

PROPUESTA PARA UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE  
PARA EL ACUEDUCTO AGUAS DEL TRAPICHE S.A.S. EN VILLAVICENCIO,  
META

DIEGO ANDRES PRADA CORREDOR  
CRISTIAN CAMILO ROBELTO CORDERO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ  
2016

PROPUESTA PARA UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE  
PARA EL ACUEDUCTO AGUAS DEL TRAPICHE S.A.S. EN VILLAVICENCIO,  
META

DIEGO ANDRES PRADA CORREDOR  
CRISTIAN CAMILO ROBELTO CORDERO

Proyecto integral de grado para optar al título de:  
INGENIERO QUÍMICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ  
2016

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

Ing. Elizabeth Torres Gámez  
Presidente del Jurado

---

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina  
Jurado

---

Ing. Diana Marcela Cuesta Parra  
Jurado

Bogotá D.C, Noviembre de 2016

## DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García-Peña

Decano Facultad de Ingenierías

Dr. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director Programa Ingeniería Química

I. Q. Leonardo de Jesús Herrera Gutiérrez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

Con el trabajo se entregan por aparte  
Carta de derechos de autor

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios por la bendición de poder terminar este proceso, a nuestros padres y hermanos los cuales siempre nos han brindado su apoyo incondicional, y nos han consolado en las tristezas y adversidades de esta etapa.

A nuestra asesora Elizabeth Torres la cual nos ha dispuesto su tiempo, atención y sabiduría de la mejor manera, siempre apoyándonos en cada fase del proyecto que realizábamos.

A la empresa Aguas del Trapiche S.A.S la cual nos brindó esta oportunidad como ingenieros de realizar este proyecto, al Doctor Camilo Enrique Hurtado Gerente de la empresa el cual nos permitió de la mejor manera la utilización de los laboratorios de la empresa, permitiéndonos realizar las pruebas, y facilitándonos las materias primas.

A la Doctora Claudia Sarmiento dueña de la empresa que nos facilitó toda operación relacionada con la empresa.

Agradecemos a nuestros compañeros, que siempre nos brindaron una ayuda cuando lo necesitamos y a los docentes por transmitirnos todo el conocimiento necesario para poder culminar esta etapa.

## CONTENIDO

|   | pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN  | 18   |
| OBJETIVOS   | 19   |
| 1. GENERALIDADES  | 20   |
| 1.1 CARACTERISTICAS DE LA ZONA                              | 20   |
| 1.1.1 Historia  | 20   |
| 1.1.2 Localización  | 20   |
| 1.1.3 Hidrografía   | 21   |
| 1.1.4 Acueducto y Alcantarillado                            | 22   |
| 1.1.5 Historia Aguas del trapiche S.A.S                     | 23   |
| 1.2 AGUA  | 23   |
| 1.2.1 Impurezas del Agua                                    | 24   |
| 1.2.2 Propiedades Físicas                                   | 24   |
| 1.2.2.1 Turbiedad   | 24   |
| 1.2.2.2 Color   | 25   |
| 1.2.2.3 Olor y Sabor  | 26   |
| 1.2.2.4 Temperatura   | 26   |
| 1.2.2.5 Solidos   | 27   |
| 1.2.2.6 Conductividad                                       | 28   |
| 1.3 ETAPAS DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE       | 28   |
| 1.3.1 Mezcla Rápida   | 28   |
| 1.3.2 Coagulación   | 29   |
| 1.3.3 Floculación   | 29   |
| 1.3.4 Sedimentación   | 29   |
| 1.3.5 Filtración  | 30   |
| 1.3.6 Desinfección  | 30   |
| 1.4 MARCO LEGAL   | 30   |
| 1.4.1 Resolución 1096 de 2000 (RAS)                         | 30   |
| 1.4.2 Resolución Número 2115 del 22 de Junio de 2007        | 31   |
| 1.4.3 Decreto 1575 del 9 de Mayo de 2007                    | 31   |
| 1.4.4 Ley 142 de 1994, Artículo 3ro                         | 31   |
| 1.4.5 Decreto 3102 de diciembre 30 de 1997, Artículos 4 y 9 | 31   |
| 2. DIAGNÓSTICO  | 32   |
| 2.1. LOCALIZACIÓN Y ESTADO                                  | 32   |
| 2.2. CARACTERÍSTICAS DEL POZO                               | 33   |
| 2.3 CONDICIONES DEL AGUA                                    | 35   |
| 2.4 DEMANDA TOTAL   | 37   |
| 2.4.1 Dotación Neta   | 37   |
| 2.4.2 Dotación bruta  | 39   |
| 2.4.3 Caudal medio diario                                   | 40   |
| 2.4.4 Caudal máximo diario                                  | 40   |

|   |    |
|---|----|
| 2.5 PARÁMETROS A TENER EN CUENTA                                    | 40 |
| 3. SISTEMA DE TRATAMIENTO   | 41 |
| 3.1 CUADRO COMPARATIVO ENTRE PROPIEDADES                            | 41 |
| 3.1.1 Turbiedad   | 41 |
| 3.1.2 Color aparente  | 42 |
| 3.1.3 Hierro (Fe)   | 43 |
| 3.1.4 Desinfección  | 44 |
| 3.2 SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO                                       | 45 |
| 3.2.1 Parámetros  | 45 |
| 3.2.1.1 Costos de operación   | 45 |
| 3.2.1.2 Inversión Inicial   | 45 |
| 3.2.1.3 Mantenimiento   | 45 |
| 3.2.1.4 Remoción  | 46 |
| 3.2.1.5 Facilidad de operación                                      | 46 |
| 3.2.1.6 Área de instalación   | 46 |
| 3.2.2 Calificación de los parámetros                                | 46 |
| 3.2.2.1 Turbidez  | 46 |
| 3.2.2.2 Remoción del hierro   | 47 |
| 3.2.2.3. Desinfección   | 47 |
| 3.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO  | 48 |
| 3.3.1 Oxidación por aireación – Flocculación – filtración           | 48 |
| 4. DESARROLLO EXPERIMENTAL DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA           | 50 |
| 4.1 METODOLOGÍA DE LA EXPERIMENTACIÓN                               | 50 |
| 4.2 AIREACION POR BANDEJAS  | 51 |
| 4.3 TEST DE JARRAS  | 52 |
| 4.3.1 Selección del coagulante                                      | 53 |
| 4.3.2 Selección del Flocculante                                     | 55 |
| 4.4 DESINFECCIÓN  | 57 |
| 4.5 CARACTERIZACION FINAL   | 60 |
| 5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO             | 61 |
| 5.1 DATOS DE LAS OPERACIONES DE PROCESO                             | 61 |
| 5.2 GRÁFICO OPERACIONAL DE LA PLANTA (PFD)                          | 61 |
| 5.3 DISTRIBUCION DE LA PLANTA                                       | 63 |
| 5.4 AIREADOR DE BANDEJAS  | 64 |
| 5.5 DOSIFICADOR DE COAGULANTE Y FLOCCULANTE PARA UN CAUDAL DE 5 L/s | 65 |
| 5.6 CLORACIÓN   | 66 |
| 5.7 MEZCLA RÁPIDA   | 67 |
| 5.8 FLOCCULADOR   | 68 |
| 5.9 SEDIMENTADOR  | 68 |
| 5.10 SISTEMA DE FILTRACIÓN  | 69 |
| 5.11 TANQUE DE ALMACENAMIENTO                                       | 70 |
| 6. ANÁLISIS FINANCIERO  | 71 |
| 6.1 COSTO INICIAL   | 71 |



|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 6.2 GASTOS DE PERSONAL            | 73 |
| 6.3 COSTOS TOTALES DE ELABORACIÓN | 73 |
| 6.4 PERIODO DE RECUPERACIÓN       | 74 |
| 6.5 COSTOS DE OPERACION           | 75 |
| 7. CONCLUSIONES                   | 77 |
| 8. RECOMENDACIONES                | 79 |
| BIBLIOGRAFÍA                      | 80 |
| ANEXOS                            | 83 |

## LISTA DE ECUACIONES

|  | pág. |
|--|------|
| Ecuación 1. Cantidad de agua necesaria       | 39   |
| Ecuación 2. Caudal medio diario              | 40   |
| Ecuación 3. Cálculo del caudal máximo diario | 40   |
| Ecuación 4. Cálculos de % Remoción           | 54   |
| Ecuación 5. Costo final de la planta         | 74   |

## LISTA DE FIGURAS

|  | pág. |
|--|------|
| Figura 1. Temperaturas promedio y sus precipitaciones por mes en Villavicencio | 21   |
| Figura 2. Perímetro red de acueducto distrital                                 | 22   |
| Figura 3. Pozo profundo  | 32   |
| Figura 4. Representación tubo Pitot para la toma de presión                    | 33   |
| Figura 5. Toma de muestreo análisis Fisicoquímico                              | 35   |
| Figura 6. Procesos unitarios necesarios para llevar acabo la alternativa       | 49   |
| Figura 7. Proceso experimental   | 50   |
| Figura 8. Simulación bandejas de aireación                                     | 51   |
| Figura 9. Tabla de intensidades  | 52   |
| Figura 10. Test de jarras Sulfato de aluminio tipo A                           | 54   |
| Figura 11. Jarras con dosificación de 0,15ml y 0,2ml                           | 56   |
| Figura 12. Clorímetro  | 58   |
| Figura 13. PFD PTAP  | 62   |
| Figura 14 Distribución de la planta  | 64   |

## LISTA DE GRÁFICAS

|   | pág. |
|---|------|
| Grafica 1. Curva de demanda de cloro                        | 59   |
| Grafica 2. Curva de demanda de cloro especificada por zonas | 59   |

## LISTA DE TABLAS

|   | pág. |
|---|------|
| Tabla 1 Características del pozo de captación                                     | 33   |
| Tabla 2 Pruebas de caudal a diferentes tiempos, por medio del método tubo pitot   | 34   |
| Tabla 3. Bomba de captación   | 34   |
| Tabla 4 Caracterización agua de pozo comparado con la resolución 2115/2007        | 36   |
| Tabla 5 Parámetros no admisibles según Resolución 2115/2007                       | 36   |
| Tabla 6 Dotación por suscriptor según nivel de complejidad del sistema            | 37   |
| Tabla 7 Dotación neta por habitante según zona geográfica                         | 38   |
| Tabla 8 Parámetros para el diseño de la planta                                    | 40   |
| Tabla 9. Comparación de operaciones para reducir la turbiedad                     | 41   |
| Tabla 10 Comparación de operaciones para reducir el color                         | 42   |
| Tabla 11 Comparación de operaciones para reducir el hierro                        | 43   |
| Tabla 12 Comparación de operaciones para desinfección                             | 44   |
| Tabla 13 Parámetros de selección  | 45   |
| Tabla 14 Calificación de los parámetros de selección                              | 46   |
| Tabla 15 Evaluación de las operaciones unitarias para la turbidez                 | 47   |
| Tabla 16 Evaluación de las operaciones unitarias para la remoción de hierro       | 47   |
| Tabla 17 Evaluación de las operaciones unitarias para la desinfección             | 48   |
| Tabla 18 Características de las bandejas de aireación                             | 51   |
| Tabla 19 Porcentaje de remoción de turbiedad con Sulfato de aluminio tipo A       | 53   |
| Tabla 20 Porcentaje de remoción de turbiedad con PAC y sulfato de aluminio tipo B | 53   |
| Tabla 21 Tipos de floculante a evaluar  | 55   |
| Tabla 22 Prueba de jarras con coagulante a 50 mg/L de floculante No iónico        | 56   |
| Tabla 23. Concentraciones de hipoclorito de sodio dosificado y de cloro residual  | 58   |
| Tabla 24 Caracterización final después de las pruebas de laboratorio              | 60   |
| Tabla 25 Parámetros de diseño   | 61   |
| Tabla 26 Equipos diagrama PFD   | 62   |
| Tabla 27 Condiciones de flujo   | 63   |
| Tabla 28 Características de las bandejas de aireación                             | 65   |
| Tabla 29 Características del mezclador rápido                                     | 67   |
| Tabla 30 Características del floculador   | 68   |
| Tabla 31 Características del sedimentador   | 69   |

## LISTA DE ANEXOS

|  | pág. |
|--|------|
| Anexo A. Concesión Res PM-GJ 1.2.6.10.0854 expediente 5.37.2.08.046 concedida por coormacarena | 84   |
| Anexo B. Muestra de cálculo para la selección del tratamiento                                  | 102  |
| Anexo C. NTC 3903, la cual indica el metodo de jarras en la coagulacion-floculacion            | 104  |
| Anexo D. Test de jarras para la dosificación de la fase de clarificación                       | 108  |
| Anexo E . Caracterización final después de las pruebas de laboratorio                          | 110  |
| Anexo F. Cálculos de diseños para los equipos empleados  | 111  |
| Anexo G. Diseño de equipos   | 124  |
| Anexo H. Cotizaciones externas   | 130  |
| Anexo I. Fichas técnicas   | 141  |

## ABREVIATURAS

|        |                         |
|--------|-------------------------|
| Dn:    | Dotación Neta           |
| Db:    | Dotación Bruta          |
| Qmd:   | Caudal medio diario     |
| QMD:   | Caudal máximo diario    |
| %R:    | Porcentaje de remoción  |
| Vf:    | Volumen final           |
| Vi:    | Volumen inicial         |
| Dprom: | Dosis promedio          |
| Ch     | Cantidad horaria        |
| Ta     | Taza de aplicación      |
| q      | Carga hidráulica        |
| Q      | Caudal                  |
| As     | Área superficial        |
| Ø      | Tiempo de contacto      |
| vf     | Velocidad de flujo      |
| Bp     | Longitud de las paletas |
| Re     | Número de Reynolds      |
| A      | Área                    |
| L      | Longitud                |
| P      | Potencia                |

## GLOSARIO

**COAGULACIÓN:** es el proceso mediante el cual se preparan las partículas que se encuentran dispersas en el agua, por medio de la anulación de las cargas superficiales.

**COLOR LIBRE RESIDUAL:** es el remanente de cloro que se encuentra en el agua, posteriormente de que una parte del que se ha adicionado reaccione en el proceso de desinfección de la misma.

**FLOCULACIÓN:** es un proceso químico de separación donde se utilizan aditivos que cambian la carga de las moléculas suspendidas en la solución, lo cual ocasiona que se aglomeren aumentando su peso y permitiendo su separación por precipitación.

**POTABILIZACIÓN:** es el proceso que se realiza sobre cualquier tipo de agua para convertirla en agua potable apta para el consumo humano.

**PRE TRATAMIENTO:** es el primer procedimiento que se realiza para la adecuación del agua, el cual busca acondicionar el agua captada para simplificar posteriormente los tratamientos continuos, buscando así prevenir erosiones y taponamientos.

**SEDIMENTACIÓN:** consiste en una separación mecánica en la que las partículas sólidas de una suspensión se separan por acción de la fuerza de gravedad, debido a que su peso específico es mayor al de fluido.

**TEST DE JARRAS:** es un procedimiento de laboratorio que permite conocer las condiciones propicias para que un sistema de tratamiento de aguas funcione óptimamente, sirve como simulador de los procesos de coagulación - floculación permitiendo realizar ajustes de pH, dosificación y los parámetros de funcionamiento de la planta.

**TURBIEDAD:** es una medida del grado en el que el agua presenta dificultad para transmitir luz debido a la presencia de partículas insolubles en suspensión.

**TRATAMIENTO PRIMARIO:** son procesos unitarios los cuales por medio de operaciones físicas buscan la eliminación de sólidos flotantes y sedimentables; su objetivo es la retención de partículas finas y gruesas con una alta densidad.

**TRATAMIENTO SECUNDARIO:** es el tratamiento en el cual se tiene como objetivo remover la materia orgánica que no fue eliminada en el tratamiento primario, a través de procesos químicos o biológicos.



## RESUMEN

Para la realización del trabajo de grado se propuso un sistema de tratamiento de agua potable para el acueducto Aguas del Trapiche S.A.S en Villavicencio, Meta, a partir de un pozo profundo concesionado de su propiedad, la empresa otorgo la caracterización inicial del agua, la cual fue comparada con la normatividad vigente, donde se destacaban cuatro parámetros que no cumplían, siendo estos cantidad de hierro, color, turbiedad y cloro residual libre. La suma de estos parámetros con llevaban a un índice de riesgo alto siendo no apta para el consumo humano.

Con base a estos parámetros, se realizó un cuadro comparativo bibliográfico con ventajas, desventajas y aplicabilidad con el fin de evaluar las opciones de tratamiento posibles para esos parámetros en particular. Se otorgó un porcentaje de evaluación a ciertos criterios que se determinaron importantes para el cumplimiento tanto de la norma, como para la empresa.

Después de la selección de la alternativa de tratamiento se procedió a corroborar esta elección por medio de una práctica experimental de laboratorio. Esta se basó en la simulación del proceso de clarificación por medio del test de jarras obteniendo así la dosificación correcta para el tratamiento del agua.

Para verificar que el proceso fue correcto, se analizó el agua después de la experimentación, por medio de otra caracterización, siendo estos resultados positivos, permitiendo seguir con el diseño de la planta.

Con los resultados de la experimentación se llevó a cabo el dimensionamiento de los equipos pertenecientes al proceso, torres de aireación, mezclador, Floculador, sedimentador, filtros, y tanque de almacenamiento, los cuales permitían saber el espacio de ocupación y su envergadura. Con estas medidas se hizo el análisis de costos, donde se realizó la cotización de los equipos, costos de personal e instrumentos utilizados para su funcionamiento, dando así un estimado de costo que puede valer la construcción de la planta.

**Palabras clave:** Clarificación, test de jarras, tratamiento agua potable.

## INTRODUCCIÓN

Aguas del Trapiche S.A.S con localización en Villavicencio, Meta, es una empresa especializada en el tratamiento del agua, con experiencia en el sector, teniendo en su disposición una planta de tratamiento operando actualmente.

Posee un pozo concesionado, ubicado en la Hacienda el Trapiche el cual no tiene ningún uso actual, pero a futuro se planea construir una urbanización aledaña a la cual este pozo tiene que surtirle agua, siendo necesario la creación de una planta de tratamiento de potabilización para este fin, debido a que actualmente el agua del pozo no cumple con la normatividad vigente para su distribución.

Para el suplemento de la necesidad, el pozo tiene un caudal máximo de 5L/s, siendo este suficiente para la demanda futura, posee características que no cumplen con la normatividad las cuales son la cantidad de hierro, el cloro residual, color y la turbiedad, requiriendo así la implementación de un sistema de tratamiento de agua potable, para poder distribuir este bien.

Con la implementación de la propuesta, Aguas del Trapiche S.A.S, podrá contar con el sistema de potabilización, que le permitirá mejorar la calidad del agua hasta los parámetros admisibles por la ley permitiendo la distribución del agua, a la urbanización sin afectar la salud de los usuarios o verse expuestas a sanciones.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una propuesta para un sistema de tratamiento de agua potable para el acueducto AGUAS DEL TRAPICHE S.A.S.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar el estado actual del agua.
- Evaluar el sistema de tratamiento de acuerdo a las características del agua
- Determinar las especificaciones técnicas para los equipos del sistema de tratamiento.
- Realizar el análisis de costos del proyecto.

## 1. GENERALIDADES

A continuación se mostrarán las generalidades del proyecto.

### 1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

Se mencionaran las características de la zona de Villavicencio.

**1.1.1 Historia.** El 6 de abril de 1840 en el piedemonte de la cordillera oriental, se fundó un caserío que se conoce como la ciudad de Villavicencio, Este inicialmente era conocido con Gramalote el cual con su expansión y grandeza en 1909 vio su nombramiento como la capital de la intendencia nacional del Meta. Previó a esto en el territorio municipal existían asentamientos indígenas de la tribu Guayupes, los cuales explotaban estas tierras para la agricultura, la peca y la comercialización de plumas, cueros y madera. Hacia 1536, Nicolás de Federmann y Pedro de Limpias llegaron a estas tierras y posterior a ellos arribaron los misioneros jesuitas para fundar la hacienda de Apiay en 1740.

Cincuenta años después la compañía de Jesús fue expulsada de tierras Colombianas pasando la hacienda Apiay a manos de la familia Romero, estos optaron por la venta de estas tierras a Jacinta y Vicente Rey el 6 de Abril de 1797, con la versatilidad del uso de las tierras, tomo gran auge otras actividades como el comercio y la ganadería, provocando así un asentamiento propicio para la creación de una ciudad a orillas del caño Gramalote en 1840, lo anterior gracias a Esteban Aguirre y Santos Reina y sus colaboradores. En 1850 en Honor al prócer y mártir, Antonio Villavicencio y Verastegui, fue nombrada la Ciudad con su apellido.

Tras 175 años de ser fundada y 165 años de su nombramiento, hoy se distingue el municipio como una de las ciudad con mayor prospecto de desarrollo económico y social del país, ya que cuenta con una gran biodiversidad y auge económico debió a su expansión demográfica, ubicándola como centro de negocios nacional e internacional.<sup>1</sup>

**1.1.2 Localización.** El municipio de Villavicencio, capital del departamento del Meta, se encuentra ubicado en el centro de la República de Colombia, situado en el piedemonte llanero, zona noroccidental del departamento del Meta, hace parte de la región de la Orinoquia con una temperatura media de 27 °C, a una distancia de la capital Colombiana de 86Km, con una población censada de 452.472 habitantes y con una extensión territorial aproximada de 1.328 Kilómetros cuadrados.

---

<sup>1</sup> ZULUAGA, Juan Guillermo, Villavo aquí está el llano, Villavicencio, Ediciones Gamma S.A. 2015. pág. 27

Limita al norte con los municipios de Restrepo y el calvario, al oriente con Puerto López, al sur con Acacias y San Carlos de Guaroa, y al Occidente con el departamento de Cundinamarca y Acacias.

El municipio se divide en dos regiones de características diferentes, una montañosa cercana a la cordillera oriental y otra significativamente plana, correspondiendo al piedemonte, con el afluente del río Guayuriba por el norte y por su parte central los ríos Ocoa y Negro, así mismo de numerosos caños y afluentes menores<sup>2</sup>.

**1.1.3 Hidrografía.** Villavicencio posee un clima tropical el cual es propicio a las precipitaciones en lo largo del año, donde la media anual es de 3856 mm. Siendo el mes más seco Enero presentando en promedio una precipitación de 51 mm, contrastando con el mes de Mayo donde su precipitación media es de 529 mm siendo la mayor del año.

El principal afluente que bañan sus tierras es el río; Guatiquia él cual posee una extensión de 137 Km desde el páramo de Chingaza hasta la salida de los Llanos Orientales, dando lugar a los ríos Guayuriba y Negro, además de este otra fuente fluvial importante es el río Ocoa, permitiendo suministrar el agua necesaria para el abastecimiento de los villavicencenses, así mismo posee los caños; Parrado, Gramalote, Maizaro, Quebrada la Unión, Grande, Quebrada Honda, Buque, Rosablanca y la Cuerera entre otros. Los cuales abastecen a la red de acueducto y alcantarillado de Villavicencio. Ente encargado de potabilizar y tratar el agua obtenida de estas fuentes hídricas, distribuyendo este bien a una población aproximada de 350.000 habitantes alcanzado una cobertura de casi el 80%, el resto de población se ve abastecida por medio de más de 79 acueductos comunitarios los cuales obtienen este bien, de pozos y caños aledaños a la población representando el 20% de la población restante cerca de 100.000 habitantes.<sup>3</sup> Vease en la Figura 1.

Figura 1. Temperaturas promedio y sus precipitaciones por mes en Villavicencio

| month    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| mm       | 51   | 93   | 184  | 475  | 529  | 469  | 418  | 366  | 372  | 427  | 333  | 139  |
| °C       | 26.1 | 26.7 | 26.6 | 25.6 | 25.1 | 24.6 | 24.7 | 24.9 | 25.3 | 25.7 | 25.7 | 25.5 |
| °C (min) | 20.7 | 21.5 | 21.6 | 20.7 | 20.4 | 19.9 | 19.9 | 19.8 | 20.0 | 20.3 | 20.4 | 20.0 |
| °C (max) | 31.6 | 31.9 | 31.6 | 30.5 | 29.9 | 29.4 | 29.5 | 30.1 | 30.7 | 31.1 | 31.0 | 31.1 |
| °F       | 79.0 | 80.1 | 79.9 | 78.1 | 77.2 | 76.3 | 76.5 | 76.8 | 77.5 | 78.3 | 78.3 | 77.9 |
| °F (min) | 69.3 | 70.7 | 70.9 | 69.3 | 68.7 | 67.8 | 67.8 | 67.6 | 68.0 | 68.5 | 68.7 | 68.0 |
| °F (max) | 88.9 | 89.4 | 88.9 | 86.9 | 85.8 | 84.9 | 85.1 | 86.2 | 87.3 | 88.0 | 87.8 | 88.0 |

<sup>2</sup> ALCALDIA DE VILLAVICENCIO. Información general [en línea]. <[http://www.villavicencio.gov.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=98&Itemid=188](http://www.villavicencio.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=98&Itemid=188)>

<sup>3</sup> EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE VILLAVICENCIO E.S.P. Servicios y productos [en línea]. <<http://www.eaav.gov.co/index.php?id=45>>

Fuente: <http://es.climate-data.org/location/5327/>

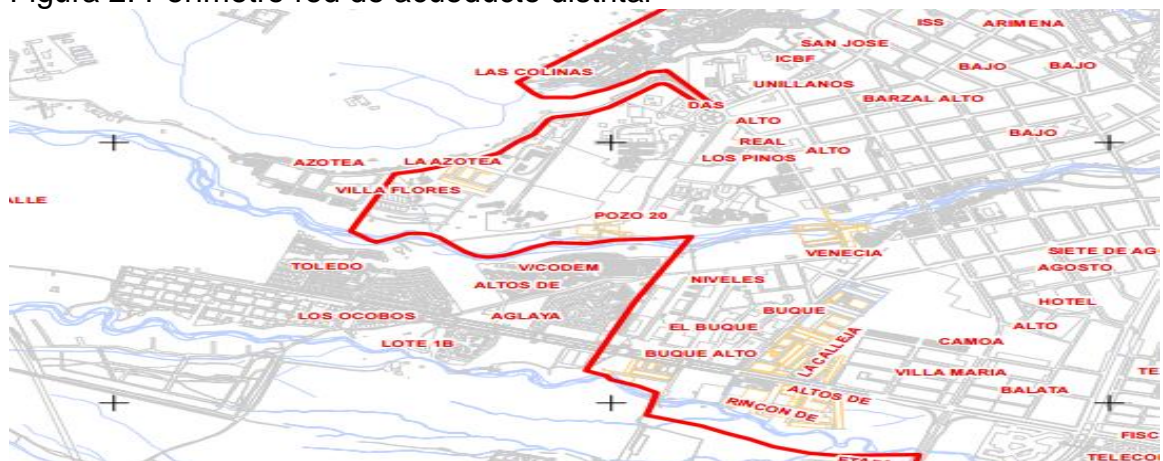
**1.1.4 Acueducto y Alcantarillado.** Villavicencio como mayor municipio del departamento del Meta, presenta unas deficiencias notorias en cuanto a distribución y adaptación de servicios básicos para el usuario final, un ejemplo de este es el Acueducto y Alcantarillado, donde su fuente hídrica mayoritariamente es tomada en la bocatoma de Quebrada la Honda y como plan de contingencia los afluentes de Puente Abadía y Maizaro distribuyendo una cantidad equivalente de 1600 L/S.

A pesar de tener los recursos para soportar la demanda de la ciudad posee problemas de cobertura llegando solamente a un 80% de la población, vulnerando los derechos de los habitantes restantes. Este 20 % faltante del recurso se ve soportado por más de 79 acueductos comunitarios los cuales no tiene la infraestructura necesaria, ni los procesos precisos para el tratamiento y potabilización, distribuyendo este bien con las herramientas básicas que poseen.

El Acueducto Municipal al ver su falla en la distribución, autoriza a Aguas del Trapiche S.A.S para suplir esta demanda en el sector del buque donde se ve presupuestado la creación de una zona urbana en los predios Manare y Umabari. Para la distribución del bien se posee un pozo con unas característica de profundidad de 88m con un diámetro Externo de 12,5" ,un diámetro revestido de 8" y 6 " ,con una tubería de PVC RDE 21 y con un sistema de captación de una bomba sumergible de 5.0 HP.

Con este pozo se conlleva la captación del agua necesaria para suplir las necesidades de la futura urbanización, tomando el agua cruda de características específicas buscando tratarla para llegar a la potabilización de esta, y su distribución. Para este proceso se ve necesario crear una planta de tratamiento la cual actualmente es inexistente.

Figura 2. Perímetro red de acueducto distrital



Fuente:[http://www.eaav.gov.co/uploads/tx\\_na15docviewer/Perimetro\\_Servicio\\_Acueducto.pdf](http://www.eaav.gov.co/uploads/tx_na15docviewer/Perimetro_Servicio_Acueducto.pdf)

En la Figura 2 se observa que la cobertura brindada por el acueducto y alcantarillado municipal está limitada, sin presencia en muchos sectores.

**1.1.5 Historia Aguas del trapiche S.A.S.** El doctor Alfonso Jiménez Rozo, propietario del predio denominado finca Bolivia con una extensión de 8.2 hectáreas ubicadas en la vereda Buenos Aires Bajo, en la zona rural del Municipio de Villavicencio, impulsado por la necesidad de contar con agua para desarrollar en su predio, un proyecto urbanístico, el cual no se podía llevar a cabo sin un plan de tratamiento de agua para uso doméstico; Plan que no se desarrollaría en la empresa de acueducto y alcantarillado de Villavicencio.

Ante la poca cobertura del Acueducto municipal adelanto un estudio de viabilidad técnica para construir su propia empresa con infraestructura privada y así poder solicitar una concesión de aguas con el fin de lograr la construcción de un sistema de potabilización de agua para consumo humano, el cual perfecciono con el objetivo de brindar agua potable a su futura urbanización, la cual hoy en día se denomina condominio Altagracia, proyecto urbanístico que se benefició con los servicios ofrecidos por el expropietario del terreno doctor Alfonso Jiménez y que tiempo después creo la Cooperativa de Trabajo Asociado Eficiente (Coopeficiente) como apoyo a las personas que colaboraban con la administración del sistema de acueducto, iniciando como operador especializado el primero de enero de 2003, año desde el cual viene operando la empresa con solución de continuidad, eficiencia y calidad a todos sus suscriptores.

Con una visión a futuro la empresa constituida Aguas del Trapiche S.A.S al ver la ampliación de la urbanización de los predios poseídos, y sin la capacidad adecuada para suplir las necesidades futuras del servicio, procede a la construcción de un pozo profundo, donde su agua al no ser tratada, presenta deficiencias significativas, con base en la normatividad vigente, para esto se contempla realizar una planta de tratamiento de agua potable (PTAP). Con el fin de cumplir los requisitos legales y darle este bien a la población.

## 1.2 AGUA

El agua ocupa un 75% del total de la superficie terrestre, de dicha parte el 97,6% es salada y el 2,4% es agua dulce. Del total de agua dulce el 77,9% está congelado en los casquetes glaciares y polares, un 21,4% es agua subterránea y el porcentaje faltante es la fracción existente en lo que se refiere a lagos, ríos y mares al interior<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Calidad del agua. Bogotá. Escuela Colombiana de ingeniería. 3ra edición p. 341

**1.2.1 Impurezas del Agua.** En la naturaleza el agua pura no existe, cuando el agua lluvia interactúa con el aire, ésta recoge impurezas, además, los ríos y quebradas absorben las impurezas del suelo y de las aguas residuales provenientes de hogares e industrias.

Es por esto que se considera que a pesar de existir una purificación natural que involucra la sedimentación y la muerte de bacterias patógenas, no es suficiente, para considerar que no carece de algún grado de contaminación, en cuanto a lo que se refiere al agua superficial

El agua subterránea al estar antecedita por estratos, puede ser susceptible de tener cantidades variables de materia disuelta (proveniente de las capas superiores). El suelo actúa como filtrador natural, es por esto que el agua superficial cierta cantidad queda suspendida, se filtra a medida que pasa por los estratos haciendo que las aguas de los pozos sean claras por lo general.

En el caso de los pozos poco profundos, estos tienen una tendencia a tener más contaminación bacterial que los pozos profundos, pero la excepción a este comportamiento es en formaciones fisuradas con pozos profundos, puesto que no aplica la generalidad dicha antes.

El agua puede tomar diferentes papeles para las personas; para todos se considera una necesidad vital, para otros es un medio de enfermedad y para algunos un refrigerante, un limpiador, un diluyente, un medio de recreación, una fuente de hidratación o alimento para la población, una fuente de energía; es decir todo depende de la óptica o el uso que se quiera o necesite darle.

La calidad del agua puede variar, dependiendo del uso al cual se le vaya a destinar.

**1.2.2 Propiedades Físicas.** A continuación se mostraran las propiedades físicas del agua.

**1.2.2.1 Turbiedad.** La turbiedad o también conocida como la turbidez es una propiedad óptica de una suspensión que consta de que una luz sea reemitida y no retransmitida a través de la suspensión. Esta propiedad puede variar dependiendo de factores como el tamaño, forma y tipo de material, más concretamente en:

- Dispersiones coloidales
- Partículas grandes
- Arcillas



- Limos
- Materia orgánica e inorgánica
- Organismos planctónicos y microorganismos

Esta propiedad antiguamente era expresada mediante la unidad de turbidez de Jackson (UTJ), la cual es obtenida mediante el turbidímetro de bujía de Jackson, el aparato de medición consta de un tubo de vidrio calibrado (sirve para obtener lecturas directas de turbidez), una bujía estándar además de un soporte que alinea la bujía y el tubo, una limitante de este medidor es que la medición más baja puede llegar hasta 25 UTJ.<sup>5</sup>

Actualmente el método usado para determinar esta propiedad es el nefelométrico, este mide la turbidez mediante un nefelómetro y se expresa en unidades de turbidez nefelométrica (UTN). Éste método compara dos luces dispersadas la primera es la muestra tomada o luz dispersada por ella, la segunda es una muestra estándar con una medición de la luz dispersada por ésta (a las mismas condiciones de la primera muestra), las dos muestras se comparan y se saca el resultado.

La determinación de la turbidez, es de mucha importancia para aguas de consumo humano, además de industrias procesadoras de alimentos y bebidas.

**1.2.2.2 Color.** El color del agua está altamente relacionado por factores como:

- La presencia de hierro y manganeso (coloidal o en solución).
- Contacto de agua con desechos orgánicos.
- Hojas, madera, raíces.
- Presencia de taninos.
- Residuos industriales.

Otro factor que está ligado al color es el pH, si este factor aumenta también lo hará el color, es por esto que se tiende a tomar las mediciones en forma simultánea (pH y color verdadero). El color verdadero se define como, el color de la muestra una vez sea removida la turbidez, para removerla se centrifuga la muestra. La unidad de color se mide en mg/L de platino (en forma de cloroplatino).

---

<sup>5</sup> ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Calidad del agua. Bogotá. Escuela Colombiana de ingeniería. 3ra edición

El color es una propiedad importante para determinar el estado del agua, además tiene cierta injerencia en la decisión por parte de un consumidor para su ingesta o uso, es por esto que se considera un factor vital, puesto que el agua potable en su mayoría va a ser consumida por parte de seres humanos.

**1.2.2.3 Olor y Sabor.** Los olores y sabores están muy ligados y ocurren con frecuencia juntos, es decir tienen un comportamiento que hacer ser no distinguible uno del otro. Entre las causas más comunes para que se generen estos factores son:

- Materia orgánica en solución.
- H<sub>2</sub>S
- Cloruro de sodio.
- Sulfato de sodio y magnesio.
- Hierro y manganeso.
- Fenoles.
- Aceites.
- Productos de cloro.
- Especies de algas.
- Hongos.

El olor y el sabor se pueden medir de forma cualitativa y cuantitativa, la primera forma es muy útil cuando hay casos de reclamación por parte de un consumidor, en cuanto a la segunda para determinarla, se usa la relación de dilución (apenas el olor y el sabor sea detectable), ésta se expresa como número detectable de olor y sabor (ND).

La determinación del olor y sabor es útil para evaluar la calidad y aceptabilidad del agua por parte del consumidor, añadido a lo anterior también presta una función en la parte de control de procesos de una planta y en otros casos determina una posible fuente de contaminación.

**1.2.2.4 Temperatura.** La determinación de la temperatura sirve para análisis de laboratorio y diferentes procesos de tratamiento de agua, lo anterior es de gran importancia puesto que hay factores como el grado de saturación (OD), la

actividad biológicas, entre otros, los cuales están ligados en gran medida a la temperatura.

Normalmente para determinarla se usa un termómetro de mercurio adecuado, la toma del dato debe ser tomada en el sitio de muestreo, además, se debe tener cierto cuidado al momento de sumergir el termómetro en el agua, puesto que el mercurio es una sustancia altamente toxica. Añadiendo a lo anterior no sobra decir que la toma se debe hacer con el agua en movimiento y efectuando la respectiva lectura en un tiempo prudente hasta la estabilización del mercurio.

**1.2.2.5 Sólidos.** Los sólidos se pueden definir como: la cantidad de material sólido contenido en una vasta variedad de sustancias en estado líquido y semilíquido. Se mide en aguas potables, contaminadas, aguas residuales, residuos industriales además de lodos producidos en procesos de tratamiento.

Las diferentes clases de sólidos son:

- Sólidos totales.
- Sólidos disueltos.
- Sólidos suspendidos.
- Sólidos volátiles.
- Sólidos fijos.
- Sólidos sedimentables.

Los procedimientos usados para determinar la cantidad de sólidos son los gravimétricos, para esto, se debe tener cierto recelo al momento de realizar las pruebas en especial con los recipientes usados, se recomiendan usarlos en material de platino (debido a que no sufre cambios significativos cuando se somete al calentamiento y posteriormente determinar el peso), pero por su uso limitado debido a su alto costo no se usa a menudo, pero en cualquier caso de debe tener mucha precaución y no despreciar factores como la limpieza, la temperatura y la toma de medidas.

En cuanto a lo que respecta al tratamiento de aguas y en especial su potabilización, la determinación de sólidos totales es la más importante, debido a la reducida cantidad de sólidos suspendidos, se recomienda para esta agua un contenido de sólidos totales menor de 1000 mg/L.

**1.2.2.6 Conductividad.** Es una expresión numérica de la habilidad del agua para transportar una corriente eléctrica, depende tanto de la temperatura como de la concentración total de sustancias ionizadas.

Se mide con instrumentos comerciales de forma directa a 25 grados Celsius y en  $\mu\text{mho/cm}$ , con error menor a 1 %.

### **1.3 ETAPAS DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**

Para la obtención de un agua potable es necesario el tratamiento previo de esta, este tratamiento debe contener diferentes etapas con una función específica conforme con lo que se busca, estas etapas varían en su ejecución según el tipo de agua, la etapa de clarificación se cuenta como la más importante ya que permite la eliminación de varios factores que alteran la consistencia potable del agua como son la turbiedad, color y olor entre otros que puede ser tratados en esta etapa, así mismo la etapa de desinfección es necesaria para la potabilización del agua siendo esta la encargada de eliminar los patógenos presentes en el agua. Estas etapas conforman la base de un diseño de una planta de tratamiento convencional la cual a partir de esto puede agregarse etapas según el tipo de agua a tratar.

**1.3.1 Mezcla Rápida.** La mezcla rápida es una operación utilizada principalmente en el tratamiento del agua la cual permite identificar los parámetros de retención y agitación que debe presentarse en el agua cuando se le agrega el coagulante, con el objetivo de dispersar diferentes sustancias químicas y gases, optimizando el proceso.

Este proceso consiste en distribuir el coagulante en forma rápida e instantánea en toda la masa de agua. La mezcla debe ser inmediata debido a la reacción natural que se produce en este proceso, donde depende de la velocidad en que el coagulante es distribuido en la masa de agua, preferiblemente menor a 0,1 segundos, produciendo la neutralización de las cargas, afectando directamente en el tiempo de producción de los productos desarrollados (entre 0,1 y 7 segundos) los cuales desestabilizan el coloide<sup>6</sup>.

Principalmente en la plantas de potabilización de agua se posee un mezclador rápido que tiene como función la dispersión uniforme y rápida del coagulante a través de la masa de agua, esta mezcla rápida se realiza por medio de turbulencia generalmente efectuada por generadores mecánicos o hidráulicos.

Principalmente se fundamenta en la agitación violenta del agua a tratar, con la mezcla del producto químico coagulante que se utilice, durante un periodo corto de tiempo, mediante canal con deflectores, en condiciones turbulentas.

---

<sup>6</sup>DE VARGAS Lidia, mezcla rápida, capítulo 5 [En Línea] .Internet: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/cinco.pdf>

**1.3.2 Coagulación.** La coalescencia o adición del material suspendido no sedimentable es el objetivo principal de la coagulación, donde se define como un proceso unitario el cual hace que se reduzcan las fuerzas repelentes existentes entre partículas coloidales para formar partículas más grandes de buena sedimentación.

