uS/cm		167,3	169,8	167,4	168,7
	pH		8,03	8,14	8,19	8,23
Avia Hidroxiclورو de Aluminio	Dosis	cc. o mL	3,3	3,6	3,9	4,2
		mg/L o ppm	33	36	39	42
	Color Pt-Co	Aparente	9	6	9	7
		Real	4	3	4	3
	Turbiedad NTU		0,28	0,31	0,36	0,40
	Conductividad uS/cm		182,3	180,1	172,1	181,7
	pH		8,03	8,04	8,03	8,01
Quinsa Poliquina	Dosis	cc. o mL	3,0	3,3	3,6	3,9
		mg/L o ppm	30	33	36	39
	Color Pt-Co	Aparente	12	8	7	11
		Real	7	6	6	4
	Turbiedad NTU		1,59	0,55	0,33	0,37
	Conductividad uS/cm		510	175,9	175,2	170,7
	pH		7,88	7,97	7,87	7,84

**OBSERVACIONES:** La mejor jarra es la N° 2 con el producto Hidroxiclورو de Aluminio (PAC) de Avia.

# TEST DE JARRAS N° 9 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

FECHA: Viernes 22 de Abril de 2016

HORA DE LA TOMA: 09:00 A.M.

CAUDAL: 873 L/S

ÉPOCA: Invierno

MUESTRA: Agua Cruda

VOLUMEN TOMADO EN VASOS: 1000 (mL)

HORA DEL TEST: 10:00 A.M.

MEZCLA RÁPIDA: 1 (Minuto) 100 (rpm)

MEZCLA LENTA: 15 (Minutos) 40 (rpm)

HORA FINAL: 10:46 A.M.

DATOS INICIALES: 32 ppm Quinsa

Color: Aparente 49. Real 30

Turbiedad: 4,16

Conductividad: 180,8

pH: 8,14

T: 24°C

Empresa y Coagulante	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Comercial Fox Best Xanth	Dosis	cc. o mL	0,08	0,10	0,12	0,14
		mg/L o ppm	0,16	0,20	0,24	0,28
	Color Pt-Co	Aparente	35	36	36	35
		Real	26	26	24	25
	Turbiedad NTU		0,93	1,52	1,58	1,54
	Conductividad uS/cm		192,3	191,0	193,3	191,3
pH		8,00	8,08	7,99	8,03	
Avia Hidroxiclورو de Aluminio	Dosis	cc. o mL	3,6	3,8	4,0	4,2
		mg/L o ppm	36	38	40	42
	Color Pt-Co	Aparente	5	4	5	5
		Real	3	4	5	4
	Turbiedad NTU		0,36	0,40	0,52	0,33
	Conductividad uS/cm		192,3	192,6	197,9	198,3
pH		7,75	7,72	7,65	7,64	
Quinsa PoliQuinsa	Dosis	cc. o mL	3,2	3,4	3,6	3,8
		mg/L o ppm	32	34	36	38
	Color Pt-Co	Aparente	35	5	5	5
		Real	24	3	2	4
	Turbiedad NTU		1,51	1,20	0,29	0,33
	Conductividad uS/cm		195,4	195,3	197,3	195,2
pH		8,11	7,97	7,85	7,77	

OBSERVACIONES: La mejor jarra es la N° 3 con el producto PoliQuinsa.

# TEST DE JARRAS N° 10 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

FECHA: Viernes 22 de Abril de 2016

HORA DE LA TOMA: 03:20 P.M.

CAUDAL: 964 L/S

ÉPOCA: Invierno

MUESTRA: Agua Cruda

VOLUMEN TOMADO EN VASOS: 1000 (mL)

HORA DEL TEST: 03:45 P.M.

MEZCLA RÁPIDA: 1 (Minuto) 100 (rpm)

MEZCLA LENTA: 15 (Minutos) 40 (rpm)

HORA FINAL: 04:31 P.M.

DATOS INICIALES: 32 ppm Quinsa

Color: Aparente 45. Real 23

Turbiedad: 3,26

Conductividad: 281,0

pH: 8,20

T: 25°C

Empresa y Coagulante	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Comercial Fox Best Xanth	Dosis	cc. o mL	0,2	0,4	0,6	0,8
		mg/L o ppm	0,4	0,8	0,12	0,16
	Color Pt-Co	Aparente	23	25	24	24
		Real	22	22	23	23
	Turbiedad NTU		0,50	0,62	0,68	0,67
	Conductividad uS/cm		170,0	169,1	169,4	169,6
pH		8,14	8,25	8,26	8,30	
Avia Hidroxiclورو de Aluminio	Dosis	cc. o mL	4,4	4,6	4,8	5,0
		mg/L o ppm	44	46	48	50
	Color Pt-Co	Aparente	3	3	4	4
		Real	3	3	4	3
	Turbiedad NTU		0,31	0,30	0,20	0,19
	Conductividad uS/cm		449	178,7	177,4	178,6
pH		8,11	8,20	8,18	8,16	
Quinsa Poliquina	Dosis	cc. o mL	4,0	4,2	4,4	4,6
		mg/L o ppm	40	42	44	46
	Color Pt-Co	Aparente	7	7	7	4
		Real	5	5	4	4
	Turbiedad NTU		0,34	0,33	0,36	0,41
	Conductividad uS/cm		175,0	174,4	173,9	173,4
pH		8,02	8,17	8,16	8,15	

OBSERVACIONES: Por la economía de la empresa, la mejor jarra es la N° 2 con el producto Poliquina.

# TEST DE JARRAS N° 11 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

FECHA: Lunes 25 de Abril de 2016

HORA DE LA TOMA: 08:30 A.M.

CAUDAL: 844 L/S

ÉPOCA: Invierno

MUESTRA: Agua Cruda

VOLUMEN TOMADO EN VASOS: 1000 (mL)

HORA DEL TEST: 11:30 A.M.

HORA FINAL: 12:16 P.M.

