



Convenio Interadministrativo SCDE-0018 de 2014 – ADC2014 – 276  
Artesanías de Colombia S.A. – Gobernación de Cundinamarca

Proyecto

**"Fomento a la actividad productiva artesanal en el departamento de  
Cundinamarca"**

## **[Informe final de ejecución del tratamiento de aguas residuales]**

Presentado por  
**Andrea Rey López**  
Ingeniera Química  
Coordinadora del proyecto

**Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS**

**OPERADOR**  
**UT NEXUS – GESTANDO**

**MARIA GABRIELA CORRADINE MORA**  
Profesional de Gestión  
Coordinadora Laboratorio de Innovación y Diseño

**Bogotá D.C. – Diciembre 2014**

**CREDITOS**

**ARTESANIAS DE COLOMBIA S.A.**

**AIDA VIVIAN LECHTER DE FURMANSKI**

Directora Artesanías de Colombia

**IVÁN ORLANDO MORENO SÁNCHEZ**

Subgerente de Desarrollo

**MARIA GABRIELA CORRADINE MORA**

Profesional de Gestión

Coordinadora Laboratorio de Innovación y Diseño

para la artesanía - Cundinamarca

**GOBERNACIÓN DE CUNDIMANARCA**

**ALVARO CRUZ VARGAS**

Gobernador

**CLEMENCIA GIRALDO GUTIERREZ**

Secretaria de Competitividad y Desarrollo Económico

**ARNULFO GUTIERREZ CAMARGO**

Director de Desarrollo Empresarial

**ALFONSO RIVAS LOMBO**

Supervisor SCDE

**UT NEXUS – GESTANDO - OPERADOR**

**ANGELA PANTOJA**

Coordinadora del Proyecto

## INFORME FINAL 3.2.2.1

### “Asistencia técnica, diseño e implementación de sistemas de tratamiento de aguas en tintura de lana”

#### Tabla de Contenido

1. Introducción .....	4
2. Alcance del proyecto.....	4
3. Marco teórico .....	5
4. Información Preliminar .....	11
5. Metodología .....	13
6. Diseño Experimental.....	15
7. Resultados experimentales y discusión .....	19
8. Diseño del equipo .....	23
9. Descripción del equipo.....	26
10. Procedimiento de operación del equipo.....	27
11. Entrega y capacitación.....	29
12. Conclusiones y recomendaciones .....	32
13. Agradecimientos .....	33
14. Bibliografía.....	33
15. Anexos.....	34

Anexo 1 Ficha técnica tintura de algodón

Anexo 2 Ficha técnica Curva de teñido con Erionyl y Lanaset

Anexo 3 Ficha técnica Curva de teñido Solofeniles

Anexo 4 Ficha técnica Lanaset

Anexo 5 Ficha técnica MSDS Albafluid

Anexo 6 Ficha técnica MSDS Albegat SET

Anexo 7 Ficha técnica MSDS Eriopon

Anexo 8 Ficha técnica MSDS Invalon

Anexo 9 Ficha técnica MSDS Invatex

Anexo 10 Ficha técnica MSDS Ultravon

Anexo 11 Ficha técnica MSDS Uvitex

Anexo 12 Ficha técnica Solophenyl

Anexo 13 Ficha Comercial Solophenyl

Anexo 14 Manual de usuario – Equipo de tratamiento

Anexo 15 Ficha técnica – Equipo de tratamiento

Anexo 16 Acta de recibo Simijaca

Anexo 17 Acta de recibo Ubaté

Anexo 18 Acta de recibo Sutatausa

Anexo 19 Lista de asistencia Simijaca

Anexo 20 Lista de asistencia Ubaté

Anexo 21 Lista de asistencia Sutatausa

## 1. Introducción

El proceso artesanal de tinturado de lanas requiere, dentro de sus diversos métodos, el uso de gran cantidad de agua de alimentación, la cual es transformada y finaliza en condiciones no aptas para su reutilización. Lo anterior genera un alto impacto al medio ambiente y grandes costos de operación asociados al consumo de agua.

Es así como ARTESANIAS DE COLOMBIA y GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA a través del operador NEXUS – GESTANDO y FLUVIA – HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS en calidad de contratistas, desarrollaron e implementaron una solución simple de tratamiento del agua residual, de fácil replicabilidad y bajo costo para la reutilización del efluente, disminuyendo las concentraciones de los contaminantes para dar cumplimiento a las especificaciones y normatividad vigente. Estos parámetros incluyen turbidez, color, concentración de sólidos totales disueltos, pH, entre otros.

La metodología del proyecto incluyó la toma de muestras del agua residual, seguido de un diseño preliminar de tratamiento, pruebas a nivel de laboratorio para evaluación de eficiencia de las operaciones seleccionadas, dimensionamiento y diseño del equipo y por último entrega y capacitación a los talleres favorecidos.

## 2. Alcance del proyecto

### 1.1.- Objetivo del proyecto

En calidad de contratistas, nuestra responsabilidad será realizar el *mejoramiento sostenible de los procesos productivos de tintura de lana, a través de la asistencia técnica, diseño e implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales de tinturado en los municipios de Ubaté, Sutatausa y Simijaca.*

### 1.2.- Objetivo principal

Diseñar e implementar un sistema simple de tratamiento de aguas residuales de tintura de lana para talleres artesanales con capacidad y alcance determinados sobre un estándar práctico, económico y replicable basados en fundamentos científicos.

### 1.3.- Objetivos específicos

- 1.3.1.- Mejorar sosteniblemente el impacto de los vertimientos posteriores al proceso de tintura en los talleres seleccionados.
- 1.3.2.- Crear un modelo de tratamiento de aguas residuales de fácil comprensión por parte de los talleres beneficiarios.
- 1.3.3.- Diseñar un sistema simple y estándar de fácil manejo para el tratamiento de aguas residuales de tintura de lana.
- 1.3.4.- Ofrecer un modelo replicable por parte de otros talleres artesanales homogéneos.
- 1.3.5.- Ofrecer un modelo de bajos costos de inversión y operación por parte de los talleres artesanales beneficiarios.