Para la implementación de este proceso es necesario la implicación de sustancias con propiedades coagulantes, estas sustancias pueden variar dependiendo de las características de agua a tratar sus principales referentes son; las sales de hierro, tales como sulfato de aluminio, el aluminato de sodio y el sulfato de aluminio amoniacal.

**1.3.3 Floculación.** Es un proceso químico de separación donde se utiliza aditivos que cambian la carga de las moléculas suspendidas en la solución lo que produce que se aglomeren, aumentando su peso y facilitando su separación por precipitación, permitiendo una complementación a la coagulación ya que este aglomera partículas anteriormente tratadas en la coagulación, en partículas floculantes.

Consiste en la interacción de los coágulos formados, logrando vencer a las fuerzas de repulsión, consiguiendo que se decanten los hidróxidos. En este proceso su agitación debe ser lenta evitando así que se deshagan los floculos ya formados, produciendo una suspensión coloidal.

Tanto en la coagulación, como en la floculación su efectividad se ve afectada por fuerzas físico-químicas como; La capacidad de intercambio, el tamaño y la concentración del floc, el pH, la temperatura del agua y la carga eléctrica de las partículas. Su grado óptimo de agitación depende principalmente de factores como la temperatura y las características del agua, así mismo como del tipo de coagulante usado<sup>7</sup>.

**1.3.4 Sedimentación.** Consiste en una separación mecánica de fuerza gravitatoria la cual produce que las partículas con peso específico más alto que el del agua queden suspendidas. Es una operación unitaria muy usada en aguas residuales, para retirar partículas como arena, desechos biológicos y químicos, en general cualquier partícula que produzca una afectación en el agua.

Cumple con la función de remover las partículas sólidas en suspensión generadas en los procesos anteriores mediante la fuerza de gravedad. Aunque también usado al iniciar la etapa de tratamiento como proceso de remoción de sólidos de gran tamaño reduciendo la cantidad de material que va ser tratada en procesos posteriores

---

<sup>7</sup> AGUA DEL TRAPICHE S.A.S, Manual de mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable, Capítulo 2, pág. 40, Villavicencio, Meta, 2010.

En procesos de complementación de coagulación y floculación donde la sedimentación es posterior, se remueven los sólidos sedimentables producidos en la etapa del tratamiento químico, teniendo efectos en parámetros como la turbiedad o color. Algunos factores a tener en cuenta que afectan directamente la eficiencia de remoción de la unidad de sedimentación son las condiciones del flujo y las características del proceso, las cuales pueden afectar el proceso<sup>8</sup>.

**1.3.5 Filtración.** Es el proceso por el cual los floculos restantes que quedan remanentes en la sedimentación son captados por un medio filtrante formado por arena, teniendo como objetivo primordial removerlos, reduciendo así las propiedades como la turbiedad, evitando posibles efectos de protección de esta a los microorganismos, facilitando la etapa posterior de desinfección<sup>9</sup>.

**1.3.6 Desinfección.** La desinfección como etapa en el tratamiento de agua potable es la operación final que se realiza para poder obtener una producción de agua de calidad. Su proceso consiste en la eliminación de microorganismos patógenos presentes en el agua, pero no sus esporas, teniendo como objetivo primario la diseminación de enfermedades hídricas que puedan afectar la salud de un consumidor. En los procesos de potabilización de agua; el cloro y los compuestos de cloro como los hipocloritos de calcio y sodio, son los desinfectantes más populares<sup>10</sup>.

## **1.4 MARCO LEGAL**

Como base legal para la realización del proyecto, se toman en cuenta las consideraciones establecida en las siguientes leyes y decretos que rigen como autoridad legal en la República de Colombia.

**1.4.1 Resolución 1096 de 2000 (RAS).** El reglamento tiene por objeto señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias.

Por diseño, obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico se entienden los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo que se desarrollen en la República de Colombia. Aspectos Generales de los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento Básico garantizar su seguridad, durabilidad, funcionamiento adecuado, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado.

---

<sup>8</sup> IBIDEM pág. 42

<sup>9</sup> IBIDEM pág. 43

<sup>10</sup> IBIDEM pág. 44

**1.4.2 Resolución Número 2115 del 22 de Junio de 2007.** Se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, teniendo en cuenta los parámetros físicos y químicos, aportando los valores máximos o mínimos que estos pueden poseer, procesos básicos de control de la calidad del agua para consumo humano con su frecuencia y número de muestras de control.

**1.4.3 Decreto 1575 del 9 de Mayo de 2007.** La finalidad del decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada. Aplica a todas las personas prestadoras que suministren o distribuyan agua para consumo humano, ya sea cruda o tratada, en todo el territorio nacional, independientemente del uso que de ella se haga para otras actividades económicas, a las direcciones territoriales de salud, autoridades ambientales y sanitarias y a los usuarios.

**1.4.4 Ley 142 de 1994, Artículo 3ro.** Esta Ley se aplica a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía fija pública básica conmutada y la telefonía local móvil en el sector rural; a las actividades que realicen las personas prestadoras de servicios públicos

Constituyen instrumentos para la intervención estatal en los servicios públicos todas las atribuciones y funciones asignadas a las entidades, autoridades y organismos de que trata esta Ley, especialmente las relativas a las siguientes materias.

Gestión y obtención de recursos para la prestación de servicios y Regulación de la prestación de los servicios públicos teniendo en cuenta las características de cada región; fijación de metas de eficiencia, cobertura y calidad, evaluación de las mismas, y definición del régimen tarifario.

**1.4.5 Decreto 3102 de diciembre 30 de 1997, Artículos 4 y 9.** Reglamenta la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua.

Para la aprobación de las licencias de remodelación o adecuación que se expidan a partir del 1º de julio de 1998, se deberá verificar que los proyectos cumplen con la obligación de instalar equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua.

Los fabricantes de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua y sus importadores, incluirán en los catálogos, el consumo unitario de dichos elementos, expresado en el Sistema Internacional de Unidades.

## 2. DIAGNÓSTICO

Para la construcción de un sistema de tratamiento de agua potable que provea al acueducto de esa región, se cuenta con el pozo de captación de la empresa localizado en el municipio de Villavicencio en el sector del Buque exactamente frente al conjunto Altagracia.

Aguas del Trapiche S.A.S contrato unos estudios para su explotación acuífera, estos fueron realizados por la empresa ACUITEC INGENIERIA Y ANÁLISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS Dra. AMPARO RESTREPO DE para determinar el estado actual del pozo, dando información de gran valor para la realización de la planta de tratamiento, como su caudal de extracción, su profundidad y demás características esenciales para su puesta en marcha. Sumado a esto se obtuvo una muestra del agua para determinar sus características según la Resolución 2115 del 2007, proveyendo información con respecto a la norma Colombia de obligatorio cumplimiento, puesto que esta norma rige los parámetros sanitarios sobre el agua para el consumo humano, adicionalmente servirá como punto de partida para dar una base sólida, al momento de determinar cuáles son los tratamientos a emplear para poder lograr un agua potable para los futuros usuarios de este recurso.

### 2.1. LOCALIZACIÓN Y ESTADO

En campo se georeferenciación la localización del pozo, mediante GPS de alta precisión, las coordenadas otorgadas por el medio digital dan como resultado las coordenadas: ESTE: 1047803, NORTE: 94887

Las cuales referencia la localización del pozo en la ciudad de Villavicencio, exactamente en la hacienda el trapiche y gran Airico frente al conjunto Altagracia.

Figura 3. Pozo profundo





Como se muestra en la Figura 3, actualmente el pozo no cuenta con un sistema de tratamiento por lo cual no posee ningún uso particular, se encuentra en la zona para la proyección del proyecto siendo esta un lote desocupado, y solo cuenta con una bomba que permite la captación del agua, a través de un tablero eléctrico.

## 2.2. CARACTERÍSTICAS DEL POZO

El pozo profundo de donde se provee la fuente suministro de agua cruda cuenta con su respectiva concesión otorgada por el municipio, con una localización en la Hacienda el Trapiche, frente al conjunto Altagracia, en el Municipio de Villavicencio, Meta.

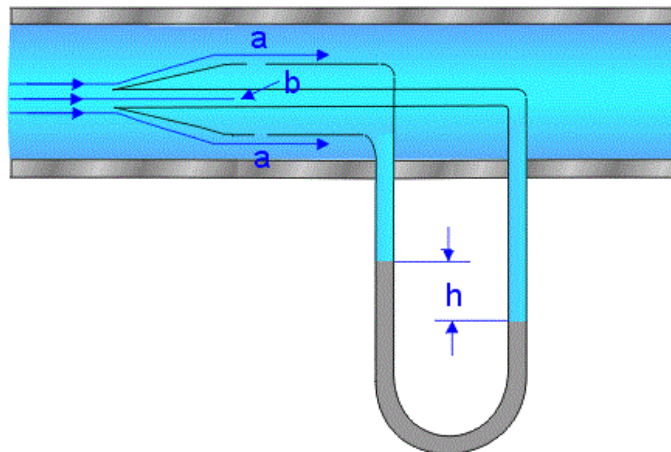
La empresa Acuitec, fue la encargada de realizar el análisis del pozo profundo y se obtuvieron los datos mostrados en la Tabla 1:

Tabla 1. Características del pozo de captación

|                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| Profundidad        | 88m                |
| Diámetro Externo   | 12,5"              |
| Diámetro Revestido | 8"                 |
| Revestimiento      | Tubería PVC RDE 21 |
| Nivel Piezométrico | 17.635 m           |

Para la determinación de los caudales se utilizó el método del tubo Pitot (Figura 4), que consiste en colocar, a la salida de la impulsión, horizontalmente un tubo de diámetro adecuado al caudal que se pretende bombear y de ciertas características requeridas. En su extremidad tiene un diafragma perpendicular con un orificio menor al del tubo (de área conocida) y con los bordes formando un ángulo de 45° y 60°.

Figura 4. Representación tubo Pitot para la toma de presión



Fuente: RODRIGUEZ David. Física fluida y termodinámica. [En línea] <<https://davidrodriguez2206.wordpress.com/tubo-de-pitot/>>

A una distancia determinada del diafragma se ubica un orificio en el cual se instala una manguera que permite leer las alturas del nivel del agua. Este método está fundamentado en el teorema de Bernoulli, el cual permite calcular el caudal en función de la presión.

Por medio de este cálculo se logró identificar el caudal promedio que otorga el pozo, que se observan en la Tabla 2.

Tabla 2. Pruebas de caudal por medio del método tubo pitot.

| Tiempo (sg) | Tubo Pitot  |       |        |
|-------------|-------------|-------|--------|
|             | Alturas (m) |       | Q(L/s) |
| 120         | h1          | 0.47  | 2.42   |
| 300         | h2          | 0.47  | 2.42   |
| 600         | h3          | 0.47  | 2.42   |
| 1800        | h4          | 0.468 | 2.42   |
| 3600        | h5          | 0.47  | 2.42   |
| 5400        | h6          | 0.467 | 2.41   |
| 7200        | h7          | 0.47  | 2.42   |
| 9600        | h8          | 0.467 | 2.41   |
| 10800       | h9          | 0.47  | 2.42   |
| 13200       | h10         | 0.466 | 2.41   |
| 14400       | h11         | 0.468 | 2.42   |
| 25200       | h12         | 0.47  | 2.42   |
| 43200       | h13         | 0.47  | 2.42   |
| 50400       | h14         | 0.468 | 2.42   |

Por medio de una bomba sumergible (Tabla 3) se extrae el agua del pozo de captación para un caudal de 2.42 L/s (209.09 m<sup>3</sup>/día) obteniendo así las consideraciones de uso, garantizando que el agua se pueda explotar sin inconvenientes. El pozo permite una extracción máxima de 5,5 L/s pero debido a los parámetros de la concesión permitida por el ente regulador COORMACARENA su máxima extracción es de 3L/s.

Tabla 3. Bomba de captación

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| Bomba sumergible (tipo lapicero) | 5.0HP      |
| Marca                            | Franklin   |
| Cabeza de posición (m)           | 51         |
| Tubería aducción PVC             | 2"         |
| Tubería de descarga PVC          | No existe* |

\*Actualmente no se cuenta con un sistema de distribución del agua captada

Según la Resolución PM-GJ. 1.2.6.10.0854. EXPENDIENTE 5.37.2.08.046 del ente COORMACARENA, por medio del cual se otorga la concesión de aguas subterráneas para uso doméstico y pecuario, en las coordenadas X: 1047802, Y: 94887 en beneficio de la finca el Trapiche y/o Gran Airico, en el Municipio de Villavicencio, Departamento del Meta. Para ampliación de la información suministrada de la concesión (Ver Anexo A.)

### 2.3 CONDICIONES DEL AGUA

Según la norma técnica colombiana NTC-ISO 5667 la cual hace referencia a las directrices para el diseño del muestreo, se tomaron muestras de agua captada, las cuales fueron llevadas a laboratorio para análisis físico-químico y microbiológico del agua subterránea.

Es de resaltar que el laboratorio encargado del análisis de calidad de agua está autorizado por el Ministerio de la Protección Social y registrado en el PICCAP (El programa interlaboratorio de calidad de aguas potables) para este tipo de pruebas. Esta caracterización fue hecha por ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS Dra. Amparo Restrepo de Ávila, el cual está avalado por el Ministerio de Salud y Protección Social de acuerdo con la Resolución 1615 del 15 de mayo de 2015.

La toma de muestras se llevó a cabo 8 horas después de haber iniciado la prueba de bombeo a caudal constante. Una vez tomadas las muestras, estas fueron llevadas inmediatamente al laboratorio. El cual según el protocolo para dicho procedimiento se almacenaron en recipientes cerrados y esterilizados con un periodo de traslado mínimo para no afectar las características del agua.

Para la muestra microbiológica, el laboratorio proporciono un recipiente previamente esterilizado y sellado con un contenido neutralizante para las sustancias químicas que podrían afectar el resultado real de la cuantificación microbiológica, siendo necesario el traslado inmediato o su refrigeración temporal.

Para el análisis del agua se tomó solo esta caracterización brindada por la empresa como se observa en la Figura 5.

Figura 5. Toma de muestreo análisis Físicoquímico



Resultados de los análisis efectuados al agua extraída del pozo Según la Resolución 2115/2007 los valores admisibles para consumo humano son (véase en la Tabla 4):

Tabla 4. Caracterización agua de pozo comparado con la resolución 2115/2007

| Parámetro            | Unidades   | Valor admisible                   | Resultado |
|----------------------|------------|-----------------------------------|-----------|
| Color                | Mg/l Pt/Co | Hasta 15 Unidades platino cobalto | 60        |
| pH                   | Udes. Ph   | 6,5-9,0                           | 6,9       |
| Conductividad        | µS/cm      | Hasta 1000                        | 217       |
| Turbiedad            | UNT        | Hasta 2                           | 26,07     |
| Cloro residual libre | mg/l       | 0,3-2,0                           | <0,10     |
| Cloro total          | mg/l       | Hasta 2                           | <0,10     |
| Dureza total         | mg/l       | Hasta 300                         | 89        |
| Calcio               | mg/l       | Hasta 60                          | 35,5      |
| Magnesio             | mg/l       | Hasta 36                          | 0,00      |
| Alcalinidad          | mg/l       | Hasta 200                         | 89        |
| Nitratos             | mg/l       | Hasta 10                          | <4        |
| Nitritos             | mg/l       | Hasta 0,1                         | <0,02     |
| Sulfatos             | mg/l       | Hasta 250                         | <20       |
| Hierro               | mg/l       | Hasta 0,3                         | 2         |
| Solidos disueltos    | mg/l       | Hasta 200                         | 109       |
| E. coli              | ufc/100ml  | 0                                 | 0         |
| Coliformes totales   | ufc/100ml  | 0                                 | 0         |

Para ver la caracterización original aprobada por el un laboratorio autorizado Análisis de Aguas y Alimentos Dra. Amparo Restrepo de Ávila, ver el Anexo A

Teniendo en cuenta los parámetros admisibles por la Resolución 2115/2007 y la los datos obtenidos en la caracterización del agua, se puede establecer que cuatro factores no cumplen con la normatividad, estos son: Color, turbiedad, hierro y cloro residual, los anteriores datos se pueden corroborar en la Tabla 5.

Tabla 5. Parámetros no admisibles según Resolución 2115/2007

| Parámetro            | Valor admisible | valor actual | Comparación con respecto a resolución 2115/2007 |
|----------------------|-----------------|--------------|---|
| Color                | Hasta 15 UPC    | 60 UPC       | No cumple                                       |
| Turbiedad            | Hasta 2 UNT     | 26,07 UNT    | No cumple                                       |
| Hierro               | Hasta 0,3 mg/L  | 2 mg/L       | No cumple                                       |
| Cloro residual libre | 0,3-2,0 mg/L    | <0,10 mg/L   | No cumple                                       |

Al ser un agua de pozo se observa un aumento de la turbiedad donde la alteración del medio más las partículas en suspensión, posibles por el fango del suelo o la materia suspendida orgánica y mineral u otros factores, pueden aumentar el nivel de este parámetro registrando como su máximo valor admisible hasta 2 UNT siendo mayor a este valor perjudicial para el usuario final.

Al tratarse la turbiedad esta puede estar directamente relacionada con el color ya que son parámetros proporcionales en cierta medida asumiendo esto debido a la naturaleza del agua donde en la caracterización no muestra ningún grupo microbiológico (ver Anexo A), el efecto de color en las aguas esta dado al igual de

la turbiedad por la materia orgánica que cae en ella, para la correcta distribución del agua es necesario un agua incolora.

En términos de cantidad de hierro permisible la norma rige hasta 0,3 mg/L. Siendo este parámetro de suma importancia. Debido a la naturaleza del agua, el hierro elemento común en la superficie de la tierra, se filtra por medio del agua, que está en contacto con el suelo y las piedras disolviéndolo y mezclándolo produciendo su aumento. Este aumento va afectar en la distribución del agua y directamente al olor, sabor y color.

Uno de los parámetros más importantes que rige la norma es el nivel de cloro residual libre este da la propiedad de eliminar parcial o totalmente los microorganismos que pueden afectar la salud humana presentes en el agua. Siendo de mucha importancia tratarlo para el control de enfermedades que puede proliferarse por medio del agua.<sup>11</sup>

## 2.4 DEMANDA TOTAL

A continuación se calculará la demanda del proyecto.

**2.4.1 Dotación Neta.** Es la cantidad mínima de Agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un suscriptor o habitante, sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. Ver Tabla 6.

Tabla 6. Dotación por suscriptor según nivel de complejidad del sistema

| Nivel de Complejidad Del Sistema | Dotación por suscriptor (m3/sus*mes) Clima templado y frío | Dotación por suscriptor (m3/sus*mes) Clima Cálido |
|----------------------------------|--|---|
| Bajo                             | 10.8   | 12.0  |
| Medio                            | 13.8   | 15.0  |
| Medio Alto                       | 15.0   | 16.2  |
| Alto                             | 16.8   | 18.0  |

\*Suscriptor

Fuente: COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico 2000. Sección I, Título B. Sistemas de acueductos. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, D.C., 2000. Parágrafo 2.5.1. pág. 31

Para el desarrollo del proyecto se emplea la dotación por suscriptor, donde se selecciona un nivel de complejidad baja para el sistema, donde se tiene en cuenta principalmente los parámetros influyentes en la recepción del servicio como la baja cantidad de usuarios, el clima donde se prestará el servicio y la complejidad técnica elemental a utilizar.

<sup>11</sup> SENA. Calidad del agua. Programa de capacitación y certificación del sector de agua potable y saneamiento básico. Sistema de bibliotecas. [En línea]. <[http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/#)>

Villavicencio al encontrarse a un altura menor a los 1000 m.s.n.m. se clasifica como clima cálido.

Se proyecta la elaboración de dos complejos residenciales en los predios Umabari y Manare los cuales van a contar con un estimado de 350 viviendas, distribuidas en 200 para Manare y 150 para Umabari.

Teniendo en cuenta la información del número de unidades residenciales se calcula la cantidad mínima por habitante y para el funcionamiento adecuado del acueducto:

$$12 \frac{m^3}{sus * mes}$$

“Este número denota la cantidad mínima por suscriptor”<sup>12</sup>

Vinculando la información se puede calcular a partir del número de suscriptores la cantidad mínima de agua que debe poseer el acueducto para su funcionamiento:

$$12 \frac{m^3}{sus * mes} * 350 sus = 4200 \frac{m^3}{mes}$$

Se procede al cálculo de la cantidad mínima por habitante.

Tabla 7. Dotación neta por habitante según zona geográfica

| Nivel de Complejidad Del Sistema | Dotación neta (L/hab*día) Clima templado y frio | Dotación neta (L/hab*día) Clima Cálido |
|----------------------------------|---|--|
| Bajo                             | 90  | 100                                    |
| Medio                            | 115   | 125                                    |
| Medio Alto                       | 125   | 135                                    |
| Alto                             | 140   | 150                                    |

Fuente: COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico 2000. Sección I, Título B Sistemas de acueductos. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, D.C., 2000. Tabla B.2.3. pág. 32

Con la información contenida en la Tabla 7 se encuentra que la cantidad mínima por habitante es de:

$$100 \frac{L}{hab * dia}$$

<sup>12</sup> Fuente: COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico 2000. Sección I, Título B Sistemas de acueductos. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, D.C., 2000. Parágrafo 2.5.1. pág. 51

Al no poseer un gran desarrollo el municipio de Villavicencio se asume que el mayor uso es de uso residencial, por lo cual se asume un 10% de porcentaje para las demás actividades que impliquen un uso del recurso.

La dotación neta sería:

$$100 \frac{L}{\text{hab} * \text{dia}} + 100 \frac{L}{\text{hab} * \text{dia}} * 0,1 = 110 \frac{L}{\text{hab} * \text{dia}}$$

La cantidad mínima por habitante en un mes es de:

$$110 \frac{L}{\text{hab} * \text{dia}} * 30 \frac{\text{dia}}{\text{mes}} = 3300 \frac{L}{\text{hab} * \text{mes}} = 3,3 \frac{\text{m}^3}{\text{hab} * \text{mes}}$$

De acuerdo a los datos obtenidos se puede concluir que el acueducto está en capacidad de responder a las necesidades mínimas de la población, teniendo como base que el pozo podrá suministrar mínimo  $6272,7 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$ , con un margen suficiente para imprevistos o incremento de población, el cual no será muy sustancial debido a que este proyecto está pensado para un determinado grupo, que en su mayoría se considera como población fija.

**2.4.2 Dotación bruta.** Hace referencia a la cantidad máxima de agua necesaria para suplir las necesidades de los usuarios finales, con consideraciones de escapes físicos o fallas mecánicas que puedan existir<sup>13</sup>. Se calcula con la Ecuación 1.

Ecuación 1. Cantidad de agua necesaria

$$D_{bruta} = \frac{D_{neta}}{1 - \%P}$$

Donde:

%P: es el porcentaje máximo de pérdidas técnicas admisibles, se estima para diseños de nuevos acueductos un porcentaje máximo del 7% de acuerdo con los parámetros de la zona.

$$D_{bruta} = \frac{110 \frac{L}{\text{hab} * \text{dia}}}{1 - 0,05} = 116 \frac{L}{\text{hab} * \text{dia}}$$

---

<sup>13</sup> Fuente: COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico 2000. Sección I, Título B Sistemas de acueductos. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, D.C., 2000.

**2.4.3 Caudal medio diario.** Es el caudal correspondiente a una población futura, teniendo en cuenta la cantidad de agua que se posee. Se determinará con la Ecuación 2.

Ecuación 2. Caudal medio diario

$$Qmd = \frac{P * Dbruta}{86400}$$

Donde:

P: Población futura en habitantes

Dbruta: demanda bruta

$$Qmd = \frac{2800 \text{ hab} * 116 \frac{L}{\text{hab} * \text{dia}}}{86400 \frac{s}{\text{dia}}} = 3,8 \frac{L}{s}$$

**2.4.4 Caudal máximo diario.** Es el caudal máximo correspondiente al consumo en las 24 horas del día por un año. Se calculará con la Ecuación 3.

Ecuación 3. Cálculo del caudal máximo diario

$$QMD: Qmd * K1$$

Donde:

QMD: caudal máximo diario

Qmd: caudal medio diario

K1: Coeficiente de consumo máximo (en casos de sistemas nuevos se toma 1,3)

$$QMD: 3,8 \frac{L}{s} * 1,3 = 5 \frac{L}{s}$$

## 2.5 PARÁMETROS A TENER EN CUENTA

Los parámetros a tener en cuenta para el diseño de la planta se ilustran en la Tabla 8 la cual muestra los indicadores de dotación y caudal que se van a tener en cuenta.

Tabla 8. Parámetros para el diseño de la planta

| Parámetros                | Valores | Unidades                |
|---------------------------|---------|-------------------------|
| Caudal extraíble          | 2,42    | L/s                     |
| Usuarios                  | 350     | Suscriptores            |
| Dotación neta (Acueducto) | 4200    | m <sup>3</sup> /mes     |
| Dotación neta (Habitante) | 3,3     | m <sup>3</sup> /hab*mes |



### 3. SISTEMA DE TRATAMIENTO

Para la selección del tratamiento se hace necesario tener información previa como es la caracterización del agua, esta información sirve como punto de partida al momento de determinar las posibles alternativas que permitan llevar los parámetros anómalos a rangos admisibles, para lograr esta finalidad se contempla las diferentes operaciones o procesos unitarios, los cuales tienen cierto grado de aceptación, dependiendo de sus ventajas al igual que sus desventajas.

A partir de los procesos unitarios se puede construir la combinación más aplicable, teniendo en cuenta la disponibilidad, la pertinencia y el grado de aceptación por parte de la Empresa Aguas del Trapique S.A.S, la normatividad del país y sus costos.

#### 3.1 CUADRO COMPARATIVO ENTRE PROPIEDADES

A continuación se muestra el cuadro comparativo entre propiedades.

**3.1.1 Turbiedad.** Para el parámetro de turbiedad se evalúan tres operaciones posibles, analizando sus ventajas, desventajas y su aplicabilidad, teniendo como referencia una base conceptual.

Tabla 9. Comparación de operaciones para reducir la turbiedad

| Operación o proceso unitario  | Ventajas   | Desventajas   | Aplicabilidad   |
|---|--|---|---|
| <b>Coagulación-floculación y sedimentación</b>                                | Es altamente conocido este proceso, por ser el más tradicional en la industria. Para lograr cumplir con este proceso, no se necesita de elementos extraños o difíciles de obtener. | Puede que el agua tratada no llegue a especificaciones, lo cual hace que se necesite un proceso más, para lograr cumplir con la legislación.          | Para el nivel de complejidad de un sistema bajo y medio se recomienda un proceso de mezcladores hidráulicos. La adición de coagulante varía de acuerdo al tipo de agua. |
| <b>Filtración lenta sin coagulación-floculación y sedimentación</b>           | Si el agua no tiene tantos sólidos, es un proceso que se puede implementar.  | Al no haber un proceso previo para separar las partículas, pueden existir problemas de taponamiento y mantenimiento, lo cual acarrearía más costos.   | Requiere de áreas grandes para su instalación. El costo inicial es elevado. Bajo costo de operación y mantenimiento.  |
| <b>Filtración rápida precedida de coagulación-floculación y sedimentación</b> | Al vincular otra operación su efectividad se ve elevada, puesto que se necesita para potabilizar el agua, sería una muy buena opción para cumplir la legislación.                  | Al usar más operaciones a comparación de las demás opciones anteriormente dichas, incrementaría costos, espacio a utilizar y gastos de mantenimiento. | Requiere áreas más pequeñas para su instalación. Costos elevados de operación.  |

Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/desinfeccion/capitulo5.pdf>,

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Purificación del agua. Bogotá. Escuela Colombiana de ingeniería. 2da edición.

Arboleda Valencia Jorge. Teoría y práctica de la purificación del Agua. Mc Graw Hill, 2000. 2da Edición.

Para el diseño se tiene como base la concepción de una planta convencional por consiguiente, se evalúan los procesos tradicionales que enmarca la RAS 2000 título C.

En la remoción de la turbiedad se tienen en cuenta los factores que la producen siendo las partículas en suspensión, la materia orgánica, entre otros, las principales causas del aumento de este parámetro. Para su disminución es necesario la utilización del proceso de clarificación, el cual permite la remoción de las partículas presentes en el agua disminuyendo su turbidez, se evalúan tres procesos que llevan consigo la clarificación ya que este proceso es el más económico y aplicable de acuerdo con las condiciones impuestas tanto económica, de fácil adquisición, como de funcionamiento de la planta. Dicha comparación se mostrará en la Tabla 9.

**3.1.2 Color aparente.** El color es un parámetro importante debido a que denota el estado óptico del agua, este parámetro va especialmente ligado a la turbiedad siendo su tratamiento básicamente el mismo, debido a que con la disminución de la turbiedad las partículas en suspensión se ven sedimentadas y su color mejora. (Ver Tabla 10).

Tabla 10. Comparación de operaciones para reducir el color

| Operación o proceso unitario   | Ventajas   | Desventajas  | Aplicabilidad  |
|--|--|--|--|
| Coagulación y floculación y sedimentación                                | Es altamente conocido este proceso, por ser el más tradicional en la industria<br>Para lograr cumplir con este proceso, no se necesita de elementos extraños o difíciles de obtener. | Puede que el agua tratada no llegue a especificaciones, lo cual hace que se necesite un proceso más, para lograr cumplir con la legislación.   | Para el nivel de complejidad de un sistema bajo y medio se recomienda un proceso de mezcladores hidráulicos.<br>La adición de coagulante varía de acuerdo al tipo de agua. |
| Filtración rápida precedida de coagulación y floculación y sedimentación | Al vincular otra operación su efectividad se ve elevada, puesto que se necesita para potabilizar el agua, sería una muy buena opción para cumplir la legislación                     | Es el proceso más efectivo, de los tres anteriores, pero es el que incluye más procesos, lo cual incrementaría costos, variable dependiendo el tipo de agua a tratar   | Requiere de áreas grandes para su instalación.<br>El costo inicial es elevado<br>Bajo costo de operación y mantenimiento.  |
| Filtración lenta sin coagulación y floculación y sedimentación           | Si el agua no tiene tantos sólidos, es un proceso que se puede implementar   | por la alta turbidez, los filtros se taponan rápidamente<br><br>El agua no debe tener muchos sedimentos, ni turbidez puesto que el color puede verse influenciado al no remover de forma efectiva sólidos finos, microorganismos | Requiere áreas más pequeñas para su instalación.<br>Costos elevados de operación   |

Fuente: ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Purificación del agua. Bogotá. Escuela Colombiana de ingeniería. 2da edición.

Arboleda Valencia Jorge. Teoría y práctica de la purificación del Agua Mc Graw Hill, 2000. 2da Edición

**3.1.3 Hierro (Fe).** El agua al ser subterránea se ve directamente relacionada con el hierro, el cual se incrementa debido al contacto directo que esta tiene con el medio, filtrando así cantidades considerable que van a aumentar este parámetro.

Para este proceso se hace necesario buscar igualmente una medida económica que cumpla con los requerimientos de la empresa, se evalúan tres posibilidades de diferentes tipos tanto químicos y físicos que permiten la remoción del hierro efectuando la mejora de este parámetro según el tipo de agua. Ver Tabla 11.

Tabla 11. Comparación de operaciones para reducir el hierro

| Operación o Proceso Unitario   | Ventajas  | Desventajas   | Aplicabilidad  |
|--|---|---|--|
| <b>Oxidación de hierro por aireación</b>   | Se ve favorecida la remoción de hierro cuando su pH es entre 5 y 11 debido a que a ese pH el $\text{Fe}(\text{OH})_3$ es muy soluble.<br>Por medio del uso de los lechos de contacto de coque o Pall Ring en las bandejas de los aireadores o en tanques de retención se desarrollan recubrimientos de óxidos férricos, Los cuales mejoran altamente la remoción al acelerar la oxidación.<br>Su costo es bajo ya que no involucra adición de sustancias.<br>No involucra la adición de aditivos químicos lo cual no afectara otros aspectos del agua | Consiste en un proceso lento y con una eficiencia no muy alta sin presencia de aceleradores.<br>Si el contenido de $\text{Fe}^{++}$ es alto y el pH es mayor de 7,5 la reacción se ve limitada por la baja tasa de transferencia de oxígeno en la solución  | Para la aplicabilidad de este método se debe tener en cuenta los tipos de aireadores y su dosificación.<br>No conlleva la adición de sustancias químicas, lo cual permite que sea económicamente factible.   |
| <b>Oxidación por Permanganato de Potasio</b>   | Genera una efectividad alta en la remoción del hierro   | La dosificación de permanganato de potasio debe controlarse de manera apropiada ya que puede contribuir a la formación de colores residuales<br>Es necesario una pre cloración o aireación previa para que de esta manera el hierro fácil de oxidar se oxide y el hierro remanente más difícil de oxidar sea oxidado por el permanganato. | Para la aplicación debe realizarse un estudio técnico y económico de las ventajas y desventajas de la solución para analizar la naturaleza del compuesto<br>Es más costoso que otros oxidantes   |
| <b>Proceso con zeolita de manganeso y permanganato de potasio en un filtro a presión</b> | La dosificación de una solución de $\text{KMnO}_4$ oxida el hierro solubles, si la dosificación es baja la zeolita de manganeso remueve el exceso de hierro.<br>Si la dosificación es en exceso la zeolita consume el $\text{KMnO}_4$ y se regenera   | Conlleva la construcción de un filtro a presión aumentando los costos.<br>Para su funcionamiento es necesario la utilización de diferentes componentes como grava o un lecho de antracita   | No es aplicable a la normatividad Colombiana según la RAS puesto que es un proceso nuevo y no ha sido avalada por la autoridades Colombianas, como método propicio<br>Se aplica cuando las concentraciones de hierro y manganeso están entre 0,5 y 5 mg/L<br>Costos de instalación elevados. |

Fuente: ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Purificación del agua. Bogotá. Escuela Colombiana de ingeniería. 2da edición.

Arboleda Valencia Jorge. Teoría y práctica de la purificación del Agua Mc Graw Hill, 2000. 2da Edición

**3.1.4 Desinfección.** De acuerdo con la Resolución 1096 / 2000 es obligatorio en todos los niveles de confiabilidad desinfectar el agua sin importar el tipo de tratamiento previo que se haya realizado para su potabilización.

El propósito primario de la desinfección del agua es el de impedir la propagación de enfermedades hídricas, por tanto este procedimiento se espera la destrucción selectiva de los organismos que causan enfermedades.

Se evalúan tres alternativas contempladas en la Resolución 1096 / 2000, donde estas van a efectuar el proceso ya sea invasivo o no invasivo de desinfección conforme a los tratamientos existentes que permitan la eliminación de virus, bacterias y patógenos. Como se observa en la Tabla 12.

Tabla 12. Comparación de operaciones para desinfección

| Operación o Proceso Unitario  | Ventajas   | Desventajas   | Aplicabilidad  |
|-------------------------------|--|---|--|
| <b>Rayos Ultravioletas</b>    | No es un proceso intrusivo evitando la generación de subproductos o reacciones no deseadas.<br>No deja un efecto residual  | La penetración de los rayos, así como la eficiencia de la desinfección, depende de la turbiedad del líquido y de la cantidad de materia orgánica.<br>No se puede determinar en el agua la cantidad aplicada en forma fácil. | Se considera un proceso secundario.<br>No es aconsejable para acueductos como opción principal.<br>Aplicable a aguas que tengan contenido de materia orgánica y turbiedad baja |
| <b>Ozonización</b>            | Eficiente destructor de bacterias, virus y hongos por su alto poder oxidante<br><br>No produce Trihalometanos en aguas con alto contenido de sustancias orgánicas<br><br>Mejora las propiedades organolépticas del agua  | Baja capacidad residual germicida.<br><br>Su eficiencia se ve limitada a un proceso posterior de cloración  | Requiere de una desinfección secundaria<br><br>No es aplicable en aguas con alto contenido de hierro o amoníaco  |
| <b>Desinfección con Cloro</b> | Es eficiente, fácil de aplicar y deja efecto residual que se puede medir por sistemas muy simples.<br><br>Se utiliza hipoclorito si la planta es pequeña ya que los hipocloradores son más sencillos de manejar<br><br>Bajo costo<br><br>Prevención del crecimiento de algas y microorganismos<br><br>Poder germicida residual | Es corrosivo en los instrumentos de la planta<br><br>En algunos casos produce un sabor desagradable en el agua<br><br>El cloro baja el pH ligeramente y el hipoclorito lo sube  | Aplicable el uso de compuestos en estado gaseoso en plantas medianas y grandes<br><br>Aplicable el uso de compuestos en estado sólido y líquido en acueductos pequeños.        |

Fuente: ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Purificación del agua. Bogotá. Escuela Colombiana de ingeniería. 2da edición.

Arboleda Valencia Jorge. Teoría y práctica de la purificación del Agua Mc Graw Hill, 2000. 2da Edición.

RAS 2000 Titulo C 2010

### 3.2 SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO

Con el planteamiento de los procesos unitarios para el sistema de tratamiento adecuados para la potabilización del agua y conociendo las características de esta, se plantea la selección del sistema de potabilización que se adecua según la zona y sus variables, planteando una matriz de selección con los parámetros más significativos que permitirán la selección óptima del tratamiento.

3.2.1 Parámetros. Con la información recopilada y la caracterización del agua a tratar, se crea un sistema de evaluación a las prioridades según las requiere Aguas del Trapiche S.A.S teniendo en cuenta la disponibilidad de personal como la factibilidad de implementos necesarios para el futuro funcionamiento de la planta, así mismo facilitar el uso y mantenimiento de esta. Se implementan ciertos parámetros de selección con un número de prioridad para su evaluación estos parámetros se evidenciarán en la Tabla 13:

Tabla 13. Parámetros de selección

| Parámetros de selección | Porcentaje prioridad |
|-------------------------|----------------------|
| Costos de operación     | 20%                  |
| Inversión inicial       | 20%                  |
| Mantenimiento           | 10%                  |
| Remoción                | 30%                  |
| Facilidad de Operación  | 10%                  |
| Área de instalación     | 10%                  |

**3.2.1.1 Costos de operación.** Para la empresa Aguas del Trapiche S.A.S, se requiere unos bajos o moderados costos de operación para su correcto fin comercial generando ganancias. Para esto es necesario evaluar, factores importantes que disminuirán los costos, como la aplicación de químicos adicionales o la implementación de personal que necesite una capacitación adicional que genere costos.

**3.2.1.2 Inversión Inicial.** Para la implementación de la planta de tratamiento se espera una inversión baja o media con base a las especificaciones de la empresa, al ser un agua de pozo sus características no presentan una mayor dificultad que genere sobre costos siendo la alternativa económica y efectiva.

**3.2.1.3 Mantenimiento.** La planta al localizarse en una ciudad de mediana industria es necesario la selección de equipos de fácil manejo que no requieran el traslado de personal capacitado de otras ciudades para su mantenimiento, generando paros en la distribución del agua y sobre costos a la empresa.

**3.2.1.4 Remoción.** Es el parámetro más importante debido a que este brinda los datos del funcionamiento efectivo de la planta haciendo el agua apta para la distribución permitiendo el cumplimiento de la resolución 2115 de 2007, por lo cual se busca un alto nivel de remoción de los parámetros que afectan el agua.

**3.2.1.5 Facilidad de operación.** Se requiere la implementación de procesos de fácil manejo que no conlleven a la formación especializada del personal, que pueda realizarse con la menor cantidad de operarios para su funcionamiento evitando así el aumento de los costos y la capacitación que en la región puede no encontrarse.

**3.2.1.6 Área de instalación.** Es necesario que los equipos a emplear no requieran una gran área, ya que el terreno donde se va a realizar el proyecto es de gran valor económico y entre menos sea el área ocupada más beneficio económico tendrá la empresa, aunque no es limitada el área dispuesta se busca minimizar los costos de este.

**3.2.2 Calificación de los parámetros.** Para la selección de la alternativa a implementar, se evaluaron los 3 parámetros según una escala de 0 a 30 en valores de 10 en 10, siendo 0 el valor más bajo y 30 el valor más alto, según como se va a clasificar se evalúa los criterios de acuerdo a su valor como está en la Tabla 14.

Tabla 14. Calificación de los parámetros de selección

| Valor | Clasificación |
|-------|---------------|
| 0-10  | Malo          |
| 10-20 | Regular       |
| 20-30 | Bueno         |

Cada valor va a representar una clasificación según con la cual será evaluada para la elección de la mejor alternativa de tratamiento clasificando los mejores tratamientos para cada parámetro que se desea modificar, conforme a esto se harán las pruebas pertinentes para validar la información.

Los parámetros de selección se estiman según el valor calificado a los cuales se les dan un porcentaje con base a su importancia.