MEZCLA RÁPIDA: 1 (Minutos) 100 (rpm)

MEZCLA LENTA: 15 (Minutos) 40 (rpm)

DATOS INICIALES: 54 ppm Quinsa

Color (Pt-Co): Aparente 64. Real 32

Turbiedad (NTU): 5,57

Conductividad (uS/cm): 169,1

pH: 7,85

T: 24,6 °C

Empresa y Producto	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Comercial Best Xanth	Dosis	cc. o mL	0,35	0,40	0,45	0,50
		mg/L o ppm	0,7	0,8	0,9	1
	Color Pt-Co	Aparente	49	51	51	51
		Real	28	29	30	30
	Turbiedad NTU		2,95	2,91	3,01	3,23
	Conductividad uS/cm		177,6	173,4	168,9	171,5
	pH		8,15	8,18	8,18	8,19
Avia (PAC)	Dosis	cc. o mL	4,0	4,5	5,0	5,5
		mg/L o ppm	40	45	50	55
	Color Pt-Co	Aparente	10	5	4	5
		Real	3	3	2	2
	Turbiedad NTU		0,64	0,62	0,38	0,43
	Conductividad uS/cm		180,5	180,7	177,6	182,5
	pH		7,80	7,78	7,74	7,72
Quinsa PoliQuinsa	Dosis	cc. o mL	4,0	4,5	5,0	5,5
		mg/L o ppm	40	45	50	55
	Color Pt-Co	Aparente	5	7	2	4
		Real	3	4	2	3
	Turbiedad NTU		0,56	0,48	0,25	0,39
	Conductividad uS/cm		187,9	184,7	183,0	194,4
	pH		7,79	7,69	7,67	7,63

Empresa y Producto	P	J		1	2	3
		D	J			
Wost (PAC)	D	mL		4,5	5,0	5,5
		ppm		45	50	55
				3	2	2
	C	A		2	1	1
		R		0,31	0,62	0,22
		NTU		177,6	180,8	178,5
		uS/cm		7,84	7,70	7,61
Quinsa (PAC)	D	mL		4,5	5,0	5,5
		ppm		45	50	55
				1	0	1
	C	A		2	2	2
		R		0,33	0,27	0,30
		NTU		192	191,4	198,8
		uS/cm		7,69	7,67	7,62
Quinsa PoliQuinsa II	D	mL		5,0	5,5	6,0
		ppm		50	55	60
				5	2	2
	C	A		2	2	2
		R		0,40	0,45	0,44
		NTU		181,3	184,4	188,2
		uS/cm		7,57	7,43	7,25

Empresa y Producto	P	J		1	2	3
		D	J			
Quinsa Mackenfloc II	D	mL		4,5	5,0	5,5
		ppm		45	50	55
				2	2	2
	C	A		2	2	2
		R		0,33	0,32	0,37
		NTU		197,2	198,8	199,7
		uS/cm		7,77	7,75	7,76
	D	mL				
		ppm				
	C	A				
		R				
		NTU				
		uS/cm				
pH						

OBSERVACIONES: Por la economía de la empresa, y la calidad del agua, la mejor jarra es la N° 2 con el producto Hidroxicloruro de Aluminio (PAC) de Quinsa y la N° 3 de PoliQuinsa.

# TEST DE JARRAS N° 12 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

FECHA: Martes 26 de Abril de 2016

HORA DE LA TOMA: 10:30 A.M.

CAUDAL: 903 L/S

ÉPOCA: Invierno

MUESTRA: Agua Cruda

VOLUMEN TOMADO EN VASOS: 1000 (mL)

HORA DEL TEST: 11:00 A.M.

MEZCLA RÁPIDA: 1 (Minuto) 100 (rpm)

MEZCLA LENTA: 15 (Minutos) 40 (rpm)

HORA FINAL: 11:46 A.M.

DATOS INICIALES: 30 ppm Quinsa

Color: Aparente 59. Real 22

Turbiedad: 5,31

Conductividad: 160,3

pH: 8,05

T: 25°C

Empresa y Coagulante	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Comercial Fox Best Xanth	Dosis	cc. o mL	0,4	0,6	0,8	1,0
		mg/L o ppm	0,8	0,12	0,16	2
	Color Pt-Co	Aparente	42	43	43	44
		Real	25	24	24	24
	Turbiedad NTU		2,96	3,00	3,09	3,03
	Conductividad uS/cm		162,1	161,1	161,7	162,5
pH		8,07	8,16	8,21	8,20	
Avia Hidroxiclورو de Aluminio	Dosis	cc. o mL	2,7	3,0	3,3	3,6
		mg/L o ppm	27	30	33	36
	Color Pt-Co	Aparente	6	6	5	6
		Real	6	6	4	5
	Turbiedad NTU		0,32	0,47	0,45	0,59
	Conductividad uS/cm		168,8	165,8	168,6	166,7
pH		7,78	7,88	7,86	7,84	
Quinsa Poliquina	Dosis	cc. o mL	2,7	3,0	3,3	3,6
		mg/L o ppm	27	30	33	36
	Color Pt-Co	Aparente	5	4	4	3
		Real	7	9	5	5
	Turbiedad NTU		0,41	0,40	0,25	0,22
	Conductividad uS/cm		166,2	166,6	167,0	166,8
pH		7,90	7,87	7,84	7,80	

OBSERVACIONES: La mejor jarra es la N° 3 con el producto Poliquina.

# TEST DE JARRAS N° 13 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

FECHA: Martes 26 de Abril de 2016

HORA DE LA TOMA: 05:00 P.M.

CAUDAL: 995 L/S

ÉPOCA: Invierno

MUESTRA: Agua Cruda

VOLUMEN TOMADO EN VASOS: 1000 (mL)

HORA DEL TEST: 05:20 P.M.

MEZCLA RÁPIDA: 1 (Minuto) 100 (rpm)

MEZCLA LENTA: 15 (Minutos) 40 (rpm)

HORA FINAL: 06:06 P.M.