### 3. Marco teórico

El tratamiento de aguas residuales es una serie de operaciones físicas, químicas y biológicas que remueven el material suspendido, coloidal o disuelto. Se utilizan diferentes tipos de tratamiento entre los cuales tenemos los *preliminares*, los cuales consisten en la eliminación de residuos fácilmente separables por procesos físicos, seguido de los tratamientos *primarios* utilizados para la eliminación de los sólidos en suspensión y materiales flotantes, que consisten en procesos físicoquímicos (como la floculación). Posteriormente se utilizan los denominados tratamientos *secundarios* que comprenden procesos biológicos aerobios y anaerobios para reducir en su mayor parte la DBO y DQO. Y por último podemos mencionar el tratamiento *terciario* que nos lleva a la reutilización del agua.

Hay 3 tipos de procesos de tratamiento:

1. Procesos físicos: dependen de las propiedades físicas de las impurezas como lo es el peso específico, tamaño de partícula, viscosidad etc. Ejemplo de los procesos físicos son: cribado, sedimentación, filtración, entre otros.
2. Procesos químicos: dependen de las propiedades químicas de una impureza. Ejemplo de los procesos químicos son: coagulación, precipitación e intercambio iónico.
3. Procesos biológicos: utilizan reacciones bioquímicas para quitar impurezas solubles o coloidales; los procesos biológicos aerobios incluyen el filtrado biológico y lodos activados. Los procesos de oxidación anaerobia se usan para la estabilización de lodos orgánicos y desechos orgánicos de alta concentración.

#### 3.1. Pretratamiento

- Cribado o Tamizado

El cribado o tamizado es una operación simple y consiste en la eliminación de sólidos grandes. Se utilizan rejillas con aberturas de 75 mm evitando el paso de objetos grandes al siguiente paso del tratamiento.

- Clarificación o Sedimentación.

La mayoría de impurezas en el agua residual existen en forma de materia suspendida; por lo regular las partículas son más densas que el líquido circundante pero en el caso del agua residual textil se trata de partículas muy pequeñas o de baja densidad y de forma coloidal debido a la gran cantidad de colorantes que no quedaron fijados en la lana.

- Flotación

Es una técnica alternativa que se utiliza cuando las partículas suspendidas son pequeñas y tienen una densidad cercana a la del agua, utilizan tiempos de retención cortos y se requiere que se añada un agente de floculación. Una de las desventajas de estos equipos es su costo de operación que es elevado y son los más indicados cuando las velocidades de sedimentación son bajas.

- Filtración con carbón activado

El carbón activado es un material que se usa para filtrar químicos nocivos del suelo y el agua contaminados. Tiene una textura similar a la de pequeños gránulos de arena negra. A medida que el agua o el aire fluyen a través de un filtro de carbón activado, los químicos sorben o se adhieren a la superficie y dentro de los poros de los gránulos.

### 3.2. Tratamiento primario y secundario

- Coagulación

La coagulación se lleva a cabo generalmente con la adición de sales de aluminio y hierro. Este proceso es resultado de dos fenómenos:

1. Químico: consiste en las reacciones del coagulante con el agua y la formación de especies hidrolizadas con carga positiva. Este proceso depende de la concentración del coagulante y el pH final de la mezcla.

2. Físico: consiste en el transporte de especies hidrolizadas para que hagan contacto con las impurezas del agua.

El coagulante más utilizado para el tratamiento de agua es el sulfato de aluminio (alumbre)  $Al_2(SO_4)_3$ . Otros coagulantes que pueden ser utilizados son el sulfato ferroso ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  ó caparrosa), sulfato férrico ( $Fe_2(SO_4)_3$ ) ó cloruro férrico ( $FeCl_3$ ).

Para que se dé una buena coagulación debe haber suficiente alcalinidad que reaccione con el sulfato de aluminio, además de un pH adecuado entre 5 y 7.5. Cuando se utiliza la coagulación para quitar el color al agua, la reacción depende de la formación de precipitados a partir de la combinación de las sustancias orgánicas solubles y el coagulante; generalmente hay una relación directa entre la concentración del color y la dosis de coagulante que se requiere para removerlo.

- Floculación

La floculación es un proceso complementario a la coagulación, la cual favorece la formación de los flocs por medio de una mezcla lenta de las especies químicas en el agua. Es necesario realizar una mezcla lenta con el objetivo que permitir el

contacto entre los diferentes iones y especies químicas desestabilizadas a partir de la coagulación, pero que no rompa los flocs como sucede con la coagulación.

- Precipitación química

La remoción de ciertos materiales inorgánicos solubles se puede lograr al agregar reactivos adecuados para convertir las impurezas solubles en precipitados insolubles que pasan así a la fase de floculación y se pueden remover por sedimentación. El grado de remoción que se logre depende de la solubilidad del producto. Factores tales como el pH y la temperatura normalmente afectan.

- Electrocoagulación-flotación

Este procedimiento implica la inyección de iones metálicos para aglutinar los contaminantes dispersos en un agua sacrificando directamente a uno de los electrodos (Ánodo) complementado con el barrido por arrastre del gas generado. En el tratamiento electrolítico se ven involucradas las siguientes reacciones:

- Oxidación anódica y reducción catódica de las impurezas presentes en el agua.
- Solución de ánodos metálicos, descarga y coagulación de partículas coloidales.
- Electroforesis (traspaso de iones a través de membranas semipermeables).
- Flotación de partículas sólidas por arrastre del gas formado.
- Precipitación de iones metálicos en cátodos.
- Regeneración y concentración de ácidos y álcalis.
- Desalado del agua.
- Otros

Los iones formados permiten que los contaminantes se aglomeren de la misma forma que si se adicionara un producto químico como el sulfato de aluminio, cloruro férrico, etc. y permitir con ellos su remoción.

- Intercambio iónico

El tratamiento mediante intercambio iónico tiene la ventaja de que no se producen lodos, aunque se debe tener presente que cuando se ha agotado la capacidad de intercambio iónico, es necesario regenerar el material, lo que da lugar a una corriente de desecho concentrado del contaminante original. Se puede tratar con intercambio iónico como una alternativa a los métodos de precipitación; sin embargo, el uso más común del intercambio iónico es en el ablandamiento de agua o desmineralización en el caso de aguas para calentadores de alta presión, donde es esencial la alta pureza del agua.