Estos valores se toman de la clasificación de los parámetros según el cuadro comparativo entre propiedades, con este valor, se procede a multiplicar en base al porcentaje asignado a los parámetros de selección dando así el valor total según la relevación del parámetro de selección. (Las operaciones se pueden ver en Anexo B).

**3.2.2.1 Turbidez.** Se evaluaron tres procesos unitarios enfocados a la reducción de la turbidez, teniendo en cuenta los factores de evaluación planteados, según los criterios expuestos en la Tabla 15.

Tabla 15. Evaluación de las operaciones unitarias para la turbidez

| Parámetros de selección | de | Coagulación, Floculación, Sedimentación | Filtración lenta | Filtración rápida |
|-------------------------|----|---|------------------|-------------------|
| Costos de operación     |    | 25                                      | 30               | 30                |
| Inversión inicial       |    | 20                                      | 30               | 15                |
| Mantenimiento           |    | 20                                      | 15               | 20                |
| Remoción                |    | 15                                      | 10               | 30                |
| Facilidad de operación  |    | 20                                      | 20               | 25                |
| Área de instalación     |    | 25                                      | 25               | 20                |
| <b>Total</b>            |    | 125                                     | 130              | 140               |
| <b>Total por %</b>      |    | 20                                      | 21               | 24,5              |

**3.2.2.2 Remoción del hierro.** Se evaluaron tres procesos unitarios enfocados a la remoción del hierro, teniendo en cuenta los factores de evaluación planteados, según los criterios expuestos en la Tabla 16.

Tabla 16. Evaluación de las operaciones unitarias para la remoción de hierro

| Parámetros de selección | de | Aireación con pall rings | Permanganato de Potasio | de | Zeolita |
|-------------------------|----|--------------------------|-------------------------|----|---------|
| Costos de Operación     |    | 20                       | 15                      |    | 20      |
| Inversión inicial       |    | 15                       | 20                      |    | 05      |
| Mantenimiento           |    | 25                       | 15                      |    | 10      |
| Remoción                |    | 20                       | 20                      |    | 25      |
| Facilidad de operación  |    | 30                       | 25                      |    | 20      |
| Área de instalación     |    | 25                       | 30                      |    | 15      |
| <b>Total</b>            |    | 135                      | 130                     |    | 95      |
| <b>Total por %</b>      |    | 21                       | 20                      |    | 17      |

**3.2.2.3. Desinfección.** Se evaluaron 3 procesos unitarios enfocados al proceso de desinfección, teniendo en cuenta los factores de evaluación planteados, según los criterios expuestos en la Tabla 17.

Tabla 17. Evaluación de las operaciones unitarias para la desinfección

| Parámetros de selección | de Rayos UV | Ozonización | Cloración |
|-------------------------|-------------|-------------|-----------|
| Costos de operación     | 30          | 20          | 25        |
| Inversión inicial       | 15          | 15          | 20        |
| Mantenimiento           | 15          | 15          | 20        |
| Remoción                | 15          | 20          | 25        |
| Facilidad de operación  | 15          | 15          | 25        |
| Área de instalación     | 20          | 20          | 30        |
| <b>Total</b>            | 110         | 105         | 145       |
| <b>Total por %</b>      | 18,5        | 16,5        | 24        |

Como se observa en las Tablas 15, 16 y 17 se ratifica que la mejor opción de acuerdo con la evaluación de los diferentes parámetros y su clasificación, para el planteamiento de la planta de potabilización es una alternativa, que conlleva la implementación de una aireación, seguida de una floculación, coagulación y sedimentación precedida de la filtración rápida, para la parte de desinfección es pertinente la operación de cloración la cual permitirá la desinfección total y un agua potabilizada.

### 3.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO

Con base a las características específicas del agua obtenida del pozo a tratar, buscando el cumplimiento de la norma, y los parámetros reglamentarios para su distribución, con la finalidad de obtener un agua potable, se presenta el sistema de tratamiento a utilizar, el cual se van a enfocar en un buen desempeño de acuerdo a la accesibilidad de la zona y de la empresa.

**3.3.1 Oxidación por aireación – Floculación – filtración.** Se plantea la utilización de un sistema conformado por una oxidación por aireación por medio de bandejas, las cuales en contacto del aire oxidan el hierro, disminuyendo la cantidad del mismo.

Posterior a esto se procede a realizar la parte de clarificación contenida por el proceso de floculación, sedimentación y filtración, los cuales por medio de una experimentación ofrecerán las dosis adecuadas y los tipos de químicos a utilizar.

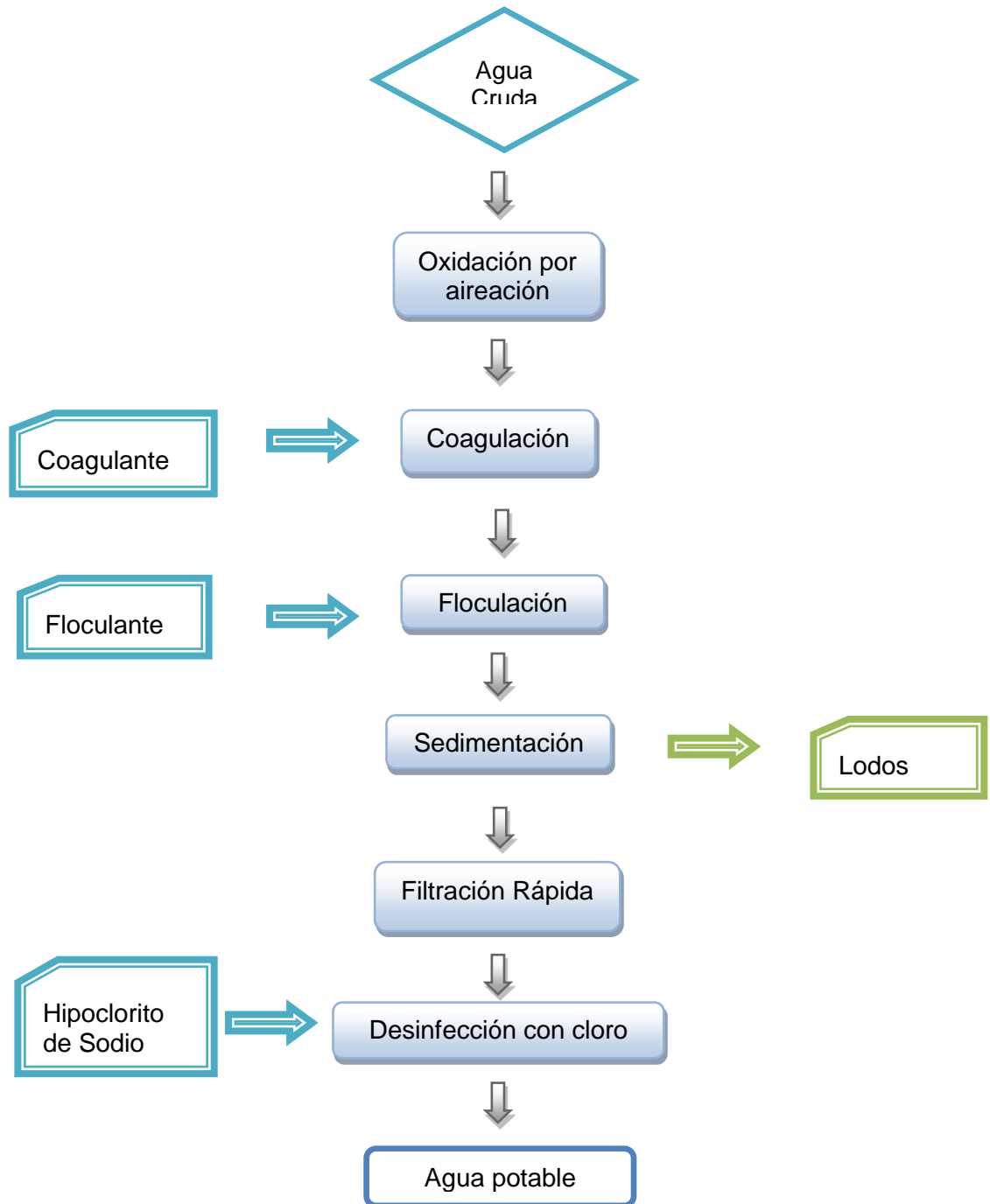
Adicional a lo anterior, se utilizara la operación de filtración rápida que va generar una mejor separación de las partículas contenidas en el agua, para su posterior



cloración (donde se analizara experimentalmente para conocer su dosis adecuada) y almacenamiento. Véase en la

Figura 6.

Figura 6. Procesos unitarios necesarios para llevar a cabo la alternativa



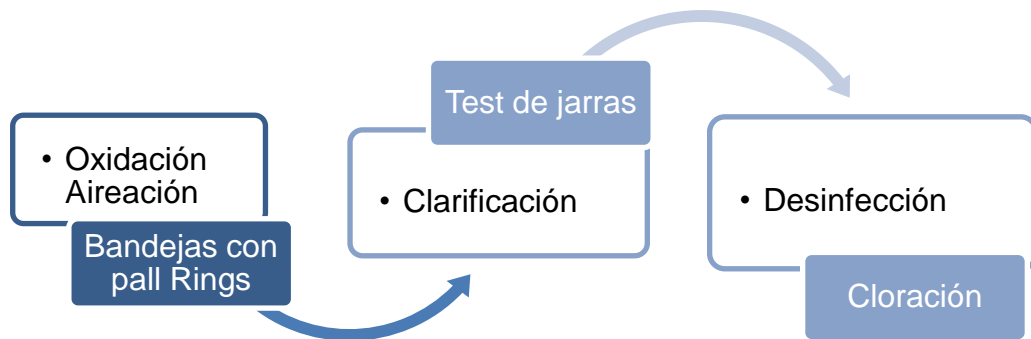
#### 4. DESARROLLO EXPERIMENTAL DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

A continuación se mencionará la descripción de la experimentación

##### 4.1 METODOLOGÍA DE LA EXPERIMENTACIÓN

Para el desarrollo de la parte experimental se tienen en cuenta los diferentes métodos para lograr la potabilización del agua, estos métodos se dividen según la experimentación que se desea aplicar. Según la Figura 7.

Figura 7. Proceso experimental



Para la oxidación por aireación se procede a la utilización de una simulación física a escala de las bandejas, las cuales para su mayor efectividad tienen dentro anillos de absorción llamados pall rings mejorando así la remoción de hierro.

Posterior a esto se selecciona el floculante más apto para las necesidades de la empresa y su dosificación, por medio de los test de jarras, evaluando entre tres posibles alternativas de floculante, donde el tiempo de sedimentación y eficiencia corresponden a los parámetros a analizar.

Por último se realiza una evaluación de la desinfección en el cual se utiliza la cloración exactamente el hipoclorito de sodio, permitiendo el estudio de la demanda y la concentración adecuada para lograr la eliminación de patógenos presentes en el agua.

Para corroborar la información de la experimentación se realiza el proceso completo dando el resultado un agua limpia, donde se manda a su posterior caracterización ratificando que la alternativa fue óptima para el tratamiento de potabilización.

## 4.2 AIREACION POR BANDEJAS

Para la simulación física de la oxidación del hierro por aireación en bandejas fue necesario escalar las torres en una maqueta que cumpliera la misma función, de acuerdo con la normatividad para este tipo de procedimiento, Tabla 18.

Se escaló con las medidas que rige la norma simulando la caída del agua y su oxidación, para la mejora de su eficiencia de remoción fue instalado pall rings escogidos objetivamente por encima del coque debido a que su utilización no conlleva la compra continuo de estos, siendo su vida útil más larga y su funcionamiento mejor, sin la deposición de material secundario sujeto a la eliminación continua, generando así mejor beneficio económico a la empresa.

Para el mantenimiento de los anillos pall se hace necesario de un producto comercial usado por la empresa, llamado Pintoxido® el cual actúa transformando el óxido que ya no es posible eliminar manualmente, ni mecánicamente. Al usar este producto se deben separar los anillos de la torre de aireación para su limpieza (Ficha técnica ver Anexo J)

Tabla 18. Características de las bandejas de aireación

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Cargas Superficiales         | <100 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> *Día) |
| Área                         | 0,5- 2 m <sup>2</sup>                      |
| Numero de bandejas           | De 3 – 5 bandejas                          |
| Espaciamiento entre bandejas | 0,3- 0,75 m                                |

Fuente: RAS 2000 Título C. Sistemas de potabilización pág. 191

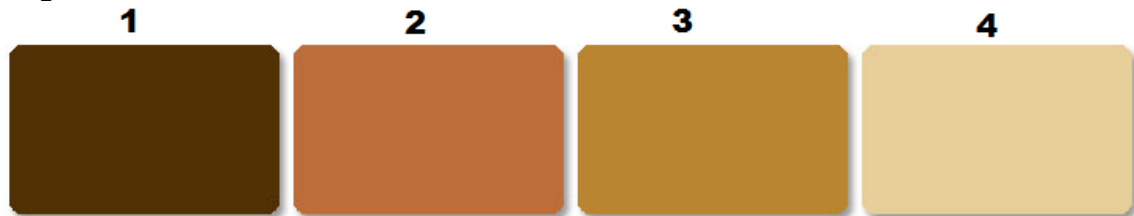
Figura 8. Simulación bandejas de aireación



El funcionamiento básico de esta torre se basa en el tiempo de contacto y de caída que tiene el agua entre bandejas siendo esta suficiente para la oxidación por medio del aire precipitando el hierro en partículas insolubles, con ayuda de los anillos Pall Rings los cuales adhieren este hierro, permitiendo que el agua siga al proceso de clarificación libre de hierro.

Para comprobarlo se compara el agua inicial con el agua final, haciendo un análisis visual, donde se analiza la intensidad de color por medio de una paleta de tonos ( Figura 9), para así comprobar que hubo remoción de hierro.

Figura 9. Tabla de intensidades



Por medio de esta medida visual se logró corroborar de manera cualitativa, que hubo remoción de hierro, debido a que la tonalidad del agua cambio. El agua final después del proceso de oxidación presento el tono 4 como se ve en la Figura 8. Para una medida más precisa se hace necesario la utilización del equipo HANNA HI 38041 el cual da una medida cuantitativa y por tanto una medida exacta.

#### **4.3 TEST DE JARRAS**

Por medio de la implementación del test de jarras se simula tres de los procesos centrales en el tratamiento de agua potable que tienen que ver con la coagulación, floculación y sedimentación, por medio de este test se logra determinar el coagulante adecuado para ese tipo de agua y su necesaria, evaluando así tres alternativas que permiten el mejoramiento del parámetro a tratar, estas opciones están dadas según la disponibilidad del sector debido a que es una zona de desarrollo medio, y su industria química es nula, se evalúan los coagulantes disponibles en la zona, ya que la implementación de otro conllevaría a el aumento de costos de transporte y disponibilidad.

Para el mejoramiento de la formación del floc y la clarificación del agua se selecciona un ayudante a la coagulación, mejorando así las propiedades de sedimentación y formación de partículas, se presentan tres alternativas de floculantes evaluadas también por un test de jarras, donde la mejor opción se tienen en cuenta según su porcentaje de remoción.

Este proceso tienen como fundamento la Norma técnica Colombia NTC 3903 de 2010 (ver Anexo C) por la cual nos rige los parámetros de mezcla y de concentración a usar en los procesos de floculación y coagulación, tanto la dosificación a emplear para este test.

Para el coagulación se utilizó variables fijas las cuales al implementarse la experimentación no cambiaron, siendo estas la revoluciones de agitación de la mezcla y el tiempo en que esta se implementó, así mismo se utilizó vasos de precipitado de 1000 ml de vidrio y una unidad de jarras de 4 puestos obteniendo

como variables de respuesta los tiempos de sedimentación y los parámetros de turbiedad, pH y cloro residual.

**4.3.1 Selección del coagulante.** Se evalúan tres coagulantes por medio del test de jarras midiendo diferentes parámetros como son el tiempo de sedimentación, la turbiedad y el pH, de acuerdo con estos parámetros se selecciona el que demuestra más efectividad en la formación de floc y su sedimentación.

Para poder evaluar los coagulantes se realiza una solución al 1% equivalente a 10.000 ppm P/V donde en 1 L de agua se disuelven 10 g de coagulante a tratar, esta solución es agitada y reposada por un lapso de 10 min hasta que se disuelva totalmente, de esta solución se dosifican diferentes cantidades para poder hallar la dosificación, estos intervalos se distribuyen de 2ml en 2 ml empezando en 4ml.

Se adiciona la solución en 1L de agua cruda e inicia el proceso de mezclado inicialmente a 120 rpm por 1 min luego se utiliza una mezcla lenta a 45 rpm por 20 min donde empieza a crearse el floc visiblemente, luego de esto se deja sedimentar por 10 min, y se toma la turbiedad por medio del turbidímetro. Los resultados se evalúan obteniendo el coagulante óptimo siendo este el sulfato de aluminio tipo. Ver Tabla 19.

Según la caracterización inicial se tiene que la turbiedad inicial es de 26,07 UNT y un pH de 6,9, siendo estos parámetros los que se tienen en cuenta debido a que el sulfato al ser un floculante metálico baja el índice de pH, y al igual tiene que ser efectivo para llegar a los parámetros pertinentes de turbiedad. Ver Tabla 20.

Tabla 19. Porcentaje de remoción de turbiedad con Sulfato de aluminio tipo A

| Sulfato de aluminio Tipo A |                            |                  |                  |             |             |
|----------------------------|----------------------------|------------------|------------------|-------------|-------------|
| Dosificación (mg/L)        | Tiempo en Sedimentar (min) | Turbiedad1 (UNT) | Turbiedad2 (UNT) | %Remoción 1 | %Remoción 2 |
| 40                         | 8:50                       | 3,71             | 4,95             | 86%         | 81%         |
| 60                         | 6:35                       | 1,17             | 1,56             | 96%         | 94%         |
| 80                         | 7:51                       | 4,68             | 6,35             | 82%         | 75%         |
| 100                        | 10:00                      | 4,16             | 5,64             | 84%         | 78%         |

Tabla 20. Porcentaje de remoción de turbiedad y sulfato de aluminio tipo B

| Sulfato de aluminio tipo B |             | PAC         |             |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| %Remoción 1                | %Remoción 2 | %Remoción 1 | %Remoción 2 |
| 33%                        | 35%         | 18%         | 20%         |
| 36%                        | 36%         | 5%          | 13%         |
| 69%                        | 69%         | 22%         | 19%         |
| 53%                        | 53%         | 39%         | 50%         |

Para el mejor porcentaje de remoción se tomó el pH siendo este de 7,53, el cual aumento de acuerdo a la caracterización inicial, puesto que la toma de las muestras fueron en dos periodos de tiempo distintos, lo cual provoco su variación debido al tiempo de bombeo que se utilizó para extraer las muestras.

Este pH tomado cumple con los requerimientos de la resolución a pesar de la variación.

En el Anexo D se muestran los resultados de las otras dos pruebas con los otros dos coagulantes que se evaluaron.

Muestra de cálculo en la Ecuación 4:

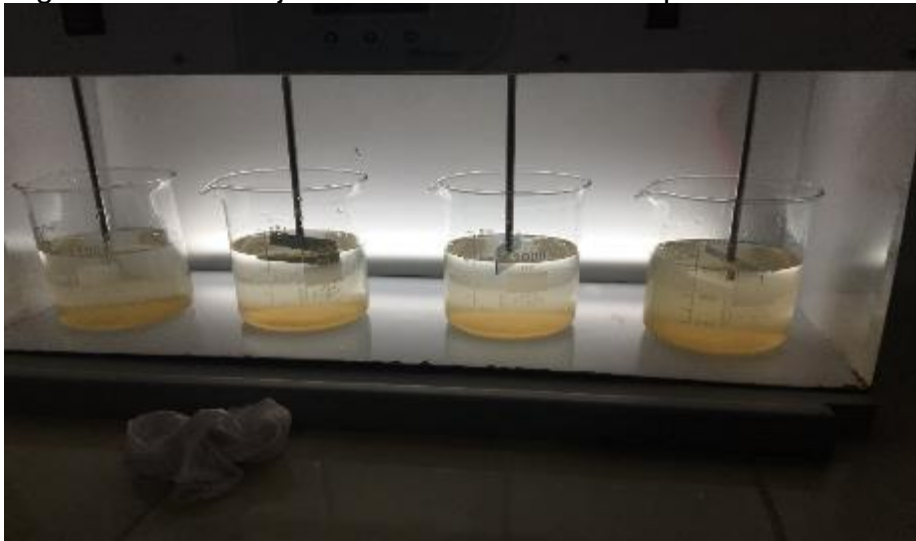
Ecuación 4. Cálculos de % Remoción

$$\% \text{ Remocion} = \frac{T_i - T_f}{T_i} \times 100$$

$$\% \text{ Remocion} = \frac{26,07 - 3,71}{26,07} \times 100$$

$$\% \text{ Remocion} = 85,76\%$$

Figura 10. Test de jarras Sulfato de aluminio tipo A



Como se muestra en Figura 10, por medio de la prueba de jarras se estima que la dosis de sulfato de aluminio tipo A (Anexo I) para este tipo de agua es de 40 ppm donde se observa una remoción del 86%. Aumentando la dosis de sulfato de aluminio, presenta una mejora en la formación de floc donde a 60 ppm su remoción es del 96 %, siendo este un porcentaje alto para la disminución del parámetro de turbiedad, luego de esto se aumenta la dosificación un poco para analizar el comportamiento, donde se obtiene una disminución en la remoción, permitiendo concluir que la dosificación óptima para el agua está entre los parámetros de 40ppm a 60 ppm.

Al ser un intervalo grande se hace necesario la implementación de otro test de jarras que aproxime mejor al dato exacto de dosificación para el agua cruda. Este se realiza en dosis de 5 mg/L, dando como mejor dosificación 50 mg/L, donde se evalúa principalmente la sedimentación total del floc visible siendo este el parámetro de selección según el índice de Willcomb. Ver Anexo D.

Se procede a hacer las demás pruebas con los otros coagulantes con fin de comparar efectividades en la remoción de la turbiedad, así mismo su factor de coagulación, para escoger la mejor dosis y coagulante lo cual queda especificado en el Anexo D.

Como se observa en las tablas 19 y 20 el mejor coagulante para disminuir la turbiedad es el sulfato de aluminio tipo A el cual para su correcto funcionamiento tiene que ser dosificado en 50 mg/L por cada litro de agua a tratar, siendo este el de mejor tiempo de sedimentación y unidades de turbiedad, al aplicarlo se evidencian una disminución del pH por su efecto químico genera que el agua sea más ácida por consiguiente si esto ocurre es necesario aplicar soda caustica o cal en dosificaciones controladas en este caso por cada 10mg/L de coagulante es necesario 5mg/L de soda a una concentración del 1% de esta forma se mantendrá un pH balanceado.

**4.3.2 Selección del Floculante.** Se evalúan tres alternativas de floculantes que permiten la mejora del proceso de clarificación, siendo estos los encargados de aglomerar los floculos de forma más rápida y definida facilitando el proceso de sedimentación. Mejorando así los parámetros de remoción del sulfato de aluminio. Estos floculantes a evaluar se muestran en la Tabla 21 y las especificaciones en el Anexo I.

Tabla 21. Tipos de floculante a evaluar

| Tipo de floculante | Polaridad |
|--------------------|-----------|
| Poliacrilamida     | No iónico |
| W Q 60             | Catiónico |
| Poliacrilamida     | Iónico    |

Luego de escoger la dosificación correcta de sulfato de aluminio tipo A, se procede a la selección del coagulante por lo cual se realiza un test de jarras posterior a la prueba del coagulante, ya con esta información se realiza las pruebas a 50 ppm de coagulante y se varia continuamente la dosificación de floculante.

Se procede a la disolución del polímero pesando de este 1g, disolviéndolo en un 1 L de agua según la NTC 3903 (ver Anexo C) siendo este al 0,1%. Esta solución se agita bien, esperando la disolución total del polímero, dando así una textura gelatinosa, de esta solución se procede a tomar la dosificación a aplicar en el test de jarras, donde su rango de dosificación esta entre 0,1 ppm y 0,25 ppm, con

intervalos de 0,05 ppm, este proceso se va a repetir para cada floculante siendo, medida la turbiedad y el tiempo de sedimentación como parámetro primordial para la toma de decisión del floculante apropiado para el proceso de clarificación. Los resultados de cada proceso se pueden observar en el Anexo D.

En la Tabla 22 se evidencia los resultados del floculantes utilizados, siendo la poliacrilamida no iónica el de mejor remoción.

Tabla 22. Prueba de jarras con coagulante a 50 mg/L de floculante No iónico

| Poliacrilamida No iónico      |                            |                 | Poliacrilamida iónica | Polímero Catiónico |
|-------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Turbiedad Inicial ( 1,37 UND) |                            |                 |                       |                    |
| Dosificación (mg/L)           | Tiempo en Sedimentar (min) | Turbiedad (UNT) | Turbiedad (UNT)       | Turbiedad (UNT)    |
| 0,1                           | 3:35                       | 1,15            | 0,46                  | 1,33               |
| 0,15                          | 2:40                       | 1,22            | 0,27                  | 1,22               |
| 0,2                           | 1:15                       | 0,12            | 1,40                  | 1,03               |
| 0,25                          | 2:36                       | 0,85            | 1,47                  | 0,94               |

En el Anexo D se muestran los resultados de las otras dos pruebas con los otros dos floculantes que se evaluaron

Se evidencia que la mejor dosificación para el floculante es de 0,2 ml equivalente a 0,2 mg /L siendo el poliacrilamida no iónico (Anexo I) el de mejores resultados, donde su tiempo de sedimentación mejoro sustancialmente, a una dosis mayor conlleva el aumento de la turbiedad ya que las partículas en suspensión no sedimentan como se observa en la Figura 11.

Figura 11. Jarras con dosificación de 0,15ml y 0,2ml



Para una dosificación menor hay una disminución de la turbiedad pero no produce un cambio para considerar optar por esta dosificación.



La poliacrilamida no iónica al ser un coagulante con alto peso molecular y al no poseer gran cantidad de iones, provee de gran efectividad al aglomerar el floc en el agua, siendo este tratado con el sulfato de aluminio el cual disocia la partículas en suspensión, al ser un agua alta en hierro se ve beneficiado con este ya que hay cantidades de cationes libres efectuando una asociación en el floc promoviendo su sedimentación. Como se puede ver en la Tabla 22.

#### **4.4 DESINFECCIÓN**

Para la determinación del desinfectante utilizado se tienen en cuenta ciertos parámetros basados en la disponibilidad que tiene la empresa, estos se evalúan de acuerdo a los costos iniciales que conllevan la implementación del procedimiento siendo esencial no variar drásticamente el proceso ya existente, ni la necesidad de capacitar más empleados para el desarrollo de un nuevo método, por consiguiente se determina la utilización de hipoclorito de sodio líquido (ver Anexo I), el cual ya tiene predeterminado su utilización y conocimiento del proceso de implementación adecuadamente.

En esta etapa se hace necesario determinar la dosificación correcta y su concentración para que los niveles de cloro residual no incidan en la muestra final y cumplan con los parámetros regidos por la norma, efectuando así correctamente su capacidad desinfectante.

Para la determinación de la dosificación correcta de hipoclorito se hace necesario la realización de una curva general de demanda de cloro donde esta presenta el punto de quiebre e indica cuales son las etapas subyacentes que presenta el agua con la implementación de las concentraciones.

Para la experimentación del proceso de cloración se hace necesario fijar los volúmenes de hipoclorito de sodio que conlleven a la determinación de la concentración de cloro residual generando así la curva de demanda de cloro donde se puede visualizar la dosificación exacta.

Se procede a realizar la experimentación con la cual se obtiene como resultado la concentración pertinente para aplicar al agua, la experimentación se lleva a cabo con una solución al 1% disolviendo 6,7 ml de hipoclorito en 100ml de agua teniendo en cuenta que la concentración del cloro es 15% los cálculos están estimados en el Anexo D, siendo esta equivalente a 10.000 ppm, a partir de esta solución se toman volúmenes de hipoclorito de sodio determinados, variándolos en 10 dosis de 0,4 ml hasta llegar a un volumen de 4 ml de hipoclorito de sodio.

Para la determinación de la cantidad de hipoclorito que deben ser agregadas, se implementa una ecuación de dilución (Anexo D) la cual determina la cantidad a dosificar a 0,1L de acuerdo con los miligramos sobre litro que se tiene en los

datos contenidos en la tabla 23, en donde la solución de hipoclorito de sodio está al 1%.

Habiendo determinado el volumen que se aplica a la muestra se procede a efectuarse este proceso, siendo como primera muestra una cantidad de 4 mg/L en 1 L de agua cruda, se deja actuar al cloro y se procede por medio de un clorímetro (Figura 12) Al cálculo de la concentración de cloro residual. Siendo este proceso igual para cada volumen determinado. Donde en La Tabla 23 se muestra el resultado de la concentración del cloro residual a diferente concentración de hipoclorito de sodio al 1%.

Figura 12. Clorímetro



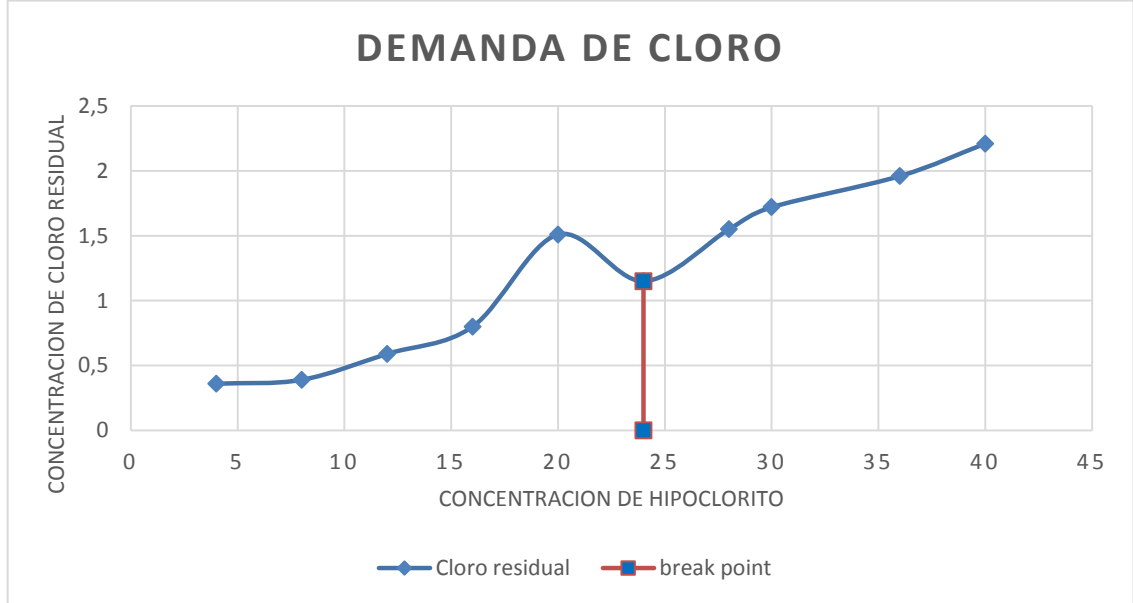
Tabla 23. Concentraciones de hipoclorito de sodio dosificado y de cloro residual

| Concentración de hipoclorito (mg/L) | Concentración de cloro residual (mg/L) |
|-------------------------------------|--|
| 4                                   | 0.36                                   |
| 8                                   | 0.39                                   |
| 12                                  | 0.59                                   |
| 16                                  | 0.80                                   |
| 20                                  | 1.51                                   |
| 24                                  | 1.15                                   |
| 28                                  | 1.55                                   |
| 32                                  | 1.72                                   |
| 36                                  | 1.96                                   |
| 40                                  | 2.21                                   |

Se representa la cantidad de hipoclorito de sodio en el equipo según los datos en dosis efectuados, calculados para una concentración de cloro residual

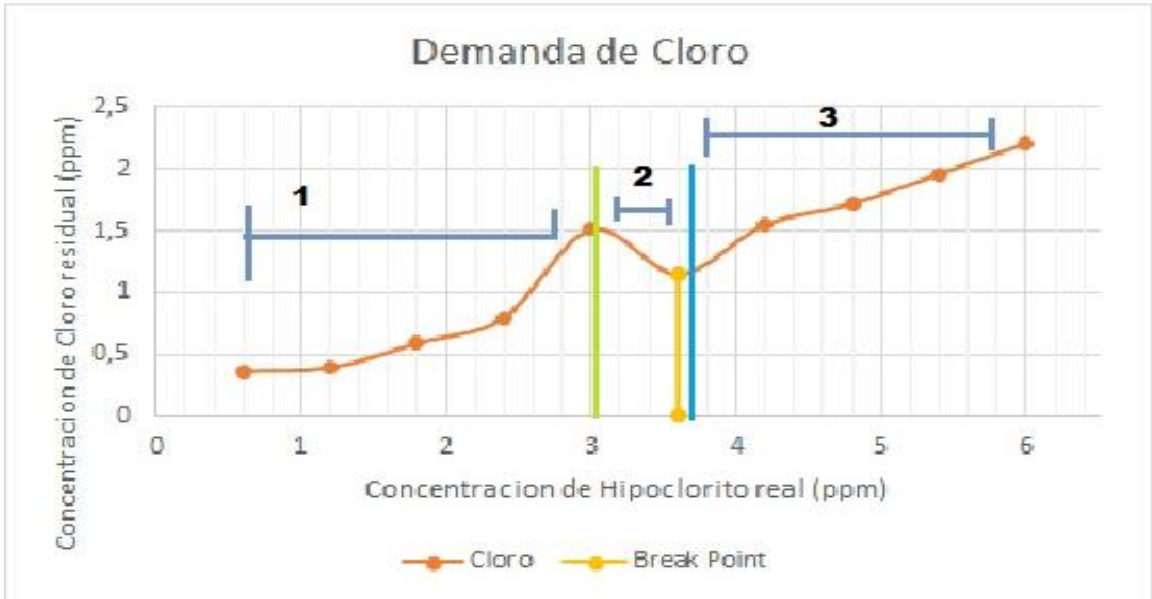
Con las concentraciones de hipoclorito de sodio se procede a generar la gráfica de demanda de cloro (Grafica 1) donde permite visualizar todas las fases que presenta la cloración del agua seleccionando así la dosificación más pertinente.

Grafica 1. Curva de demanda de cloro



Para la determinación de la concentración de hipoclorito a utilizar se realizó la curva de demanda de cloro, la cual fue hecha a partir de los datos de concentración de hipoclorito con la concentración de cloro residual, permitiendo así determinar visualmente el punto de quiebre y por tanto la cantidad de hipoclorito de sodio necesario que se va utilizar siendo esta de 24 mg/L.

Grafica 2. Curva de demanda de cloro especificada por zonas



Fuente: RICHTER Carlos, Desinfección, capítulo 5 [En Línea] .Internet: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manual1/tomol/cinco.pdf>

Del análisis de la Grafica 2 se puede observar que existen tres etapas importantes las cuales van precedidas y procedidas al punto de quiebre que es el punto de interés, estas etapas son:

1. La reacción del cloro permite la formación de compuestos organoclorado y cloraminas.
2. Permite la oxidación de los compuestos formados donde posteriormente son destruidos
3. Hay aumento del cloro residual libre en el agua

Para la gráfica obtenida el punto de quiebre es de 24 mg/L de hipoclorito de sodio con una concentración al 1% donde se puede deducir que se puede adicionar una solución de hipoclorito de sodio en el intervalo de 24 mg/L a 36mg/L por cada 100ml de agua a tratar donde la concentración de cloro residual se va a mantener dentro de la norma y sus parámetros van a ser óptimos por consiguiente los valores a dosificar están en 24 mg/L a 36 mg/L.

#### 4.5 CARACTERIZACION FINAL

Se hizo una caracterización final (ver Anexo E), permitiendo corroborar que la experimentación realizada funciono para llevar los parámetros del agua a rangos admisibles, y que los métodos escogidos fueron funcionales para su potabilización. Los resultados de esta caracterización se pueden ver en la Tabla 24.

Tabla 24. Caracterización final después de las pruebas de laboratorio

| Parámetro            | Unidades   | Valor admisible                   | Resultado |
|----------------------|------------|-----------------------------------|-----------|
| Color                | Mg/l Pt/Co | Hasta 15 Unidades platino cobalto | 5         |
| pH                   | Udes. pH   | 6,5-9,0                           | 7,2       |
| Conductividad        | μS/cm      | Hasta 1000                        | 115       |
| Turbiedad            | UNT        | Hasta 2                           | 0,30      |
| Cloro residual libre | mg/l       | 0,3-2,0                           | 0,59      |
| Cloro total          | mg/l       | Hasta 2                           | 0,63      |
| Dureza total         | mg/l       | Hasta 300                         | 26,7      |
| Calcio               | mg/l       | Hasta 60                          | 7,1       |
| Magnesio             | mg/l       | Hasta 36                          | 2,16      |
| Alcalinidad          | mg/l       | Hasta 200                         | 17,8      |
| Nitratos             | mg/l       | Hasta 10                          | <4        |
| Nitritos             | mg/l       | Hasta 0,1                         | <0,02     |
| Sulfatos             | mg/l       | Hasta 250                         | <20       |
| Hierro               | mg/l       | Hasta 0,3                         | <0,10     |
| Solidos disueltos    | mg/l       | Hasta 200                         | 65        |
| E. coli              | ufc/100ml  | 0                                 | 0         |
| Coliformes totales   | ufc/100ml  | 0                                 | 0         |

## 5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Se plantea un diseño de la planta partiendo de datos teóricos encontrados en diferentes bibliografías, distribuyendo las dimensiones de cada equipo según como corresponda su estructura. Con conocimiento previo de los datos conocidos por medio de la experimentación e información inicial conocida.

### 5.1 DATOS DE LAS OPERACIONES DE PROCESO

Se puede concluir que a partir del proceso experimental se logra encontrar las dosificaciones aptas para el tipo de agua, este resultado final se sustenta por medio de una caracterización la cual muestra los datos finales obtenidos. Ver Anexo E.

Para el diseño de la planta se hace necesario encontrar los parámetros esenciales que conllevan al dimensionamiento de esta. Estos parámetros dan una base para el tipo de planta a emplear tanto como su funcionalidad. Estos parámetros quedan especificados en la Tabla 25.

Tabla 25. Parámetros de diseño

|                           |                            |           |
|---------------------------|----------------------------|-----------|
| Revoluciones de agitación | Mezcla rápida              | 120 rpm   |
|                           | Mezcla lenta               | 45 rpm    |
| Dosificación              | Sulfato de Aluminio tipo A | 50 mg / L |
|                           | Hipoclorito de Sodio       | 24 mg / L |
|                           | Soda Cáustica              | 25 mg / L |
|                           | Poliacrilamida No iónico   | 0,2 mg/L  |
| pH                        |                            | 7,53      |

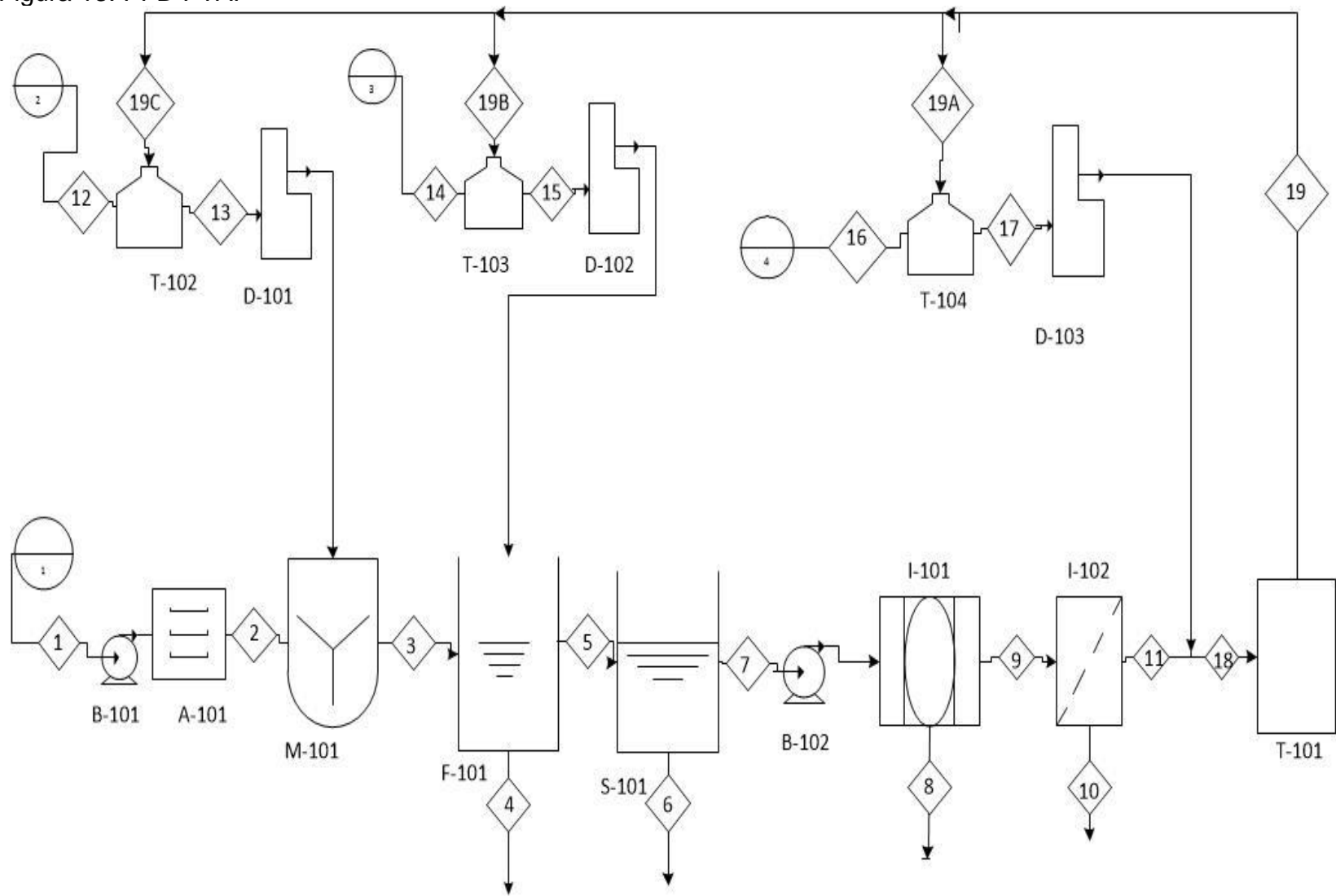
### 5.2 GRÁFICO OPERACIONAL DE LA PLANTA (PFD)

A partir de los datos experimentales se tiene la información necesaria para representar el proceso operacional de la planta con los datos necesarios para su funcionamiento, se realiza un diagrama PFD el cual muestra el proceso con sus variables representativas Ver Figura 13 y Tabla 26.