DATOS INICIALES: 31 ppm Quinsa

Color: Aparente 38. Real 24

Turbiedad: 5,11

Conductividad: 174,0

pH: 8,49

T: 28°C

Empresa y Producto	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Comercial Best Xanth	Dosis	cc. o mL	0,1	0,3	0,5	0,7
		mg/L o ppm	0,2	0,6	1	1,4
	Color Pt-Co	Aparente	35	36	34	36
		Real	24	24	23	24
	Turbiedad NTU		2,03	1,97	1,94	2,07
	Conductividad uS/cm		164,0	164,9	162,3	163,3
	pH		8,08	8,37	8,37	8,38
Avia (PAC)	Dosis	cc. o mL	2,8	3,1	3,4	3,7
		mg/L o ppm	28	31	34	37
	Color Pt-Co	Aparente	5	4	4	4
		Real	4	4	4	3
	Turbiedad NTU		0,34	0,34	0,41	0,40
	Conductividad uS/cm		164,6	165,7	164,8	164,8
	pH		8,19	8,15	8,14	8,10
Quinsa Poliquinsa	Dosis	cc. o mL	2,8	3,1	3,4	3,7
		mg/L o ppm	28	31	34	37
	Color Pt-Co	Aparente	28	12	7	5
		Real	10	5	5	4
	Turbiedad NTU		3,19	1,09	0,63	0,34
	Conductividad uS/cm		167,1	167,0	167,2	169,6
	pH		7,83	7,89	7,91	7,91

Empresa y Producto	P	J			
		1	2	3	
Wost (PAC)	D	mL	2,8	3,1	3,4
		ppm	28	31	34
	C	A	4	3	4
		R	2	2	2
	NTU		0,36	0,33	0,36
	uS/cm		7,97	170,2	166,2
	pH		76,5	7,98	7,96
Quinsa Poliquinsa II	D	mL	2,8	3,1	3,4
		ppm	28	31	34
	C	A	7	5	5
		R	6	5	5
	NTU		0,37	0,31	0,33
	uS/cm		187,7	182,3	171,3
	pH		7,88	7,86	7,82
	D	mL			
		ppm			
	C	A			
		R			
	NTU				
	uS/cm				
	pH				

OBSERVACIONES: La mejor jarra es la N° 2 con el producto Hidroxicloruro de Aluminio (PAC) de Wost.

# TEST DE JARRAS N° 14 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

FECHA: Miércoles 27 de Abril de 2016

HORA DE LA TOMA: 08:00 A.M.

CAUDAL: 844 L/S

ÉPOCA: Invierno

MUESTRA: Agua Cruda

VOLUMEN TOMADO EN VASOS: 1000 (mL)

HORA DEL TEST: 08:30 A.M.

MEZCLA RÁPIDA: 1 (Minuto) 100 (rpm)

MEZCLA LENTA: 15 (Minutos) 40 (rpm)

HORA FINAL: 09:16 A.M.

DATOS INICIALES: 30 ppm Quinsa

Color: Aparente 53. Real 24

Turbiedad: 4,18

Conductividad: 160,9

pH: 8,09

T: 25°C

Empresa y Coagulante	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Comercial Fox Best Xanth	Dosis	cc. o mL	0,04	0,06	0,08	0,1
		mg/L o ppm	0,08	0,12	0,16	0,2
	Color Pt-Co	Aparente	37	40	39	40
		Real	20	22	22	25
	Turbiedad NTU		2,10	2,25	2,20	2,20
	Conductividad uS/cm		165,5	164,7	165,7	165,0
pH		7,99	8,15	8,19	8,19	
Avia Hidroxiclورو de Aluminio	Dosis	cc. o mL	3,0	3,2	3,4	3,6
		mg/L o ppm	30	32	34	36
	Color Pt-Co	Aparente	8	6	8	6
		Real	3	8	4	4
	Turbiedad NTU		0,50	0,46	0,62	0,48
	Conductividad uS/cm		170,6	170,1	180,1	179,6
pH		7,70	7,72	7,71	7,71	
Quinsa Poliquinsa	Dosis	cc. o mL	2,8	3,0	3,2	3,4
		mg/L o ppm	28	30	32	34
	Color Pt-Co	Aparente	8	6	5	4
		Real	4	3	3	3
	Turbiedad NTU		0,60	0,45	0,35	0,24
	Conductividad uS/cm		168,7	167,7	169,4	174,7
pH		7,77	7,75	7,72	7,68	

OBSERVACIONES: La mejor jarra es la N° 4 con el producto Poliquinsa.

# TEST DE JARRAS N° 15 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

FECHA: Miércoles 27 de Abril de 2016

HORA DE LA TOMA: 11:00 A.M.

CAUDAL: 844 L/S

ÉPOCA: Invierno

MUESTRA: Agua Cruda

VOLUMEN TOMADO EN VASOS: 1000 (mL)

HORA DEL TEST: 11:15 A.M.

MEZCLA RÁPIDA: 1 (Minuto) 100 (rpm)

MEZCLA LENTA: 15 (Minutos) 40 (rpm)

HORA FINAL: 12:01 P.M.

DATOS INICIALES: 30 ppm Quinsa

Color: Aparente 44. Real 23

Turbiedad: 5,11

Conductividad: 171,0

pH: 8,19

T: 24°C

Empresa y Coagulante	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Comercial Fox Best Xanth	Dosis	cc. o mL	0,02	0,04	0,06	0,08
		mg/L o ppm	0,04	0,08	0,12	0,16
	Color Pt-Co	Aparente	31	32	32	31
		Real	24	22	23	25
	Turbiedad NTU		1,82	1,68	1,69	1,75
	Conductividad uS/cm		172,8	166,4	159,9	159,9
	Ph		8,10	8,22	8,26	8,26
Avia Hidroxiclورو de Aluminio	Dosis	cc. o mL	3,3	3,6	3,9	4,2
		mg/L o ppm	33	36	39	42
	Color Pt-Co	Aparente	4	3	3	3
		Real	3	3	2	2
	Turbiedad NTU		0,391	0,318	0,345	0,412
	Conductividad uS/cm		165,7	177,3	178,3	179,0
	pH		7,92	7,89	7,69	7,76
Quinsa Poliquina	Dosis	cc. o mL	3,0	3,3	3,6	3,9
		mg/L o ppm	30	33	36	39
	Color Pt-Co	Aparente	5	6	4	4
		Real	3	2	2	2
	Turbiedad NTU		0,596	0,584	0,402	0,516
	Conductividad uS/cm		167,2	168,0	177,9	171,3
	pH		8,31	7,99	7,83	7,83

OBSERVACIONES: La mejor jarra es la N° 2 con el producto Hidroxiclورو de Aluminio (PAC) de Avia.

# TEST DE JARRAS N° 16 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

FECHA: Miércoles 27 de Abril de 2016

HORA DE LA TOMA: 03:07 P.M.

CAUDAL: 873 L/S

ÉPOCA: Invierno

MUESTRA: Agua Cruda

VOLUMEN TOMADO EN VASOS: 1000 (mL)

HORA DEL TEST: 03:15 P.M.

MEZCLA RÁPIDA: 1 (Minuto) 100 (rpm)

MEZCLA LENTA: 15 (Minutos) 40 (rpm)

HORA FINAL: 04:01 P.M.