- Tratamiento biológico

La materia orgánica que queda disuelta y en suspensión así como el resto de las partículas sólidas que no se han eliminado en los tratamientos anteriores, son



eliminadas mediante los denominados “procesos biológicos de depuración aerobia o anaerobia”, conocidos comúnmente como tratamientos secundarios. Los procesos aerobios los podemos definir como aquellos realizados por determinado grupo de microorganismos (principalmente bacterias y protozoos) que en presencia de oxígeno, actúan sobre la materia orgánica e inorgánica disuelta, suspendida y coloidal existente en el agua residual, transformándola en gases y materia celular, que puede separarse fácilmente mediante sedimentación. La unión de la materia orgánica, bacterias y sustancias minerales forma los flóculos y dicho conjunto de flóculos es lo que todos conocemos como fango biológico.

Los objetivos que persigue este tipo de tratamiento son la transformación de la materia orgánica y la eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables. Por último, conseguimos además la disminución de los microorganismos patógenos y fecales que habitan en el agua residual.

Existen tres tipos básicos de unidades aerobias de las cuales podemos mencionar:

- a. Filtro percolador
- b. Lodos activados
- c. Lagunas de oxidación

### **3.3. Tratamiento de lodos**

Uno de los principales problemas en el tratamiento de agua natural o agua residual es el la eliminación de los lodos. En los tanques de sedimentación se producen grandes volúmenes de lodos con alto contenido de agua y su deshidratación y eliminación final pueden representar casi la mitad del costo del tratamiento.

Dependiendo del origen de los lodos, estos pueden ser empleados como abonos o ser dispuestos como material peligroso. Teniendo en cuenta el alto contenido de humedad, mayor al 90%, es fundamental eliminar la mayor cantidad de agua posible para facilitar su tratamiento y disposición, disminuyendo así volumen y masa.

#### **1. Principios de la deshidratación**

Son cinco los tipos de lodos que se producen en los procesos de tratamiento:

- Lodos primarios de la sedimentación del agua residual.
- Lodos secundarios del tratamiento biológico del agua residual.
- Formas digeridas de los dos anteriores en forma separada o mezclada.
- Lodos de hidróxido por la coagulación y sedimentación de las aguas y desechos industriales.
- Lodos de precipitación de las plantas de ablandamiento y del tratamiento de desechos industriales.



## 2. Acondicionamiento de lodos

Para mejorar la eficiencia del proceso de deshidratado es útil aplicar una etapa preliminar de acondicionamiento para liberar tanta agua como sea posible de las partículas de lodo.

- **Espesamiento:** Agitación a baja velocidad para estimular la floculación, y aumentar el contenido de sólidos. Aplicado principalmente a lodos provenientes del proceso de lodos activado.
- **Acondicionamiento químico:** los coagulantes químicos pueden ser útiles en la promoción de la aglomeración de las partículas de flóculos y en la liberación de agua. También se utiliza cal para estabilizar los lodos del proceso biológico, generando un incremento de pH que elimina los microorganismos.
- **Tratamiento con calor:** Calentamiento bajo presión para desestabilizar la materia orgánica y mejorar la deshidratación. Una operación común es calentar a una temperatura de 190°C por 30 minutos a una presión de 1.5 MPa y luego pasar el lodo a tanques de espesamiento.

## 3. Deshidratación de lodos:

Algunos de los métodos de deshidratación son:

- **Lecho de secado:** Es el proceso de deshidratación más antiguo y más sencillo. Utiliza lechos rectangulares de poca altura y fondo poroso para el drenaje del agua. El lodo se deja por semanas de tal manera que en la superficie se elimine la humedad por medio de la acción del sol y del viento.
- **Filtrado de presión:** Requiere un filtro prensa el cual opera por lotes, en el cual se bombea el lodo, del cual se elimina la humedad por presión, en cámaras que eliminan la humedad y retienen los sólidos. Se obtiene un lodo con contenido de sólidos del 25 al 50%.
- **Filtrado al vacío:** Es un proceso continuo en el cual un tambor giratorio segmentado genera un vacío de 90 kPa para que el lodo se adhiera a la tela de filtración. Se obtiene una concentración entre el 20 al 25%.
- **Centrifugación:** El lodo se alimenta a una carcasa que gira rápidamente, lanzando los sólidos a la orilla donde son ermovidos. En este proceso no se obtiene un contenido de sólidos superior al 20%.

## 4. Eliminación de lodos

La disposición final del lodo depende de las características del agua residual tratada. La aplicación del lodo para fines agrícolas debe realizarse cuando aún tienen un contenido de humedad alto. La digestión anaerobia es empleada como metodología para reducir los lodos de tratamiento secundario.

Cuando los lodos provienen de aguas residuales industriales tienen un mayor potencial tóxico. En estos casos se puede emplear incineración, en la cual las cenizas equivalen a un 5 a 10% del valor de los sólidos iniciales. También se pueden disponer en celdas de seguridad. El proceso seleccionado debe corresponder a las características físico-químicas del lodo.

### 3.4. Evaluación de alternativas

Se realizó una comparación de las alternativas estudiadas y se establecieron diferentes criterios para seleccionar el tratamiento más adecuado para la situación en particular. En la tabla 1 se muestra la evaluación realizada por el equipo de trabajo:

**TABLA 1 MATRIZ DE EVALUACION DE ALTERNATIVAS**

CRITERIO	Tratamiento químico <sup>+</sup>	Tratamiento biológico	Electrofoculación
Costo inicial	1	2	1
Costos de operación	1	1	1
Mano de obra mantenimiento	1	3	1
Replicabilidad	1	2	1
Generación de lodos	1	3	1
Toxicidad de lodos – Generación residuos (carbón)	3	1	1
Movilidad	1	3	1
Fácil manejo	1	3	1
Comprensión del modelo (complejidad)	1	2	1
% Remoción color	1	2	1
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>9</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>1,2</b>	<b>2,2</b>	<b>1</b>

**+ Tratamiento químico por medio de coagulación, floculación, precipitación química.**

1-Bueno

2-Aceptable

3-Menos aceptable

De acuerdo a la matriz de evaluación de alternativas y como resultado de las pruebas de laboratorio realizadas, con tratamiento químico con alumbre y cloruro férrico no fue posible obtener un porcentaje de remoción de colorante óptimo. Esto debido a que los compuestos auxiliares agregados en el proceso de tintura de la lana, los cuales cumplen la función de “secuestrar” el colorante y adherirlo a la tela, dificultaron la remoción.