Tabla 26 Equipos diagrama PFD

| Equipos                  |                                 |
|--------------------------|---------------------------------|
| B-101, B-102             | Bomba Impulsora                 |
| M-101                    | Mezclador Rápido                |
| F-101                    | Floculador                      |
| S-101                    | Sedimentador                    |
| I-101 , I-102            | Filtradores                     |
| T-101, T-102,T-103,T-104 | Tanques de almacenamiento       |
| D-101 , D-102, D-103     | Bombas dosificadoras            |
| A-101                    | Bandejas múltiples de aireación |

Figura 13. PFD PTAP



Las especificaciones de los equipos se encuentran en el desarrollo del capítulo y en las Tablas 26, 28,29, 30 y 31. Donde se especifican sus condiciones técnicas y de operación empleadas en el proceso. Las condiciones de flujo se especifican en la Tabla 27.

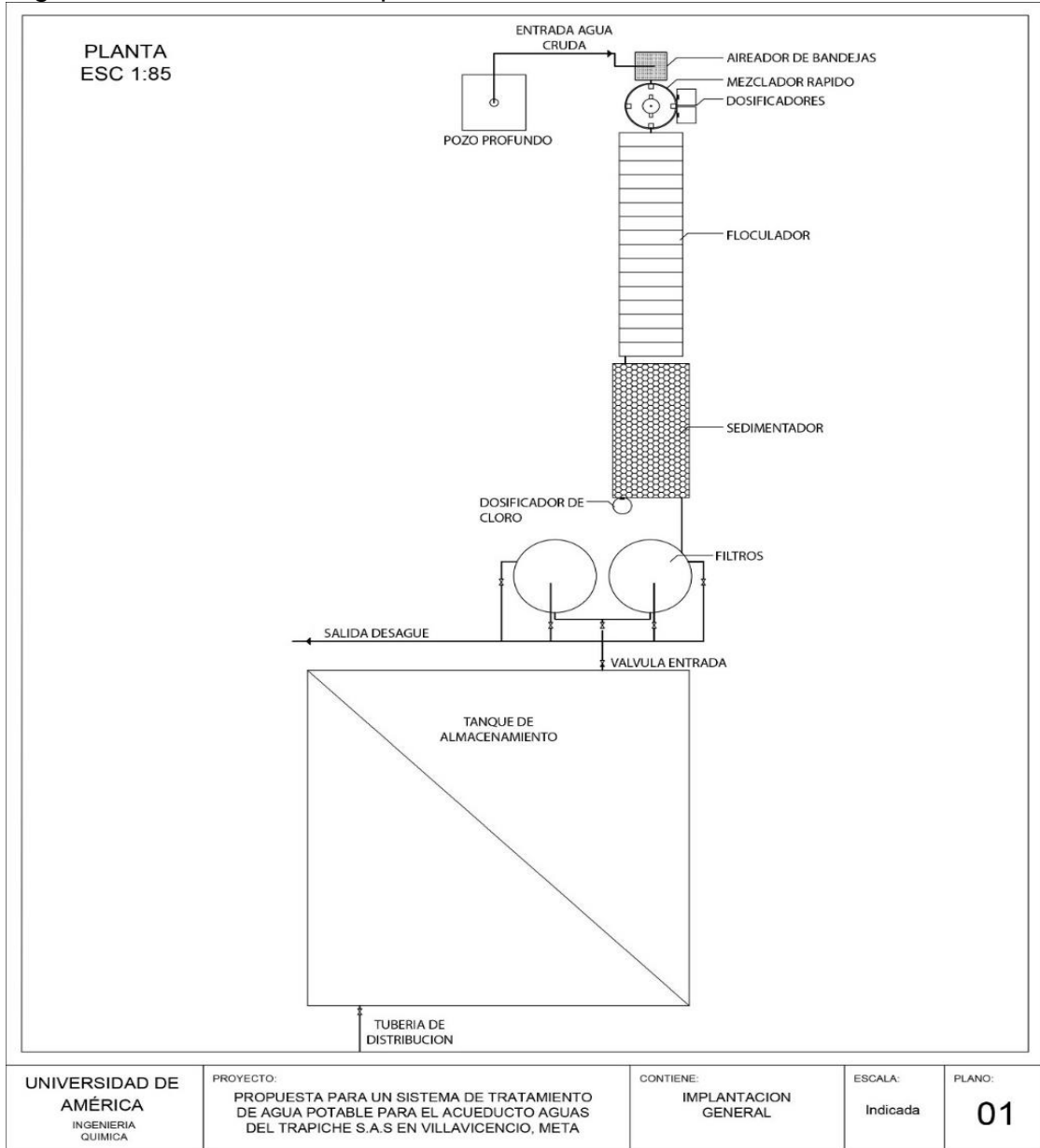
Tabla 27. Condiciones de flujo

| <b>Flujos</b>    |   |
|------------------|---|
| <b>Flujo 1</b>   | Agua cruda<br>Q= 5 L/s                                |
| <b>Flujo 2</b>   | Q= 5L/s Agua oxidada                                  |
| <b>Flujo 3</b>   | Q=5,0025 L/s  |
| <b>Flujo 4</b>   | Floc  |
| <b>Flujo 5</b>   | Q=5,0026L/s   |
| <b>Flujo 6</b>   | Lodos   |
| <b>Flujo 7</b>   | Q=5,0026L/s   |
| <b>Flujo 8</b>   | Partículas solidas                                    |
| <b>Flujo 9</b>   | Q =5,0026L/s  |
| <b>Flujo 10</b>  | Partículas solidas                                    |
| <b>Flujo 11</b>  | Q=5,0026 L/s  |
| <b>Flujo 12</b>  | Sulfato de aluminio<br>m= 21,9Kg/día                  |
| <b>Flujo 13</b>  | Solución de Coagulante al 1%<br>25ml de solución /s   |
| <b>Flujo 14</b>  | Poliacrilamida no iónico<br>m=0,65 Kg/día             |
| <b>Flujo 15</b>  | Solución de Poliacrilamida no iónico al 0,1%<br>1ml/s |
| <b>Flujo 16</b>  | Hipoclorito de sodio al 15%<br>V= 67L/día             |
| <b>Flujo 17</b>  | Solución de hipoclorito<br>12ml/s                     |
| <b>Flujo 18</b>  | Q=5,0038 L/s  |
| <b>Flujo19A</b>  | 1m <sup>3</sup> /día                                  |
| <b>Flujo 19B</b> | 650L por día  |
| <b>Flujo 19C</b> | 730L cada 8 horas                                     |

### 5.3 DISTRIBUCION DE LA PLANTA

Se tiene un terreno de 310 m<sup>2</sup> donde se ubicara la planta, diseñando los equipos para que su ocupación no exceda el límite del terreno. Teniendo así la distribución de esta forma. Como se presenta en la Figura 14.

Figura 14 Distribución de la planta



#### 5.4 AIREADOR DE BANDEJAS

Para llevar a cabo la oxidación de hierro se hace necesario de una aireación; esta entendida como el proceso por el cual el agua está en contacto muy cercano con el aire, para modificar las concentraciones de sustancias volátiles que están en ella, en otras palabras, introducir aire al agua.

En la purificación de agua, este proceso se lleva a cabo principalmente para la remoción de hierro y manganeso, esto se realiza agregando oxígeno mediante la



aireación. Aunque también la operación descrita sirve para la remoción de olores y sabores causado por sustancias de índole volátil.

El aireador que se usara en la planta piloto a nivel experimental es un aireador de bandejas múltiples, este aparato contiene una serie de bandejas (equipadas con ranuras), fondos perforados o mallas de alambre, en estas mallas se distribuye el agua, dejándola caer hasta que la recepte un tanque en la base.

Para la planta de tratamiento de Aguas Del Trapiche S.A.S se tiene un diseño conceptual basado en los parámetros definidos en la norma RAS 2000 título C. sistemas de potabilización C.p3 Pretratamientos procesos de oxidación. Los cuales rigen para las bandejas de aireación.

Los cálculos pertinentes de las características de las torres de aireación se encuentran en el Anexo F.

Tabla 28. Características de las bandejas de aireación

| Material                          | Poliéster reforzado con fibra de vidrio |
|-----------------------------------|---|
| Carga hidráulica superficial      | 0,8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> día  |
| Numero de bandejas                | 4                                       |
| Separación de orificios           | 2,5 cm                                  |
| Separación entre bandejas         | 0.5m                                    |
| Profundidad de agua en la bandeja | 0.10 m                                  |
| Área de las bandejas              | 0.25 m <sup>2</sup>                     |
| Tamaño del orificio               | 5 mm diámetro                           |
| Profundidad del medio             | 0.25m                                   |
| Caudal                            | 5 L/s                                   |
| Tiempo de retención               | 1,3 s                                   |
| Velocidad de flujo                | 1,13 m/s                                |
| Numero de orificios por fila      | 15                                      |
| Numero de filas                   | 15                                      |

Para ayudar al proceso de oxidación se utilizará la tecnología de pall rings, la cantidad de estos, estará determinada por el área de cada bandeja y el número de ellas, donde se necesitara 1 m<sup>2</sup> de estos.

## 5.5 DOSIFICADOR DE COAGULANTE Y FLOCULANTE PARA UN CAUDAL DE 5 L/s

Para la dosificación del coagulante y floculante se hace necesario el ensayo de test de jarra el cual permite saber la dosificación ideal para el tratamiento del agua en específico, este test proporciona la dosificación tanto máxima como mínima para así poder conocer los intervalos máximos de los pesos que van a hacer configurados por medio del dosificador. Este es el encargado de distribuir de acuerdo a la cantidad del agua circulante el coagulante y floculante que permitirá crear el floc y ayudará a la potabilización de la misma.

Se escogió un dosificador tipo diafragma de 2gph que regula 25ml de solución de sulfato de aluminio por segundo, el cual facilita el proceso de dosificación del

coagulante y floculante siendo este el de mejor forma de empleo, pudiendo variar sus caudales, proporcionando una mezcla idónea y una dosificación adecuada. Para la solución se prevé la utilización de dos tanques de 1m<sup>3</sup> de plástico, los cuales permitirán suplir la necesidad diaria.

El coagulante se dosificara en el mezclador rápido homogenizando la cantidad de este en el agua. Posterior a esto el agua del mezclador entrar al floculador, donde este tendrá un sistema de dosificación alterno por el cual se agregara la sustancia floculante.

Para esta dosificación se utilizara un tubo igual al largo del floculador con perforaciones equidistantes distribuyendo el floculante a lo largo del este para una mezcla homogénea.

La cantidad de coagulante en el dosificador diariamente es de 21,9 kg el cual se va a diluir en una solución al 1% utilizando una recirculación de agua proveniente del tanque de almacenamiento donde se necesitaran 2190L de agua siendo agitada la mezcla de forma manual previamente a para su homogenización permitiendo dosificar de esta solución a 25ml/s., siendo suficiente para el tratamiento de agua llegando a potabilizarla.

La cantidad de floculante es de 0,65 kg/día la cual se debe diluir al 0,1 % siendo necesario 650 L de agua de recirculación del tanque de almacenamiento, para poder dosificarlo a 1ml/s, al momento de mezclarlo se hace necesario la agitación manual prolongada debido a la consistencia del químico.

## 5.6 CLORACIÓN

Para el sistema de cloración, al ser un caudal bajo no es necesario grandes cantidades de hipoclorito de sodio, por lo cual, se utiliza un tanque plástico con capacidad de 1 m<sup>3</sup>, suficiente para la preparación de la solución de cloro una vez por día.

Se escoge una dosificadora con una capacidad de 12gph, con una válvula de pie de succión de descarga, y de inyección, cabezal en Nyrol y manguera plástica para sus conexiones.

Del punto de quiebre se obtuvo la dosis adecuada de hipoclorito que necesita el agua para ser tratada teniendo así una dosificación de planta de

$$D = 5 \frac{L}{s} \times 2,4 \frac{ml \text{ de solución al } 1\%}{L} = 12ml/s$$

Cantidad horaria

$$Ch = 12 \frac{ml}{s} \times 3600s = 43200ml/h = 1037L/dia$$

Concentración del hipoclorito de sodio (15%)

Taza de aplicación

$$Ta = 43 \frac{L}{h} = 12 \text{ gph}$$

Donde el cálculo de aplicación permite encontrar la capacidad de los dosificadores siendo el de 12 gph el dosificador seleccionado para la adición de la solución de hipoclorito en el agua.

Se aplica el desinfectante directamente a la tubería de salida de los filtros que conducen el agua al tanque de almacenamiento.

## 5.7 MEZCLA RÁPIDA

Para el correcto funcionamiento de la planta se hace necesario emplear una mezcla rápida la cual proporciona una homogeneidad entre los coagulantes, floculantes y el agua siendo esto esencial para que el efecto de estos en el tratamiento del agua sea óptimo.

En la planta de tratamiento la mezcla rápida es efectuada por un mezclador el cual tiene un efecto de mezclado por medio de una turbina rotatoria, la cual va a hacer la mezcla en un tanque con los coagulantes aplicados, generando una turbulencia, homogenizando así el agua con los coagulantes.

Siendo este el método a emplearse, por medio de los cálculos se conoce el dimensionamiento que va a tener las turbinas y así mismo el volumen del tanque donde se va a realizar el proceso. Ver Anexo F.

Tabla 29. Características del mezclador rápido

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Volumen del tanque       | 0,375 m <sup>3</sup>                    |
| Diámetro de la cámara    | 0,78 m                                  |
| Diámetro de la turbina   | 0,26 m                                  |
| Ancho de las pantallas   | 0,078 m                                 |
| Longitud de las paletas  | 0,065 m                                 |
| Potencia del motor       | 1 Kw                                    |
| Numero de Revoluciones   | 281,82 rev / min                        |
| Tiempo de contacto       | 75 s                                    |
| Pantallas                | 4                                       |
| Numero de paletas planas | 2                                       |
| Material                 | Poliéster reforzado con fibra de vidrio |

## 5.8 FLOCULADOR

Se emplea el floculador de flujo vertical con la utilización de tabiques los cuales van garantizar una mezcla homogénea en el agua, este se divide por pantallas sirviendo como referentes de dirección del flujo, llevando el agua por un recorrido vertical para su mezcla. Debe existir el espacio suficiente de las pantallas para el mantenimiento que se le debe hacer.

El más común es el hidráulico este consiste en un tanque de concreto cuya división se hace por medio de tabiques, pantallas de concreto, de modo que el agua fluya de arriba hacia abajo por encima y por debajo de los tabiques, pantallas o baffles. Este floculador fue el escogido debido a que se adapta para este tipo de planta de complejidad baja, ya que ocupa menos espacio que uno horizontal y sirve para proveer de más capacidad a la planta, en caso de aumentar su caudal<sup>14</sup>.

Usualmente en el diseño de los floculadores la velocidad de retención se encuentra entre 15 a 20 min siendo propicio este tiempo, este tipo de floculador se adapta bien a las planta de capacidad baja. Ver Tabla 30.

Tabla 30. Características del floculador

|                             |                   |
|-----------------------------|-------------------|
| Longitud de flujo           | 360 m             |
| Ancho del tanque            | 1m                |
| Velocidad de flujo          | 0,2 $\frac{m}{s}$ |
| Profundidad del canal       | 2,5 m             |
| Ancho del canal             | 0,1 m             |
| Espesor de pantallas        | 0,01 m            |
| Número de canales           | 144               |
| Distancia entre pantallas   | 0,25 m            |
| Canales                     | 9                 |
| Separación entre muros      | 0,0125 m          |
| Compartimientos             | 16                |
| Altura de orificio          | 0,375 m           |
| Longitud del floculador     | 4 m               |
| Altura del tanque extremo 1 | 2,875m            |
| Altura del tanque extremo 2 | 2,923 m           |

## 5.9 SEDIMENTADOR

Para caudales bajos se implementa los sedimentadores convencionales de tipo continuo los cuales proporcionan, una remoción ideal de las partículas sólidas en suspensión, mediante la gravedad.

Este proceso se realiza después de la fase de coagulación y floculación, permitiendo remover, los sólidos en suspensión, producidos por el tratamiento químico.

---

<sup>14</sup> ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Purificación del agua. Bogotá. Escuela Colombiana de ingeniería. 1ra edición. Pág. 80. 2005

Para el dimensionamiento del sedimentador es necesario conocer los datos, iniciales del proceso los cuales permiten diseñar correctamente el sedimentador. Sus características dimensionales son: (cálculos de las dimensiones Anexo F). Ver Tabla 31.

Tabla 31. Características del sedimentador

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| Longitud del sedimentador          | 2,4m   |
| Número de placas                   | 27     |
| Altura del sedimentador            | 3m     |
| Inclinación de las placas          | 60     |
| Separación de las placas           | 0,05 m |
| Ancho del tanque                   | 1,2m   |
| Largo de la placa                  | 1,2m   |
| Espesor de la placa                | 0,01m  |
| Longitud del área de sedimentación | 2,4m   |

Para el almacenamiento de los lodos el equipo posee en la parte inferior una inclinación leve que conecta hacia una tolva de lodos y así a su vez a una tubería de desagüe permitiendo así la extracción, para su posterior tratamiento se acudirá a una empresa externa que se encargará del transporte y manejo adecuado.

## 5.10 SISTEMA DE FILTRACIÓN

El dimensionamiento de los filtradores tiene como base el tamaño de partícula residual después de los procesos de sedimentación siendo este el mayor parámetro a tener en cuenta.

Cuentan con un diámetro de malla esencial para la retención de sólidos presentes en el agua, para este caudal se emplean 2 filtros dividiendo así su flujo aumentando su eficiencia para proceder al almacenamiento en el tanque.

El diseño de los filtros se calcula en el Anexo F siendo estos los parámetros más importantes a tener en cuenta para el dimensionamiento de la planta.

El sistema de filtración está compuesto por dos filtros de arena que trabajan a presión, en paralelo, cada uno para la mitad del caudal, con flujo descendente; y el lavado de cada filtro se efectúa en contracorriente.

Son filtros construidos en lámina de acero al carbón, con estructura metálica y tubería de diámetro de 3", cada filtro tiene un diámetro de 1,3m y una altura recta de 1m.

Para el diseño del filtrador se utilizó un lecho filtrante múltiple el cual separa desde el sólido más grande al más pequeño de forma descendente seleccionando así la gravilla, arena y antracita, donde la gravilla y la arena varían su tamaño, aplicando el principio de la permeabilidad en donde la partícula sea más gruesa, su permeabilidad va a ser mayor, cuando su característica es fina causa mayor resistencia y por lo tanto menor permeabilidad, escogiendo el lecho filtrante con el

fin de aumentar la tasa de filtración, utilizando medios filtrantes económicos y fáciles de conseguir.

El lecho filtrante está conformado por:

- 10 cm de gravilla media No 6-8.
- 10 cm de gravilla fina No 8-14.
- 10 cm de arena gruesa No14-2.0
- 20 cm de arena fina No 20-30.
- 20 cm de antracita de TE= 1mm.

El lavado de cada filtro dura aproximadamente 10 minutos que da un consumo de agua de lavado por filtro de 3 m<sup>3</sup> operación que se deberá efectuarse cada 12 horas de trabajo, empleando una carga hidráulica de lavado de 330 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> día, debido a que el lavado se efectúa lavando un filtro con agua procedente del otro, es decir dobla la carga de cada filtro para el lavado.

El lavado se efectúa cuando la diferencia de presión en los manómetros colocados a la entrada y salida de cada filtro indica un aumento de 10 psi con respecto a la lectura inicial después del lavado.

### **5.11 TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

Se estipula la construcción de un tanque de almacenamiento de una sección, con un volumen de 108 m<sup>3</sup>. El cual se llenara según la información suministrada por la empresa y por la demanda existente en condiciones normales dos veces al día. Con un dimensionamiento de 6 m de largo, 6 m de ancho y 3m de profundidad, hecho de paredes de concreto.

El agua a la salida del sistema de filtración, poseerá una válvula solenoide, de tal forma que cuando se llene la sección respectiva, un control de nivel eléctrico ubicado en ella, enviara una señal a la válvula solenoide para su cierre, si se vacía enviara una señal para la apertura evitando derrames de agua tratada.

## 6. ANÁLISIS FINANCIERO

Después de diseñar los equipos es necesario hacer un análisis de costos el cual permitirá a la empresa Aguas del Trapiche S.A.S conocer la viabilidad del proyecto realizado en la parte económica.

Por medio de este análisis se determina la inversión inicial que debe asumir la empresa en el caso de emplear la propuesta sugerida, con el fin de determinar si es mejor económicamente implementarla o si no es aplicable para el presupuesto que se tiene destinado y de igual forma el periodo de retribución en cuanto los gastos de inversión se igualen a las ganancias por la distribución del bien.

El análisis se basa en el diseño de los equipo teniendo en cuenta las características existentes que hay en el mercado, ajustadas al diseño propuesto.

### 6.1 COSTO INICIAL

El costo inicial es el costo que se debe tener, para la construcción física de la planta de potabilización, en este se incluye sistema de transporte como válvulas, bombas, solenoides, y tubos así como también se tiene en cuenta el valor de los equipos uno por uno según los parámetros de diseño que se indicaron, de acuerdo al mercado basándose en un estimado por medio de cotizaciones externas ( ). Como se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32. Valor elementos necesarios para la construcción de la planta

| ITEM     | DESCRIPCION  | UNID | CANT | VALOR UNIT  | VALOR TOTAL |
|----------|--|------|------|-------------|-------------|
|          | <b>EQUIPOS</b>   |      |      |             |             |
| <b>1</b> | Dispositivo de medición de caudal                        |      |      |             |             |
| 1.1      | Medidor de flujo de caudal de entrada                    | Und  | 1    | \$600.000   | \$600.000   |
| <b>2</b> | Sistema de By-pass de entrada                            |      |      |             |             |
| 2.1      | Sistema de By-pass de entrada pasar agua de pozo directo | Glb  | 1    | \$1.906.450 | \$1.906.450 |
| <b>3</b> | Sistema de tubería de entrada a bandejas                 |      |      |             |             |
| 3.1      | Tubería de 3" y 1" con accesorios                        | Glb  | 1    | \$800.970   | \$800.970   |
| <b>4</b> | Sistema de aireación                                     |      |      |             |             |
| 4.1      | Bandejas de aireación Poliéster reforzado                | Glb  | 1    | \$10.020.75 | \$10.020.75 |
| 4.2      | Pall rings   | Glb  | 1    | \$382.500   | \$382.500   |

**Tabla 32. (Continuación)**

| ITEM      | DESCRIPCION  | UNID           | CANT | VALOR UNIT  | VALOR TOTAL |
|-----------|--|----------------|------|-------------|-------------|
| <b>5</b>  | Accesorios de desagües y rebose de tanque de tratamiento                       | Glb            | 1    | \$1.373.450 | \$1.373.450 |
| <b>6</b>  | Dosificadores  |                |      |             |             |
| 6.1       | Dosificador de diafragma con accesorios  | Und            | 2    | \$2.943.750 | \$5.887.500 |
| <b>7</b>  | Mezclador  |                |      |             |             |
| 7.1       | Mezclador rápido con turbinas de paletas                                       | Und            | 1    | \$4.300.62  | \$4.300.620 |
| <b>8</b>  | Floculador   |                |      |             |             |
| 8.1       | Tanque en concreto reforzado (4m x 1m x 2,5m)                                  | m <sup>3</sup> | 4,35 | \$350.000   | 1'522.500   |
| <b>9</b>  | Sedimentador   |                |      |             |             |
| 9.1       | Módulos plásticos con soportes   | m <sup>2</sup> | 5,7  | \$552.500   | \$3.149.250 |
| 9.2       | Tubo de 6" x 2.4m con orificios  | Und            | 1    | \$185.500   | \$185.500   |
| 9.3       | Tanque concreto reforzado (2,4m x 1,2m x 3m)                                   | m <sup>3</sup> | 3,67 | \$350.000   | \$1'285.200 |
| <b>10</b> | Bombas de filtración   |                |      |             |             |
| 10.1      | Bomba para 5Lps trifásica 2.0 HP con accesorios                                | Und            | 2    | \$3.253.900 | \$6.507.800 |
| <b>11</b> | Filtros  |                |      |             |             |
| 11.1      | Filtro metálico en lámina de acero de 1.3m diámetro x 1m altura con accesorios | Und            | 2    | \$3.347.000 | \$6.694.000 |
| 11.2      | Lechos filtrantes  |                |      |             |             |
|           | Gravilla No. 6-8   | kg             | 550  | \$385       | \$211.750   |
|           | Gravilla No. 8-14  | kg             | 400  | \$385       | \$154.000   |
|           | Arena No. 14-20  | kg             | 400  | \$385       | \$154.000   |
|           | Arena No. 20-30  | kg             | 750  | \$385       | \$288.750   |
|           | Antracita  | kg             | 550  | \$665       | \$365.750   |
| <b>12</b> | By-pass de salida a tanque de almacenamiento                                   |                |      |             |             |
| 12.1      | Solenoide de 2" con accesorios   | Und            | 2    | \$925.000   | \$1.850.000 |
| 12.2      | Válvula de 2" con accesorios y tubería   | Glb            | 2    | \$147.500   | \$295.000   |
| <b>13</b> | Tablero de control   |                |      |             |             |
| 13.1      | Tablero completo con accesorios  | Und            | 1    | \$3.125.000 | \$3.125.000 |



Tabla 32. (Continuación)

|             |                                   |             |             |                   |                     |
|-------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------------|---------------------|
| 13.2        | Tuberías y cables de instalación  | Glb         | 1           | \$375.000         | \$375.000           |
| <i>ITEM</i> | <i>DESCRIPCION</i>                | <i>UNID</i> | <i>CANT</i> | <i>VALOR UNIT</i> | <i>VALOR TOTAL</i>  |
| 13.3        | Controladores de nivel eléctricos | Und         | 3           | \$131.250         | \$393.750           |
|             | Subtotal                          |             |             |                   | \$51.829.490        |
|             | IVA 16%                           |             |             |                   | \$8.292.718         |
|             | <b>VALOR TOTAL</b>                |             |             |                   | <b>\$60'122.208</b> |

## 6.2 GASTOS DE PERSONAL

Para la construcción de la planta es necesario calcular la mano de obra que con lleve a la realización de la parte estructural de la planta de tratamiento siendo este un gasto adicional para la funcionalidad de la planta. Se evidenciará en la Tabla 33.

Tabla 33. Provisión de obreros

|                                  | <i>Obrero 1</i>    | <i>Obrero 2</i>    |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Sueldo mensual</b>            | \$689.455          | \$689.455          |
| <b>Subsidio de transporte</b>    | \$77.700           | \$77.700           |
| <b>Cesantías</b>                 | \$63.930           | \$63.930           |
| <b>Intereses de cesantías</b>    | \$7.671            | \$7.671            |
| <b>Vacaciones</b>                | \$28.727           | \$28.727           |
| <b>Prima</b>                     | \$63.930           | \$63.930           |
| <b>Dotación</b>                  | \$25.000           | \$25.000           |
| <b>Salud</b>                     | \$58.500           | \$58.500           |
| <b>Pensión (12%)</b>             | \$82.600           | \$82.600           |
| <b>ARL Riesgo 5 (6,96%)</b>      | \$48.000           | \$48.000           |
| <b>Caja de compensación (4%)</b> | \$27.600           | \$27.600           |
| <b>Valor mensual</b>             | <b>\$1.173.113</b> | <b>\$1.173.113</b> |
| <b>TOTAL GASTOS MES</b>          | <b>\$2.346.226</b> |                    |

## 6.3 COSTOS TOTALES DE ELABORACIÓN

Se realiza la sumatoria de los costos de los obreros más los costos que generan los equipos y la elaboración de ellos, permitiendo llegar al resultado total de la implementación de la planta de tratamiento de agua potable, dando como resultado el costo global del proyecto. Véase en la Ecuación 5.

#### Ecuación 5. Costo final de la planta

$$\text{Costos totales} = \text{Costos de obreros} + \text{Costos de equipos}$$

$$\text{Costos totales} = \$2'346.452 + \$60'122.208$$

$$\text{Costos totales} = \$62'468.434$$

Sumando los costos que se producen para la realización de proyecto se tiene un valor generado de 62'468.434 el cual corresponde a la construcción del acueducto, sin involucrar procesos de operación, ni procesos de distribución final, siendo este precio el fijo a la inversión inicial total.

#### 6.4 PERIODO DE RECUPERACIÓN

Se realiza a partir de los metros cúbicos vendidos y la cantidad de suscriptores con su respectiva dotación mínima de agua. Según los precios establecidos por medio de la superintendencia de servicios públicos de Villavicencio, el cargo fijo para este año es de \$21.625 pesos y el metro cubico es de \$2.098 pesos. Siendo destinados estos valores para gastos de operación y de inversión respectivamente, teniendo un precio base para la construcción e instalación de la planta de \$62'468.434 pesos.

Con este valor se tomara el precio por cada metro cubico puesto que en este se suplirá los gastos de inversión.

$$\text{Costo de equipos} \times \frac{1m^3}{\text{Costo } m^3}$$

$$\$62'468.434 \times \frac{1m^3}{\$2.098} = 29.775,2307m^3$$

Teniendo en cuenta la cantidad de suscriptores y la cantidad mínima de agua para cada uno de ellos, la planta debe suministrar 4.200 m<sup>3</sup> al mes.

Se relaciona la cantidad de metros cúbicos necesarios para recuperar el costo de la inversión y la cantidad mínima que suministrará en la planta de tratamiento.

$$29.775,2307m^3 \times \frac{1mes}{4.200m^3} = 7,09 meses = 8 meses$$

Se obtiene un periodo de 8 meses en el cual se va recuperar el gasto de inversión de la planta, para los gastos de operación se deducirá del cargo fijo supliendo los gastos que este genere.

## 6.5 COSTOS DE OPERACION

Se realiza una cotización de los químicos a utilizar donde su valor unitario será calculado para un periodo mensual siendo este gasto fijo para la operación de la planta de tratamiento, además de lo anterior se considera emplear a dos operarios que se encargaran de la parte operativa de la planta de tratamiento, estos estarán pendientes de la dosificación, realización de pruebas y demás labores complementarias para el buen funcionamiento de la misma.

En cuanto a los empleados administrativos, estos no se tendrán en cuenta en este cálculo, debido a que la empresa ya cuenta con oficinas ubicadas en la ciudad de Villavicencio, y este monto lo asumirá la empresa y no será deducido de la nueva planta de tratamiento.

Para lo anterior se debe tener en cuenta las materias primas a usar en el proceso de coagulación, floculación y cloración, la cantidad necesaria se muestra para un día de funcionamiento. Ver Tabla 34.

Tabla 34. Cantidad de materia prima

| Materia prima                        | Cantidad    |
|--------------------------------------|-------------|
| Sulfato de aluminio granulado tipo A | 21.9 kg/día |
| Poliacrilamida no iónica             | 0.65 kg/día |
| Hipoclorito de sodio                 | 67L/día     |

Teniendo en cuenta la materia prima a utilizar, la cantidad, el tiempo de uso y el valor comercial, se obtienen los valores pertinentes para proveer por un mes a la planta:

- Sulfato de aluminio granulado tipo A

$$21,9 \frac{kg}{dia} * 30 \frac{dia}{mes} * \frac{\$48000}{25kg} = \$1'261,440$$

- Poliacrilamida no iónica (PAM no iónica)

$$0,65 \frac{kg}{dia} * 30 \frac{dia}{mes} * \frac{\$22000}{kg} = \$429.440$$

- Hipoclorito de Sodio

$$67 \frac{L}{dia} * 30 \frac{dia}{mes} * \frac{\$5000}{3.785L} = \$2'655.217$$

Se calculan los gastos de personal operativo de la planta con sus respectivas cargas prestacionales de acuerdo a la ley. El contrato de trabajo es de tipo nomina a término indefinido y se contratarán dos empleados los cuales estarán encargados del funcionamiento de la planta. Ver Tabla 35.

Tabla 35. Provisión mensual

|                                  | <i>Operario 1</i>  | <i>Operario 2</i>  |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Sueldo mensual</b>            | \$689.455          | \$689.455          |
| <b>Subsidio de transporte</b>    | \$77.700           | \$77.700           |
| <b>Cesantías</b>                 | \$63.930           | \$63.930           |
| <b>Intereses de cesantías</b>    | \$7.671            | \$7.671            |
| <b>Vacaciones</b>                | \$28.727           | \$28.727           |
| <b>Prima</b>                     | \$63.930           | \$63.930           |
| <b>Dotación</b>                  | \$25.000           | \$25.000           |
| <b>Salud</b>                     | \$58.500           | \$58.500           |
| <b>Pensión (12%)</b>             | \$82.600           | \$82.600           |
| <b>ARL Riesgo 5 (6,96%)</b>      | \$48.000           | \$48.000           |
| <b>Caja de compensación (4%)</b> | \$27.600           | \$27.600           |
| <b>Valor mensual</b>             | <b>\$1.173.113</b> | <b>\$1.173.113</b> |
| <b>TOTAL GASTOS MES</b>          | <b>\$2.346.226</b> |                    |

Sumando los costos que se producen para la operación de planta, se tiene un valor generado de 6'692.323 el cual corresponde a el valor de la materia prima y los operarios, siendo este una deducción mensual que tiene la planta del cargo fijo que tiene cada suscriptor en la factura mensual.

$$350 \text{ suscriptor} * \frac{\$21.625}{\text{suscriptor}} = \$7'568.750$$

La entrada que tiene la empresa por concepto de cargo fijo es de \$7'568.750, siendo suficiente para solventar los costos de operación de la empresa, dando un excedente a favor de la empresa \$ 873.427.

## 7. CONCLUSIONES

- Por medio de la caracterización inicial entregada por la empresa Aguas del Trapiche S.A.S se logró determinar los parámetros que no cumplen con la normatividad colombiana, Resolución 2115 de 2007, siendo estos parámetros, cantidad de hierro de 2,0 mg/l siendo su valor admisible hasta 0,3 mg/l, Índice de Color de 60 UPC y no debe superar los 15 UPC, turbiedad de 26,07 UNT con un límite de 2 UNT y cloro residual libre <0,10 mg/l con un valor mínimo de 0,3 a 2 mg/l.
- Se determinó que el caudal extraíble del pozo es de máximo 5 L/s pero la concesión regida por el ente regulador COORMACARENA fijó el caudal de extracción hasta 3 L/s, siendo este caudal suficiente para suplir la necesidades de la población futura, según la Resolución 1096 del 2000, donde se detalla el reglamento único de saneamiento básico, RAS 2000 (Titulo B, parágrafo 2.5.2) donde define la cantidad mínima de agua por habitante es de 100 L/hab\*día
- Se evaluaron las alternativas para tratar los parámetro que incumplen los límites permisible que presentaba el agua, con base a las ventajas, desventajas y aplicabilidad, asignando un valor para cada criterio a evaluar, se escogió el proceso de oxidación, seguido de coagulación, floculación, sedimentación, filtración rápida y desinfección.
- Se realizaron las pruebas de laboratorio pertinentes para simular el proceso de aireación, floculación, coagulación y cloración. Donde en el primer proceso se obtuvo a través de una prueba cualitativa la reducción visible de hierro. Para los siguientes procesos se calcularon las dosis apropiadas para cada proceso siendo estas 50 mg/L de sulfato de aluminio tipo A, 0,2 mg/L de poliacrilamida no iónica y 24mg/L de hipoclorito de sodio respectivamente.
- Se realizó la caracterización del agua con las dosificaciones seleccionadas, obteniendo como resultado una concentración de hierro de <0,10 mg/L, índice de color de 5 UPC, turbiedad de 0,30 UNT y cloro residual libre de 0,59 mg/l cumpliendo de esta forma con la norma.
- Se determinaron las especificaciones técnicas y de dimensionamiento de cada uno de los equipos seleccionados para la planta de potabilización, los cuales por medio de la experimentación se ratificaron para el proceso de purificación del agua. Estos equipos son bandejas de aireación, mezclador, floculador, dosificador de floculante y coagulante, sedimentador, filtros y tanque de almacenamiento, para un caudal de 5 L/s el cual es el caudal máximo de extracción para este pozo.
- Se estimó el costo total para la propuesta del sistema de tratamiento a partir de cotizaciones de equipos, estimación del personal capacitado para la

construcción de la planta, dando como resultado \$62'468.434 precio fijado a la construcción de la planta de tratamiento de acueducto Aguas del trapiche S.A.S., los costos de operación son de \$7'568.750 suficientes para soportar la carga operativa de la planta que se compone de los operarios y las materias primas a usar, siendo esta última deducida del cargo fijo mensual que asume cada suscriptor al momento de pagar su factura mensual.

## 8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer pruebas de turbiedad, cloro residual y pH cada 4 horas para el control del agua, y de ser necesario hacer, otra prueba de test de jarras para aumentar o disminuir las dosificaciones.
- Se sugiere hacer pruebas de cloro residual en el punto de muestra del tanque de almacenamiento, corroborando que cumpla con la resolución, si hay disminución de este, realizar de nuevo el análisis de break point para así obtener una nueva dosis.
- Se recomienda la construcción de un punto de muestreo en la futura urbanización para obtener muestras mensuales del agua verificando así el cumplimiento de los parámetros exigidos por la resolución 2115 de 2007.
- Se sugiere la aplicación de hipoclorito de sodio en las bandejas de aireación, como pretratamiento para la oxidación del hierro, si aumentan las cantidades de este en el agua.
- Si se baja el pH por debajo de las condiciones exigidas por la norma es recomendable la adición de soda caustica en la fase de floculación, siendo pertinente una experimentación para determinar la dosis adecuada.

## BIBLIOGRAFÍA

ARBOLEDA VALENCIA Jorge. Teoría y práctica de la purificación del Agua Mc Graw Hill, 2000. 2da Edición.

CALCULO DEL SEDIMENTADOR. Apéndice A. [En línea] internet: <http://www.gits.ws/08cyd/pdfs/A1-SedimentadorSanLuis.pdf>

CAMARGO RODRIGUEZ Andrea del pilar. Análisis de alternativas técnicas para el mejoramiento del proceso de potabilización de agua en Tena, Cundinamarca. 2006. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América.

COLOMBIA, MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Resolución. No 1096 (Noviembre 17 del 2000). Por el cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico. Bogotá D.C

COLOMBIA, MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL Y EL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución No 2115 (22 de junio 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.

COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico 2000. Sección I, Título A. Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, D.C., 2000.

Dosificación. [En línea]. Internet: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/027757/027757-02d.pdf>

EMPOCALDAS S.A E.S.P. Ensayos de tratabilidad en la planta única de potabilización de Ansema (caldas) para el acueducto regional de occidente [En línea] (2012) internet: [http://www.empocaldas.com.co/contratos/public/php/upload/10-1-536/ANEXO\\_No.\\_04\\_INFORME\\_FINAL\\_PRUEBAS\\_DE\\_TRATABILIDAD.pdf](http://www.empocaldas.com.co/contratos/public/php/upload/10-1-536/ANEXO_No._04_INFORME_FINAL_PRUEBAS_DE_TRATABILIDAD.pdf).