DATOS INICIALES: 31 ppm Quinsa

Color: Aparente 37. Real 12

Turbiedad: 4,17

Conductividad: 164,4

pH: 8,33

T: 26°C

Empresa y Coagulante	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Comercial Fox Best Xanth	Dosis	cc. o mL	0,1	0,3	0,5	0,7
		mg/L o ppm	0,2	0,6	1	1,4
	Color Pt-Co	Aparente	30	30	29	29
		Real	17	17	17	18
	Turbiedad NTU		2,06	1,91	1,85	2,04
	Conductividad uS/cm		170,9	164,5	164,8	165,1
pH		8,28	8,32	8,39	8,42	
Avia Hidroxiclورو de Aluminio	Dosis	cc. o mL	1,5	2,0	2,5	3,0
		mg/L o ppm	15	20	25	30
	Color Pt-Co	Aparente	16	7	10	5
		Real	4	4	2	2
	Turbiedad NTU		0,99	0,97	0,56	0,60
	Conductividad uS/cm		166,6	168,7	167,8	168,3
pH		8,09	8,02	7,99	7,97	
Quinsa Poliquinsa	Dosis	cc. o mL	1,5	2,0	2,5	3,0
		mg/L o ppm	15	20	25	30
	Color Pt-Co	Aparente	12	8	7	6
		Real	5	4	2	2
	Turbiedad NTU		0,92	0,87	0,63	0,54
	Conductividad uS/cm		167,2	168,1	168,5	168,9
pH		7,99	7,98	7,96	7,91	

OBSERVACIONES: La mejor jarra es la N° 4 con el producto Poliquinsa.

# TEST DE JARRAS N° 17 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

FECHA: Jueves 28 de Abril de 2016

HORA DE LA TOMA: 03:00 P.M.

CAUDAL: 802 L/S

ÉPOCA: Invierno

MUESTRA: Agua Cruda

VOLUMEN TOMADO EN VASOS: 1000 (mL)

HORA DEL TEST: 03:20 P.M.

MEZCLA RÁPIDA: 1 (Minuto) 100 (rpm)

MEZCLA LENTA: 15 (Minutos) 40 (rpm)

HORA FINAL: 04:06 P.M.

DATOS INICIALES: 32 ppm Quinsa

Color: Aparente 42. Real 11

Turbiedad: 4,96

Conductividad: 165,6

pH: 7,96

T: 25°C

Empresa y Coagulante	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Comercial Fox Best Xanth	Dosis	cc. o mL	0,8	1,0	1,2	1,4
		mg/L o ppm	1,6	2,0	2,4	2,8
	Color Pt-Co	Aparente	23	24	24	24
		Real	26	27	19	18
	Turbiedad NTU		1,09	0,90	0,93	0,92
	Conductividad uS/cm		189,7	189,6	191,0	191,6
pH		8,08	8,22	8,16	8,24	
Avia Hidroxiclورو de Aluminio	Dosis	cc. o mL	3,0	3,2	3,4	3,6
		mg/L o ppm	30	32	34	36
	Color Pt-Co	Aparente	8	7	17	4
		Real	12	5	6	2
	Turbiedad NTU		0,21	0,29	0,60	0,60
	Conductividad uS/cm		195,2	200,6	200,2	196,4
pH		8,13	8,15	8,18	8,18	
Quinsa PoliQuinsa	Dosis	cc. o mL	2,2	2,4	2,6	2,8
		mg/L o ppm	22	24	26	28
	Color Pt-Co	Aparente	8	5	5	4
		Real	8	11	5	4
	Turbiedad NTU		0,39	0,24	0,47	0,32
	Conductividad uS/cm		188,9	190,3	190,8	192,3
pH		7,90	8,09	8,12	8,13	

OBSERVACIONES: La mejor jarra es la N° 4 con el producto PoliQuinsa.

# TEST DE JARRAS N° 18 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

FECHA: Jueves 10 de Marzo de 2016

HORA DE LA TOMA: 02:30 P.M.

CAUDAL: 815 L/S

ÉPOCA: Invierno

MUESTRA: Agua Cruda

VOLUMEN TOMADO EN VASOS: 1000 (mL)

HORA DEL TEST: 03:00 P.M.

MEZCLA RÁPIDA: 1 (Minuto) 100 (rpm)

MEZCLA LENTA: 15 (Minutos) 40 (rpm)

HORA FINAL: 03:46 P.M.

DATOS INICIALES: 46 ppm Quinsa

Color: Aparente 2342. Real 352

Turbiedad: 516

Conductividad: 186,7

pH: 7,88

T: 25°C

Empresa y Coagulante	Jarras		1	2	3	4	5	6
	Parámetros							
Wost Hidroxiclورو de Aluminio	Dosis	cc. o mL	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
		mg/L o ppm	20	25	30	35	40	45
	Color Pt-Co	Aparente	842	748	629	525	422	258
		Real						
	Turbiedad NTU		96,6	76,6	76,9	72,1	64,6	42,9
	Conductividad uS/cm							
pH		7,66	7,68	7,69	7,65	7,63	7,63	
Avia Hidroxiclورو de Aluminio	Dosis	cc. o mL	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
		mg/L o ppm	20	25	30	35	40	45
	Color Pt-Co	Aparente	936	863	725	605	334	47
		Real						
	Turbiedad NTU		109	104	90,4	83,5	73,2	6,30
	Conductividad uS/cm							
pH		6,69	7,71	7,68	7,61	7,57	7,57	
Quinsa PoliQuinsa	Dosis	cc. o mL	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
		mg/L o ppm	20	25	30	35	40	45
	Color Pt-Co	Aparente	888	722	611	463	342	186
		Real						
	Turbiedad NTU		10,3	82,8	70,8	54,7	48,3	23,3
	Conductividad uS/cm							
pH		7,85	7,68	7,65	7,65	7,65	7,62	

OBSERVACIONES: La mejor jarra es la N° 6 con el producto Hidroxiclورو de Aluminio (PAC) de Avia.

# TEST DE JARRAS N° 19 – ENSAYO DE COAGULACIÓN



Proceso: GESTIÓN DE ACUEDUCTO

Vigente desde: 20/12/2013

Código: AC-FR-04

Versión: 01

FECHA: Jueves 10 de Marzo de 2016

HORA DE LA TOMA: 03:30 P.M.