Por el contrario, empleando el tratamiento por electrofoculación, se obtuvieron resultados de manera inmediata y se encontraron ventajas como las siguientes:

1. Los lodos resultantes son inertes y reutilizables.
2. El proceso libera los gases al medio ambiente sin peligro.
3. Los sólidos ligeros los transforma en natas y espumas en la superficie.
4. Los más pesados los precipita como lodos inertes.

5. Bajo costo de operación y mantenimiento.
6. El agua puede ser reciclada y reutilizada de forma ilimitada.
7. Poco espacio requerido del equipo.
8. La calidad del agua permanece con el tiempo.

Debido a lo anterior, el proceso de tratamiento químico planteado en la propuesta inicial fue seleccionado únicamente para el tratamiento de agua residual de descruce, mientras que para el caso del agua residual de tinturado se seleccionó el proceso de ELECTROCOAGULACIÓN.

### 3.5. Normatividad

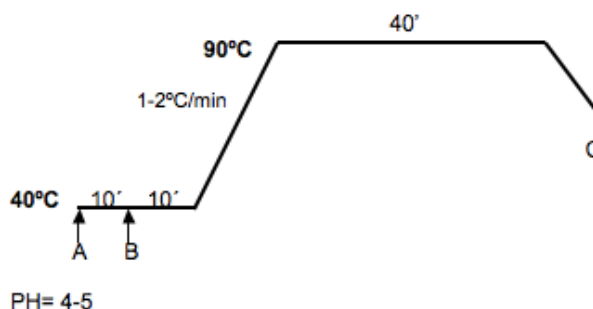
De acuerdo al decreto 1594 de 1984, los límites de vertimiento para cuerpos de agua superficiales se presentan en la tabla a continuación. Aunque este decreto fue derogado por el art. 79, Decreto Nacional 3930 de 2010, salvo los arts. 20 y 21, están vigentes los criterios establecidos en él hasta que no se establezcan los límites permisibles de vertimientos como lo contemplan los decretos 3930 y 4728 de 2010.

**TABLA 2 LIMITES DE VERTIMIENTO**

Parámetro	Usuario existente	Usuario Nuevo
pH	5-9	5-9
Temperatura (°C)	<40	<40
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción en carga del 80%	Remoción en carga del 80%
Sólidos suspendidos	Remoción en carga del 50%	Remoción en carga del 80%
DBO desechos industriales	Remoción en carga del 20%	Remoción en carga del 80%

## 4. Información Preliminar

A continuación el proceso de tinturado suministrado por Nexus- Artesanías de Colombia (ver fichas técnicas de los componentes como anexo a este informe):



**Imagen1 Proceso de tinturado con colorantes Lanaset y Eronyl**

- A: 1.0 g/l Acetato de sodio  
 1.0% Albegal SET  
 3.0 % Acido acético 80%(PH 4-5) o Acido formico
- B: Colorante Lanaset y/o Erionyl

C: Enjuagar  
D: Fijado con Erional FRN pH 5

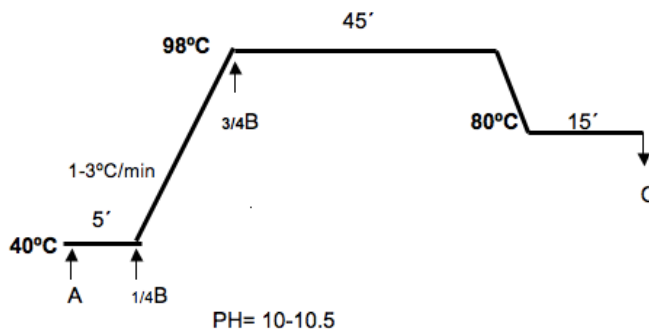


Imagen 2 Proceso de tinturado con colorantes Solofenil

A: 1.0 g/l Albatex AD  
X % Colorante SOLOFENIL  
B: Y g/l Cloruro de sodio o Sulfato de sodio  
C: Enjuagar con agua fría y caliente  
Cantidad de sulfato de sodio o de cloruro de sodio.  
COLORES CLAROS 10 g/l  
COLORES OSCUROS 30 g/l

**TRATAMIENTO POSTERIOR:**

1-3 % Albafix WFF  
Acido acético  
PH: 4.0-6.0  
20-30 min a 40°C (Secar, no enjuagar)

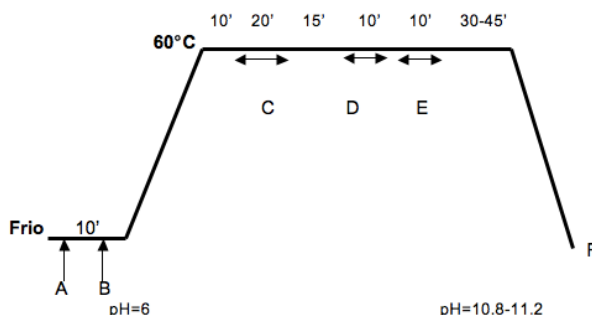


Imagen 3 Proceso de tinturado con colorante Novacron

A: 1.0 g/l Albatex AD  
B: x g/l Cloruro de sodio  
C: x % Colorante Novacron  
D: x g/l Carbonato de sodio (dosificado en 10 min)  
E: x g/l Soda cáustica 50% (dosificada en 10 min)  
F: Lavado en frío

15' 90°C Jabonar con 0.5-2 g/l Eriopon WFE (Repetir si es necesario)  
10' 50°C  
10' Frío  
Caudal aproximado: 30 L

## 5. Metodología

### 5.1. Toma de muestras

La toma de muestras se realizó en el acompañamiento de un taller de tinturado en el municipio de Villapinzón.



Imagen 4 Taller de tinturado en Villapinzón (Noviembre 2014) Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS

Se prepararon recipientes de polietileno en condiciones aptas de limpieza y sin contenido de humedad.

Las muestras fueron tomadas en diferentes momentos del proceso y almacenadas en lugar oscuro y temperatura ambiente para no afectar la calidad del agua. (Ver imagen 5)



**Imagen 5 Muestras de agua residual tomadas en Villapinzon (Noviembre 2014)**  
**Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS**

**1. Agua residual de descrude**

El descrude es el proceso de limpieza de la materia prima (lana). El agua residual contiene principalmente grasa y residuos orgánicos provenientes de la oveja. Por dicha razón, pasado un tiempo puede producir cultivo de microorganismos y presentar un olor fuerte y desagradable.