FICONDI CIA. LTDA. Descripción del proyecto Planta de agua potable del sistema culebrillas, ciudad de Cuenca. Capítulo 3. [En línea] internet:<http://www.etapa.net.ec/Portals/0/Agua%20Potable/ingProyectos/Capitulo%203.%20Descripci%C3%B3n%20Proyecto.pdf>

GARZON RODRIGUEZ Consuelo y GOMEZ FORERO Ivonne. Ampliación de la planta de potabilización Francisco Wiesner. 1997. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América.



GIRALDO ESPITIA Jorge Frank y ESCALANTE TORRES Luis Alberto. Diseño conceptual para la construcción de una planta de tratamiento e inyección de agua en el campo Cantagallo. 2008. Trabajo de grado (Ingeniero de Petróleos). Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Fisicoquímicas.

GONZALEZ CANIZALES Camila Alejandra y LOPEZ GOMEZ Ricardo. Propuesta para la rehabilitación de la planta de potabilización de agua subterránea en productos Alimenticios Doria S. A. 2009. Trabajo de grado (Ingeniero Químico) Fundación Universidad de América.

GUTIERREZ DE PIÑERES ARISMENDI Hugo Armando y ROMERO OLARTE Fernando. Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas del municipio de Macaravita, departamento de Santander.2007. Trabajo de grado (Ingeniero ambiental). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION (ICONTEC). Gestión ambiental. Agua. Procedimiento para el método de jarras en la floculación-coagulación del agua. NTC 3903. Bogotá: El Instituto, 1996

\_\_\_\_\_. Referencias documentales para fuentes de documentación electrónica. NTC 4490. Bogotá: El Instituto 1998.

\_\_\_\_\_. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá: El Instituto, 2008.

\_\_\_\_\_. Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá: El Instituto, 2008.

LOPEZ CANO Manuel y MARECOS Olga. Evaluación de plantas de tratamiento. Universidad Nacional de Asunción. [En línea] Internet: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/paraguay/evaplatra.pdf>>

MATIZ CORREA Leonardo Fabio. Optimización del proceso de floculación en la planta de tratamiento de agua potable el dorado de Bogotá, Julio de 2008, Trabajo de grado (ingeniero ambiental). Universidad de los Andes. Bogotá Colombia. Facultad de Ingeniería, Internet: <[http://oab.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/Optimizaci%F3n\\_proceso\\_floculaci%F3n\\_planta\\_%20tratamiento\\_%20aguapotable%20Dorado%20\\_Bogot%E1.pdf](http://oab.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/Optimizaci%F3n_proceso_floculaci%F3n_planta_%20tratamiento_%20aguapotable%20Dorado%20_Bogot%E1.pdf)>

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: Tratamiento de Aguas Residuales, Sección II Título E. Bogotá: Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, Noviembre de 2010. 145 p. (RAS – 2000)

MORALES RUBIO Diana Carolina y PARDO BARBOSA Sally Katherine. Desarrollo de la ingeniería básica para una nueva planta de tratamiento de agua potable para el municipio de Villa de Guaduas, Cundinamarca. 2010. Trabajo de grado (Ingeniero Químico), Fundación Universidad de América.

ORTIZ Vanessa. Evaluación y análisis del sistema de dosificación de poli cloruro de aluminio en la planta potabilizadora Alejo Zuloaga. Universidad de Carabobo. Facultad experimental de ciencias y tecnología. Carabobo. Abril de 2011.

PALENCIA SALGAR Adriana Roció. Diseño de una planta de purificación de agua para consumo humano en la vereda de Acapulco, municipio de San Juan de Girón- Santander. 2004. Trabajo de grado (Ingeniería Química). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisico-Químicas.

RODRIGUEZ CORZO, Luisa Fernanda y PARRA ENCISO Leidy Catalina. Propuesta para el tratamiento de aguas residuales del parque de aventura esmeralda xtreme en Nocaima, Cundinamarca, 2015, Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América.

ROMERO MONCADA Justina, ACOSTA MUNGUIA Estela; Evaluación de la calidad del agua potable en cuatro plantas potabilizadoras de la región Boaco-Chontales para el periodo de tiempo 2003- 2007, 144 paginas, Managua-Nicaragua, Noviembre 2008, Universidad Nacional de ingeniería.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Purificación del agua. Bogotá. Escuela Colombiana de ingeniería. 2da edición.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y principios de diseño. Bogotá. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2008.

TORRIJOS LAVADO, Julio Cesar. Propuesta de mejoramiento del proceso de tratamiento de agua potable en la planta de potabilización del acueducto ASUARU del municipio de Ubaque Cundinamarca, 2014, Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA: ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE. Diseño de plantas potabilizadoras. [En línea]. (2012). Internet: <[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358040/MODULOS\\_CURSO\\_DISENO\\_DE\\_PLANTAS\\_POTABILIZADORAS\\_II-2013.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358040/MODULOS_CURSO_DISENO_DE_PLANTAS_POTABILIZADORAS_II-2013.pdf)>

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### CONCESIÓN RESOLUCIÓN PM-GJ 1.2.6.10.0854 EXPEDIENTE 5.37.2.08.046 CONCEDIDA POR COORMACARENA



#### CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA "CORMACARENA"



Que Mediante el Auto N° PM-G.J.1.2.64.09.1816 del 2 de Julio del 2009; CORMACARENA acoge el Concepto técnico N° 5.44.08.1173 del 2 de Octubre del 2008 y hace algunos requerimientos.

Que Radicado N° 8790 del 2 de Septiembre del 2009, mediante el cual Alfonso Jiménez Rozo allega copia de los radicados 5337 y 5338.

Que Con el RAD. 000623 del 22 de Enero del 2010, PETROQUIMICAS allega información referente a la cantidad de agua a captar de los pozos profundos existentes en la finca el trapiche; de igual se informa sobre el uso de las fuentes, necesidad de las fuentes (reserva hídrica para época de verano) y restitución de sobrantes.

Con el fin de Resolver la Solicitud presentada por el señor ALFONSO JIMENEZ ROZO, se realizo Visita de inspección Ocular con el fin de evaluar la viabilidad de Otorgar el permiso de concesión de Aguas Subterráneas para Uso Domestico y Pecuario del cual surgen las siguientes Consideraciones Técnicas:

**Concepto Técnico. No. 3.44.10.334 del 16 de Marzo de 2010.**

"(...)

#### **Concepto Técnico**

#### **3.1. Cumplimiento del Auto N° PM-G.J.1.2.64.09.1816 del 2 de Julio del 2009**

Con la evaluación de los radicados N° 5338 del 29 de Mayo del 2009, N° 5337 del 29 de Mayo del 2009, N° 8790 del 2 de Septiembre del 2009; señor Alfonso Jiménez Rozo cumple el Auto N° PM-G.J.1.2.64.09.1816 del 2 de Julio del 2009, de la siguiente manera:

| ARTICULO | CUMPLIMIENTO |    |    | Dispone   | DOCUMENTO QUE CERTIFICA EL CUMPLIMIENTO   |
|----------|--------------|----|----|---|---|
|          | SI           | NO | NA |   |   |
| Primero  |              | X  |    | El articulo acoge el CT * 5.44.08.1173 del 2 de Octubre del 2008.     | ----  |
| Segundo  | X            |    |    | Presenta Información técnica referente a alas memorias de perforación | Radicados N° 5338 del 29 de Mayo del 2009, N° 5337 del 29 de Mayo del 2009, N° 8790 del 2 de Septiembre del 2009. |
| Tercera  |              |    | X  | Supervisión Cormacarena   | ----  |
| Cuarto   |              |    | X  | No procedencia de recurso.  | ----  |
| Quinto   |              |    | X  | Notificación del auto   | ----  |

**AUTORIDAD AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL META**  
Dirección: Carrera 35 N° 25-57 San Benito Villavicencio (Meta) - Colombia  
Teléfonos 6678797- 6653487 6634263 - Fax 6632455

2

Exp. 5.37.2.08.046



CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE  
DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA  
"CORMACARENA"



De acuerdo a lo anterior se anota señor Alfonso Jiménez Rozo cumplió con los requerimientos del Auto N° PM-G.J.1.2.64.09.1816 del 2 de Julio del 2009. Anotando que en la información presentada se evidenciaron varias incoherencias que se anotaron en análisis de la información.

Con la presentación del radicado N° 000623 del 22 de Enero del 2010, el señor Alfonso Jiménez Rozo informa parcialmente sobre la justificación de la necesidad del recurso hídrico, el caudal requerido, usos y restitución de sobrantes; en donde No se evidencian cálculos de consumo por actividad y no se justifica técnicamente el uso de las dos fuentes hídricas subterráneas.

**3.2. Cuantificación de la Afectación al Subsuelo y al recurso hídrico subterráneo por perforación de los pozos Airico I y Airico II.**

Para la siguiente evaluación del impacto por perforación ilegal de dos pozos en la hacienda se planteó y desarrolló una matriz (anexo1), a la cual se le aplico la siguiente metodología y criterios de valoración de impactos:

**Carácter (ca)**

El carácter de un impacto es positivo si genera cambios favorables sobre la variable ambiental y negativo si los cambios sobre dicha variable son desfavorables.

**Cobertura o Área de Influencia (CO)**

Se refiere al área del entorno socio-ambiental que en teoría se vería afectada por el impacto generado sobre una variable específica. La cobertura de los impactos depende mucho de las actividades que se ejecutan y las condiciones socio-ambientales del área donde se desarrolla el proyecto.

De acuerdo con la cobertura, los impactos pueden ser puntuales, locales y regionales:

**-Puntual:** se refiere a los impactos generados directamente en un sitio de ejecución de una actividad.

**-Local o Parcial:** se refiere a aquellos impactos que trascienden las áreas directamente intervenidas por un proyecto, sin llegar a abarcar la totalidad del área de estudio.

**-Regional o Extremo:** cuando el impacto social, físico o biológico trasciende los límites municipales.

**Magnitud (MG)**

Se refiere al grado de la modificación que se prevé sobre la variable ambiental considerada, teniendo en cuenta el estado en que se encuentra antes de producirse la

**AUTORIDAD AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL META**  
Dirección: Carrera 35 N° 25-57 San Benito- Villavicencio (Meta) - Colombia  
Teléfonos 6678797- 6653487 6634263 - Fax 6632455

Exp. 5.37.2.08.046

3



CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE  
DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA  
"CORMACARENA"



actividad impactante. En el caso específico de la magnitud, ésta se clasifica como **Baja, Media o Alta**; sin embargo, los criterios para establecer qué es **Alta, Media o Baja** son diferentes para cada variable a analizar.

**Duración (DR)**

Se refiere al tiempo que teóricamente permanecerá la alteración de la variable socio-ambiental que se está valorando, desde su aparición, y a partir del cual comienza su proceso de recuperación, con o sin medidas de manejo. De acuerdo con este criterio, el impacto por su duración puede ser:

- **Fugaz:** si el impacto persiste por menos de un (1) año.
- **Temporal:** si el impacto persiste por 1 a 3 años.
- **Pertinaz:** si el impacto persiste de 4 a 10 años.
- **Permanente:** si el impacto persiste por un tiempo indefinido o mayor a 10 años.

**Reversibilidad (RV)**

Se refiere a la capacidad del medio socio-ambiental para asimilar naturalmente un cambio o impacto generado por una o varias actividades de una actividad, sin la implementación de medidas de manejo, una vez desaparece la acción causante de la alteración.

Un ejemplo es el de los cuerpos de agua que reciben un aporte de desechos orgánicos, las reacciones que allí se presentan, los caudales y la capacidad de asimilación de las comunidades presentes pueden hacer posible la auto recuperación de sus aguas; sin embargo, dichos aportes pueden superar dicha capacidad de auto recuperación, siendo necesarias las medidas de manejo para su recuperación.

De acuerdo con lo anterior, los criterios para definir la reversibilidad son:

- **Reversible a Corto Plazo:** la recuperación natural de la variable a su estado inicial, sin medidas de manejo, se puede producir en menos de dos (2) años.
- **Reversible a Mediano Plazo:** la recuperación natural de la variable a su estado inicial, sin medidas de manejo, se puede producir entre dos (2) años y seis (6) años.
- **Reversible a Largo Plazo:** la recuperación natural de la variable a su estado inicial, sin medidas de manejo, se puede producir entre seis (6) años y quince (15) años.
- **Irreversible:** la recuperación natural de la variable a su estado inicial, sin medidas de manejo, no es posible.

**Recuperación (RE)**

Se refiere a la posibilidad de que la alteración generada sobre una de las variables socio-ambientales por una acción dada se pueda eliminar por la ejecución de medidas de manejo ambiental. Los criterios a tener en cuenta para la recuperación están en función del tiempo requerido para esto, y son:

AUTORIDAD AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL META  
Dirección: Carrera 35 Nº 25-57 San Benito- Villavicencio (Meta) - Colombia  
Teléfonos 6678797- 6653487 6634263 - Fax 6632455

Exp. 5.37.2.08.046



- **Recuperable a Corto Plazo:** el impacto se puede recuperar en un tiempo menor a un (1) año.
- **Recuperable a Mediano Plazo:** el impacto se puede recuperar en un tiempo entre un (1) año y tres (3) años.
- **Recuperable a Largo Plazo:** el impacto se puede recuperar en un tiempo entre cuatro (4) años y diez (10) años.
- **Mitigable:** el impacto no se puede recuperar pero su magnitud puede disminuirse por la ejecución de medidas correctoras.
- **Irrecuperable:** el impacto no se puede recuperar ni mitigar con medidas de manejo socio-ambiental.

#### Periodicidad (PE)

Se refiere a la aparición o permanencia de un impacto a lo largo de un periodo de tiempo. Este criterio es importante porque no es lo mismo un impacto que permanece en el tiempo que otro que se manifiesta esporádicamente. De acuerdo con esto, los impactos, según su periodicidad pueden ser:

- **Continuo:** el impacto se manifiesta constantemente o permanentemente a lo largo de la duración del proyecto.
- **Discontinuo:** el impacto se manifiesta de forma irregular a lo largo de la duración del proyecto.
- **Periódico:** el impacto se manifiesta de forma regular pero intermitente a lo largo de la duración del proyecto.
- **Irregular:** el impacto se manifiesta esporádicamente y de forma imprevisible a lo largo de la duración del proyecto.

#### Tendencia (TD)

La tendencia muestra el incremento progresivo o no de la manifestación del impacto sobre la o las variables socio-ambientales, considerando la acción continuada y reiterada que lo genera en una actividad. De acuerdo con esto el impacto puede ser simple o acumulativo.

- **Simple:** es el caso en que el impacto que se está evaluando se manifiesta sobre una variable ambiental, de forma tal que la acción reiterada que lo origina no incrementa progresivamente la magnitud del impacto, induciendo a nuevos impactos.
- **Acumulativo:** es el caso en el que la acción generadora de un impacto incrementa progresivamente su magnitud, ante la imposibilidad de que la variable afectada pueda recuperarse en la misma proporción que la acción se incrementa espacio-temporalmente.

AUTORIDAD AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL META

Dirección: Carrera 35 N° 25-57 San Benito- Villavicencio (Meta) - Colombia  
Teléfonos 6678797- 6653487 6634263 - Fax 6632455

Exp. 5.37.2.08.046



CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE  
DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA  
"CORMACARENA"



### Tipo (TI)

Se refiere a la relación causa - efecto o la manifestación del efecto sobre una variable socio-ambiental como consecuencia de una actividad.

Las redes de impactos son una herramienta útil para establecer claramente esa relación causa-efecto entre actividades generadoras de impacto y las variables posiblemente afectadas.

- **Directo:** se da cuando el impacto que se está evaluando es consecuencia de la actividad o acción que se está desarrollando.
- **Indirecto:** se da cuando el impacto que se genera sobre una variable socio-ambiental es consecuencia de la interacción con otra variable, a su vez afectada por la actividad que se está ejecutando.

### Probabilidad de Ocurrencia (PO)

Se refiere a la probabilidad de que un impacto se presente o no, y se clasifican así:

- **Alta:** si el impacto siempre se presenta. Ejemplo: pérdida de cobertura vegetal y de la capa orgánica del suelo en la construcción de una locación.
- **Media:** si el impacto se presenta por la interrelación con otro factor ambiental que es afectado.
- **Baja:** el impacto tiene poca probabilidad de presentarse.

### Importancia (I)

La importancia de un impacto está determinada por la combinación de los criterios de calificación anteriormente descritos.

Dicha importancia depende de la cobertura del impacto, su magnitud, su duración, el tipo, etc., razón por la cual se define la importancia como el resultado de la suma de todos los criterios evaluados para cada impacto, excepto la magnitud que se multiplicaría por tres (3) y la cobertura por dos (2); debido a que estos dos criterios, son los de mayor importancia en la valoración del impacto.

La importancia del impacto será la que permita clasificar los impactos para priorizar el manejo ambiental y establecer el tipo de medida de manejo requerido, y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Importancia (I)} = CA (3MG+2CO+DR+RV+RE+PE+TD+TI+PO)$$

En la siguiente tabla se presentan los valores de calificación para la evaluación de los impactos. Considerando los valores dados a cada criterio de evaluación, y a la expresión matemática establecida para el cálculo del valor de la importancia del impacto (I), el





**CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE  
DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA  
"CORMACARENA"**



menor valor posible es de 12, que corresponde a un impacto mínimo; y el valor más alto sería de 100, que correspondería al máximo impacto.

| CRITERIO   | CALIFICACIÓN             | VALOR      |
|--|--------------------------|------------|
| CARÁCTER   | POSITIVO                 | (+)        |
|  | NEGATIVO                 | (-)        |
| COBERTURA (CO)                                     | PUNTUAL                  | 1          |
|  | LOCAL                    | 4          |
| MAGNITUD(*)<br>(MG)                                | REGIONAL                 | 8          |
|  | BAJA                     | 1          |
| DURACIÓN<br>(DR)                                   | MEDIA                    | 4          |
|  | ALTA                     | 8          |
| RESILIENCIA<br>O REVERSIBILIDAD<br>(RS)            | FUGAZ                    | 1          |
|  | TEMPORAL                 | 4          |
| RECUPERABILIDAD<br>(RE)                            | PERTINAZ                 | 8          |
|  | PERMANENTE               | 12         |
| PERIODICIDAD<br>(PE)                               | A CORTO PLAZO            | 1          |
|  | A MEDIANO PLAZO          | 4          |
| TENDENCIA<br>(TD)                                  | A LARGO PLAZO            | 8          |
|  | IRREVERSIBLE             | 12         |
| TIPO<br>(TI)                                       | A CORTO PLAZO            | 1          |
|  | A MEDIANO PLAZO          | 4          |
| PROBABILIDAD DE<br>OCURRENCIA<br>(PO)              | A LARGO PLAZO            | 8          |
|  | IRRECUPERABLE            | 12         |
| IMPORTANCIA<br>I)=CA(3MG+2CO+DR+RV+RE+PE+TD+TI+PO) | IRREGULAR                | 1          |
|  | PERIÓDICO                | 4          |
|  | DISCONTINUO              | 8          |
|  | CONTINUO                 | 12         |
|  | SIMPLE                   | 1          |
|  | ACUMULATIVO              | 2          |
|  | INDIRECTO                | 1          |
|  | DIRECTO                  | 2          |
|  | BAJA                     | 1          |
|  | MEDIA                    | 4          |
|  | ALTA                     | 8          |
|  | <b>CARÁCTER NEGATIVO</b> |            |
|  | IRRELEVANTE              | <-25       |
|  | MODERADO                 | -25 A <-50 |
|  | SEVERO                   | -50 A -75  |
|  | CRÍTICO                  | >-75       |
|  | <b>CARÁCTER POSITIVO</b> |            |
|  | POCO IMPORTANTE          | <+25       |
|  | IMPORTANTE               | +25 A +50  |
|  | MUY IMPORTANTE           | >+50       |

A partir de estos valores mínimo y máximo, se establecen rangos de valores que corresponden a los diferentes tipos de importancia, tanto para los impactos de carácter negativo como para los positivos de la siguiente manera:

I

**AUTORIDAD AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL META**  
Dirección: Carrera 35 Nº 25-57 San Benito - Villavicencio (Meta) - Colombia  
Teléfonos 6678797 6653487 6634263 - Fax 6632455

Exp. 5.37.2.08.046



CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE  
DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA  
"CORMACARENA"



#### Impactos de Carácter Negativo

*Impactos Irrelevantes:* Impactos con Valor de Importancia menor a -25

*Impactos Moderados:* Impactos con Valor de Importancia entre -25 y menor a -50

*Impactos Severos:* Impactos con Valor de Importancia entre -50 y -75

*Impactos Críticos:* Impactos con Valor de Importancia mayor a -75.

#### Impactos de Carácter Positivo

*Impactos Poco Importantes:* Impactos con Valor de Importancia menor a +25

*Impactos Importantes:* Impactos con Valor de Importancia entre +25 y +50

*Impactos Muy Importantes:* Impactos con Valor de Importancia mayor a +50

#### FACTORES DE IMPACTO

Básicamente para la valoración de los impactos ambientales sobre el subsuelo y al recurso hídrico por perforación de dos pozos profundos, se consideraron los siguientes aspectos ambientales, para cada uno de los cuales se consideró la respectiva variante de impacto ambiental de acuerdo al elemento ambiental involucrado:

#### ACTIVIDADES GENERADORAS DEL IMPACTO

- Proceso Exploratorio
- Construcción Del Pozo
- Aprovechamiento Del Agua

#### IMPACTOS AMBIENTALES

##### 1. Afectación al Subsuelo

- Intervención del Subsuelo Por el efecto de la Exploración
- Intervención de la cobertura para el proceso exploratorio
- Aumento de la densidad de pozos en un radio de 500m
- Cambio en la actitud del Uso del Suelo.

##### 2. Afectación al Recurso Hídrico subterráneo

- Aumento de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea
- Cambio en la calidad del agua
- Agotamiento del Recurso Hídrico subterráneo
- Cambio en el régimen hidrodinámico

AUTORIDAD AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL META  
Dirección: Carretera 35 N° 25-57 San Benito Villavicencio (Meta) - Colombia  
Teléfonos 6678797 6653487 6634263 - Fax 6632455

8

Exp. 5.37.2.08.046



### 1.2.1 Resultados de la evaluación de Impactos (Anexo 1)

Como se evidencia en el anexo 1; se cuantificaron los posibles impactos por la exploración de dos pozos profundos para el abastecimiento de agua en la Hacienda el trapiche, observándose:

- Impacto Negativo crítico sobre la intervención del suelo; sobre el Aumento de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea; de igual modo en las zonas de recarga por las actividades exploratorias de agua subterránea y posterior construcción de los pozos.
- Impacto Negativo Severo sobre el Aumento de la densidad de pozos en un radio de 500m; impacto de igual magnitud sobre el Cambio en las propiedades fisicoquímicas del suelo; sobre el régimen hidrodinámico y Cambio en el patrón de drenaje subsuperficial y subterráneo; cuyo factor detonante de estos impactos son la construcción de los pozos y el aprovechamiento del agua de estos pozos.
- Impacto Negativo moderado sobre el cambio en los parámetros fisicoquímicos y/o bacteriológicos del agua, de igual forma se produjo este tipo de Impacto en la panorámica visual en el paisaje en el proceso exploratorio. En el proceso de construcción del pozo también se impacta negativamente en un nivel moderado la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea
- De igual forma se observa un Impacto Negativo Irrelevante sobre los siguientes parámetros:
  - \*Cambio en la actitud del Uso del Suelo, en el proceso exploratorio y construcción del pozo.
  - \*Pérdida de la cobertura vegetal
  - \*Cambio en el patrón de drenaje subsuperficial y subterráneo
  - \*Cambio en los parámetros fisicoquímicos y/o bacteriológicos del agua en el proceso exploratorio y construcción del pozo.
- Por último se anota que se valoró un Impacto Positivo sobre Cambio en la actitud del Uso del Suelo; por el aprovechamiento del agua.



**CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE  
DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA  
"CORMACARENA"**



**3.3. Observaciones finales Referente a la Concesión De Aguas Subterráneas**

De la evaluación de la información se aprecia que los pozos existentes en la hacienda el trapiche tienen una oferta hídrica y comportamientos favorables en cuanto recuperación para caudales de aproximadamente 8 l/s, con equipo de bombeo de 10Hp

De acuerdo a lo anteriormente anotado y a la solicitud de 1.5 l/s; en donde no se especifico si el requerimiento de este caudal es por pozo y no se ejecuto el calculo de consumo según la necesidad por actividad; De igual forma teniendo en cuenta los usos y las actividades a ejercer en la Finca El Trapiche, y según el requerimiento de las obras en donde se resalta que se requieren como reservas hídricas en época de verano; se considera Viable solo Otorgar Concesión para una de las Fuentes, de la siguiente manera:

| Fuente Concesionada | Ubicación del pozo<br>Coordenadas Planas Origen Bogota | Caudal Otorgado | Usos  | Plan de Bombeo          | Capacidad máxima del Equipo Bombeo |
|---------------------|--|-----------------|---|-------------------------|------------------------------------|
| Pozo (1)            | X 1047803, Y 948877                                    | 3 l/s           | Domestico<br>Pecuario<br>Plan de Contingencia para Épocas de Verano | Máximo 12 Horas diarias | 5 Hp                               |

Teniendo en cuenta que se considera viable concesionar una de las Fuentes dos Fuentes existentes, debido a que el usuario indica que requiere 1.5 l/s, caudal que justifica solamente el uso de una sola fuente ya que las ofertas hídricas de los pozos es de 8 l/s; en donde no se justifico técnicamente el requerimiento de las dos fuentes subterráneas (falta de soporte en la justificación de necesidad del recurso hídrico). Se considera que El Señor Alfonso Jiménez Rozo deberá dar clausura inmediata y parcial a la fuente ubicada en las coordenadas Origen Bogota X: 1047309; Y: 949048

Los términos para la clausura parcial del pozo son:

- El propietario del pozo deberá desmontar el equipo de bombeo en caso de que exista
- Sellar la parte superior del ademe por medio o con el uso de una tapa de acero
- Colocar, una cerca de protección de 3 x 3 m en planta con una altura mínima de 1,50 m.
- En el caso de que el pozo presente un ademe de policloruro de vinilo (PVC), la parte superior del ademe debe sellarse con una tapa hermética

El señor Alfonso Jiménez Rozo tendrá un término de 30 días hábiles ejecutoriados una vez emitido el acto administrativo que acoja el presente concepto, para presentar la justificación y necesidad real de la necesidad del recurso hídrico subterráneo, soportada

**AUTORIDAD AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL META**  
Dirección: Carrera 35 No 25-57 San Benito- Villavicencio (Meta) - Colombia  
Teléfonos 6678797- 6653417 6634263 - Fax 6632455

10

Exp. 5.37.2.08.046



**CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE  
DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA  
"CORMACARENA"**



con los respectivos cálculos de consumo según las actividades a ejecutar, en donde se deberá excluir el caudal ya concesionado.

Al término anteriormente expuesto, Cormacarena deberá ejecutar visita de seguimiento y control en el cual se verificará el cumplimiento de la medida de sellamiento parcial y el cumplimiento del anterior requerimiento en donde se determinará la pertinencia de dar clausura definitiva o no al pozo subterráneo.

## **2. Recomendaciones**

### **4.1 Referente a la exploración ilegal de aguas subterráneas**

Referente a la exploración ilegal de dos pozos subterráneos en la finca El Trapiche; Gran Arico; la unidad Jurídica de Cormacarena deberá tomar las medidas pertinentes teniendo en cuenta la cuantificación de la Afectación al recurso hídrico subterráneo por perforación ilegal de dos pozos, ubicados en las coordenadas planas origen Bogota: X: 1047803; Y: 948877 y el segundo en las coordenadas X: 1047309; Y: 949048. en donde los presuntos infractores son:

- Alfonso Jiménez Roza, identificado con cc Quien fue contratante de la Obra
- Petroquímicas con Nit 19108746- D.V-0; Quien fue la empresa contratista y perforadora de las obras.

Quienes ejecutaron las obras sin el respectivo permiso de exploración según lo demanda el Decreto 1541 Artículo 146.

### **4.2 Referente a la Concesión de aguas Subterráneas**

Para la fuente concesionada el beneficiario al término de la concesión deberá dar cumplimiento a los siguientes compromisos:

- Por el término de la concesión deberá ejecutar las acciones necesarias para mantener el pozo en condiciones sanitarias óptimas; para evidenciar esta actividad, deberá Presentar como mínimo cada año de cumplimiento de la concesión el certificado de mantenimientos de limpieza del pozo.

Por cada año de cumplimiento de la concesión deberá presentar el análisis fisicoquímico y Microbiológico del agua captada, con parámetros tales como Olor, Color, PH, Conductividad, Turbiedad, Cloro total, Dureza total, Dureza de Calcio, Dureza de Magnesio, Alcalinidad, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Hierro, CO<sub>2</sub>, Sólidos disueltos totales y coliformes. Avalado por un laboratorio acreditado por el IDEAM.

**AUTORIDAD AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL META**  
Dirección: Carrera 35 No 25-57 San Benito- Villavicencio (Meta) - Colombia  
Teléfonos 6678797- 6653487 6634263 - Fax 6632455

Exp. 5.37.2.08.046

11



CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE  
DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA  
"CORMACARENA"



Deberá garantizar que en un término de dos (2) meses que se adopte dentro de la tubería de revestimiento un sistema de medición de niveles piezométricos conformado por una tubería de PVC en un diámetro no inferior a  $\frac{3}{4}$  de pulgada, hasta que se localice a una profundidad de tres (3) metros por encima de la bomba sumergible.

De igual modo debe garantizar la implementación de un sistema de medición de salida de caudal "macromedidor"; En un término de dos (2) meses después de emitido el respectivo acto administrativo que acoja el presente concepto técnico; el sistema de medición de caudal "macromedidor" deberá implementarse a los sistemas de captación a la salida de la boca del pozo

De acuerdo al caudal a utilizar y al régimen de bombeo se considera que el usuario deberá realizar una prueba de bombeo con prueba de recuperación (98%), durante el término de la concesión; antes del último año de vencimiento de la misma.

El Informe de la ejecución de cada prueba de Bombeo se deberá presentar en los términos anteriormente expuestos y debe contener: Metodología, nivel freático, nivel estático y dinámico, Cálculo de abatimiento, memoria de cálculo de los parámetros hidrogeológicos: Ecuación del pozo, Transmisividad, Coeficiente de Almacenamiento, Conductividad hidráulica, Radio de influencia, caudal recomendado de explotación, Rendimiento del pozo y entre otros parámetros hidrogeológicos. La anterior información debe ir soportada con los formatos de campo y deberá ir avalada por un profesional especialista en el tema (Geólogo, hidrogeólogo, ingeniero geólogo o ingeniero en recursos hídrico) (...)"

#### CONSIDERACIONES JURIDICAS

Lo dispuesto en la Constitución Política, en la Ley 99, Decreto Ley 1728 del 74, y Decreto 1541 del 78. Que entre otras dispone:

El artículo 79 de la C. P.: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la Comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

Es deber del estado proteger la diversidad e integridad ambiental, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines."

El artículo 80 de la C. P.: El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución...."

**AUTORIDAD AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL META**

Dirección: Carrera 35 No 25-57 San Benito Villavicencio (Meta) - Colombia  
Teléfonos 6678797- 6653487 6634263 - Fax 6632455

Exp. 5.37.2.08.046

12



**CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE  
DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA  
"CORMACARENA"**



El parágrafo del artículo 330 de la C. P., que dispuso: " La explotación de los recursos naturales en los territorios indígenas se hará sin desmedro de la inteligencia cultural, social y económica de las comunidades indígenas. En las decisiones que se adopten respecto de dicha explotación, el gobierno propiciará la participación de los representantes de las respectivas comunidades."

El Artículo 31 de la Ley 99 de 1993 numeral 9, son funciones de las Corporaciones otorgar concesiones, permiso, autorizaciones y licencia ambientales requeridas por la Ley, para el uso, aprovechamiento o movilización de los recursos naturales renovables o para el desarrollo de actividades que afecten o puedan afectar el medio ambiente. Otorgar permisos y concesiones para aprovechamiento forestales, concesiones para el uso de las aguas superficiales y subterráneas y establecer de vedas para la caza y pesca deportiva.

El Artículo 42 del Decreto Ley 2811 de Diciembre 18 de 1974 que establece: "pertenece a la nación los recursos naturales renovables y los demás elementos ambientales regulados por este código que se encuentren dentro del territorio nacional, sin perjuicio de los derechos legítimamente adquiridos por particulares y de las normas especiales sobre baldíos.

El Artículo 51 Ibidem. El derecho de usar los recursos naturales renovables puede ser adquirido por ministerio de la ley, permiso, concesión y asociación.

El artículo 52 Ibidem: "Los particulares pueden solicitar el otorgamiento del uso de cualquier recurso natural renovable de dominio público, salvo las excepciones legales o cuando estuviere reservado para un bien especial u otorgado a otra persona..."

El Artículo 53 del Decreto 2811 de 1974 dispuso: Todos los habitantes del territorio nacional sin que necesiten permiso tienen derecho de usar gratuitamente y sin exclusividad los recursos naturales de dominio público, para satisfacer sus necesidades elementales, las de su familia y las de sus animales de uso doméstico, en cuanto con ello no se violen disposiciones legales o derechos de terceros.

El Artículo 59 Ibidem, dispuso: Las concesiones se otorgaran en casos previstos por la ley, y se regularan por las normas del presente capítulo, sin perjuicio de las especiales que para cada recurso se contempla.



CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE  
DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA  
"CORMACARENA"



El Artículo 64 Ibidem, Las concesiones, autorizaciones y permisos para usos de recursos naturales de dominio público serán inscritos en el registro discriminado y pormenorizado que se llevará al efecto.

Que según el artículo 80 Ibidem, las aguas son de dominio público inalienables e imprescriptibles.

Que así mismo el artículo 88 Ibidem establece que salvo disposiciones especiales, solo puede hacerse uso de las aguas en virtud de concesión.

Que según el artículo 37 Ibidem: El suministro de aguas para satisfacer concesiones está sujeto a la disponibilidad del recurso, por tanto, el estado no es responsable cuando por causas naturales no pueda garantizar el caudal concedido.....

Que según el artículo 43 Ibidem: El uso doméstico tendrá siempre prioridad sobre los demás, los usos colectivos sobre los individuales y los de los habitantes de una región sobre los de fuera de ella.

Que según el artículo 44 Ibidem: El derecho de aprovechamiento de las aguas de uso público no confiere a su titulares sino la facultad de usarlas.....

Que según el artículo 49 Ibidem: toda concesión implica para el beneficiario, como condición esencial para su subsistencia, la inalterabilidad de las condiciones impuestas en la respectiva resolución...

Que el literal f del artículo 62 Ibidem establece que el concesionario deberá construir las obras que sean necesarias para el aprovechamiento de las aguas y restitución de los sobrantes como para su tratamiento y defensa de los demás recursos, con indicación de los estudios, diseños y documentos que debe presentar que deberán ser aprobados por la autoridad competente, para lo cual se fijara un plazo estimado.

Que la Corporación tiene competencia para adelantar el trámite de Permiso de Concesión de Aguas Subterráneas solicitado, de acuerdo a la jurisdicción, la cual se encuentra demarcada por la Ley 99 de 1993, Ley 812 de 2003 y el decreto Ley 1989 de 1989 donde se fija el Área de Manejo Especial la Macarena. -AMEM-.

Que dadas las consideraciones técnicas y jurídicas expuestas anteriormente, las cuales permiten concluir la viabilidad ambiental y jurídica del proyecto mencionado y la competencia de CORMACARENA para otorgar Concesión de Aguas

AUTORIDAD AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL META  
Dirección: Carrera 35 N° 25-57 San Basilio- Villavicencio (Meta) - Colombia  
Teléfonos 6678797- 6653487- 6634263 - Fax 6632455

14

Exp 5.37.2.08.046





CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE  
DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA  
"CORMACARENA"



subterráneas en los casos de uso Pecuario y Domestico, este despacho procederá mediante la presente providencia a otorgar concesión de aguas subterráneas para un (1) Pozo Subterráneo ubicado en las coordenadas X: **1047803** Y: **948877** en un Caudal máximo de Bombeo de 3 L/seg y un tiempo Máximo de Bombeo de 12 Horas Diarias **No Continuas** a Captar con una Electro Bomba de una capacidad Máxima de 5HP. Al Señor **Alfonso Jiménez Rozo** Identificado con cedula de Ciudadanía Numero 40502 Expedida en Bogota, Pozo Ubicado en las Coordenadas X: 1047803 Y: 948877 en Beneficio de la Finca el Trapiche y/o Gran Airico, Ubicada en Jurisdicción del Municipio de Villavicencio, Departamento del Meta.

Que en mérito de lo expuesto y en Procura de la Conservación del Medio Ambiente esta Corporación

**RESUELVE**

**ARTICULO PRIMERO:** Admitir el Concepto Técnico PM-GA.3.44.010.334 del 16 de Marzo de 2010 en su totalidad el cual será parte integral del presente Acto Administrativo.

**ARTICULO SEGUNDO:** Otorgar concesión de Aguas Subterránea para uso Pecuario y Domestico, en un Caudal máximo de Bombeo de 3 L/seg y un tiempo Máximo de Bombeo de 12 Horas Diarias **No Continuas** a Captar con una Electro Bomba de una capacidad Máxima de 5HP, Al Señor **Alfonso Jiménez Rozo** Identificado con cedula de Ciudadanía Numero 40502 Expedida en Bogota, Pozo Ubicado en las Coordenadas X: 1047803 Y: 948877 en Beneficio de la Finca el Trapiche y/o Gran Airico, Ubicada en Jurisdicción del Municipio de Villavicencio, Departamento del Meta.

**ARTICULO TERCERO:** El beneficiario de la presente Concesión de Aguas en ningún momento podrá exceder los caudales autorizados, por lo cual las obras de captación deberán estar provista de los elementos de control de caudal "medidores" necesarios de modo que garantice y permita conocer en cualquier momento la cantidad de agua derivada de la fuente, de acuerdo con el articulo 48 del Decreto 1541 de 1978.

**ARTICULO CUARTO:** El beneficiario de la presente Concesión de Aguas deberá Implementar medidas de protección al sistema de captación, de tal manera que se garantice la no contaminación del agua subterránea desde fuentes externas y dar protección a los dispositivos de captación.



**CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE  
DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA  
"CORMACARENA"**



**ARTÍCULO QUINTO:** El Beneficiario de la presente Concesión, deberá realizar por lo menos una vez al año una Medición de niveles estáticos y dinámicos del aljibe. Análisis físico, químico y bacteriológico del agua captada teniendo en cuenta los parámetros (Temperatura, PH, Dureza, Alcalinidad, Sólidos Suspendidos, Hierro Total, Fosfatos, Coliformes, Salinidad, Nitratos, Conductividad, DBO, Oxígeno Disuelto, Aceites y Grasas), avalados por un laboratorio acreditado por el IDEAM.

**ARTICULO SEXTO:** El Beneficiario de la presente concesión deberá contribuir por el uso del recurso hídrico con la tasa por este concepto establecida por la Corporación, de conformidad con lo establecido en el Decreto 155 del 22 de Enero de 2004, previa liquidación por parte de la subdirección administrativa y financiera de Cormacarena.

**ARTICULO SEPTIMO:** La presente concesión se otorga por un periodo de cinco (05) años, contados a partir de la ejecutoria de esta providencia.

**PARAGRAFO:** Para traspasar total o parcial este permiso a otras personas, ya sean naturales o jurídicas o para cualquier reforma de las modalidades o características del beneficio aquí otorgado, necesitara autorización de Cormacarena.

**ARTICULO OCTAVO:** Las aguas independientemente del fondo y uso a que se destinen no se pueden transmitir por venta, donación o permuta, ni por otro modo traslativo de dominio, no podrá arrendarse, ni gravarse, ni construirse sobre ella derecho personal o de otra naturaleza por consiguiente es nula toda cesión, transacción o contrato hecho sobre las aguas según lo establecido por la Ley.

**ARTÍCULO NOVENO:** La Concesión que se otorga no ampara ningún tipo de obra o actividad diferente a las descritas en la Presente Resolución. Cualquier modificación en las condiciones de la Concesión deberá ser informada a Cormacarena para su aprobación. Igualmente se deberá solicitar y obtener la modificación de la Concesión cuando se pretenda usar, aprovechar o afectar un recurso natural renovable no contemplado en la presente resolución.

**ARTICULO DECIMO:** El beneficiario de la Concesión, será responsable por cualquier deterioro y/o daño ambiental causado por él o por los contratistas a su cargo y deberá realizar las actividades necesarias para corregir los efectos causados.



CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE  
DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA  
"CORMACARENA"



**ARTICULO DECIMO PRIMERO:** El Señor *Alfonso Jiménez Rozo* Identificado con cedula de Ciudadanía Numero 40502 Expedida en Bogota, deberá clausurar de manera inmediata y parcial el pozo Ubicado en las coordenadas X: 1047309, Y: 949048.