CAUDAL: 815 L/S

ÉPOCA: Invierno

MUESTRA: Agua Cruda

VOLUMEN TOMADO EN VASOS: 1000 (mL)

HORA DEL TEST: 04:00 P.M.

MEZCLA RÁPIDA: 1 (Minuto) 100 (rpm)

MEZCLA LENTA: 15 (Minutos) 40 (rpm)

HORA FINAL: 04:46 P.M.

DATOS INICIALES: 46 ppm Quinsa

Color: Aparente 2342. Real 352

Turbiedad: 516

Conductividad: 186,7

pH: 7,88

T: 25°C

Empresa y Producto	Jarras		1	2	3	4
	Parámetros					
Avia (PAC)	Dosis	cc. o mL	4,8	5,0	5,2	5,4
		mg/L o ppm	48	50	52	54
	Color Pt-Co	Aparente	425	368	236	118
		Real				
	Turbiedad NTU		60,2	60,2	49,1	23,1
	Conductividad uS/cm					
	pH					
Quinsa Poliquina	Dosis	cc. o mL	4,8	5,0	5,2	5,4
		mg/L o ppm	48	50	52	54
	Color Pt-Co	Aparente	369	446	331	337
		Real				
	Turbiedad NTU		47	55,5	54	46,7
	Conductividad uS/cm					
	pH					
Wost (1093)	Dosis	cc. o mL	4,8	5,0	5,2	5,4
		mg/L o ppm	48	50	52	54
	Color Pt-Co	Aparente	365	277	234	161
		Real				
	Turbiedad NTU		29,6	34,8	34,3	33,6
	Conductividad uS/cm					
	pH					

Empresa y Producto	P	J		1	2	3
		D				
Wost (1083)	D	mL		4,5	5,0	5,5
		ppm		45	50	55
	C	A		283	166	174
		R				
	NTU			33,3	24,7	22,7
	uS/cm					
	pH					
Wost (1500)	D	mL		4,5	5,0	5,5
		ppm		45	50	55
	C	A		177	189	133
		R				
	NTU			23,6	21,7	21,0
	uS/cm					
	pH					
	D	mL				
		ppm				
	C	A				
		R				
	NTU					
	uS/cm					
	pH					

OBSERVACIONES: La mejor jarra es la N° 6 con el producto Hidroxicloruro de Aluminio (PAC) de Avia.

## **Anexo I.**

### **Cotización de los coagulantes.**

#### **WOST SERVICES S.A.S**

El ingeniero químico, IVÁN DARÍO SÁNCHEZ, de la empresa WostServices S.A.S, dio como información que el precio de cada Kg del coagulante Hidroxicloruro de aluminio (PAC) sin empaque y a granel vale \$1650 con IVA incluido.

#### **QUINSA**

El ingeniero químico, CÉSAR AUGUSTO ROJAS MEDINA, de la empresa Quinsa dio los siguientes precios de dos coagulantes:

Poliquinsa a \$1350/Kg

Poliquinsa II a \$1000/Kg

Ambos precios más 16% de IVA puestos en las plantas de tratamiento de agua en Neiva. Los costos de tratamiento se emplean con precios de productos sin el IVA.



Insumos Químicos  
www.avia.com.co

Bogotá, 18 de Mayo de 2016

Señores:  
EMPRESAS PÚBLICAS DE NEIVA E.S.P  
RUBEN DARO PERDOMO  
JEFE DE PLANTAS  
Ciudad

Contratación No. 051816

**"SUMINISTRO DE POLICLORURO DE ALUMINIO,, COAGULANTE LIQUIDO PAC"**

<u>CANTIDAD</u>	<u>UNID</u>	<u>DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO</u>	<u>VALOR UNITARIO</u>	<u>VALOR TOTAL</u>
1	M3	SUMINISTRO DE COAGULANTE POLICLORURO DE ALUMINIO CON BASE EN SALES DE ALUMINIO y/o HIERRO, CON UN CONTENIDO ENTRE EL 23% Y 24% $Al_2O_3$ , DENSIDAD MINIMA DE 1.29 g/ml, PARA LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE EMPRESAS PÚBLICAS DE NEIVA (HUILA); KENNEDY, JARDÍN Y RECREO.	1.690.000	1.690.000
			<b>SUBTOTAL</b>	1.690.000
			<b>IVA</b>	270.000
			<b>TOTAL</b>	<b>\$1.960.000</b>

- EMBALAJE: A granel carrotanque de 10,18 y 30 toneladas
- TIEMPO DE ENTREGA: 5 días
- VALIDEZ DE LA OFERTA: 30 días
- AVIA, como valor agregado, ofrece asistencia técnica de un representante de nuestra empresa INGENIERO QUIMICO de tiempo completo. Para capacitar a los operarios, presentar informes diarios y determinar la dosis optima; durante el periodo del contrato.

Agradezco la atención prestada y esperamos poder cumplir con sus expectativas.

PEDRO ORTEGON  
GERENTE ZONA SUR  
MOVIL: 316-7417347

Pbx: 1-2580503 Fax: 1-4873639  
Calle 136 # 52 A -53  
Bogotá D.C. - Colombia

## **Anexo J.**

**Fichas técnicas de algunos coagulantes.**



QUIMICA INTEGRADA S.A.  
NIT. 800.078.640-1

PLANTA: km. 34 Vía Neiva - Bogotá • Aipe, Huila  
CORRESPONDENCIA: Calle 8 No. 10 - 69 Neiva, Huila.  
TELEFAX: 8389038, 8389327, 8389935, 8389224, 8389914  
www.quinsa.com.co | e-mail: quinsa01@hotmail.com

## SULFATO DE ALUMINIO GRANULADO TIPO B (SULF-AL-QUIN)

Producto obtenido generalmente por la reacción entre el Ácido Sulfúrico y una materia prima rica en Aluminio como la Bauxita.

**FÓRMULA:**  $Al_2(SO_4)_3 - 14 H_2O$

### ESPECIFICACIONES:

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mínimo	15.2 %
Hierro como Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> máximo	2.0 %
Materia insoluble máximo	8.0 %

**GRANULOMETRIA:** pasa 100% malla 4, Máximo 10 % retiene malla 10, Máximo 10 % pasa malla 100.

**FORMA DE PRESENTACIÓN:** Granulado, en bultos de 25 Kg y 50 Kg.

**USO DEL PRODUCTO:** Es un coagulante que tiene como fin principal el tratamiento de aguas para consumo humano y residual, removiendo agentes contaminantes como turbiedad y color. En aguas superficiales se destaca en clarificación para condiciones de baja y mediana turbiedad (hasta 1000 NTU aproximadamente).