Igualmente, el agua contiene compuestos de la fase de descrude como: Albafluid (antiquiebre), Invatex (secuestrante), fosfato trisódico y Ultravon (detergente).

**2. Agua residual de tinturado azul**

Durante el baño de tintura, proceso en que se da color a la lana, se usan colorantes principalmente ácidos (Azul lanaset 2R). Igualmente, se somete la fibra a compuestos como: Albegal SET, ácido acético, Erional, Hidrosulfito, entre otros dependiendo la curva de tinturado.

**3. Agua residual de tinturado morado**

Las mismas características del agua residual de tinturado azul pero en mayor concentración de colorante.

**5.2. Análisis de muestras**

Los parámetros de análisis fueron pH, conductividad y Sólidos suspendidos totales (SST) los cuales fueron medidos con un pHmetro / conductivímetro calibrado HANNA:

**TABLA 3 CARACTERIZACION DE MUESTRAS**

Muestra	pH	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	SST (mg/L)
1	9	790	390
2	4.4	1030	500
3	4.4	1670	650

**5.3. Test de jarras**

El test de jarras es un procedimiento de laboratorio que permite determinar las condiciones en las cuales debe desarrollarse el proceso de coagulación y floculación para el tratamiento de agua potable o residual, permitiendo analizar diferentes variables, entre estas:

- Volumen de coagulante o dosis óptima: a cada una de las muestras de agua residual se adiciona diferente volumen de coagulante para determinar la dosis óptima que permite la mejor remoción de



contaminación. Se emplean diferentes coagulantes para determinar cual tiene mejor desempeño.

- Tiempo y velocidad de agitación
- Tiempo de sedimentación
- Porcentaje de lodos obtenidos

El coagulante adicionado al agua permite la formación del floculo, sin embargo el aumento del tamaño y el peso del floculo depende de la agitación homogénea y lenta. Una vez añadidos los coagulantes, se producen reacciones hidrolíticas, aumentando el tamaño del floculo, la velocidad y eficiencia depende del estado de agitación y la concentración de la sustancia.

#### **5.4. Parámetros que influyen en la coagulación**

- Estado de valencia de los compuestos químicos
- Tamaño de las partículas
- Temperatura
- pH: Afecta la solubilidad de los precipitados formados por el hierro y el aluminio, y el tiempo para la formación del floculo. El pH optimo para coloides negativos se encuentra entre 5 y 6,5. Si el pH no está dentro del intervalo, la clarificación es pobre.
- Alcalinidad: tiene una influencia alta en la coagulación por su relación directa con el pH. La alcalinidad del agua es la capacidad para neutralizar ácidos, o reaccionar con iones hidrógeno. La alcalinidad está asociada a la presencia de tres clases de compuestos: bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.

## **6. Diseño Experimental**

En este capítulo se explica el procedimiento de los experimentos realizados para el diseño del sistema, indicando equipos, reactivos y parámetros que se usaron para cada una de las pruebas.

### **6.1 Tratamiento Químico**

#### **6.1.1. Equipos de test de jarras**

Para las pruebas es necesario el uso de un equipo de jarras, el cual es un sistema mecánico que consta de 5 agitadores de plástico en forma de hélice, operados bajo las mismas condiciones por un motor a 2 velocidades. El sistema permite ponerlos en marcha al mismo tiempo y mantener una velocidad igual en cada uno de ellos (Ver Imagen 6).



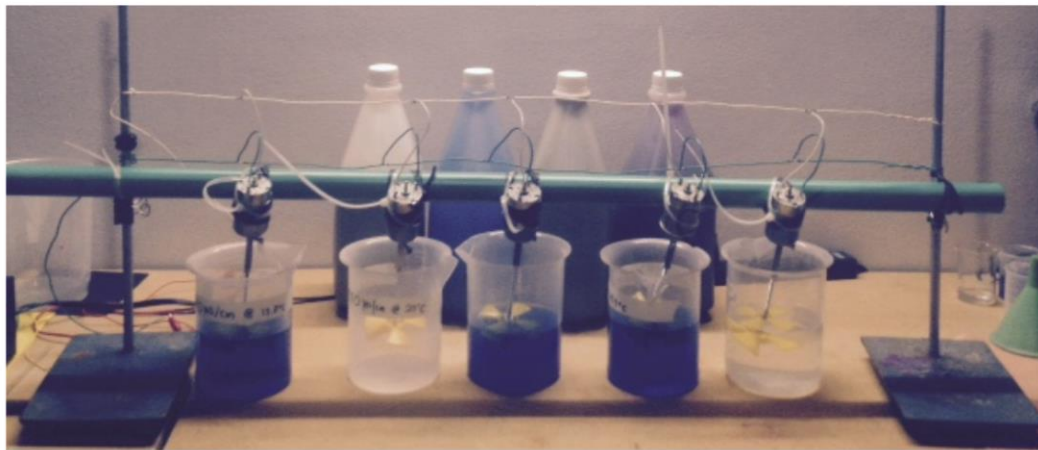


Imagen 6 Equipo de jarras construido para experimentación en laboratorio (Noviembre de 2014) Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS

### 6.1.2 Materiales

Los materiales utilizados para la realización de la prueba de jarras son:

- 5 Beakers aforados de 1000mL
- 2 Probeta de 500mL
- Jerigas de 1 mL y 5 mL
- Cinta métrica
- pHmetro
- Gramera

### 6.1.3 Reactivos

Para la experimentación, es necesario realizar pruebas con diferentes coagulantes para poder determinar el reactivo ideal para el tratamiento del agua, teniendo en cuenta su eficiencia en términos de color del agua final, tiempo de sedimentación y tamaño del floculo formado. Los reactivos que se usarán en esta etapa son:

#### Coagulantes:

- Policloruro de aluminio (alumbre) al 10%
- Cloruro Férrico al 10%

#### Otros reactivos:

- Colorante Lanaset azul, rojo y amarillo
- Muestra de agua coloreada obtenida en taller de tinturado (Villapinzon)
- Muestra de agua de descrude obtenida en taller de tinturado (Villapinzon)
- Bicarbonato de sodio
- Acido acético

#### 6.1.4 Parámetros a controlar:

- Volumen de coagulante: Cada una de las muestras de agua contenidas en los beakers son operadas en las mismas condiciones pero difieren en la cantidad de coagulante adicionado. Lo anterior se realiza con el fin de encontrar la cantidad óptima del mismo.
- Velocidad de agitación: La velocidad que será empleada para distribuir el colorante de forma uniforme. La primera velocidad debe ser muy alta, alrededor de 140rpm.
- Tiempo de agitación: Se tomó un minuto en la velocidad máxima y 10 minutos en la velocidad menor.
- Tiempo de sedimentación: Para la prueba se tomó un tiempo máximo de 1 hora.