**PARAGRAFO UNICO:** la clausura del pozo profundo se deberá llevar a cabo de Acuerdo a las siguientes Consideraciones Técnicas:

- El propietario del pozo deberá desmontar el equipo de bombeo en caso de que exista.
- Sellar la parte superior del ademe por medio o con el uso de una tapa de acero.
- Colocar, una cerca de protección de 3 x 3 m en planta con una altura mínima de 1,50 m.
- En el caso de que el pozo presente un ademe de policloruro de vinilo (PVC), la parte superior del ademe debe sellarse con una tapa hermética.

**ARTICULO DECIMO SEGUNDO:** La presente resolución una vez ejecutoriada constituye en sujeto de derecho y obligaciones Al beneficiario de la Concesión.

**ARTICULO DECIMO TERCERO:** En ningún caso se podrá usar, aprovechar o afectar un recurso natural renovable en condiciones diferentes a las establecidas en la presente resolución.

**ARTICULO DECIMO CUARTO:** CORMACARENA supervisará en todo momento el proyecto y verificará en cualquier época del mismo, el cumplimiento de lo dispuesto en la presente Resolución. Cualquier contravención será causal para la aplicación de las sanciones legales vigentes.

**ARTICULO DECIMO QUINTO:** Será causal de caducidad el incumplimiento de cualquiera de las obligaciones expresamente señaladas en esta providencia, las previstas en el artículo 248 de Decreto 1541 de 1978 y decreto ley 2811 de 1974 artículo 62.

**ARTICULO DECIMO SEXTO:** La presente Resolución presta Mérito Ejecutivo conforme al artículo 68 Numeral Primero del Código Contencioso Administrativo

**ARTICULO DECIMO SEPTIMO:** El Beneficiario de la presente Concesión de Aguas Subterráneas, deberá publicar a su costa en un Periódico de alta circulación Nacional o Regional, el encabezado y la parte resolutive de la presente

AUTORIDAD AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL META  
Dirección: Carrera 35 Nº 25-57 San Benito- Villavicencio (Meta) - Colombia  
Teléfonos 6678797- 6653487 6634263 - Fax 6632455

17

Exp. 5.37.2.08.046



**CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE  
DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA  
"CORMACARENA"**



providencia, dentro de los Diez días hábiles siguientes a la notificación del presente acto administrativo, acreditando la ejecución mediante envío de un ejemplar del Periódico, dentro de los tres días siguientes a la fecha de su publicación, con destino al expediente Numero 5.37.2.08.046

**ARTICULO DECIMO OCTAVO:** Notifíquese el contenido de la presente providencia a el Señor *Alfonso Jiménez Roza* Identificado con cedula de Ciudadania Numero 40502 Expedida en Bogota, de conformidad en lo prescrito en el Código Contencioso Administrativo.

**ARTICULO DECIMO NOVENO:** Una vez en firme la presente providencia por la Oficina Jurídica de esta Corporación, remítase copia de la presente resolución al Procurador Agrario y Ambiental del Departamento del Meta para su conocimiento y demás fines pertinentes.

**ARTÍCULO VIGESIMO:** Contra la presente Resolución procede el Recurso de Reposición, el cual podrá interponerse por escrito, dentro de los cinco (5) días siguientes a la notificación personal, o a la desfijación del edicto, o la publicación, según sea el caso ante la Dirección General de la Corporación, de conformidad con el artículo 51 del código Contencioso Administrativo.

**NOTIFÍQUESE, COMUNÍQUESE, PUBLÍQUESE Y CUMPLASE**

11 AGO 2006

*[Handwritten Signature]*  
Ing. JOAQUÍN HERNÁNDEZ PATARROYO VARON,  
Director General

Proyectó: Abg Oscar Galvis  
Grupo Suelos

Aprobó: Abogado DIEGO FERNANDO PEREZ GOMEZ,  
Jefe Oficina Jurídica

AUTORIDAD AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL META  
Dirección: Carrera 35 Nº 25-57 San Benito- Villavicencio (Meta) - Colombia  
Teléfonos 6678797- 6653487 6634263 - Fax 6632455

18

Exp. 5.37.2.08.046

*Mano Recda. el de ...*

*12/11/06 / 2006.*

CARACTERIZACION INICIAL TOMADA DEL POZO PROFUNDO DEL LOTE GRAN AIRICO EN LA HACIENDA EL TRAPICHE.



ALFAMPAR S.A.S.

NIT: 900.129.681-6

www.laboratoriosamparorestrepo.com

Dra. AMPARO RESTREPO DE ÁVILA

Nº de Análisis: A / 4909



**Identificación del Cliente**

Cliente ACUITEC INGENIERIA S.A.S  
NIT 900 474 789-0  
Teléfonos 684 6299

Dirección CLL 23 Nº 371-15  
Departamento META  
Municipio VILLAVICENCIO

**Identificación de la Muestra**

Tipo de muestra AGUA POTABLE (IRCA)  
Lugar de Toma AGRERICO-PARQUE  
Punto de Toma POZO PROFUNDO

Responsable Toma y Transporte EMPRESA  
Fecha Toma Muestra 25/02/2015  
Fecha Recepción Muestra 25/02/2015 15:20:00

**ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES**

| PARÁMETRO                   | RESULTADO       | MÉTODO ANALÍTICO | VALOR ADMISIBLE            |
|-----------------------------|-----------------|------------------|----------------------------|
| <b>GRUPO FÍSICO-QUÍMICO</b> |                 |                  |                            |
| Color                       | * 60 mg/l Pt/Co | SM 2120-B-C      | Hasta 15 UPC               |
| pH                          | 6,9 udes. pH    | SM 4500-B        | 6.50 - 9.00 Unidades de pH |
| Conductividad               | 217 µS/cm       | SM 2510-B        | Hasta 300 µ S/cm           |
| Turbiedad                   | * 26,07 UNT     | SM 2130-B        | Hasta 2 UNT                |
| Cloro Residual Libre        | * <0,10 mg/l    | SM 4500-G        | 0.3 - 2.0 mg/l             |
| Cloro Total                 | <0,10 mg/l      | SM 4500-G        | Hasta 2 mg/l               |
| Dureza Total                | 89 mg/l         | SM 2340-C        | Hasta 300 mg/l             |
| Calcio                      | 35,5 mg/l       | SM 3500-B        | Hasta 60 mg/l              |
| Magnesio                    | 0,00 mg/l       | SM 3500-B        | Hasta 36 mg/l              |
| Alcalinidad                 | 89 mg/l         | SM 2320-B        | Hasta 200 mg/l             |
| Nitratos                    | <4 mg/l         | SM 4500-H        | Hasta 10 mg/l              |
| Nitritos                    | <0,02 mg/l      | SM 4500-B        | Hasta 0.1 mg/l             |
| Sulfatos                    | <20 mg/l        | SM 4500-E        | Hasta 250 mg/l             |
| Hierro                      | * 2,00 mg/l     | SM 3500-B        | Hasta 0.3 mg/l             |
| Sólidos Disueltos Totales   | 109 mg/l        | SM 2540          | Hasta 200 mg/l             |
| <b>GRUPO MICROBIOLÓGICO</b> |                 |                  |                            |
| E. Coli                     | 0 ufc/100ml     | SM 9222-D        | 0 ufc/100ml                |
| Coliformes totales          | 0 ufc/100ml     | SM 9222-B        | 0 ufc/100ml                |

**\*RCA por Muestra**

43 %

**Nivel de Riesgo**

Alto

**Discusión sobre el Ensayo/Resultados**

Ajustar Color, Turbiedad, Hierro y Cloro a los valores admisibles.

**Legislación de la Muestra**

Res. 2115/2007



Los valores marcados con el signo \* indican que el resultado obtenido no cumple con los rangos admisibles según la normativa. Los análisis hacen referencia exclusivamente a las muestras recogidas en el día/hora indicada en este informe. Este informe no podrá ser reproducido ni total ni parcialmente sin el consentimiento del Laboratorio.

REGISTRO PICCAP - AUTORIZADO POR EL MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL - RESOLUCIÓN 4353 DEL 23 DE OCTUBRE DEL 2013

ANEXO B  
MUESTRA DE CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO

Muestra de cálculo del método para la clasificación de los parámetros y su obtención para cada valor resultante en el total del porcentaje, el cual sirve para la elaboración del método final a utilizar para el tratamiento de potabilización del agua.

Turbiedad

-Coagulación, floculación, sedimentación

Costos de operación

$$25 \times 0,2 = 5$$

Donde:

25 equivale a la calificación

20%= 0,2 equivale a al parámetro de selección

Inversión inicial:

$$20 \times 0,2 = 4$$

Mantenimiento:

$$20 \times 0,1 = 2$$

Remoción:

$$15 \times 0,3 = 4,5$$

Facilidad de operación:

$$20 \times 0,1 = 2$$

Área de instalación:

$$25 \times 0,1 = 2,5$$

Total por %: 20

-Filtración Lenta

Costos de operación

$$30 \times 0,2 = 6$$

Inversión inicial:

$$30 \times 0,2 = 6$$

Mantenimiento:

$$15 \times 0,1 = 1,5$$

Remoción:

$$10 \times 0,3 = 6$$

Facilidad de operación:

$$20 \times 0,1 = 2$$

Área de instalación:

$$25 \times 0,1 = 2,5$$

Total por %: 21

-Filtración rápida precedida de floculación, coagulación y sedimentación

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| Costos de operación     | $30 \times 0,2 = 6$   |
| Inversión inicial:      | $15 \times 0,2 = 3$   |
| Mantenimiento:          | $20 \times 0,1 = 2$   |
| Remoción:               | $3 \times 0,3 = 9$    |
| Facilidad de operación: | $25 \times 0,1 = 2,5$ |
| Área de instalación:    | $20 \times 0,1 = 2$   |
| Total por %:            | 24,5                  |

Este resultado da como mejor opción el método de la filtración rápida, de acuerdo a la evaluación de los parámetros y su criterio de importancia, escogiendo esta como mejor alternativa, igualmente se realiza este proceso para los otros parámetros que no cumplen la norma según la caracterización inicial, esto da como resultado la alternativa propia a utilizar para el tratamiento de este tipo de agua.

De la misma manera se calculan los valores pertinentes para cada propiedad que no cumple con la normatividad, calculando por medio de este el proceso apto para el tratamiento del agua potable.

ANEXO C  
NORMA TECNICA COLOMBIA NTC 3903, LA CUAL INDICA EL METODO DE  
JARRAS EN LA COAGULACION-FLOCULACION



# NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA

## 3903

1996-07-24



**GESTIÓN  
AMBIENTAL.  
AGUA. PROCEDIMIENTO PARA EL  
MÉTODO DE JARRAS EN LA  
COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN DEL  
AGUA**

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. WATER.  
STANDARD PRACTICE FOR COAGULATION-  
FLOCULATION JAR TEST OF WATER

---

CORRESPONDENCIA: esta norma es equivalente  
(EQV) a la

---

ASTM D 2035-90

---

DESCRIPTORES: gestión ambiental; método  
de ensayo;

---

Coagulación; floculación del  
agua.

---

## 7. APARATO

### 7.1 AGITADOR MÚLTIPLE

Se debe usar un agitador de posición múltiple con variación continua de la velocidad desde aproximadamente 20 rpm hasta 150 rpm (con un tacómetro). Las paletas de agitación deben ser todas de la misma configuración y tamaño, hechas de material de calibre ligero resistente a la corrosión. Es útil una base iluminada para observar la formación de los flóculos. Se deben tomar medidas de precaución para evitar que el sistema de iluminación difunda calor que pueda contrarrestar la sedimentación normal.

### 7.2 JARRAS (O VASOS DE PRECIPITADO)

Todos deben ser del mismo tamaño y forma; se pueden usar vasos de precipitado de *Griffin* de 1500 ml (como tamaño mínimo se recomienda 1 000 ml), de material adecuado (vidrio).

### 8.4 AYUDAS COAGULANTES

En el comercio existen numerosas ayudas coagulantes o polielectrolitos. Todos los polielectrolitos se clasifican como aniónicos, catiónicos o no iónicos, dependiendo de su composición. Estas ayudas pueden tener la capacidad de producir flóculos grandes, ásperos y que sedimentan fácilmente cuando se usan solos o en conjunto con coagulantes inorgánicos. Una dosificación pequeña (por debajo de 1 mg/l) puede permitir una reducción en la dosificación del coagulante o su completa eliminación. En el último caso, el polielectrolito se consideraría coagulante principal más que ayuda coagulante. Las ayudas vienen en polvo y en forma líquida. Las ayudas en polvo se deben preparar como soluciones al 0,1 % con partes alícuotas apropiadas para suministrar la dosificación adecuada. Las ayudas en polvo siempre se agregan al agua en disolución en vez de hacer lo opuesto, y se agrega lentamente a la parte saliente de un vórtice creado por agitación. Si no se forma un vórtice, el polvo seco simplemente se juntará sobre la superficie del agua en masas pegajosas y éstas se volverán muy difíciles de disolver. El tiempo de disolución puede variar entre varios minutos y varias horas. Se deben seguir los procedimientos sugeridos por los fabricantes para humedecer, disolver y almacenar cuando se disponga de tales procedimientos. Se pueden preparar fácilmente formas líquidas con la firmeza anterior.

## 10. PROCEDIMIENTO

10.1 Se miden volúmenes iguales (1 000 ml) de muestra en cada una de las jarras o vasos de precipitado de *Griffin* de 1 500 ml. Se pueden usar tantas porciones de muestra como posiciones haya en el agitador múltiple. Los vasos de precipitado se ubican de tal modo que las paletas queden descentradas, pero

separadas de la pared del vaso de precipitado en aproximadamente 6,4 mm (1/4 de pulgada). Se registra la temperatura de la muestra al comienzo del ensayo.

10.2 Se cargan los productos químicos de ensayo en los soportes de los reactivos. Para cada serie de adiciones de productos químicos se utiliza un soporte. Se llena cada tubo del soporte con agua hasta un volumen final de 10 ml antes de usar. Puede haber una situación en que se requiera un volumen mayor de reactivo. En caso de que esta situación predomine, se llenan todos los tubos con agua hasta un volumen igual al mayor volumen de reactivo en el soporte de dicho reactivo. Cuando se agreguen mezclas líquidas, puede ser necesario agitar el soporte para producir un movimiento en torbellino inmediatamente antes de transferir.

10.3 Se comienza con el agitador múltiple operando a la velocidad de "mezcla instantánea" de aproximadamente 120 rpm. Se agrega la solución o las suspensiones de ensayo a niveles de dosis y secuencia predeterminadas. Se mezcla instantáneamente durante aproximadamente 1 min después de las adiciones de productos químicos. Se registra el tiempo de mezcla instantánea y la velocidad (rpm).

10.4 Se reduce la velocidad según sea necesario hasta el mínimo requerido para mantener en suspensión uniforme las partículas de flóculos a lo largo del período de mezcla instantánea. Se mezcla en forma lenta durante 20 min. Se registra el tiempo transcurrido para la primera formación visible de flóculos. Cada 5 min (durante el período de mezcla lenta), se registra el tamaño relativo de los flóculos y la velocidad del mezclador (rpm). Si se usan ayudas coagulantes, la velocidad del mezclado es crítica porque la agitación excesiva tiende a romper la primera formación de flóculos y se puede re dispersar la ayuda.

10.5 Después del período de mezcla lenta, se retiran las paletas y se observa la sedimentación de las partículas de flóculos. Se registra el tiempo requerido para que el volumen de las partículas se sedimente. En la mayoría de los casos este tiempo será el requerido para que las partículas se sedimenten en el fondo del vaso de precipitación; sin embargo, en algunos casos puede haber interferencia de corrientes de convección. Si es así, el tiempo de sedimentación registrado debe ser aquel al cual las partículas no sedimentadas o residuales parezcan estar moviéndose en forma igual hacia arriba y hacia abajo.

10.6 Después de 15 min de sedimentación, se registra la aparición de flóculos en el fondo del vaso de precipitación. Se registra la temperatura de la muestra. Mediante una pipeta o un sifón, se saca de la jarra un volumen adecuado de muestra del caldo que sobrenada, en un punto situado a la mitad de la profundidad de la muestra, para efectuar los análisis requeridos de color, turbidez, pH y otros, determinados de acuerdo con las normas ASTM D 1889 y ASTM D 1293

## ANEXO D

### TEST DE JARRAS PARA LA DOSIFICACION DE LA FASE DE CLARIFICACION

| <b>Sulfato de aluminio Tipo B</b> |                                   |                         |                         |                   |                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Dosificación (ml)</b>          | <b>Tiempo en Sedimentar (min)</b> | <b>Turbiedad1 (UNT)</b> | <b>Turbiedad2 (UNT)</b> | <b>%Remoción1</b> | <b>%Remoción2</b> |
| <b>4</b>                          | <b>9:30</b>                       | <b>17,3</b>             | <b>16,83</b>            | <b>33%</b>        | <b>35%</b>        |
| <b>6</b>                          | <b>6:58</b>                       | <b>16,59</b>            | <b>16,7</b>             | <b>36%</b>        | <b>36%</b>        |
| <b>8</b>                          | <b>7:20</b>                       | <b>8,10</b>             | <b>7,96</b>             | <b>69%</b>        | <b>69%</b>        |
| <b>10</b>                         | <b>7:40</b>                       | <b>12,37</b>            | <b>12,10</b>            | <b>53%</b>        | <b>53%</b>        |

pH: 5,97

| <b>Poli cloruro de aluminio</b> |                                   |                         |                         |                   |                   |
|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Dosificación (ml)</b>        | <b>Tiempo en Sedimentar (min)</b> | <b>Turbiedad1 (UNT)</b> | <b>Turbiedad2 (UNT)</b> | <b>%Remoción1</b> | <b>%Remoción2</b> |
| <b>4</b>                        | <b>9:40</b>                       | <b>21,51</b>            | <b>20,94</b>            | <b>18%</b>        | <b>20%</b>        |
| <b>6</b>                        | <b>10:00</b>                      | <b>24,73</b>            | <b>22,56</b>            | <b>5%</b>         | <b>13%</b>        |
| <b>8</b>                        | <b>8:51</b>                       | <b>20,45</b>            | <b>21,15</b>            | <b>22%</b>        | <b>19%</b>        |
| <b>10</b>                       | <b>8:30</b>                       | <b>16,02</b>            | <b>13,04</b>            | <b>39%</b>        | <b>50%</b>        |

pH: 5,90

Dosificación intervalo 40ppm- 60ppm



Donde la presencia del floc visible determina la mejor dosificación a emplear

## Índice de Willcomb

| Numero del Índice | Descripción  |
|-------------------|--|
| 00                | Floc coloidal. Ninguno signo de aglutinación   |
| 02                | Visible. Floc muy pequeño, casi imperceptible para un observador no entrenado.                         |
| 04                | Disperso. Floc bien formado pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta). |
| 06                | Claro. Floc de tamaño relativamente claro pero que precipita con lentitud.                             |
| 08                | Bueno. Floc que se deposita fácil pero completamente.  |
| 10                | Excelente. Floc que se deposita todo dejando el agua cristalina.                                       |

Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/paraguay/evaplatra.pdf>

## Tablas resultado floculantes

| Poliacrilamida iónico         |                            |                 |
|-------------------------------|----------------------------|-----------------|
| Turbiedad Inicial ( 1,37 UNT) |                            |                 |
| Dosificación (ml)             | Tiempo en Sedimentar (min) | Turbiedad (UNT) |
| 0,1                           | 2:35                       | 0,46            |
| 0,15                          | 1:48                       | 0,27            |
| 0,2                           | 3:25                       | 1,40            |
| 1,25                          | 3:36                       | 1,47            |

| Polímero catiónico            |                            |                 |
|-------------------------------|----------------------------|-----------------|
| Turbiedad Inicial ( 1,37 UNT) |                            |                 |
| Dosificación (ml)             | Tiempo en Sedimentar (min) | Turbiedad (UNT) |
| 0,1                           | 4:35                       | 1,33            |
| 0,15                          | 6:40                       | 1,22            |
| 0,2                           | 3:15                       | 1,03            |
| 1,25                          | 2:18                       | 0,94            |

## Desinfección

Hipoclorito de sodio 15%

$$C_{inicial} * V_{inicial} = C_{final} * V_{final}$$

$C_{final}$  = Concentración de la solución (1%)

$V_{final}$  = Volumen de la solución

$V_{inicial}$  = Volumen agua

$C_{inicial}$  = Concentración de hipoclorito (15%)

Ejemplo:

$$150000ppm * V_{inicial} = 10000ppm * 100ml$$

$$V_{inicial} = 1000000ppm * ml / 150000ppm$$

$$V_{inicial} = 6,7 ml$$

**ANEXO E**  
**CARACTERIZACION FINAL DESPUES DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO**



**ALFAMPAR S.A.S.**

NIT: 900.129.681-6

www.laboratoriosamparorestrepo.com

**Dra. AMPARO RESTREPO DE ÁVILA**

Nº de Análisis: A / 8417



**Identificación del Cliente**

|                  |                               |                     |                          |
|------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------|
| <b>Cliente</b>   | AGUAS DEL TRAPICHE SAS ESP    | <b>Dirección</b>    | CALLE 39 No.31-42 CENTRO |
| <b>NIT</b>       | 900.469.801-1                 | <b>Departamento</b> | META                     |
| <b>Teléfonos</b> | 6629477 3124685594 3125498480 | <b>Municipio</b>    | VILLAVICENCIO            |

**Identificación de la Muestra**

|                                      |                               |                                |                     |
|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| <b>Tipo de muestra</b>               | AGUA POTABLE (IRCA)           | <b>Fecha Toma Muestra</b>      | 16/05/2016 13:35:00 |
| <b>Lugar de Toma</b>                 | CONDominio MANARES LA RESERVA | <b>Fecha Recepción Muestra</b> | 16/05/2016 14:05:00 |
| <b>Punto de Toma</b>                 | PUNTO DE MUESTREO No. 5       | <b>Fecha Inicio Análisis</b>   | 16/05/2016 15:01:06 |
| <b>Responsable Toma y Transporte</b> | EMPRESA                       | <b>Fecha Dictamen</b>          | 18/05/2016 07:57:01 |

**ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES**

| PARÁMETRO                   | RESULTADO    | MÉTODO ANALÍTICO | VALOR ADMISIBLE            |
|-----------------------------|--------------|------------------|----------------------------|
| <b>GRUPO FÍSICO-QUÍMICO</b> |              |                  |                            |
| Color                       | 5 mg/l Pt/Co | SM 2120-B-C      | Hasta 15 UPC               |
| pH                          | 7,2 udes. pH | SM 4500-B        | 6.50 - 9.00 Unidades de pH |
| Conductividad               | 115 µS/cm    | SM 2510-B        | Hasta 300 µ S/cm           |
| Turbiedad                   | 0,30 UNT     | SM 2130-B        | Hasta 2 UNT                |
| Cloro Residual Libre        | 0,59 mg/l    | SM 4500-G        | 0.3 - 2.0 mg/l             |
| Cloro Total                 | 0,63 mg/l    | SM 4500-G        | Hasta 2 mg/l               |
| Dureza Total                | 26,7 mg/l    | SM 2340-C        | Hasta 300 mg/l             |
| Calcio                      | 7,1 mg/l     | SM 3500-B        | Hasta 60 mg/l              |
| Magnesio                    | 2,16 mg/l    | SM 3500-B        | Hasta 36 mg/l              |
| Alcalinidad                 | 17,8 mg/l    | SM 2320-B        | Hasta 200 mg/l             |
| Nitratos                    | <4 mg/l      | SM 4500-H        | Hasta 10 mg/l              |
| Nitritos                    | <0,02 mg/l   | SM 4500-B        | Hasta 0.1 mg/l             |
| Sulfatos                    | <20 mg/l     | SM 4500-E        | Hasta 250 mg/l             |
| Hierro                      | <0,10 mg/l   | SM 3500-B        | Hasta 0.3 mg/l             |
| Sólidos Disueltos Totales   | 65 mg/l      | SM 2540          | Hasta 200 mg/l             |
| <b>GRUPO MICROBIOLÓGICO</b> |              |                  |                            |
| E. Coli                     | 0 ufc/100ml  | SM 9222-D        | 0 ufc/100ml                |
| Coliformes totales          | 0 ufc/100ml  | SM 9222-B        | 0 ufc/100ml                |

**IRCA por Muestra**

00 %

**Nivel de Riesgo**

Sin riesgo - Agua apta para consumo humano.

**Legislación de la Muestra**

Res. 2115/2007



Los valores marcados con el signo \* indican que el resultado obtenido no cumple con los rangos admisibles según la normativa.

Los análisis hacen referencia exclusivamente a las muestras recogidas en el día/hora indicada en este informe.

Este informe no podrá ser reproducido ni total ni parcialmente sin el consentimiento del Laboratorio.

\*\*El presente documento es válido únicamente si tiene el sello seco.

REGISTRO PICCAP - AUTORIZADO POR EL MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL - RESOLUCIÓN 1615 DEL 15 DE MAYO DEL 2015

## ANEXO F

### CALCULOS DE DISEÑOS PARA LOS EQUIPOS EMPLEADOS

#### BANDEJAS DE AIREACIÓN

Se diseña la torre de aireación según los parámetros que rigen el libro de Jairo Alberto Romero Rojas, donde la carga hidráulica es  $0,8 \frac{m^3}{m^2 \text{ dia}}$ <sup>15</sup>. Con los parámetros de diseño:

|   |  |
|---|--|
| <b>Carga Hidráulica superficial</b>       | $<100 \frac{m^3}{m^2 \text{ dia}}$             |
| <b>Numero de bandejas</b>                 | 3 a 5  |
| <b>Separación entre bandejas</b>          | 0,3 m a 0,75 m                                 |
| <b>Profundidad del agua en la bandeja</b> | Aproximadamente 0,15 m                         |
| <b>Área de las bandejas</b>               | 0,5 a 2 $m^2$ por cada 1000 $m^3$ de capacidad |
| <b>Tamaño del medio</b>                   | Partículas de coque de 0,05 a 0,15m            |
| <b>Profundidad del medio</b>              | 0,15 a 0,3 m                                   |

Fuente. ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Purificación del agua. Bogotá. Escuela Colombiana de ingeniería. 2da edición.

Condiciones iniciales

Q= 5 L/s

Material: poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Parámetros iniciales

Numero de bandejas: 4

Separación entre bandejas: 0.5 m

Carga hidráulica superficial:  $0,8 \frac{m^3}{m^2 \text{ min}}$

$$Ab = \frac{Q}{Ch}$$

Donde:

Ch: carga superficial

Q: caudal máximo

Ab: Área de las bandejas

$$Ab = \frac{5 \frac{L}{s} \times \frac{1m^3}{1000 L} \times 60 \frac{s}{min}}{0,8 \frac{m^3}{m^2 \text{ min}}} = 0,38 m^2$$

<sup>15</sup> ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Purificación del agua. Bogotá. Escuela Colombiana de ingeniería. 2da edición.

Ibid, pág. 90 pág. 374

A partir del cálculo del área requerida de las bandejas, se comprueba que el área de bandejas cuadrada es de  $0,25m^2$  es apropiado para este sistema.

Área total de bandejas.

$$At = Nb \times Ab$$

$$At = 4 \times 0,25 m^2 = 1m^2 > 0,38m^2$$

Donde:

Nb = número de bandejas

Numero de orificios

Se implementan orificios de 5mm de diámetro

Separación entre orificios de 2,5 cm entre si

$$\sqrt{0,25m^2} = 0,5 m$$

$$No \times (0,5) + (No + 1) \times (2,5) = 50 cm$$

$$0,5No + 2,5 No + 2,5 = 50cm$$

$$3No = 47,5 \quad No = 15$$

De esta forma se implementaran 15 filas con 15 orificios con un diámetro de 5mm con una separación de 2,5 cm.

Orificios de borde

$$L = 15 \times 0,5 cm + 14 \times 2,5cm + 2 \times Ob = 50 cm$$

$$Ob = 3,75 cm$$

Área total de orificios:

$$Ato = \frac{\pi \times o^2 \times Nf \times No}{4}$$

Donde

O = es diámetro de orificio

Nf= número de filas de orificios

No= número de orificios

$$Ato = \frac{\pi \times 0,5cm^2 \times 15 \times 15}{4} = 44,17 cm^2$$

Velocidad de flujo

$$Vf = \frac{Q}{Ato} = \frac{5 \frac{L}{s} \times \frac{1m^3}{1000L}}{44,17 cm^2 \times \frac{1m^2}{10000cm^2}} = 1,13 m/s$$

Altura de la lámina en la bandeja

$$H = \frac{vf^2}{2gCv^2} = \frac{0,248^2}{2 \times 9,8 \times 0,82^2} = 0,1m$$

Tiempo de contacto

$$\theta = Nb \times \sqrt{\frac{2hb}{g}} =$$



$$4 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,5m}{9,8 \frac{m}{s}}} = 1,3 s$$

## DOSIFICADOR DE COAGULANTE Y FLOCULANTE

De acuerdo a la dosificación encontrada en el test de jarras se parte para hallar el peso correcto de coagulante a dosificar este se halla según la ecuación:

$$Psa = Q \times Dc$$

- *Psa*: peso del reactivo a dosificar
- *Q*: caudal de diseño de la planta
- *Dc*: dosis de coagulante

Mayor peso en la dosificadora a la dosis máxima:

$$Psa.max = 5 \frac{L}{s} \times \frac{3600 s}{hora} \times 60 \frac{mg}{L} \times \frac{1 g}{1000 mg} \times \frac{1 kg}{1000 g} = 1,1 \frac{kg}{hora}$$

Menor peso en la dosificadora a la dosis mínima:

$$Psa.min = 5 \frac{L}{s} \times \frac{3600 s}{hora} \times 40 \frac{mg}{L} \times \frac{1 g}{1000 mg} \times \frac{1 kg}{1000 g} = 0,72 \frac{kg}{hora}$$

Promedio de dosificación

$$Pprom: 0,91 \frac{kg}{hora}$$

Se puede obtener el consumo diario promedio de coagulante utilizado siendo este de 21,84 Kg

En el proceso de floculación es sistema es el mismo variando únicamente la dosis de floculante.

$$Psa.max = 5 \frac{L}{s} \times \frac{3600 s}{hora} \times 2 \frac{mg}{L} \times \frac{1 g}{1000 mg} \times \frac{1 kg}{1000 g} = 0,036 \frac{kg}{hora}$$

$$Psa.min = 5 \frac{L}{s} \times \frac{3600 s}{hora} \times 1 \frac{mg}{L} \times \frac{1 g}{1000 mg} \times \frac{1 kg}{1000 g} = 0,018 \frac{kg}{hora}$$

$$Pprom: 0,027 \frac{kg}{hora}$$

Consumo diario promedio de floculante utilizado es de 0,648 kg

## MEZCLA RAPIDA CON TURBINA DE PALETAS

| Tiempo de retención(s) | Gradiente de Velocidad (s)-1 |
|------------------------|------------------------------|
| 20                     | 1000                         |
| 30                     | 900                          |
| 40                     | 790                          |
| >40                    | 700                          |

Fuente: COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico 2000. Sección I, Título C Sistemas de potabilización. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, D.C., 2000.

Condiciones iniciales

$$Q = 5 \frac{L}{s}$$

Tiempo de contacto  $\theta = 75$  s

Parámetros iniciales

$$G = 700 \text{ s}^{-1}$$

$$\mu = \text{Viscosidad dinámica del agua} = 1,139 \times 10^{-3} \frac{N \times s}{m^2}$$

$$\rho = 1000 \frac{Kg}{m^3}$$

$$D = H$$

D= diámetro total del mezclador

H= altura total del mezclador

Diseño de equipo

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \times V}}$$

G = gradiente de velocidad  $s^{-1}$

V = Volumen del tanque  $m^3$

$\mu$  = Viscosidad dinámica del agua  $\frac{N \times s}{m^2}$

P = potencia introducida al agua W

Volumen del tanque

$$V = Q \times \theta = 5 \frac{L}{s} \times \frac{1 m^3}{1000 L} \times 75 s = 0,375 m^3$$

$$P = G^2 \times \mu \times V = \left(\frac{700}{s}\right)^2 \times \left(1,139 \times 10^{-3} \frac{N \times s}{m^2}\right) \times 0,375 m^3 = 209,29125 W$$

“Se asume una eficiencia de motor convencional del 80%”<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Purificación del agua. Bogotá. Escuela Colombiana de ingeniería. 2da edición. Pág. 61

$$P = \frac{209,29125 \text{ W}}{0,8} \times \frac{\text{kW}}{1000\text{W}} = 0,26 \text{ kW}$$

Se adopta un motor de 1 kW

Para este diseño se usara una cámara cilíndrica siguiendo los parámetros recomendados por Richter.

$$\frac{D}{d} = 3$$

$$\frac{H}{d} = 3$$

$$H = D$$

Volumen de un cilindro

$$V_c = \frac{\pi \times r^2 \times H}{1} = \frac{\pi \times D^2 \times H}{4} = \frac{\pi \times H^2 \times H}{4} = \frac{\pi \times H^3}{4}$$

$$V_c = \frac{\pi \times H^3}{4} = 0,375 \text{ m}^3$$

Despejando H,

$$H = \sqrt[3]{\frac{4 \times 0,375 \text{ m}^3}{\pi}} = 0,78 \text{ m}$$

$$H = 0,78 \text{ m}$$

$$D = 0,78 \text{ m}$$

Diámetro de la turbina (impulsor) (d)

$$d = \frac{D}{3} = \frac{0,78 \text{ m}}{3} = 0,26 \text{ m}$$

Ancho de la paleta del impulsor (w)

$$\frac{w}{d} = \frac{1}{5}$$

$$w = \frac{d}{5} = \frac{0,26 \text{ m}}{5} = 0,052 \text{ m} = 5,2 \text{ cm}$$

Considerando la relación

$$0,75 \leq \frac{h}{d} \leq 1,3$$

$$0,75 \leq \frac{h}{0,26 \text{ m}} \leq 1,3$$

Se asume

$$h = d$$

$$\frac{h}{d} = \frac{0,26 \text{ m}}{0,26 \text{ m}} = 1$$

$$0,75 \leq 1 \leq 1,3$$

Cumple con la relación  
Considerando la relación

$$2,7 \leq \frac{H}{d} \leq 3,9$$

$$2,7 \leq \frac{0,78m}{0,26m} \leq 3,9$$

$$2,7 \leq 3 \leq 3,9$$

Cumple con la relación  
Longitud de las aspas (B)

$$\frac{B}{d} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{d}{4} = B$$

$$B = \frac{0,26m}{4}$$

$$B = 0,065m = 6,5 \text{ cm}$$

Se utilizaran 4 pantallas para evitar el vórtice  
Ancho de las pantallas

$$e = \frac{D}{10}$$

$$e = \frac{0,78m}{10} = 0,078m$$

$$e = 7,8 \text{ cm}$$

Velocidad de rotación

$$P = K \times \rho \times N^3 \times d^5$$

Ecuación de Rushton.

P= potencia requerida, W

K= Constante para turbina paletas planas, 2 paletas

$\rho$ = Densidad del agua  $\frac{Kg}{m^3}$

d= Diámetro del impulsor m

N= Velocidad del impulsor Rps

$$N = \left[ \frac{P}{K \times \rho \times d^5} \right]^{\frac{1}{3}} = \left[ \frac{209,291 \text{ W}}{1,7 \times 1000 \frac{Kg}{m^3} \times (0,26m)^5} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$= 4,7 \text{ Rps} \times 60 \frac{s}{min}$$

$$= 281,82 \text{ Rpm}$$

Numero de Reynolds

$$NRe = \frac{\rho \times N \times d^2}{\mu}$$

d =diámetro del impulsor, m

N= Rps

$\rho$  = Densidad del agua  $\frac{Kg}{m^3}$

$\mu =$  Viscosidad dinámica,  $\frac{N \times s}{m^2}$

$$NRe = \frac{1000 \frac{Kg}{m^3} \times 4,7 Rps \times (0,26 m)^2}{1,139 \times 10^{-3} \frac{N s}{m^2}}$$

$$NRe = 278.946,44$$

Cumple con la ecuación de Rushton, puesto que establece que el número de Reynolds mayor a 100.000 crea las condiciones propicias para que exista una turbulencia completa en el tanque.

### FLOCULADOR HIDRAULICO DE FLUJO VERTICAL

Condiciones iniciales

$$Q = 5 \frac{L}{s}$$

Criterios de diseño

|                               |                           |
|-------------------------------|---------------------------|
| <b>Velocidad del agua</b>     | 0,2 a 0,6 $\frac{m}{s}$   |
| <b>Tiempo de retención</b>    | 20 a 40 min               |
| <b>Gradiente de velocidad</b> | 20 $s^{-1}$ a 70 $s^{-1}$ |

Fuente: COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico 2000. Sección I, Título C Sistemas de potabilización. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, D.C., 2000.

Parámetros iniciales

Tiempo de retención tr: 30 min

Ancho del tanque (Ta): 1m

Velocidad de flujo: 0,2  $\frac{m}{s}$

Diseño del equipo

Longitud de flujo

$$L = v1 \times tr$$

$$L = 0,2 \frac{m}{s} \times 30 \text{ min} \times 60 \frac{s}{m} = 360 m$$

Profundidad de canal (Pc): 2,5m

Número de canales

$$N = \frac{L}{Pc}$$

$$N = \frac{360m}{2,5 m} = 144 \text{ canales}$$

Área de flujo (af)

$$af = \frac{Q}{v1}$$

$$af = \frac{5 \frac{L}{s} \times \frac{1 m^3}{1000 L}}{0,2 \frac{m}{s}} = 0,025 m^2$$

Distancia entre pantallas para un ancho de canal (ac) de 0,1 m

$$e = \frac{af}{ac}$$

$$e = \frac{0,025 m^2}{0,1 m} = 0,25 m$$

Para un ancho de tanque de (1,0 m) se dispone de 9 canales de 0,1 m, con muros de separación (ms) de 0,0125m, de espesor.

Se calcula la pérdida por fricción, hf, por la fórmula de Manning.

Radio medio hidráulico

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(0,25 \times 0,1)}{2 \times (0,25 + 0,1)}$$

$$R = 0,0357 m$$

A: Área del canal

P: perímetro del canal

$$hf = \frac{(n \times v1)^2 * L}{R^{\frac{4}{3}}}$$

$$hf : \frac{(0,013 \times 0,20 \frac{m}{s})^2 \times 144}{(0,0357 m)^{\frac{4}{3}}} = 0,20691 m$$

Se calcula velocidad v2, para orificio de 0,375m de altura, según el libro de Arboleda para floculadores hidráulicos el espaciamiento entre los tabiques y la pared, igual a 1,5 veces la separación entre tabiques.

$$eo = 0,25 \times 1,5m = 0,375m$$

Velocidad para orificios

$$v2 = \frac{5 \frac{L}{s} \times \frac{1m^3}{1000L}}{0,1 m \times 0,375 m} = 0,133 \frac{m}{s}$$

De acuerdo a la ecuación,

Perdida adicional por curvas en el canal (h)

$$h = \frac{N * v_1^2 + (N - 1) * v_2^2}{2g}$$

$$h = \frac{144 * (0,2 \frac{m}{s})^2 + 143 * (0,133 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9,8 \frac{m}{s^2}} = 0,42358 m$$

Se calcula la pérdida en el floculador (H)

$$H = 0,42358 m + 0,20691m = 0,63049 m$$

Se calcula el gradiente de velocidad para rectificar los datos

$$G = \sqrt{\frac{\gamma H}{\mu t}}$$

$$G = \sqrt{\frac{9800 \frac{N}{m^3} 0,63049 m}{1,14 \times 10^{-3} \frac{N s}{m^2} \times 30 \text{ min} \times \frac{60 s}{1 \text{ min}}} = 55 s^{-1}}$$

G = Gradiente de velocidad

H = Perdida de energía en el tanque, m

$\rho$  = Densidad del fluido

$\mu$  = Viscosidad dinámica del fluido

$\gamma$  = Peso específico del fluido

Longitud del floculador con pantallas de 1 cm de espesor con 16 compartimientos

$$L = Nc * e + (Nc - 1) * ep$$

$$L = 16 * 0,25 m + (16 - 1) * 0,01m$$

$$L = 4,15m$$

ep = espesor de pantallas

Nc = número de compartimientos

Se verifica el ancho del tanque de floculación

$$Ta = Nc * ac + (Nc - 1) * ms$$

$$Ta = 16 * 0,1m + (15) * 0,0125m$$

$$Ta = 1 m$$

Altura extremo 2

$$Ax2 = Pc + h$$

$$Ax2 = 2,5m + 0,4235 = 2,9235m$$

Altura extremo 1

$$Ax1 = Pc + eo$$

$$Ax1 = 2,5m + 0,375m = 2,875m$$

## SEDIMENTADOR DE ALTA TASA

Para el diseño del sedimentador se tienen ciertos parámetros de diseño obtenidos de la información inicial y otros asumidos de acuerdo a la normatividad RAS 2000 Título C. Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico

Criterios de diseño

|  |   |
|--|---|
| <b>Tiempo de retención</b>               | 10 -15 min                              |
| <b>Profundidad</b>                       | 4 a 5,5 m                               |
| <b>Inclinación de las placas</b>         | 60 °                                    |
| <b>Distancia entre placas</b>            | 5 a 10 cm                               |
| <b>Espesor de las placas de asbestos</b> | 8 a 10 mm                               |
| <b>Carga superficial</b>                 | 120 a 185 $\frac{m^3}{m^2 \text{ dia}}$ |
| <b>Numero de Reynolds</b>                | <500                                    |

Fuente: COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento Técnico Del Sector

De Agua Potable Y Saneamiento Básico 2000. Sección I, Título C Sistemas de potabilización. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, D.C., 2000.