**ALMACENAMIENTO:** Por ser un producto higroscópico es empacado en sacos de polipropileno con laminado interno. Debe ser almacenado en bodegas cerradas sobre estibas plásticas o de madera.

**PRECAUCIONES PARA EL USO Y SEGURIDAD:** Para su manipulación se requiere de equipo de protección. Máscaras para polvos, gafas protectoras y buena ventilación. No es un producto tóxico, pero puede producir leve irritación nasal, por tratarse de una sal ácida.

## HIDROXICLORURO DE ALUMINIO (HIDROX-CLAL-QUIN)

Es un polinuclear de aluminio líquido (Hidroxiclورو de Aluminio) que se desempeña efectivamente como coagulante inorgánico para aguas tanto potables como residuales.

### VENTAJAS:

- ❖ Económico, efectivo a dosis muy bajas.
- ❖ No altera el pH del sistema.
- ❖ Bajo volumen de lodos
- ❖ Fácil de dosificar y manejar.
- ❖ Trabaja en rango amplio de pH.
- ❖ Velocidad de alta sedimentación
- ❖ Mayor carrera de filtros
- ❖ No requiere el uso de alcalinizante.

**FÓRMULA:**  $Al_n(OH)_m Cl_{(3n-m)}$   $0 < m < 3n$

### ESPECIFICACIONES:

Contenido $Al_2O_3$ (%):	18.0 – 24.0
Basicidad (%):	$\geq 70$
Acidez (%):	11.0 – 12.5
Turbiedad (NTU):	50 máximo
Densidad:	1.30 – 1.40 g/ml
Fecha de vencimiento:	12 meses

**PRESENTACIÓN:** El Hidroxiclورو de Aluminio se despacha en isotanques, tambores plásticos, garrafas y a granel.

**USO DEL PRODUCTO:** empleado como coagulante-floculante en clarificación para condiciones de alta turbiedad sin disminuir el pH. En la industria del papel para el proceso de encolado, piscinas, en la industria petrolera y tratamiento de aguas residuales industriales.

**CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO:** Se debe almacenar en tanques cerrados de fibra de vidrio, polietileno, polipropileno, en garrafas, tambores y contenedores plásticos.

**PRECAUCIONES PARA EL USO Y SEGURIDAD:** Es astringente, se requiere de gafas protectoras, guantes de Neopreno o plásticos. No es un producto tóxico, pero puede producir leve resequedad e irritación en la piel y ojos por tratarse de un producto de carácter ácido.



## COAGULANTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS MACKENFLOC II

### CARACTERÍSTICAS:

- ❖ **MACKENFLOC II** es un coagulante líquido, color ámbar oscuro, miscible con agua, formulado con base en sales de hierro y aluminio.
- ❖ **MACKENFLOC II** Es un excelente coagulante en el tratamiento de aguas potables, residuales. Debido a su poder oxidante remueve materia orgánica, reduce la DBO, color orgánico, metales pesados.
- ❖ **MACKENFLOC II** logra mayores velocidades de decantación, debido a la relación entre las sales de hierro y aluminio.
- ❖ **MACKENFLOC II** posee una buena capacidad floculante, con la formación de flóculos de tamaño considerable y uniforme, que decantan con mayor rapidez dejando una turbiedad residual más baja que los tratamientos con productos con rangos similares de alúmina.
- ❖ **MACKENFLOC II** debido a su mayor velocidad de sedimentación genera un aumento en las carreras de filtración.
- ❖ **MACKENFLOC II** Puede ser empleado en un campo de pH comprendido entre 5 y 9.

### APLICACIONES:

**MACKENFLOC II** puede ser empleado en todo tipo de aguas donde sea necesaria una floculación rápida y eficaz, como:

1. **Tratamiento de aguas superficiales:** Para la obtención de agua potable o de uso industrial.
2. **Tratamiento de aguas residuales:** Procedentes de industrias de alimentos, siderúrgicas, papeleras, petroleras, industria de lácteos, curtiembres, aguas domésticas, etc. para hacer posible su posterior reciclaje o vertimiento.



## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

PROPIEDADES	
Contenido activo	25,0% mín.
Densidad (30°C)	1,30 g/ml mín.
Apariencia	marrón oscuro

## PRESENTACIÓN:

MACKENFLOC II Gracias a su presentación en forma líquida, es más fácil de manipular y de emplear, pudiendo ser dosificado con sistemas automáticos de bombeo. Además puede ser despachado en tambores por 250kg, en isotanques o a granel.

## BENEFICIOS:

- ❖ Rápida acción y fuerte poder de coagulación y floculación.
- ❖ Aplicable a cualquier tipo de agua
- ❖ Aplicable en un amplio campo de ph del agua.
- ❖ Eficaz en aguas con altos contenidos de materia orgánica.

## PRECAUCIONES:

- ❖ **Manipulación:** se requiere de gafas protectoras, guantes de Neopreno o plásticos, botas de caucho.
- ❖ **En caso de contacto con los ojos:** lávenlos inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
- ❖ **En caso de contacto con la piel:** lavar inmediata y abundantemente con agua.



## COAGULANTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS POLIQUINSA

### CARACTERÍSTICAS:

- ❖ **POLIQUINSA** es un coagulante líquido de alta basicidad, color ámbar, miscible con agua, formulado con base en sales aluminio.
- ❖ **POLIQUINSA** posee excelentes propiedades físico-químicas en el tratamiento de aguas potables y residuales, diseñado para tratar aguas con condiciones difíciles.
- ❖ **POLIQUINSA** por su alto desempeño logra mayores velocidades de decantación, debido a la adecuada relación entre sus contenidos activos.
- ❖ **POLIQUINSA** posee una buena capacidad floculante, con la formación de flóculos de tamaño considerable y uniforme, que decantan con mayor rapidez; especial para la remoción de color orgánico.
- ❖ **POLIQUINSA** debido a su mayor velocidad de sedimentación genera un aumento en las carreras de filtración y garantiza el cumplimiento del aluminio residual en aguas potables.
- ❖ **POLIQUINSA** Puede ser empleado en un campo de pH comprendido entre 5 y 9. Genera bajo volumen de lodos facilitando su disposición final.
- ❖ **POLIQUINSA** por su alta eficiencia favorece la relación costo-beneficio del tratamiento de aguas con respecto a los coagulantes tradicionales.