#### 6.1.5 Procedimiento tratamiento químico

1. Se vertieron cantidades iguales (500mL en cada beaker) de la solución experimental preparada en el laboratorio con una concentración de colorante de 0,1g por litro.

2. Se midió el pH del agua con pHmetro HANNA para comprobar que esté en el rango adecuado para la coagulación. El pH es la variable más importante a tener en cuenta al momento de la coagulación, para cada agua existe un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente, esto depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del agua. El rango de pH es función del tipo de coagulante a ser utilizado y de la naturaleza del agua a tratar; si la coagulación se realiza fuera del rango de pH óptimo entonces se debe aumentar la cantidad del coagulante; por lo tanto la dosis requerida es alta. Para sales de aluminio el rango de pH para la coagulación es de 6.5 a 8.0 y para las sales de hierro, el rango de pH óptimo es de 5.5 a 8.5 unidades.

Nota: En caso de tener el pH fuera de este rango, se adicionó 5 ml de ácido acético para las soluciones básicas o 20g de bicarbonato de sodio para las soluciones ácidas.

3. Se ubicaron los beakers en el equipo de jarras el coagulante en diferentes cantidades para determinar el volumen óptimo.

4. Se encendió el equipo a la velocidad máxima de agitación (140rpm) durante 1 minuto para su completa dispersión. Luego se redujo la velocidad a 50rpm durante 10 minutos.

5. Posteriormente se apaga el equipo y se deja sedimentar durante 1 hora.

6. Una vez sedimentado se comparara la coloración de las muestras de manera cualitativa para encontrar el mejor resultado.

## 6.2 Tratamiento por electrocoagulación

### 6.2.1 Equipos

Para las pruebas es necesario el uso de un tanque de plástico y un electrodo de aluminio, conectado a una fuente electrónica de 110V (Ver Imagen 7).

## 6.2.2 Materiales

Los materiales utilizados para la realización de la prueba son:

- Tanque plástico de 60L
- 2 Probeta de 500mL
- Jerigas de 1 mL y 5 mL
- Electrodo de aluminio
- Fuente eléctrica de 110V
- Gramera

## 6.1.3 Reactivos

Para la experimentación se preparó una solución experimental con los reactivos y colorantes usados en un proceso de tinturado real. Lo anterior para lograr tener una solución con la suficiente carga de contaminante para realizar las pruebas del prototipo como se observa en la Imagen 8. Se usaron los siguientes reactivos y cantidades:

- 30 L de agua
- 3 g Colorante lanaset
- 0,1L Erional
- 0,1L de Albegal SET
- 0.3L de Acido acético



**Imagen 8 Reactivos empleados en el tinturado de lana (Diciembre de 2014) Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS**

## 6.1.4 Procedimiento de tratamiento con electrocoagulación

1. Se prepararon 30L de solución experimental con la misma proporción de reactivos usados en un proceso de tinturado de lana.
2. Se vertió la solución de colorante con los reactivos en el tanque plástico.
3. Se insertó el electrodo de aluminio en el tanque y se encendió la fuente de energía.
4. Se tomaron muestras de 10ml cada hora para observar la remoción del contaminante.

5. Con un colador de tela se retiraron las espumas de la superficie como se observa en la imagen 9.



Imagen 9 Proceso de tratamiento por electrocoagulación (Diciembre de 2014) Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS

## 7. Resultados experimentales y discusión

### 7.1 Resultados

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas de clarificación y análisis de laboratorio realizados. En todos los casos se usó como ácido: ácido acético (5ml) y como base bicarbonato de sodio (20g).

La muestra experimental de agua con colorante fue preparada con 0.1g/L de lanaset.

#### ENSAYO 1 Test de jarras- tratamiento químico

**TABLA 4 RESULTADOS DE ENSAYO No 1**

	Muestra (500ml)	Coagulante (3g)	pH	Conductividad. (µs/cm)	SST* (mg/L)
1	Agua real**	Alumbre	4.3	400	820
2	Colorante + base + ácido	Alumbre	6.6	1220	2280
3	Colorante+base	Alumbre	8.1	1330	2790
4	Colorante + base + ácido	Cloruro férrico	6.7	1530	3080
5	Colorante+base	Cloruro férrico	8.1	1650	3330

\*Sólidos suspendidos totales

\*\*Muestra obtenida de proceso de tinturado en Villapinzón

\*\*\* En el encabezado de las columnas se especifica la cantidad de reactivo agregada

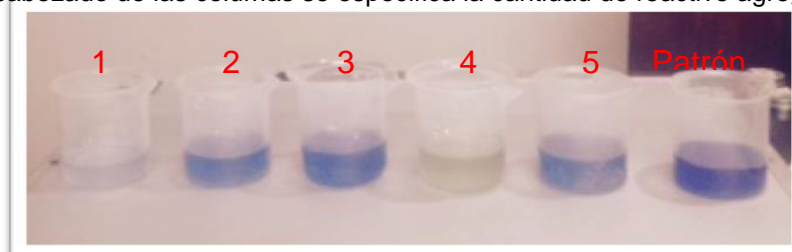


Imagen 10 Resultado de Ensayo No 1 (Noviembre de 2014) Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS

**ENSAYO 2** Test de jarras- tratamiento químico

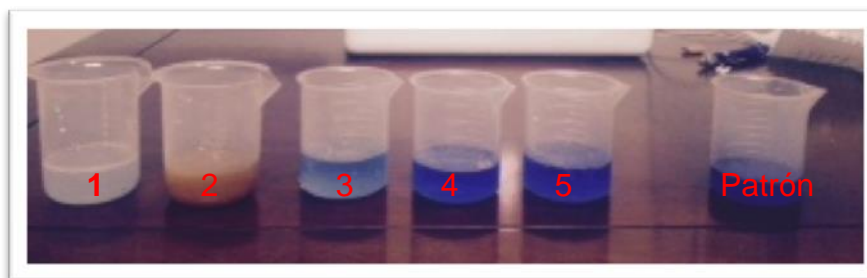
**TABLA 5 RESULTADOS DE ENSAYO No 2**

	Muestra (500ml)	Coagulante (6gr)	pH	Cond. (µs/cm)	SST* (mg/L)
1	Agua real** + base	Alumbre	4.3	400	820
2	Agua real** + base	Cloruro férrico	6.6	1220	2280
3	Colorante+ base + ácido	Alumbre (3gr) + CF(3gr)	8.1	1330	2790
4	Colorante + base + ácido	Alumbre	6.7	1530	3080
5	Colorante + base + ácido	Cloruro férrico	8.1	1650	3330

\*Sólidos suspendidos totales

\*\*Muestra obtenida de proceso de tinturado en Villapinzón

\*\*\* En el encabezado de las columnas se especifica la cantidad de reactivo agregada



**Imagen 11** Resultado de Ensayo No 2 (Noviembre de 2014) Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS

**ENSAYO 3** Agua residual de descrude (500ml) obtenida en taller en Villapinzón con coagulante Alumbre (3gr)



**Imagen 12** Resultado de ensayo No 3 con muestra de agua residual de descrude con alumbre (Noviembre de 2014) Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS

**ENSAYO 4** Test de jarras- tratamiento químico

**TABLA 6 RESULTADOS DE ENSAYO No 4**

	Muestra (500ml)	Coagulante (10g)	pH	Cond. (µs/cm)	SST* (mg/L)
1	Colorante + ácido + base	Alumbre	5.7	5920	2940
2	Colorante + ácido + Bicarbonato	Alumbre	4.7	5590	2780
3	Colorante + base + ácido	Cloruro férrico	2.1	-	-
4	Colorante + base + ácido	Cloruro férrico	2.4	-	-
5	Colorante + base + ácido	Cloro(50ml)	8.1	-	-



\*Sólidos suspendidos totales

\*\* Los resultados de conductividad y SST con (-) no lograron ser leídos por el instrumento de medición por estar por encima de 10000.

\*\*\* En el encabezado de las columnas se especifica la cantidad de reactivo agregada



Imagen 13 Resultado de Ensayo No 4 (Noviembre de 2014) Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS

### ENSAYO 5 Test de jarras- tratamiento químico

**TABLA 7 RESULTADOS DE ENSAYO No 5**

	Muestra (500ml)	Coagulante	pH	Cond. (μs/cm)	SST* (mg/L)
1	Colorante + Base + ácido	Cloruro férrico (4g/L)	12	-	-
2	Colorante + Base + ácido	Cloruro férrico (8g/L)	12.2	-	-
3	Colorante + Base + ácido	Cloruro férrico (12g/L)	11.4	4900	2440
4	Colorante + Base + ácido	Cloruro férrico (16g/L)	5.1	1530	2240
5	Colorante + Base + ácido	Cloruro férrico (20g/L)	2,8	1650	2420

\*Sólidos suspendidos totales

\*\* Los resultados de conductividad y SST con (-) no lograron ser leídos por el instrumento de medición por estar por encima de 10000.

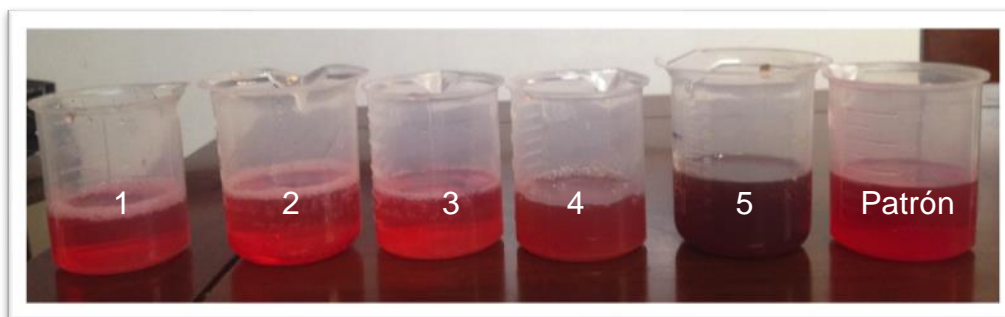


Imagen 14 Resultado de Ensayo No 5 (Noviembre de 2014) Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS

### ENSAYO 6 Test de jarras- tratamiento químico

**TABLA 8 RESULTADOS DE ENSAYO No 6**

	Muestra (500ml)	Coagulante	pH	Cond. (μs/cm)	SST* (mg/L)
1	Colorante + base + ácido	Cloruro férrico (8g/L)	6	2700	1300
2	Colorante + base + ácido	Cloruro férrico (12g/L)	6.4	3470	1760
3	Colorante + base + ácido	Cloruro férrico (15g/L)	6.6	3500	1760
4	Colorante + base + ácido	Cloruro férrico (12g/L)	6.4	7050	3080
5	Colorante + base + ácido	Cloruro férrico (12g/L)	6.5	5680	2830

\*Sólidos suspendidos totales



Imagen 15 Resultado de Ensayo No 6 (Noviembre de 2014) Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS

### ENSAYO 7 Prueba con electrodos – Electrofoculación



Imagen 16 Resultado de Ensayo No 7 (Diciembre de 2014) Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS

### ENSAYO 8 Prueba con electrodos – Electrofoculación



Imagen 17 Resultado de Ensayo No 8 (Diciembre de 2014) Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS

## 7.2 Análisis de resultados

A partir de los diferentes ensayos realizados con tratamiento químico con alumbre y cloruro férrico, no fue posible obtener un % de remoción de colorante óptimo. Esto debido a que los compuestos auxiliares agregados en el proceso de tincura de la lana, los cuales cumplen la función de “secuestrar” el colorante y adherirlo a la tela, dificultaron la remoción.

Por el contrario, empleando el tratamiento por electrofoculación, se obtuvieron resultados de manera inmediata y se encontraron ventajas como las descritas en la evaluación de alternativas.



Debido a lo anterior, el proceso de tratamiento químico fue seleccionado únicamente para ser empleado en el tratamiento de aguas donde si mostró la efectividad esperada y donde no se agregan compuestos auxiliares que dificulten la precipitación.