Parámetros iniciales conocidos

$$Q \text{ caudal} = 0,005 \frac{m^3}{s}$$

Inclinación placas  $\theta = 60$

Separación de las Placas  $d = 0,05m$

Ancho tanque  $w = 1,2 m$

Largo del tanque  $L_t = 2,4m$

Largo de la placa  $l = 1,2 m$

Espesor de la placa  $ep = 0,01m$

Sc= Valor Critico de S  $Sc=1$

Profundidad del tanque 3m

Dimensionamiento

Inicialmente se procede a hallar la carga superficial teniendo en cuenta los parámetros de la norma

$$Cs = \frac{Q}{Aa}$$

$$Cs = \frac{432 m^3/dia}{2,88m^2} = 150 \frac{m^3}{m^2 dia}$$

Longitud del área de sedimentación (Ls)

$$Ls = \frac{Aa}{W}$$

$$Ls = \frac{2,88m^2}{1,2 m} = 2,4 m$$

Velocidad de flujo de sedimentación

$$Vo = \frac{Q}{Aa * \text{sen } 60}$$

$$Vo = \frac{432 \frac{m^3}{dia} \times 100}{86400 \times 2,88 m^2 * \text{sen } 60} = 0,2 \frac{cm}{s}$$

Numero de Reynolds

$$Nr = \frac{Vo * d}{\gamma}$$

$$Nr = \frac{0,2 \frac{cm}{s} \times 10^{-2} \times 0,05m}{1,17 \times 10^{-6}}$$

$$Nr = 86$$

Longitud relativa de sedimentación

$$L = \frac{l}{d}$$

$$L = \frac{120}{5} = 24$$



Longitud relativa de la zona de transición

$$L' = 0,013 * Nr$$

$$L' = 0,013 * 86 = 1,11$$

Longitud relativa corregida de sedimentación

$$Lc = L - L'$$

$$Lc = 24 - 1,11 = 22,88$$

Velocidad critica de sedimentación

$$V_{ss} = \frac{sc * cs}{\text{sen } 60 + (lc * \text{cos}60)}$$

$$V_{ss} = \frac{1 * 150 \frac{m^3}{m^2 \text{ dia}}}{\text{sen}60 + (22,88 * \text{cos}60)} = 12,19 \frac{m}{d}$$

Tiempo de retención de las placas

$$Tr = \frac{l}{Vo}$$

$$Tr = \frac{120cm}{0,2} = 600s = 10 \text{ min}$$

Número de placas

$$Np = \frac{(Ls - l \text{ cos}\phi) * \text{sen } 60 + d}{d + ep}$$

$$Np = \frac{(2,4m - 1,2m * \text{cos}60) \text{sen}60 + 0,05}{0,05 + 0,01} = 27 \text{ placas}$$

## FILTRADORES

El sistema trabaja con dos filtros a presión, en paralelo, de flujo descendente, donde el lavado se efectúa con flujo ascendente y solo con agua filtrada producida por el otro filtro.

Cada filtro se diseña, para trabajar a la mitad del caudal.

Parámetros de diseño

Numero de filtros: 2

Caudal de diseño: 0,005 m<sup>3</sup>/s

Caudal de diseño por filtro: 0,0025 m<sup>3</sup>/s

Carga de filtración para filtros a presión: q = entre 120 y 350 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> día

Velocidad en tuberías: 0,5 m/s a 4 m/s

Parámetros asumidos

Carga asumida 165 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> día

Velocidad en tubería: 1,2 m/s

Altura del lecho filtrante: 0,5m

% de expansión: 40 %

Altura material de soporte: 0,2m

Altura para filtración: 0,7m

Altura para lavado: 0,2m

Altura total en lavado: 0,9m

Altura recta de cada filtro: 1m

Tamaño de la arena: malla 20-40

Tamaño de la antracita: malla 14-20

Tamaño de gravilla: malla 6-12= 10 cm

Colector inferior de cada filtro: Colector central en forma de araña, con tubería lateral ranurada.

Dimensionamiento

Área de cada filtro

$$A = \frac{Q}{q} = \frac{216 \text{ m}^3/\text{dia}}{165 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \text{ dia}} = 1,31 \text{ m}^2$$

Diámetro de cada filtro

$$D = 1,3\text{m}$$

Diámetro de la tubería de entrada y salida de cada filtro

Se calcula el diámetro para Q/2, que es la operación normal del sistema de filtración.

Para velocidad = 1,20 m/s

$$d = 0,00208 = 2''$$

Se calcula el diámetro para Q total, cuando se realiza el lavado de los filtros, el cual se efectúa lavando un filtro con agua procedente del otro y a caudal total,

Para velocidad = 1,2 m/s

$$d = 0,00417 = 2,86 = 3''$$

Para este diámetro y Q/2, la velocidad = 0,60 m/s

Obteniendo el diámetro correcto según la velocidad que genere siendo este 0,00417m el diámetro correcto de la tubería a utilizar para la interconexión entre los dos filtros

Lavado de los filtros

El lavado de cada filtro dura 10 minutos que da un consumo de agua de lavado por filtro de 3 m<sup>3</sup>, operación que deberá efectuarse cada 12 horas de trabajo empleando un gasto en el lavado de 330 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> día.

El lavado se efectúa cuando existe un diferencial de presión equivalente a 10 psi entre la entrada y salida del filtro con respecto a la lectura inicial después del lavado.

El Colector inferior está formado por un colector central de 4" y tubos laterales ranurados. Se asumen 8 tubos de ¾ de 0,55 m de largo, con ranuras de 1mm, de longitud 2 cms, por dos caras y separadas cada 5mm

Total de ranuras= 1760

Área por ranura = 2 x10<sup>-5</sup> m<sup>2</sup>

Velocidad en la ranura = 0,142 m/s

$$\text{Velocidad del tubo de } 3/4'' = \frac{0,005 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{2,85 \times 10^{-4}} = 2,19 \text{ m/s}$$

Perdida de carga en la arena

L arena tiene un tamaño específico de 0,5mm y el coeficiente de uniformidad de 1,5; por lo tanto, el 60% del análisis corresponde a un tamaño de 1,5 x 0,5 = 0,75mm

La pérdida en la filtración se calcula para el caso más crítico, que es cuando se efectúa el lavado de un filtro.

Velocidad de filtración

$$V_f = \frac{0,005 \text{ m}^3}{s} \times 100 \frac{\text{cms}}{\text{m}} = 0,378 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 0,004 \text{ m/s}$$

Viscosidad del agua = 0,0114 cm<sup>2</sup>/s

Coefficiente de esfericidad  $C_e = 0,82$

Porosidad de la arena =  $P_o = 0,42$

Altura del lecho  $L = 0,5 \text{ m} = 50 \text{ cm}$

Perdida en la filtración

$$H_f = K_v \left( \frac{\mu}{g} \right) \times \frac{(1 - P_o)^2}{(P_o)^3 \times \left( \frac{6}{C_e} \right)^2 \times L \times \sum \%d^2}$$

$$H_f = \frac{5 \times 0,378 \times 0,0114 \times (1 - 0,42)^2 \times 36 \times 50 \times 211,75}{9,81 \times (0,42)^3 \times (0,82)^2} = 56,52 \text{ cms} = 0,565 \text{ m}$$

Perdida en el sistema recolector

Velocidad de ranura = 0,142 m/s

Perdida de carga por ranura

$$H_r = \frac{1,5v^2}{2g} = \frac{1,5 \times (0,142)^2}{2 \times 9,8} = 0,00154 \text{ m}$$

Perdida en el tubo recolector

$$H_t = \frac{1,5v^2}{2g} = \frac{1,5 \times (2,19)^2}{2 \times 9,8} = 0,367 \text{ m}$$

Perdida de carga en el tubo central de salida

$D = 4''$

$Q_{\text{max}} = 0,005 \text{ m}^3/\text{s}$

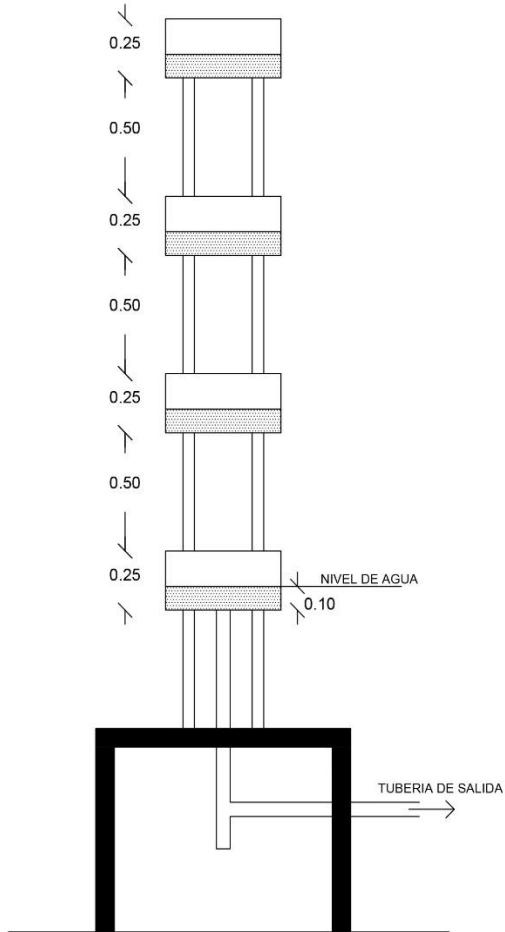
Velocidad = 1,23 m/s

$$H_c = \frac{1,5v^2}{2g} = \frac{1,5 \times (1,23)^2}{2 \times 9,8} = 0,116 \text{ m}$$

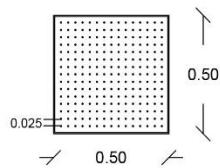
Pérdida total en la filtración durante el lavado de un filtro 1,050m.

## ANEXO G DISEÑO DE EQUIPOS

ALZADO  
ESC 1:25



PLANTA  
ESC 1:25



UNIVERSIDAD DE  
AMÉRICA  
INGENIERIA  
QUIMICA

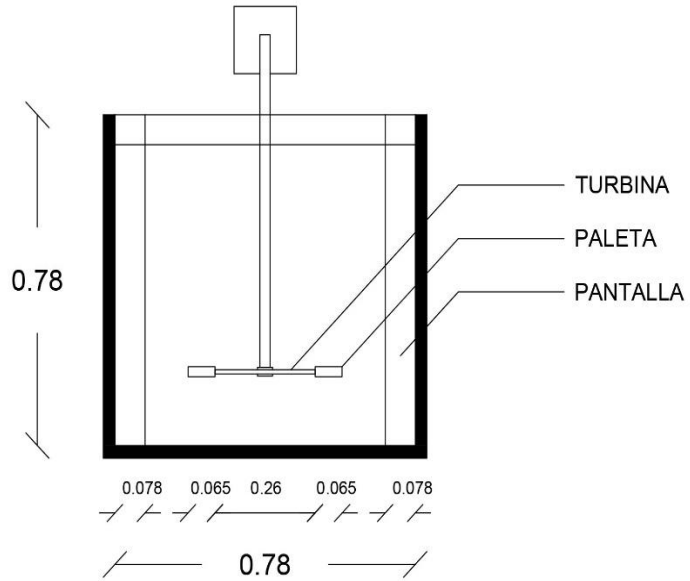
PROYECTO:  
PROPUESTA PARA UN SISTEMA DE TRATAMIENTO  
DE AGUA POTABLE PARA EL ACUEDUCTO AGUAS  
DEL TRAPICHE S.A.S EN VILLAVICENCIO, META

CONTIENE:  
EQUIPO  
AIREADOR DE BANDEJAS

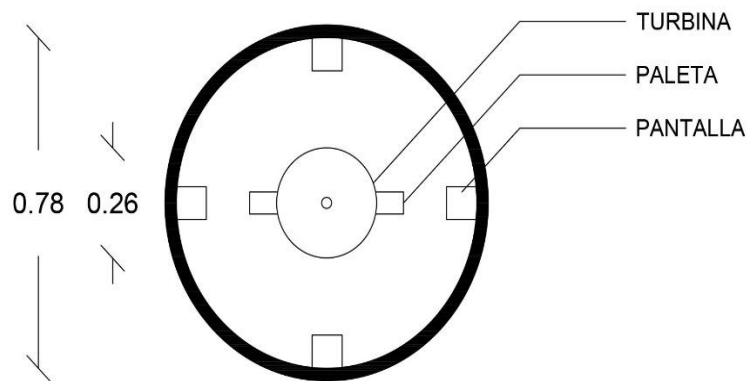
ESCALA:  
Indicada

PLANO:  
**01**

ALZADO  
ESC 1:15



PLANTA  
ESC 1:15



UNIVERSIDAD DE  
AMÉRICA  
INGENIERIA  
QUIMICA

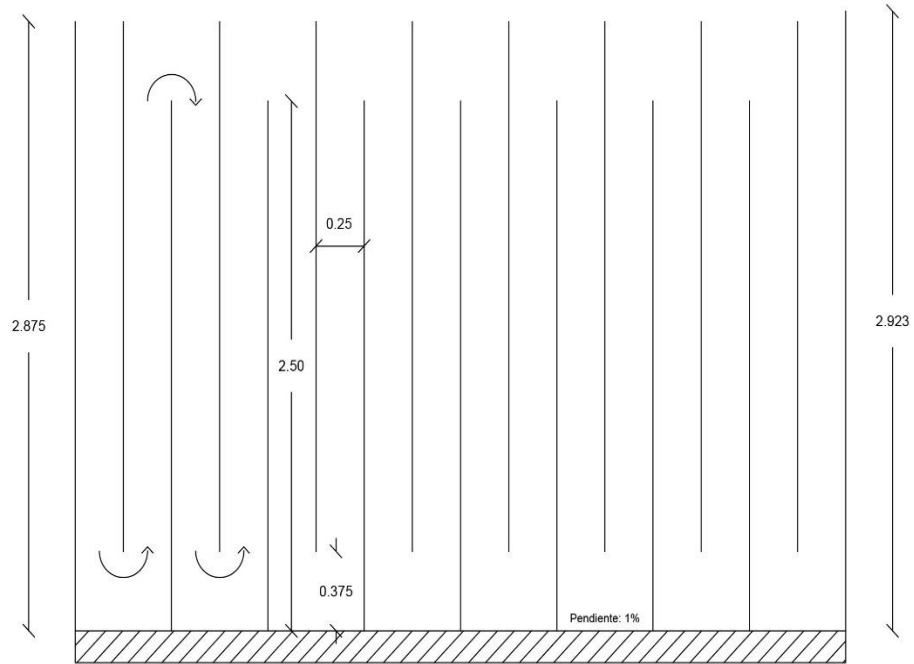
PROYECTO:  
PROPUESTA PARA UN SISTEMA DE TRATAMIENTO  
DE AGUA POTABLE PARA EL ACUEDUCTO AGUAS  
DEL TRAPICHE S.A.S EN VILLAVICENCIO, META

CONTIENE:  
EQUIPO  
MEZCALDOR RAPIDO

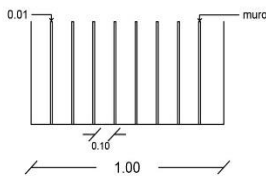
ESCALA:  
Indicada

PLANO:  
01

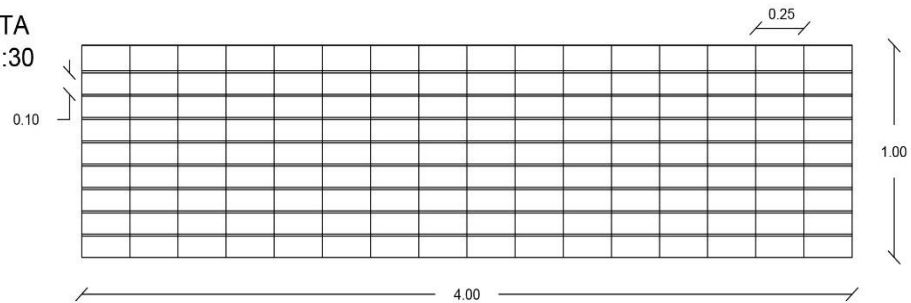
**CORTE LONGITUDINAL  
ESC 1:30**



**CORTE TRANSVERSAL  
ESC 1:30**



**PLANTA  
ESC 1:30**



**UNIVERSIDAD DE AMÉRICA**  
INGENIERIA QUIMICA

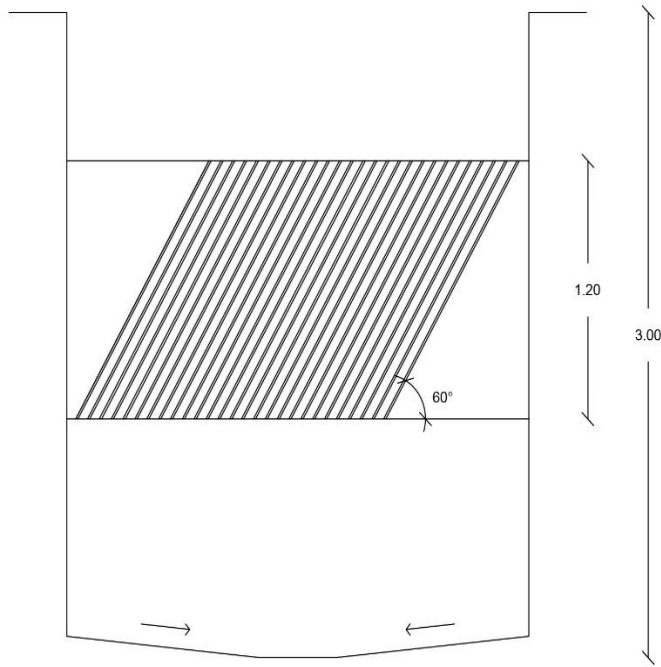
PROYECTO:  
PROPUESTA PARA UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL ACUEDUCTO AGUAS DEL TRAPICHE S.A.S EN VILLAVICENCIO, META

CONTIENE:  
EQUIPO FLOCULADOR

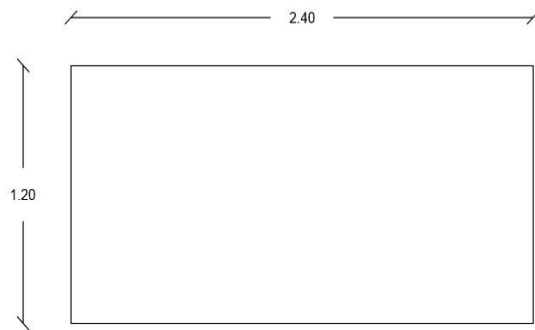
ESCALA:  
Indicada

PLANO:  
**01**

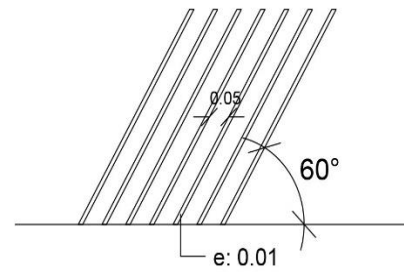
ALZADO  
ESC 1:30



PLANTA  
ESC 1:30



DETALLE  
ESC 1:15



UNIVERSIDAD DE  
AMÉRICA  
INGENIERIA  
QUIMICA

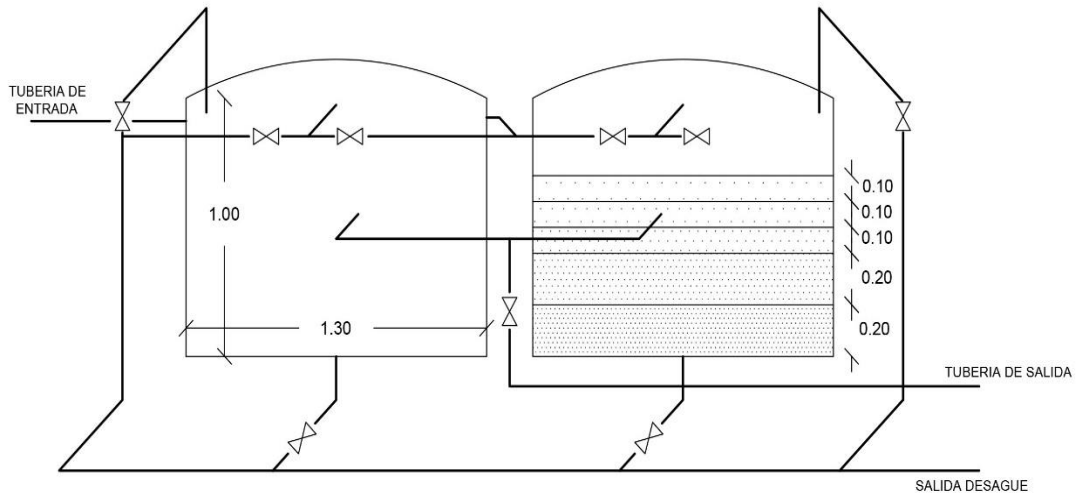
PROYECTO:  
PROPUESTA PARA UN SISTEMA DE TRATAMIENTO  
DE AGUA POTABLE PARA EL ACUEDUCTO AGUAS  
DEL TRAPICHE S.A.S EN VILLAVICENCIO, META

CONTIENE:  
EQUIPO  
SEDIMENTADOR

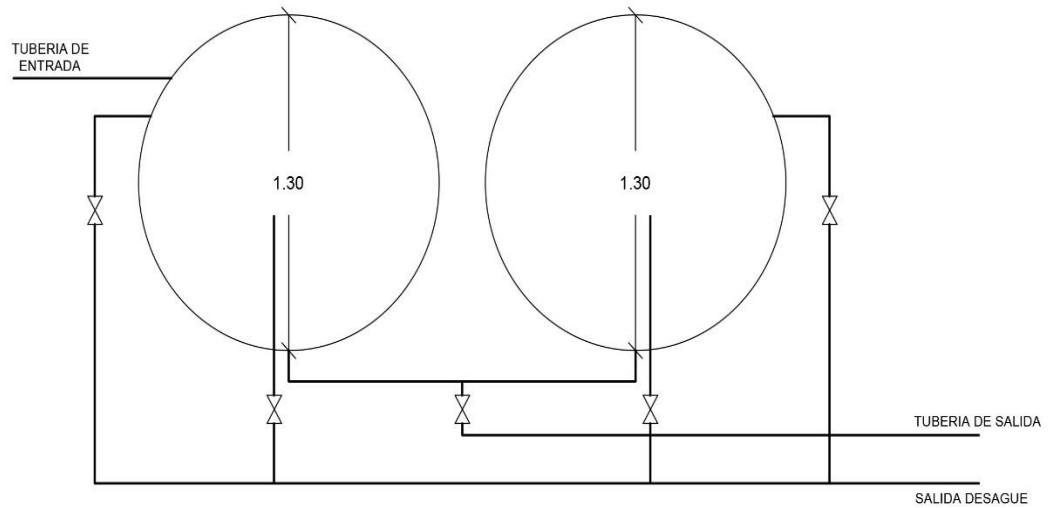
ESCALA:  
Indicada

PLANO:  
01

ALZADO  
ESC 1:25



PLANTA  
ESC 1:25



UNIVERSIDAD DE  
AMÉRICA  
INGENIERIA  
QUIMICA

PROYECTO:  
PROPUESTA PARA UN SISTEMA DE TRATAMIENTO  
DE AGUA POTABLE PARA EL ACUEDUCTO AGUAS  
DEL TRAPICHE S.A.S EN VILLAVICENCIO, META

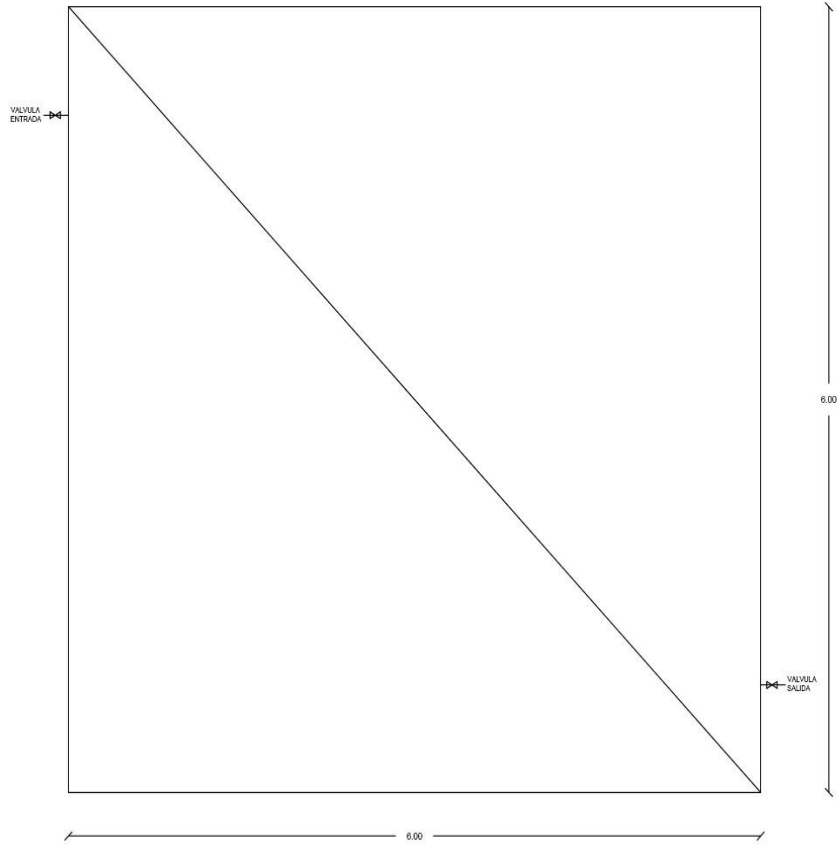
CONTIENE:  
EQUIPO FILTRADOR

ESCALA:  
Indicada

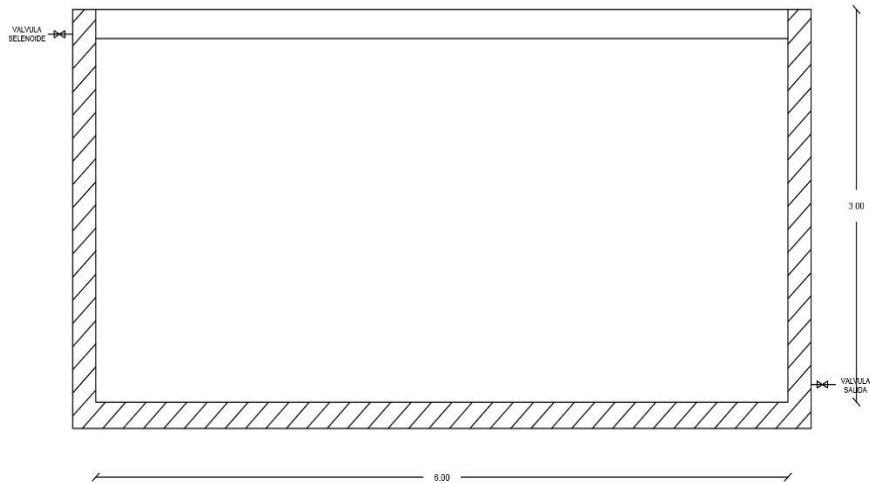
PLANO:  
01



PLANTA  
ESC 1:50



ALZADO  
ESC 1:50



UNIVERSIDAD DE  
AMÉRICA  
INGENIERIA  
QUIMICA

PROYECTO:  
PROPUESTA PARA UN SISTEMA DE TRATAMIENTO  
DE AGUA POTABLE PARA EL ACUEDUCTO AGUAS  
DEL TRAPICHE S.A.S EN VILLAVICENCIO, META

CONTIENE:  
TANQUE DE  
ALMACENAMIENTO

ESCALA:  
Indicada

PLANO:  
01

## ANEXO H COTIZACIONES EXTERNAS



Bogotá D.C., agosto 25 de 2016

Ingeniero  
**DIEGO PRADA**  
Ciudad

**Ref.: Planta de potabilización de aguas.**

Apreciado Ing. Diego:

De acuerdo a lo conversado y a los análisis suministrados, le presentamos la oferta para la construcción, suministro y puesta en marcha de una planta de potabilización de agua para un proyecto en Villavicencio y poder obtener un agua bajo norma que cumpla con la resolución 2115/07 para agua potable.

La planta de tratamiento ofrecida, es una planta semicompacta modular construida en lámina de acero al carbón o en PRFV, para tratar agua proveniente de un pozo, que presenta varios parámetros por fuera de norma como: alta turbiedad, alto color, puede presentar variaciones en el pH, bajo oxígeno por ser pozo profundo y alto hierro. Para su potabilización se requiere un tratamiento que contempla los procesos de: aireación, coagulación, floculación, sedimentación, filtración sobre arena y sobre carbón activado y desinfección.

Se presenta la oferta para tratar 5 Lps, dato suministrado por usted, planta modelo PET – 20. Ver descripción de la planta en el documento No. 2.

La oferta se presenta en original e incluye:

1. Carta de presentación.
2. Condiciones comerciales y presupuesto.
3. Características y especificaciones técnicas de la planta.
4. Diagramas generales de los equipos ofrecidos

En espera de que nuestra oferta sea de su interés, nos suscribimos

Cordialmente,

*Magda Galindo*

Ing. Magda Galindo P.

Gerente

## **2. CONDICIONES COMERCIALES**

### **2.1 Valor de la oferta**

El valor de la planta de tratamiento modelo PET - 20, con todos

Los equipos y servicios descritos, es de ----- \$  
131.700.000

Adicionar el IVA vigente.

## **2.2 Forma de pago**

50% como anticipo

40% a la entrega de los equipos en el sitio de instalación

10% contra entrega del sistema funcionando

## **2.3 Tiempo de entrega**

- El tanque y los equipos se entregan a los 50 días de recibido el anticipo.

- El montaje y puesta en marcha se efectúa en 30 días.

Tiempo total para entregar la planta funcionando 80 días, siempre y cuando estén listas las obras a ejecutar por cuenta de Ustedes.

## **2.4 Validez de la oferta**

30 días a partir de la fecha

## **2.5 Garantías**

Se otorgarán pólizas de cumplimiento, manejo de anticipo y estabilidad de obra. Esta última por un (1) año.

### **3. Documento No. 2**

## **OFERTA PARA LA CONSTRUCCION, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA DE POTABILIZACION DE AGUA**

### **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS MODELO PET - 20**

Capacidad = 5 Lps = 18 m<sup>3</sup>/h

#### **I. DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LA PLANTA**

##### **1. Un (1) tanque de tratamiento**

Consiste en un tanque rectangular construido en lámina de acero al carbón, con refuerzos en canal acero estructural y ángulo, protegido interiormente con pintura anticorrosiva epóxico y pintura esmalte epóxico y exteriormente con anticorrosivo y esmalte o construido en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV). Con un volumen total de 34 m<sup>3</sup>

El tanque está dividido en tres secciones. La primera donde se efectúa la coagulación-floculación; la segunda sección donde se lleva a cabo la sedimentación y la tercera donde se almacena agua sedimentada para ser bombeada al sistema de filtración.

La floculación es hidráulica, de flujo ascendente, de contacto por manto de lodos. La mezcla rápida es hidráulica.

La sección de sedimentación lleva módulos plásticos, es de alta rata. Lleva una entrada de agua floculada lateral inferior, el agua pasa a través de los módulos, la recolección de agua sedimentada se efectúa a través de un canal o tubería en PVC.

El tanque llevará escalera lateral y plataforma.

## **2. Cinco (5) uniones soldar**

Uniones acero soldar de 2" y 3" de diámetro que van incrustados en el tanque de tratamiento y sirven para efectuar el vaciado, pasó y lavado de las tres secciones. Cada unión lleva su válvula y/o accesorios necesarios.

## **3. Un (1) control de caudal**

Para controlar el flujo instantáneo de agua a tratar. Se instala un medidor de caudal en línea, a la entrada de la torre de aireación, con una válvula para su regulación.

## **4. Una (1) torre de aireación**

La torre de aireación consiste en una estructura formada por 4 bandejas construida en PRRFV, soportadas sobre estructura metálica recubierta. Sobre cada bandeja se instala como material de contacto pall ring.

El agua entra a la bandeja superior donde se reparte uniformemente a través de tubería con orificios.

La torre va soportada sobre un tanque a construir en la parte superior del tanque de tratamiento en PRFV.

Se utiliza para oxidar algunos contaminantes del agua tales como DBO, introducir oxígeno al agua y retirar olores.

## **5 Un (1) cono de mezcla rápida**

Donde se efectúa la mezcla de los químicos con el agua cruda (coagulación), empleando mezcla hidráulica.

Consiste en un cono cilíndrico parte inferior en forma de embudo, construido en PRFV, cuyo diámetro superior es mayor que el inferior o de salida.

Lleva los anclajes necesarios para incrustar en el tanque de tratamiento.

## **6. Tres (3) bombas dosificadoras**

Para la aplicación de los elementos químicos tanto en la coagulación como en la desinfección del agua.

Son bombas eléctricas, del tipo peristálticas o de diafragma de carrera ajustable, a 110 voltios con capacidad de 10 gph Pulsatron, Seko o similar. Se suministran con las válvulas pie, cheque, de inyección, mangueras y los demás accesorios necesarios para su normal funcionamiento.

## **7. Tres (3) tanques**

Material: Plástico

Capacidad: 250 Lts

Se utilizan para preparar las soluciones de los químicos, se suministran con sus tapas.

## **8. Un (1) juego de productos químicos**

Necesarios para la puesta en marcha de la planta.

150 kilos de sulfato de aluminio u otro floculante

25 kilos de soda caustica

50 kilos de hipoclorito de sodio

## **9. Dos (2) motobombas**

Para pasar el agua sedimentada al sistema de filtración y al tanque de almacenamiento de agua tratada. Se instalan dos (2) para trabajo alternado por ciclo de encendido.

Consiste cada una en una bomba centrífuga con las siguientes características:

Capacidad: 18 m<sup>3</sup>/h  
Presión: 25 psi  
Motor: Trifásico de 5 HP

Se suministra con la válvula pie y todos los accesorios necesarios para su normal funcionamiento.

#### **10. Dos (2) filtros de arena a presión**

Modelo FVMA - 125, cada filtro consiste en un tanque metálico, construido en lámina de acero al carbón, que trabajan a presión. Las principales características son:

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Número de filtros:               | 2   |
| Capacidad filtración por filtro: | 9 m <sup>3</sup> /h                             |
| Rata de filtración:              | 3 gpm/pie <sup>2</sup>                          |
| Diámetro del filtro:             | 1.25 m.   |
| Altura recta:                    | 1.00 m.   |
| Presión de prueba:               | 90 psi  |
| Presión máxima de trabajo:       | 60 psi  |
| Forma de las tapas:              | Abombadas/soldadas                              |
| Manhole sobre tapa superior:     | De 0.40 x 0.30 m.                               |
| Distribuidor superior:           | En PVC  |
| Colector de agua filtrada:       | Falso fondo PVC                                 |
| Clase de tubería:                | PVC   |
| Diámetro tubería principal:      | 2"  |
| Diámetro tubería de vaciado:     | 2"  |
| Diámetro tubería desfogue:       | 1/2"  |
| Válvulas de control:             | Paso directo apertura rápida                    |
| Lecho filtrante:                 | Arena silíceo CU= 1.45                          |
| Material de soporte:             | Gravillas clasificadas                          |
| Altura del lecho filtrante:      | 0.60 m.   |
| Control de la presión:           | 1 manómetro por filtro                          |
| Llaves terminales:               | 1 por filtro                                    |
| Recubrimiento interior:          | Pintura anticorrosivo epóxico y acabado epóxico |
| Recubrimiento exterior:          | Anticorrosivo y esmalte                         |
| Soporte:                         | Patas   |
| Lavado del filtro:               | En contracorriente                              |
| Tubería interconexión:           | 3"  |

Se suministran completos, con todos los accesorios necesarios para su normal funcionamiento.

#### **11. Un (1) filtro de carbón activado**

Modelo FVCA – 140. El filtro consiste en un tanque metálico, construido en lámina de acero al carbón, que trabajan a presión. Las principales características son

Número de filtros: 1

|  |   |
|--|---|
| Capacidad filtración por filtro:   | 18 m3/h   |
| Rata de filtración:  | 5 gpm/pie2                                      |
| Diámetro del filtro:   | 1.40 m  |
| Altura recta:  | 1.20 m.   |
| Presión de prueba:   | 90 psi  |
| Presión máxima de trabajo:   | 60 psi  |
| Forma de las tapas:  | Abombadas/soldadas                              |
| Manhole sobre tapa superior:   | De 0.40 x 0.30 m.                               |
| Distribuidor superior:   | En PVC  |
| Colector de agua filtrada:   | Falso fondo PVC                                 |
| Clase de tubería:  | PVC   |
| Diámetro tubería principal:  | 3"  |
| Diámetro tubería de vaciado:   | 3"  |
| Diámetro tubería desfogue:   | 1/2"  |
| Válvulas de control:   | Paso directo apertura rápida                    |
| Lecho filtrante:   | Carbón activado granular                        |
| Material de soporte:   | Gravillas clasificadas                          |
| Altura del lecho filtrante:  | 0.40 m.   |
| Control de la presión:   | 1 manómetro por filtro                          |
| Llaves terminales:   | 1 por filtro                                    |
| Recubrimiento interior:  | Pintura anticorrosivo epóxico y acabado epóxico |
| Recubrimiento exterior:  | Anticorrosivo y esmalte                         |
| Soporte:   | Patas   |
| Lavado del filtro:   | En contracorriente                              |
| Se suministran completos, con todos los accesorios necesarios para su normal funcionamiento. |   |

## **12. Un (1) tablero de control**

La motobomba y las dosificadoras funcionarán automáticamente de acuerdo a un nivel de control colocado en el tanque de almacenamiento de agua tratada y otro en el tanque de agua sedimentada.

El control de nivel y los equipos irán conectados a un tablero central, donde se podrán manejar de manera automática o manual los equipos enumerados.

Cada equipo lleva control para automático, Off, manual.

Se suministran los controles de nivel, breakes, relés, protectores guardamotors termomagnéticos, contactores, temporizadores, cables, etc., necesarios para el normal funcionamiento de los equipos.

## **13. Un (1) comparador de Cloro y pH**

Para llevar el control diario de la calidad del agua tratada por la planta.

## **14. Un (1) juego de tuberías**

Se suministran las tuberías y accesorios necesarios para la interconexión de todos los equipos dentro de la planta de tratamiento.

## **15. Servicios suministrados**

1. Examen o estudio para obtener las dosis óptimas de los químicos a utilizar.
2. Transporte de los equipos hasta el sitio de montaje.

3. Montaje y puesta en marcha de la planta de tratamiento.
4. Folleto de instrucciones de operación y mantenimiento.
5. Capacitación de los operadores.
6. Control al arranque de la planta

**16. Obras a ejecutar por ustedes**

1. Vía de acceso al sitio de instalación
2. Construcción de la placa de soporte en concreto para los equipos y caja de desagües
3. Conducción del agua cruda y de la energía eléctrica necesaria a cero (0) metros del sitio de instalación
4. Conducción del agua tratada
5. Suministro de productos químicos para el normal funcionamiento de la planta
6. Disponibilidad de operadores para entrenamiento y manejo de la planta

Cordialmente,

*Magda Galindo*

ING. MAGDA GALINDO PARRA  
Gerente







Villavicencio, Agosto 09 de 2016

**SEÑOR  
DIEGO PRADA  
La Ciudad**

**ASUNTO:** Cotización

N°. FF-84082016

Cordial saludo

Por medio de la presente y de acuerdo a lo requerido damos a conocer la propuesta de nuestro sistema para el tratamiento de agua potable.

**DISEÑO, FABRICACION, SUMINISTRO, INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO COMPACTO CONVENCIONAL PARA AGUA POTABLE DE 5 lps**

**1. OFERTA TÉCNICA**

Basados en los datos suministrados por ustedes, presentamos la construcción de equipos en PRFV que conforman El sistema de tratamiento de agua Potable para un caudal 5 lps garantizando un efluente de alta calidad y durabilidad mayor a quince (15) años por estar contruidos en fibra de vidrio, sencillos de operar y garantía en la consecución de los repuestos.