### APLICACIONES:

**POLIQUINSA** puede ser empleado en todo tipo de aguas donde sea necesaria una floculación rápida y eficaz, como:

1. **Tratamiento de aguas superficiales:** Para la obtención de agua potable o de uso industrial.
2. **Tratamiento de aguas residuales:** Procedentes de industrias de alimentos, siderúrgicas, papeleras, petroleras, industria de lácteos, curtiembres, aguas domésticas, etc. para hacer posible su posterior reciclaje o vertimiento.



## ESPECIFICACIONES:

PROPIEDADES	
Contenido activo	20% mín.
Densidad (25°C)	1,26 g/ml mín.
pH a 25 °C	2,5 ± 0,3
Apariencia	Ambar

## PRESENTACIÓN:

POLYQUINSA Gracias a su presentación en forma líquida, es más fácil de manipular y de emplear, logrando ser dosificado con sistemas automáticos de bombeo o por gravedad. Además puede ser despachado en tambores por 250 kg, en isotanques o a granel.

## BENEFICIOS:

- ❖ Rápida acción y alto desempeño de coagulación y floculación.
- ❖ Aplicable a cualquier tipo de agua.
- ❖ Aplicable en un amplio campo de pH del agua.
- ❖ Eficaz en aguas con altos contenidos color y hierro asociados con materia orgánica.

## PRECAUCIONES:

- ❖ **Manipulación:** se requiere de gafas protectoras, guantes de Neopreno o plásticos, botas de caucho. El producto debe almacenarse en tanques y recipientes de fibra de vidrio, polietileno, polipropileno, PVC u otro material plástico.
- ❖ **En caso de contacto con los ojos:** lávenlos inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
- ❖ **En caso de contacto con la piel:** lavar inmediata y abundantemente con agua.



## COAGULANTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS POLIQUINSA II

### CARACTERÍSTICAS:

- ❖ **POLIQUINSA II** es un coagulante líquido de color ámbar, miscible con agua, formulado con base en sales de aluminio.
- ❖ **POLIQUINSA II** posee excelentes propiedades físico-químicas en el tratamiento de aguas potables y residuales, diseñado como un “coagulante inteligente” para tratar aguas con condiciones difíciles, mejorando el proceso de coagulación-floculación comparado con otros productos tradicionales.
- ❖ **POLIQUINSA II** por su alto desempeño logra mayores velocidades de decantación, debido a la adecuada relación balanceada entre sus contenidos activos. La materia orgánica es fácilmente removible en aguas para potabilización.
- ❖ **POLIQUINSA II** posee una buena capacidad floculante, con la formación de flóculos de tamaño considerable y uniforme, que decantan con mayor rapidez; especial para la remoción de color orgánico.
- ❖ **POLIQUINSA II** debido a su mayor velocidad de sedimentación genera un aumento en las carreras de filtración y garantiza el cumplimiento del aluminio residual en aguas potables.
- ❖ **POLIQUINSA II** Puede ser empleado en un campo de pH comprendido entre 5 y 9. Genera bajo volumen de lodos facilitando su disposición final.
- ❖ **POLIQUINSA II** por su alta eficiencia favorece la relación costo-beneficio del tratamiento de aguas con respecto a los coagulantes tradicionales.

### APLICACIONES:

**POLIQUINSA II** puede ser empleado en todo tipo de aguas donde sea necesaria una floculación rápida y eficaz, como:

1. **Tratamiento de aguas superficiales:** Para la obtención de agua potable o de uso industrial.
2. **Tratamiento de aguas residuales:** Procedentes de industrias de alimentos, siderúrgicas, papeleras, petroleras, industria de lácteos, curtiembres, aguas domésticas, etc. para hacer posible su posterior reciclaje o vertimiento.



## ESPECIFICACIONES:

PROPIEDADES	
Contenido activo	9,5 – 10,5%
Densidad (25°C)	1,28 – 1.31 g/ml
pH a 25 °C	1,5 – 2,0
Apariencia	Ambar

## PRESENTACIÓN:

POLYQUINSA II Gracias a su presentación en forma líquida, es más fácil de manipular y de emplear, logrando ser dosificado con sistemas automáticos de bombeo o por gravedad. Además puede ser despachado en tambores por 250 kg, en isotanques o a granel.

## BENEFICIOS:

- ❖ Rápida acción y alto desempeño de coagulación y floculación.
- ❖ Aplicable a cualquier tipo de agua.
- ❖ Aplicable en un amplio campo de pH del agua.
- ❖ Eficaz en aguas con altos contenidos color y hierro asociados con materia orgánica.

## PRECAUCIONES:

- ❖ **Manipulación:** se requiere de gafas protectoras, guantes de Neopreno o plásticos, botas de caucho. El producto debe almacenarse en tanques y recipientes de fibra de vidrio, polietileno, polipropileno, PVC u otro material plástico.
- ❖ **En caso de contacto con los ojos:** lávenlos inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
- ❖ **En caso de contacto con la piel:** lavar inmediata y abundantemente con agua.

**Ficha Técnica**  
**SALES DE ALUMINIO**

**1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA**

**1.1. Identificación de la sustancia**

**Nombre producto:** COAGULANTE LÍQUIDO CON BASE EN SALES DE ALUMINIO, CON UN CONTENIDO DE COMPONENTE ACTIVO MÍNIMO DEL 20%, DENSIDAD MÍNIMA DE 1.26 g/ml.

Nombre Químico: SALES DE ALUMINIO  
Número CAS: 1327-41-9  
NFPA: 2-0-0

**1.2. Identificación de la compañía**

AVIA LTDA.  
Teléfono: (57-1)2580503 – (57-1)4873639  
Calle 136 # 52<sup>a</sup>- 53  
Bogotá – Colombia

**2. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**

Basicidad	70 % mínimo
Apariencia	Líquido traslúcido color ámbar.
Olor	Característico.
Punto de ebullición	98,5°C
Solubilidad en agua	100%
Gravedad específica, g/ml, 18°C	1,26 – 1,27
PH (15% en agua)	2,5 – 3,5
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.5 % min

### 3. VENTAJAS RESPECTO A OTROS COAGULANTES

- ❖ Incidencia muy baja en el pH del Agua.
- ❖ No contiene insolubles.
- ❖ Aumenta el tiempo entre lavados de filtros y sedimentadores.
- ❖ Menos corrosivo que otros coagulantes inorgánicos.
- ❖ Menor aporte de aniones al sistema. Ósmosis inversa más económica.
- ❖ Trabaja con alcalinidades bajas.
- ❖ Trabaja en turbiedades bajas, normales, altas y ultra altas.
- ❖ Compatible con Poliacrilamidas, Poliacrilaminas, PDMDAAC, etc.