**2. OBJETIVO**

Satisfacer las necesidades requeridas por el cliente, efectuando la fabricación de los equipos para los sistemas de tratamiento de agua y suministro de todos sus componentes.

**3. VENTAJAS**

Los equipos diseñados en fibra de vidrio para el tratamiento del agua son unidades pre-ensambladas de fábrica reduciendo el área de instalación en sitio, disminuyendo costo en obras y transporte por peso y volumen, fáciles de instalar y sencillos de operar.



Calle 15 No. 12B 38/42 Avenida Los Maracos Tel. 660 75 49 Cel.3118538859

email: [f.p.filtrosapura@hotmail.com](mailto:f.p.filtrosapura@hotmail.com)

Villavicencio – Meta



#### 4. OTRAS VENTAJAS

- Cero costos de mantenimiento preventivo para el cuerpo de los tanques, por estar construida en un material inerte como lo es el poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) que no tiene problemas de corrosión.
- Bajo costo de construcción que evita el desplazamiento de Ingeniero Civil y maestro al sitio de instalación y sobre costo de materiales como hierro y cemento.
- Fácil de reubicar dentro de las instalaciones por su bajo peso y sencillez de instalación.
- Reducción en mantenimiento electro-mecánico por traer sistemas de agitación Hidráulicos.

#### 5. ALCANCE DE LA OFERTA

El alcance de la presente oferta contempla la construcción y suministro de cada uno de los siguientes equipos:

- CONO DE MEZCLA RAPIDA
- TORRE DE AIREACIÓN
- FLOCULADOR – SEDIMENTADOR
- FILTROS

#### 6. MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES:

- Resinas
- Resina Poliéster Isoftálica ref.: Cristalán 870 de Andercol, apta para almacenamiento de agua potable de consumo humano.
- Laminado Estructural
- Resina Poliéster Ortoftálica, ref.: Cristalán 805 de Andercol.

#### 7. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS A SUMINISTRAR

**CONO DE MEZCLA:** Equipo en el cual normalmente se realiza la segunda operación unitaria que se lleva a cabo dentro del sistema de tratamiento y consiste en mezclar los productos químicos con el agua cruda. El equipo de mezcla debe garantizar una homogenización total y una perfecta mezcla dentro de ciertos parámetros establecidos, según el tipo de Coagulación seleccionada, para nuestro caso, Coagulación POR BARRIDO. El sistema que emplearemos se basa en el método de coagulación por barrido mediante la utilización de un mezclador tipo Hidrociclón, el cual trabaja 100% hidráulico, con gradientes de mezcla

Calle 15 No. 12B 38/42 Avenida Los Maracos Tel. 660 75 49 Cel.3118538859  
 email: [f.p.filtros pura@hotmail.com](mailto:f.p.filtros pura@hotmail.com)  
 Villavicencio – Meta



entre 300 y 600 Seg.-1 y el tiempo de retención hidráulica (TRH) entre 10 y 30 seg. Dadas las características del agua cruda especialmente la de reservorios, por experiencia seleccionamos los valores para gradiente de mezcla de 300 Seg.-1 y 10 segundos como tiempo de retención hidráulica.

**FLOCULADOR:** La floculación, se realizará en un Floculador de tipo REACTOR DE LECHO FLUIDIZADO, de funcionamiento completamente hidráulico, con flujo vertical ascendente, fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio. La forma en que opera es sencilla, ya que los coágulos recién agrupados en micro flóculos comienzan ascender verticalmente desde el fondo del floculador (Parte angosta) y como la geometría y volumen del floculador van aumentando a medida que el agua asciende, su velocidad disminuye y por ende su gradiente, permitiendo que se agrupen los flóculos y se incremente su peso, densidad y volumen, lo que hace que estos traten de precipitarse hacia abajo chocándose con los pequeños que ascienden (Lecho Fluidizado), garantizando una perfecta formación del Floc.

**SEDIMENTADOR:** La selección del tipo de Sedimentador se realiza teniendo muy en cuenta los altos niveles de Turbiedad, Color, Sólidos Suspendedos que presenta el agua cruda. La Sedimentación, se lleva a cabo en un Sedimentador de FLUJO LAMINAR, tecnología de ALTA TASA, el flujo del agua es vertical ascendente tipo PISTÓN, debe ser fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio. Una de las principales ventajas que tiene este diseño es que el Sedimentador viene dotado con concentradores de lodos en el fondo del mismo, dicho sistema de evacuación de lodos es altamente eficiente ya que elimina la necesidad de hacer paradas para desocupación, limpieza y extracción manual de los lodos sedimentados.

**FILTROS:** Se selecciona un sistema de filtración que opera exteriormente al sistema potabilizador. Está constituido por dos filtros en poliéster reforzado con fibra de vidrio verticales de flujo descendente.

**DESCRIPCION TECNICA DE MATERIALES**

**TIPO DE RESINA:** Poliéster 805 de Ander col.

**TIPO DE FIBRA:** Velo de superficie Mat. 700, rowing continuo.  
Mat 700

**METODO CONSTRUCCION:** Enrollado, Laminado

**TIEMPO DE ENTREGA:** 15 días hábiles.

**GARANTÍA:** De un año en equipos, dicha garantía está sujeta a la correcta operación y mantenimiento del sistema teniendo en cuenta el manual de operación, capacitación y mantenimiento suministrado por F.P.FILTROS PURA. La calidad del agua se garantiza como agua potable tratada.



Calle 15 No. 12B 38/42 Avenida Los Maracos Tel. 660 75 49 Cel.3118538859  
email: [f.p.filtrospura@hotmail.com](mailto:f.p.filtrospura@hotmail.com)  
Villavicencio – Meta



NIT.86.042.616-1  
 \*SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL \* ACUEDUCTOS  
 \* TANQUES EN PRFV DE 1, 100 m3...



**8. OFERTA COMERCIAL**

**VALOR**

DISEÑO, FABRICACION, SUMINISTRO, INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO COMPACTO CONVENCIONAL PARA AGUA POTABLE DE 5 lps

| ITEM  | DESCRIPCIÓN   | VALOR UNITARIO     | VALOR TOTAL         |
|---|---|--------------------|---------------------|
| 1   | TORRE DE AIREACIÓN EN POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO, MEDIDAS: 1.00 M X 1.00 M 4 BANDEJAS Y UN CONO RECOLECTOR           |                    |                     |
| 2   | CONO DE MEZCLA EN POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO, MEDIDAS: DIAMETRO 0.50 M, HR 0.50 M, HC 0.50M, ENTRADA Y SALIDA EN 4". |                    |                     |
| 3   | TANQUE FLOCULADOR EN POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO, MEDIDAS: LARGO 2.50 M, ANCHO 1.80, ALTURA 2.60 M.                   |                    |                     |
| 4   | TANQUE SEDIMENTADOR EN POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO, MEDIDAS: LARGO 4.50 M, ANCHO 1.80, ALTURA 2.60 M.                 |                    |                     |
| 5   | FILTRO EN POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO, MEDIDAS: DIAMETRO 42", HR 1.00 M, ENTRADA Y SALIDA EN 2".                      | \$75.000.000       | \$75.000.000        |
|   |   | <b>IVA 16%</b>     | <b>\$12.000.000</b> |
|   |   | <b>VALOR TOTAL</b> | <b>\$87.000.000</b> |
| <b>OCHENTA Y SIETE MILLONES DE PESOS M/CTE.</b> |   |                    |                     |

**FORMA DE PAGO**

60% Inicio.  
 20% Despacho de Equipos.  
 20% A entera satisfacción.

Cordialmente,

  
**GERMAN GONGORA AMAYA**  
 Gerente



Calle 15 No. 12B 38/42 Avenida Los Maracos Tel. 660 75 49 Cel.3118538859  
 email: [f.p.filtrospura@hotmail.com](mailto:f.p.filtrospura@hotmail.com)  
 Villavicencio – Meta

# ANEXO I FICHAS TECNICAS

## Sulfato de aluminio tipo A






---

**HOJA TECNICA**

---

**SULFATO DE ALUMINIO GRANULADO TIPO A PANTERA ®**

---

Versión: 002-2015

---

**1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO**

El Sulfato de Aluminio Tipo A es una sal inorgánica, que contiene 14 moles de agua, es manufacturada a partir de una fuente de Aluminio libre de hierro y ácido Sulfúrico.

**2. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO**

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>NOMBRE COMERCIAL</b> | SULFATO DE ALUMINIO GRANULADO TIPO A                                |
| <b>PESO MOLECULAR</b>   | 594.14 g/mol.   |
| <b>FORMULA QUIMICA</b>  | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> .14H <sub>2</sub> O |
| <b>APARIENCIA</b>       | CRISTALES DE COLOR BLANCO/ SOLUBLE EN AGUA                          |

**3. REQUERIMIENTOS**

| PARAMETROS                                    | ESPECIFICACION | CONFORMIDAD  |
|---|----------------|--|
| Aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %  | 17.0 mín.      | Cumple con las normas internacionales para productos químicos usados en el tratamiento del agua ANSI/ AWWA B403-93 (Aluminum Sulphate-Líquido, Ground or Lump) y Norma Técnica Peruana NTP 311.095 Revisión 1999, así como las especificaciones de Aris. |
| Basicidad, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , % | 0.60 máx.      |  |
| Hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %    | 0.05 máx.      |  |
| Insolubles, %                                 | 0.20 máx.      |  |
| Malla 6, % Pasante                            | 100 min        |  |
| Malla 10, % Pasante                           | 60 mín.        |  |

**4. APLICACIONES**

Es ampliamente usada en el tratamiento de aguas como coagulante en la mayoría de los procesos hidrodinámicos de separación de sólidos, en especial de las partículas coloidales. Debido a ello cumple con las normas internacionales para productos químicos para el tratamiento del agua ANSI/ AWWA B 403-93 y Norma Técnica Peruana NTP 311.095-1999.

Se emplea en la industria textil como mordiente, como afirmante, como antitranspirante y recientemente como absorbente de humedad.

**5. PRESENTACIÓN**

El Sulfato de Aluminio se presenta en bolsas de polipropileno de 25, 50 Kg. y big bags de 1000 Kg. que han sido especialmente diseñadas para garantizar y mantener la calidad y pureza del producto.

**6. CONDICIONES DE USO Y ALMACENAJE**

Almacenar sobre parihuelas bajo techo, en lugar seco, protegido contra el sol y la lluvia para evitar que el producto se endurezca formando bloques compactos por ganancia o pérdida de agua.

---

**ARIS INDUSTRIAL S.A.**  
Av. Industrial 491 – Lima. Teléfono: (511) 336-5428 Fax: (511) 336-7473 [www.aris.com.pe](http://www.aris.com.pe)

# Poliacrilamida no iónica



MSDS: 0035611  
Fecha de impresión: 13-oct-2006  
Fecha de revisión: 13-oct-2006

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

### 1. PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA COMPAÑÍA

**Nombre del producto:** SUPERFLOC® N-100 Flocculant

**Descripción del Producto:** Poliacrilamida no iónica  
CYTEC INDUSTRIES INC., FIVE GARRET MOUNTAIN PLAZA, WEST PATERSON, NEW JERSEY 07424, E.E.U.U.  
Para la información de producto llaman 1-800-652-6013. Fuera de los E.E.U.U. y de Canadá llaman +1-973-357-3193.

**Información Local De Contacto:**

Cytec de Mexico SA de CV Km., 40 Carretera Guadalajara-La Barca, Atequiza, Jalisco, Mexico C.P. 45860  
Teléfono: 376-737-0207

Cytec Do Brasil LTDA, Av. Dr. Cardoso de Melo, 1450 4o. Andar Edifício Olympic Tower - VL. Olímpia 04548-005 - São Paulo - SP, Brasil  
Teléfono: 55-11-3048-8000

Cyquim de Colombia S.A., Carrera 62 No. 12-45 Bogotá, Colombia  
Teléfono: 571-4172360

Cytec Chile Limitada - Avda Andrés Bello 2687 P-23, Santiago, Chile  
Teléfono: 56-2-560 7900 Telefax 56-2-560 7902  
PLANTA. Iquique 5830 Barrio Industrial Antofagasta, Chile  
Teléfono: 55-231844

Cytec de Argentina S.A., Av. Belgrano 748 Piso 8 C1092AAU Capital Federal, Buenos Aires, Argentina  
teléfono: 54-11-4331-8123/8126/55 Fax: 54-11-4345-7947

**Teléfono De Emergencia:**

Para la emergencia que implique derramamiento, escape, fuego, exposición o accidente llamar a:  
E.E.U.U. - CHEMTREC: 1-800-424-9300 (703-527-3887)  
AMÉRICA LATINA - CITUC QUIMICO (CHILE): 56-2-247-3600. FUERA DE CHILE: 52-376-737-0004 (Cytec Atequiza Mexico)

® Indica Marca Registrada en E.U.A. Fuera de E.U.A., la marca puede estar registrada, pendiente o ser una Marca Registrada. La marca es o se puede utilizar bajo licencia.

### 2. COMPOSICION/INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES

**INGREDIENTES PELIGROSOS**

No hay componentes peligrosos

### 3. IDENTIFICACION DE LOS PELIGROS

**RIESGOS HUMANOS Y AMBIENTALES**

ninguno

## 4. PRIMEROS AUXILIOS

**Ingestión:**

Llamar a un médico inmediatamente si se traga. Sólo inducir vómitos bajo dirección médica. Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente.

**Contacto con la piel:**

Lavarse inmediatamente con abundante agua y jabón.

**Contacto con los ojos:**

Enjuagar inmediatamente con abundancia de agua por lo menos durante 15 minutos.

**Inhalación:**

No se anticipa que el material sea lesivo por inhalación. Retirar la víctima al aire libre.

---

## 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

**Medios de extinción adecuados:**

Utilizar agua, bióxido de carbono o un agente químico seco.

**EQUIPAMIENTO PROTECTOR**

Los bomberos y otras personas que pudieran estar expuestas deben usar aparatos respiratorios autónomos.

**PELIGROS ESPECIALES**

El polvo puede ser explosivo si se mezcla con el aire en proporciones críticas y en la presencia de una fuente de ignición.

---

## 6. MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

**Precauciones individuales:**

Referirse a la Sección 8 (Protección Personal/Controles de Exposición) para el Equipo de Protección Personal Apropriado

**Métodos de limpieza:**

Resbaladizo cuando estámojado. Barrer y colocarlo en recipientes para descarte. Enjuagar con agua el área del derrame. Si permanece resbaladizo, aplicar más compuesto para barrido en seco. Evitar que el líquido ingrese a desagües sanitarios.

---

## 7. MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO

**Manipulación**

Mantener buena limpieza para controlar las acumulaciones de polvo.

**Almacenamiento**

El material es higroscópico y no deberá exponerse a la humedad objeto de mantener su integridad. Para evitar la degradación del producto y la corrosión del equipo, no utilizar contenedores ni equipo de hierro, cobre o aluminio.

**Temperatura de almacenamiento:** Almacenar a 4 - 32 °C

**Razon:** Integridad.

---

## 8. CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

**PARAMETROS DE CONTROL - Límites**

No se han establecido valores

**Disposiciones de ingeniería:**

Generalmente no hacen falta controles de ingeniería si se siguen buenas prácticas de higiene.

**Protección respiratoria:**

No se recomienda ninguno.

**Protección de los ojos:**

Usar protección ocular/ facial.

**Protección de la piel:**

Evitar contacto con la piel. Usar guantes impermeables.

**Consejos adicionales:**

Antes de comer, beber o fumar, lavarse la cara y las manos minuciosamente con jabón y agua.

**9. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS**

|  |  |
|--|--|
| <b>Color:</b>  | blanco                                 |
| <b>Aspecto:</b>  | sólido                                 |
| <b>Olor:</b>   | inoloro                                |
| <b>Temperatura de ebullición/rango</b>                     | No aplicable                           |
| <b>Temperatura de fusión:</b>                              | >200 °C Se descompone pero no se funde |
| <b>Presión de vapor:</b>                                   | No aplicable                           |
| <b>Gravedad Específicas:</b>                               | 0.75 - 0.95(Densidad de volumen)       |
| <b>Densidad de vapor:</b>                                  | No aplicable                           |
| <b>% VOLATIL (Por peso):</b>                               | 10 - 15(agua)                          |
| <b>pH:</b>   | 5 - 7(solución acuosa)                 |
| <b>Saturación en Aire (% en Vol.):</b>                     | No disponible                          |
| <b>Índice de evaporación:</b>                              | No aplicable                           |
| <b>SOLUBILIDAD EN EL AGUA:</b>                             | Limitado por la viscosidad             |
| <b>Contenido orgánico volátil:</b>                         | No disponible                          |
| <b>Punto de inflamación:</b>                               | No aplicable                           |
| <b>LIMITES DE INFLAMABILIDAD (% No aplicable Por Vol):</b> |  |
| <b>Temperatura de autoignición:</b>                        | >200 °C                                |
| <b>Temperatura de descomposición:</b>                      | >200 °C                                |
| <b>Coefficiente de reparto (n-octanol/agua):</b>           | No disponible                          |

**10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**

|  |  |
|--|--|
| <b>Estabilidad:</b>                            | Estable  |
| <b>Condiciones a evitar:</b>                   | No conocidos   |
| <b>Polimerización:</b>                         | No ocurrirá  |
| <b>Condiciones a evitar:</b>                   | No conocidos   |
| <b>Materias a evitar:</b>                      | Agentes oxidantes fuertes.   |
| <b>Productos de descomposición peligrosos:</b> | Monóxido de carbono<br>dióxido de carbono<br>amoniaco<br>óxidos de nitrógeno |



## 11. INFORMACION TOXICOLOGICA

**Efectos potenciales sobre la salud**  
ninguno

### DATOS SOBRE LA TOXICIDAD DEL PRODUCTO

|                          |              |                           |
|--------------------------|--------------|---------------------------|
| Oral                     | rata         | DL50 Aguda>5000 mg/kg     |
| dermal                   | conejo       | DL50 Aguda>2000 mg/kg     |
| Inhalación               | rata         | CL50 Aguda 4 hr>20.0 mg/l |
| Irritación Aguda         | dermal       | No irritante              |
| Irritación Aguda         | ojo          | No irritante              |
| Sensibilización          | dermal       | No sensibilizante         |
| Sensibilización          | Inhalación   | No sensibilizante         |
| Prueba Salmonella Ensayo | No hay datos |                           |

### DATOS SOBRE LA TOXICIDAD DE LOS INGREDIENTES PELIGROSOS

No hay componentes peligrosos

## 12. INFORMACIONES ECOLOGICAS

Este material no se clasifica como peligroso para el ambiente.

Toda la información ecológica provista se realizó en un producto estructuralmente similar.

La toxicidad aguda prueba conducido usando ambientalmente el agua representativa dio los resultados siguientes:

### RESULTADOS DE PRUEBAS EN ALGAS

**Test:** Inhibición de Crecimiento (OECD 201)

**Duración:** 72 hr

**Especie:** Alga verde (*Selenastrum capricornutum*)

>100 mg/l IC50

>460 mg/l ErC50

Como Fracción Acomodada de Agua.

Como Fracción Acomodada de Agua

### RESULTADOS DE PRUEBA EN PECES

**Test:** Toxicidad aguda, agua dulce (OECD203)

**Duración:** 96 hr.

**Especie:** Pez sol azulado (*Lepomis macchirus*)

>1000 mg/l LC50

**Prueba:** Toxicidad aguda, agua dulce (OECD203)

**Duración:** 96 hr

**Especie:** Trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*)

>750 mg/l LC50

**Prueba:** Toxicidad aguda, agua dulce (OECD203)

**Duración:** 96hr

**Especie:** Gobio Cabezón (*Pimephales promelas*)

>1000 mg/l LC50

## 12. INFORMACIONES ECOLOGICAS

### RESULTADOS DE PRUEBAS EN INVERTEBRADOS

**Test:** Inmovilización Aguda (OECD 202)

**Duración:** 48 hr

**Especie:** Mosca de Agua (Daphnia magna)  
>1000 mg/l EC50

Como Fracción Acomodada de Agua

**Prueba:** Inmovilización Aguda (OECD 202)

**Duración:** 48 hr

**Especie:** Mosca de Agua (Ceriodaphnia dubia)  
600 mg/l EC50

### DEGRADACION

**Test:** Evolución de CO<sub>2</sub>: Sturm Modificada (OECD 301 B)

**Duración:** 28 días  
<70 %

**Procedimiento:** Biodegradabilidad lista  
Este material no es fácilmente biodegradable (la OCDE 301B). La talla grande del polímero es incompatible con transporte a través de las membranas biológicas y de la difusión; el factor de la bioconcentración por lo tanto se considera ser cero.

**Prueba:** Demanda Química de Oxígeno

**Procedimiento:** Otra

0.70 mg O<sub>2</sub>  
mg/producto

---

## 13. CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACION

The Company está a favor del reciclado, recuperación y reuso de materiales siempre que sea posible. Si es necesario disponer algún material, The Company recomienda que los materiales orgánicos, especialmente cuando estos estén clasificados como residuos peligrosos sean destruídos por tratamiento térmico o incineración en plantas autorizadas. Deben observarse todas las reglamentaciones locales y nacionales.

---

## 14. INFORMACION RELATIVA AL TRANSPORTE

Esta sección proporciona la información de clasificación de envío básica. Refiérase a las regulaciones de transporte apropiadas para los requisitos específicos.

### SCT/IMO

Denominación adecuada de envío: NO ES APLICABLE/NO ESTA REGULADO

### ICAO / IATA

Denominación adecuada de envío: NO ES APLICABLE/NO ESTA REGULADO

Instrucciones de Empaque/Máxima cantidad neta por paquete:

Avión de pasajeros: -

Avión de carga: -

---

## 15. INFORMACION REGLAMENTARIA

### MARCADO Y ROTULACION

**Símbolo(s):** Ninguno exigido

**FRASES DE RIESGO:**

ninguno

**FRASES DE SEGURIDAD:**

S82 - Los derrames son muy resbalozos cuando estan mojados.

### INFORMACION DE INVENTARIO

**Australia:** Todos los componentes de este producto se incluyen en el inventario australiano de las sustancias químicas (AICS).

**Union(EU) Europeo:** Todos los componentes de este producto están incluidos en el "Inventario Europeo de Sustancias Químicas Existentes (EINECS por sus siglas en inglés), o no se a requerido que estén listadas en el EINECS.

**Estados Unidos (los E.E.U.U.):** Todos los componentes de este producto están incluidos en el Inventario Químico de la TSCA de E.U. o no se a requerido que estén listadas en el Invenatrio Químico de la TSCA.

**Canada:** Todos los componentes de este producto están incluidos en la "Lista de Sustancias Domésticas" de E.U. (DSL por sus siglas en inglés), o no se a requerido que estén listadas en la DSL

**China:** Todos los componentes de este producto están incluidos en el inventario Chino de productos químicos o bien no es requerido que estén en éste listado.

**Japón:** Todos los componentes de este producto están incluidos en el inventario Japonés de productos químicos (ENCS) o bien no es requerido que estén en éste listado.

**Corea:** Todos los componentes de este producto están incluidos en el inventario Coreano de productos químicos (ECL) o bien no es requerido que estén en éste listado.

**Filipinas:** Todos los componentes de este producto están incluidos en el inventario Filipino de productos químicos (PICCS) o bien no es requerido que estén en éste listado.

---

## 16. OTRAS INFORMACIONES

### Classificacion

**Inflamabilidad:** 1 - Sustancias que deben ser precalentadas antes de que ocurra la ignición requieren un precalentamiento considerable bajo todas las condiciones de temperatura ambiente, antes de que ocurra la ignición y combustión.

**Salud:** 0 - Mínimamente peligroso. No significa un riesgo para la salud.

**Reactividad:** 0 - Sustancias que por sí mismas son estables normalmente, aun bajo condiciones de fuego.

**RAZON DE LA EMISION:** Formato nuevo

---

Esta información es dada sin garantía o representación alguna. No asumimos ninguna responsabilidad legal por la misma, ni tampoco damos permiso, inducimiento, o recomendación alguna para practicar cualquier invento patentado sin una licencia. Esta información le es proporcionada solamente para su consideración, investigación, y verificación. Antes de usar cualquier producto, lea su etiqueta.

---

## Hipoclorito de sodio

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| <br>Insumos y tecnología para la Industria alimentaria | FICHA TÉCNICA<br>HIPOCLORITO DE<br>SODIO | CI-260 / 011              |
|   |  | Versión 003               |
|   |  | Página 1 de 4             |
|   |  | Fecha de Emisión:13-04-16 |

### Descripción

Solución acuosa, clara, ligeramente amarilla, olor característico penetrante e irritante. Fuertemente oxidante; dependiendo del pH de la solución se presenta disociado en forma de cloro activo, ácido hipocloroso HOCl y/o ión hipoclorito OCl<sup>-</sup>. De estas formas de "cloro libre activo" depende su reactividad en las reacciones de oxidación, cloración y acción bioquímica tales como el control bacteriológico y microbiológico.

### Áreas de aplicación

Se destacan las siguientes industrias como principales consumidoras:

**Tratamiento de aguas:** desinfección, esterilización, acción algicida, decloración y desodorización de aguas industriales, potables y piscinas.

**Papelera:** en procesos de lavado como blanqueador de celulosa, pulpa de papel y textiles.

**Química:** hidróxido férrico Fe (OH)<sub>3</sub> y dióxido de manganeso MnO<sub>2</sub>, de nitratos, sulfatos y cianatos (por reacción con los cianuros y sulfuros correspondientes), de cloraminas orgánicas e inorgánicas y clorofenoles.

### Beneficios

Desinfectante.

### Dosis

Para piscinas: 0.5 ppm = 4 ml por cada 1000 lt de agua  
Para manos: 25 ppm = 2 cm<sup>3</sup> por cada 10 lt de agua.  
Equipos: 100 ppm = 7.7 cm<sup>3</sup> por cada 10 lt de agua.  
Paredes: 100 ppm = 15.4 cm<sup>3</sup> por lt de agua.  
Superficie poroso = 48 cm<sup>3</sup> por cada 10 lt de agua.

y/o según el producto a elaborar y su formulación.

### Composición

Producto obtenido a partir del hidróxido de sodio (NaOH) en solución acuosa mediante absorción del cloro gaseoso (Cl<sub>2</sub>).

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
|  <p>Insumos y tecnología para la Industria alimentaria</p> | <b>FICHA TÉCNICA<br/>HIPOCLORITO DE<br/>SODIO</b> | CI-260 / 011              |
|   |   | Versión 003               |
|   |   | Página 2 de 4             |
|   |   | Fecha de Emisión:13-04-16 |

#### Especificaciones físico-químicas

|   |                      |
|---|----------------------|
| Hipoclorito de sodio %m/v:                      | min. 15              |
| Hidróxido de sodio<br>(alcalinidad Total) %m/v: | máx. 1               |
| Densidad a 20°C g/ml:                           | min. 1.2             |
| Apariencia:                                     | Ligeramente amarilla |

#### Especificaciones microbiológicas

No aplica.

#### Especificaciones de metales pesados

Disponible según requerimiento.

#### Datos nutricionales

No aplica.

#### Almacenamiento

Dado que el NaOCL es una solución muy inestable y se descompone por la acción de impurezas catiónicas como hierro, aniónicas, temperatura, pH y la luz, el producto se debe proteger de estos factores. Se debe almacenar en áreas con excelente ventilación. El piso debe ser incombustible e impermeable. Se deberá disponer de duchas y tomas de agua a presión en sitios de fácil acceso dentro del área. No se debe almacenar con sustancias incompatibles como ácidos y productos orgánicos.


#### Embalaje

Garrafa por 25 kg.  
Galón por 5 kg.

#### Pureza y legislación

Legislación aplicable: NTC 2139

Deben siempre consultarse las regulaciones locales referentes a la situación de este producto, ya que la legislación sobre su uso puede variar de un país a otro. Podemos facilitar más información sobre el estado legal de ese producto a petición.

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
|  <p><b>cimpa</b><sup>®</sup>s.a.s.</p> <p>Insumos y tecnología para la Industria alimentaria</p> | <p><b>FICHA TÉCNICA<br/>HIPOCLORITO DE<br/>SODIO</b></p> | CI-260 / 011              |
|   |  | Versión 003               |
|   |  | Página 3 de 4             |
|   |  | Fecha de Emisión:13-04-16 |

### Seguridad y manipulación

Manejo y transporte: Las operaciones de cargue, transvase, dilución, descargue y toma de muestras de los envases o depósitos que contengan hipoclorito de sodio se deben realizar bajo excelente ventilación, utilizando los elementos de protección adecuados: gafas de seguridad y/o careta facial, respirador industrial con absorbente apropiado, guantes, botas y delantal de caucho.

NOTA: El hipoclorito de sodio se puede descomponer por acción del calor, por contacto con material férreo o por la acción de la luz solar, generando CLORO GASEOSO, altamente oxidante, irritante y corrosivo. Si se mezclan soluciones de hipoclorito de sodio con cualquier ácido, hay desprendimiento de cloro gaseoso. El transporte se efectuará en envases de fibra de vidrio, polipropileno, polietileno o en carro tanques construidos con los mismos materiales.

El hipoclorito de sodio es altamente corrosivo. Su inhalación o ingestión puede provocar desde leves irritaciones cutáneas hasta edemas pulmonares, perforaciones de esófago y estómago. Por contacto puede producir lesiones oculares, cutáneas, pulmonares y digestivas. Se recomienda leer la Hoja de Seguridad y el brochure del producto.

NOTA: El uso final del producto es de responsabilidad absoluta y aceptada por el cliente. La información se ha consignado a título ilustrativo y no substituye las patentes o licencias sobre el uso del producto.

La hoja de seguridad del material está disponible según se requiera.

### País de origen

Colombia.

### Certificación Kosher

No aplica.

|   |   |                            |
|---|---|----------------------------|
|  | <b>FICHA TÉCNICA<br/>HIPOCLORITO DE<br/>SODIO</b> | CI-260 / 011               |
|   |   | Versión 003                |
|   |   | Página 4 de 4              |
|   |   | Fecha de Emisión: 13-04-16 |

**GMO**

No aplica.

**Alérgenos**

No aplica.



CIMPA S.A.S. declara que los resultados reportados en el presente certificado, son tomados de la información suministrada por nuestro Proveedor, por lo tanto se fundamenta en sus técnicas de análisis autorizados. Dicha información no exime a Nuestros Clientes de realizar sus propios análisis.



# PINTOXIDO



El Color de la Calidad

## HOJA DE SEGURIDAD PRODUCTO TERMINADO



TELEFONOS DE EMERGENCIA  
TELEFONOS: (574) 262-66-66  
FAX: 2320470  
Fecha de elaboración: Mayo de 2003  
Fecha de revisión: Mayo de 2006  
E´mail: [pintuco@grupomun.com](mailto:pintuco@grupomun.com)

EMERGENCIAS: 123  
BOMBEROS: 119  
En Medellín

### Sección 1. IDENTIFICACION DEL PRODCUTO QUIMICO Y LA COMPAÑÍA

PRODUCTO: PINTÓXIDO  
CODIGO: 10030

### Sección 2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE INGREDIENTES

| INGREDIENTES    | Nº CAS    | TLV                  | % EN PESO |
|-----------------|-----------|----------------------|-----------|
| OXIDO DE CINCO  | -         | 10 mg/m <sup>3</sup> | 1-5       |
| ACIDO FOSFÓRICO | 7664-38-2 | 1 mg/m <sup>3</sup>  | 20-30     |

### Sección 3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

#### 3.1. Visión General Sobre Las Emergencias

Apariencia del Material: LIQUIDO TRANSPARENTE INCOLORO  
Color y olor de los vapores: INCOLOROS

#### 3.2. Efectos Potenciales Para La Salud

**INHALACION:** La inhalación de vapores puede causar dolor de cabeza, irritación en la nariz y tracto respiratorio, tos, dificultad respiratoria, dolor de garganta.

**INGESTION:** El producto es peligroso si es ingerido, puede causar calambres abdominales, sensación de quemazón, dolor de garganta.

**CONTACTO CON LA PIEL:** Un contacto prolongado y repetitivo puede provocar una irritación.

**CONTACTO CON LOS OJOS:** Un contacto directo con el producto puede ocasionar irritación severa.

Esta hoja de seguridad es valida hasta la fecha de revisión

1

#### Sección 4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

**INHALACION:** Trasladar la persona a un lugar bien ventilado.

**INGESTION:** Suministrar agua para tomar y buscar atención médica

**CONTACTO CON LA PIEL:** Retirar ropas contaminadas y lave la piel con abundante agua y jabón neutro. Consultar al médico si persiste la irritación.

**CONTACTO CON LOS OJOS:** Lavar con agua o solución salina al 0.9%, levantando los párpados para limpiar residuos, mínimo 15 minutos, remitir al médico si persiste irritación.

#### Sección 5. MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO

- El material combustible; puede arder, pero no se enciende fácilmente.
- Cuando se calientan, los vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire: peligro de explosión en interiores, exteriores y alcantarillas.
- Algunos pueden polimerizarse (**P**) explosivamente cuando se calientan o se involucran en un incendio.
- El contacto con metales puede despedir hidrógeno gaseoso inflamable.
- Los contenedores pueden explotar cuando se calientan.
- La fuga resultante puede contaminar las vías navegables.
- La sustancia puede ser transportadora en forma fundida.

#### FUEGO

##### Incendios Pequeños

- Polvos químicos secos, CO<sub>2</sub> o rocío de agua

##### Incendios Grandes

- Usar polvo químico seco, CO<sub>2</sub>, rocío de agua o espuma resistente al alcohol.
- Mueva los contenedores del área de fuego si lo puede hacer sin ningún riesgo.
- Hacer un dique de contención para el agua que controla el fuego para su desecho posterior; no desparrame el material.

##### Incendio que involucra Tanques, Vagones o Remolques y sus Cargas.

- Combata el incendio desde una distancia máxima o utilice soportes fijos para mangueras o chiflones reguladores.
- No introducir agua en los contenedores.
- Enfríe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido.
- Retírese inmediatamente si sale un sonido creciente de los mecanismos de seguridad de las ventilas, o si el tanque se empieza a decolorar.

SIEMPRE mantenerse alejado de los extremos de los tanques

#### Sección 6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

- ELIMINAR** todas las fuentes de ignición (no fumar, no usar bengalas, chispas o flamas en el área de peligro).
- No tocar los contenedores dañados o el material derramado, a menos que esté usando la ropa protectora adecuada.
- Detenga la fuga, en caso de poder hacerlo sin riesgo.
- Prevenga la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas.
- Absorber con tierra seca, arena u otro material absorbente no combustible y transferirlo a contenedores.

**Esta hoja de seguridad es válida hasta la fecha de revisión**

2

- NO INTRODUCIR AGUA EN LOS CONTENEDORES.

#### **Sección 7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO**

Mantener en lugar fresco, seco y bien ventilado

#### **Sección 8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL**

Utilizar gafas y guantes de seguridad, protección respiratoria

#### **Sección 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**

| <b>PROPIEDAD</b>                | <b>RESULTADO</b>  |
|---------------------------------|-------------------|
| Apariencia o forma              | LIQUIDO INCOLORO  |
| Olor                            | -                 |
| Estado físico                   | LIQUIDO           |
| Solubilidad en agua             | ALTAMENTE SOLUBLE |
| Gravedad específica o densidad. | 1.12              |

#### **Sección 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**

Estabilidad Química: producto estable

Condiciones a Evitar: producto altamente reactivo contiene ácido fosfórico

Polimerización Peligrosa: ninguna

#### **Sección 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA**

Corrosivo y tóxico. Se absorbe preferiblemente por vía pulmonar. Depresor del sistema nervioso central. En exposición crónica puede producir alteraciones hepáticas, renales y hematológicas. La exposición al vapor produce dolor de cabeza, vértigo y confusión asociado con temblor e incoordinación motora. La ingestión d la sensación de quemadura en boca y estómago, náuseas y vómito, salivación excesiva y dolor en el pecho. El contacto con la piel produce irritación severa.

#### **Sección 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA**

No es biodegradable

#### **Sección 13. CONSIDERACIONES DE DISPOSICIÓN**

Referente al manejo ambiental de estos residuos o subproductos, no debe se presentar ningún tipo de descarga en alcantarillado público o fuentes de agua, ni arrojarlos en rellenos ni en botaderos a cielo abierto; estos residuos o subproductos se deben recoger en tambores metálicos cerrados si se trata de desechos líquidos, pero si el desecho es sólido, semisólido o gelatinizado, se deben recoger en tambores abiertos de tapa y aro, los que deben permanecer tapados en el sitio asignado de almacenamiento temporal para luego enviarlos a incinerar con un gestor de residuos, que cumpla con todos los requisitos ambientales legales.

**Esta hoja de seguridad es valida hasta la fecha de revisión**

3

En caso de presentarse derrames, este se debe recoger con material inerte como: tierra, arena, bentonita o absorbentes "OIL SORBENT" (Absorbentes para petróleo y sus derivados), SPHAG SORB; estos dos últimos son los mejores debido a que reducen en gran medida los vapores inflamables. El material recogido con los absorbentes se debe almacenar en recipientes metálicos para luego entregar al gestor de residuos y lo incinere de acuerdo que cumpla con las normas ambientales. Los solventes, dependiendo de sus características, es posible manejarlos amigablemente por otro métodos diferentes como la recuperación por destilación entre otros, atendiendo para su manejo y transporte las normas legales vigentes.

#### **Sección 14. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE**

El carro debe tener el rotulo de corrosivo  
UN: 3066

#### **Sección 15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA**

##### **ABREVIATURAS**


|       |  |
|-------|--|
| ACGIH | American Conference of Governmental Industrial Hygienists. |
| OSHA  | Occupational Safety and Health Administration.             |
| STEL  | Short – term Exposure Limit                                |
| TLV   | Threshold Limit Value                                      |

#### **Sección 16. INFORMACIÓN ADICIONAL**

La información y recomendaciones indicadas en este producto pueden no se válidos si esté es usado en combinación con otros materiales y expresamente indicados en el ítem de estabilidad y reactividad.

#### **ASESORIA**

En caso de necesitarse una asesoría no dude en contactarse con nuestro departamento técnico en:  
Medellín, Colombia  
Calle 29# 43 A 58  
Teléfonos desde Medellín: 262-66-66  
(574) 384-84-84  
Línea de servicio al cliente 018000520404  
Fax: 2320470  
A.A 1194  
E´mail: [pintuco@grupomun.com](mailto:pintuco@grupomun.com)


|  |  |               |
|--|--|---------------|
| <br>Fundación<br>Universidad de América | FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA   | Código:       |
|  | PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA   | Versión 0     |
|  | Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres | Agosto - 2016 |

## AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Nosotros **Diego Andrés Prada Corredor** y **Cristian Camilo Robelto Cordero** en calidad de titulares de la obra **Propuesta para un Sistema de Tratamiento de Agua Potable para el Acueducto Aguas del Trapiche S.A.S en Villavicencio Meta**, elaborada en el año 2015, autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad de América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que nos corresponden y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

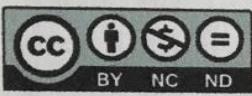
Al respecto como Autores manifiesto manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad de América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.

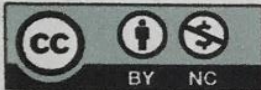
|   |  |               |
|---|--|---------------|
|  | FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA   | Código:       |
|   | PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA   | Versión 0     |
|   | Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres | Agosto - 2016 |

- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

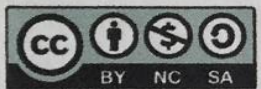
Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autores establecemos las siguientes condiciones de uso de nuestra obra de acuerdo con la **Licencia Creative Commons** que se señala a continuación:



**Atribución- no comercial- sin derivar:** permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.



**Atribución – no comercial:** permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.



**Atribución – no comercial – compartir igual:** permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.

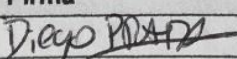
Licencias completas: [http://co.creativecommons.org/?page\\_id=13](http://co.creativecommons.org/?page_id=13)

**Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a su(s) autor(es).**

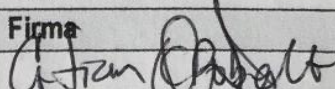
Para constancia se firma el presente documento en Bogotá D.C, a los 26 días del mes de Octubre del año 2016.

**LOS AUTORES:**

**Autor 1**

|  |  |
|--|--|
| <b>Nombres</b>                         | <b>Apellidos</b>   |
| Diego Andrés                           | Prada Corredor   |
| <b>Documento de Identificación No.</b> | <b>Firma</b>   |
| C.C 1121871206                         |  |

**Autor 2**

|  |  |
|--|--|
| <b>Nombres</b>                         | <b>Apellidos</b>   |
| Cristian Camilo                        | Robelto Cordero  |
| <b>Documento de Identificación No.</b> | <b>Firma</b>   |
| C.C 1013612075                         |  |