### 4. RECOMENDACIONES

- ❖ Al hacer pruebas de Jarras con **SALES DE ALUMINIO** se recomienda no diluirlo a niveles inferiores al 10 % en peso, pues el PAC tiende a hidrolizarse. No utilice la solución después de 12 horas de preparada.
- ❖ Utilice guantes de caucho, peto, gafas y demás elementos de seguridad industrial al manipularlo.
- ❖ Se puede almacenar en recipientes de polietileno, polipropileno, PVC, Vidrio, Poliéster reforzado con fibra de vidrio, Teflón y caucho. No se recomienda utilizar acero ni hierro en la instalación de bombeo o como sistema de almacenamiento.

### 5. DESPACHOS

Se despacha a granel en carros tanque de 10 o 18 toneladas. En contenedor de 1,200 Kg y en tambores según las indicaciones del cliente.

	HSQ	Código: HSQ – R – 10
		Versión: 01
	FICHA TÉCNICA	Fecha: 2010/08/11
		Página: 1 de 1

### Biopolímero (Best – Xanth)

Es un Biopolímero de alto peso molecular, utilizado para incrementar la viscosidad en los sistemas base agua. Viscosificador altamente efectivo

### ESPECIFICACIONES

ELEMENTOS	ESPECIFICACIONES
Aspecto	Crema – polvo blanco
Tamaño de partícula (malla)	100% pasando malla 28 (600 micron) 95% pasando malla 42 (355 micron)
Viscosidad (1% KCl, cps)	> 1200
pH (1% solución)	5.5 – 8.0
Pérdida de secado	Máximo el 15%

### REOLOGÍA (0.28% en solución salina)

Tasa	600 rpm	300 rpm	200 rpm	100 rpm	6 rpm	3 rpm
Estándar	Mín 75	Mín 55	Mín 45	Mín 35	Mín 15	Mín 12.5

**Empaque:** Sacos por 25 Kg

**Vida Útil:** 2 años fecha fabricación en condiciones adecuadas de almacenamiento.

Certificamos que los datos corresponden a la ficha técnica recibido de nuestro proveedor. Esta información no libera al cliente de hacer su propio control una vez recibido el producto.

**Control interno:** D\*



Calle 59 No. 35ª 88 Bogotá – Colombia  
PBX: 571-3157382  
www.comercialfox.com

### 1. Identificación del producto y de la empresa

**Nombre comercial:**

Hidroxiclورو de Aluminio líquido

**Identificación de la sociedad o empresa:**

WOST SERVICES S.A.S.

Calle 8 N° 81 – 02

Neiva, Huila

Teléfono: + 57 (8) 8675275

### 2. Composición/ Información de los componentes

**Características químicas:**

Hidroxiclورو de Aluminio

**Componentes peligrosos:**

Concentración  $Al_2O_3$ : 21 – 24%

N° CAS: 258 – 309 – 3

UN: 1760

### 3. Identificación de peligros

- ❖ Corrosivo
- ❖ Causa irritación en ojos y mucosas.

### 4. Estabilidad y reactividad

**Descomposición térmica:**

**Reacciones peligrosas:**

Ácidos y bases Sin determinar

**Productos de descomposición determinantes del peligro:**

- ❖ Humo picante
- ❖ Gases/Vapores irritantes
- ❖ Cloruro de hidrógeno (HCl)

## 5. Propiedades físicas y químicas

<b>Estado físico:</b>	Líquido
<b>Color:</b>	Ámbar claro
<b>Olor:</b>	Ninguno
<b>Punto de solidificación:</b>	ND
<b>Punto de ebullición:</b>	ND
<b>Punto de inflamación:</b>	No aplicable – disolución acuosa sin componentes volátiles
<b>Temperatura de ignición:</b>	No aplicable para líquidos con un punto de inflamación > 70°C
<b>Límite de explosión inferior:</b>	No aplicable para líquidos con un punto de inflamación > 70°C
<b>Límite de explosión superior:</b>	No aplicable para líquidos con un punto de inflamación > 70°C
<b>Presión de vapor:</b>	Responde a la del agua
<b>Densidad a 25°C:</b>	1,30 – 1,35 g/cm <sup>3</sup>
<b>Basicidad:</b>	> 70
<b>Solubilidad:</b>	Soluble en agua.
<b>Valor pH:</b>	3,5 – 4,5

## Informaciones ecológicas

- ❖ El producto aporta aluminio al suelo, que es un inconveniente en suelos con fines agrícolas.
- ❖ No contribuye a la DQO en los cursos de agua.
- ❖ No permanece en la cadena alimenticia.

## Anexo K.

### Certificado expedido por Hach Company.



## Anexo L.

### Certificado expedido por el asesor de la oficina de talento humano de Empresas Públicas de Neiva E.S.P.



EMPRESAS PÚBLICAS DE NEIVA ESP

Neiva, 06 de mayo de 2016

**EL ASESOR DE LA OFICINA DE TALENTO HUMANO**

**CERTIFICA:**

Que la señorita LIZ ANYELLA NIETO CASTAÑO identificada con la cédula de ciudadanía N° 1.075.255.477 expedida en Neiva, realizó sus prácticas universitarias ad honorem a esta entidad, siendo estudiante de la Facultad de Educación del Programa de Pregrado de Licenciatura en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología de la Universidad Surcolombiana de Neiva, desempeñándose en el Laboratorio de Aguas en la Planta de Tratamiento el Jardín, cumpliendo con las actividades de la empresa y las pruebas de jarras para el proyecto de grado en la modalidad de pasantía que abarcaron las 600 horas exigidas por la entidad desde el 03 de noviembre del 2015 hasta el 02 de mayo del 2016.

Se expide el presente certificado a solicitud de la interesada.

  
WILLIAM GILBERTO PUENTES RAMÍREZ