Para el caso de las aguas residuales de tinturado se seleccionó la electrofloculación como el método más adecuado para este tipo de efluentes.

## 8. Diseño del equipo

### 8.1. Diseño físico:

#### 8.1.1.- Dimensiones de una placa de Aluminio:

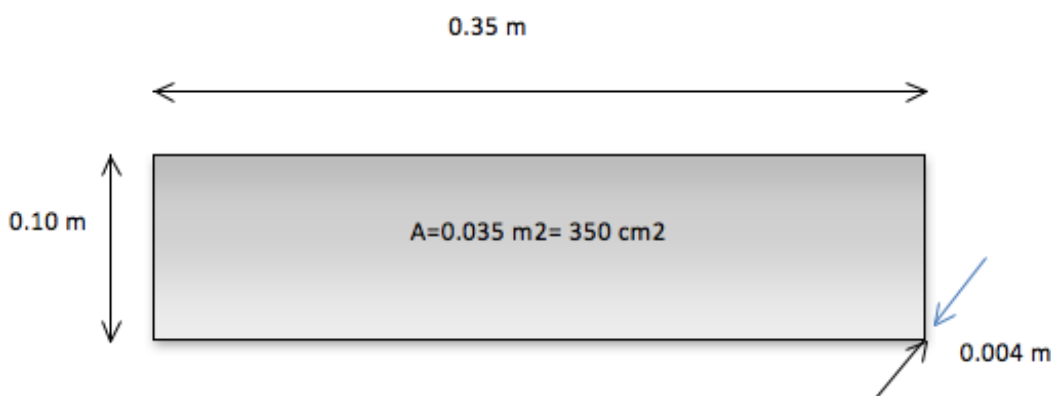


Imagen 18 Dimensiones de la placa de aluminio

#### 8.1.2. Arreglo de electrodos (Celda electroquímica)

Se contraponen 4 placas con las dimensiones de la imagen 13, de tal forma que dos electrodos tengan el mismo potencial positivo(+) y las otras dos el mismo potencial negativo(-). De esta forma se duplica el área de la celda de reacción. La separación de placas es de 0.024 m. La unión de las placas se hace con CPVC.

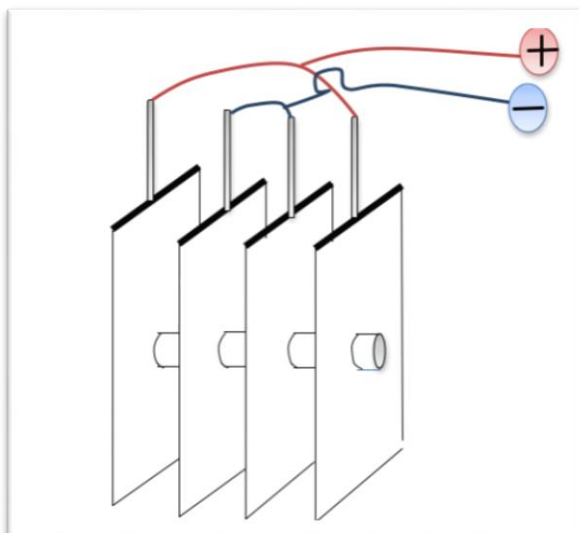


Imagen 19 Arreglo de electrodos

## 8.2.- Diseño electroquímico

### 8.2.1.- Dimensionamiento físico de la celda:

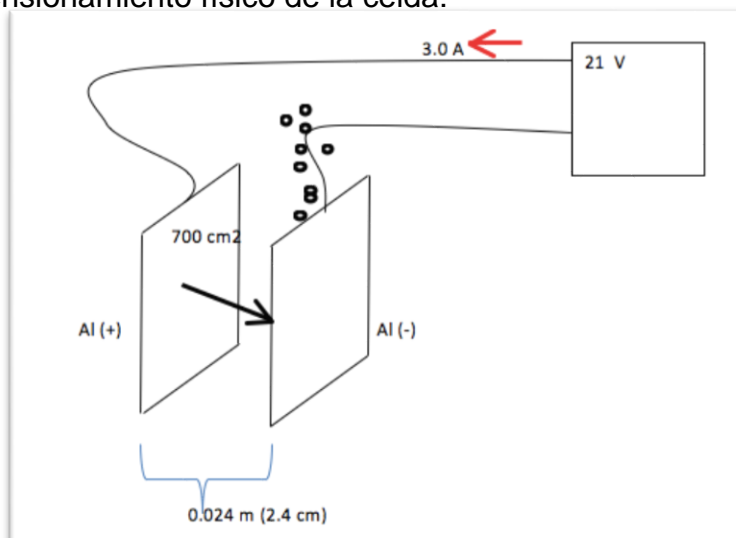


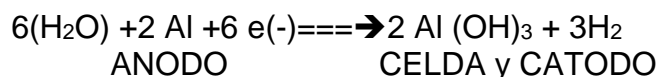
Imagen 20 Esquema básico de la celda electroquímica

La función de los electrodos y la fuente de energía es establecer las condiciones bajo las cuales se **ajusta un amperaje determinado** en la celda; los dimensionamientos de las placas, su separación y otros condicionamientos obedecen a darle una operación térmica soportable por el equipo. Esto en razón de que el **parámetro básico** para calcular la masa aproximada de “flock” es la **corriente (amperaje)**, como se verá a continuación:

Se supone que el voltaje aplicado (22V) es suficiente para realizar tanto la neutralización del potencial de barrera en equilibrio de la interfaz agua electrodo para el tránsito de las partículas de Aluminio en esa parte, como para inducir la corriente efectiva de sobre-voltaje en desequilibrio.

Tanto el CATODO (-) como el ANODO (+) son de aluminio. El electrodo de desgaste es el ánodo, es decir el que produce el “flock”  $(OH)_3 AL$ , mientras que

el electrodo complementario es el cátodo, que va a descargar el gas producido (H<sub>2</sub>), según la siguiente reacción:



El electrodo que se desgasta es el ANODO (suministrando aluminio iónico a la celda) mientras que el electrodo que genera el gas de completud de la reacción es el CATODO.

En la tabla 9 se relacionan los pesos de cada componente de la reacción:

**TABLA 9 PESOS DE COMPONENTES EN LA REACCION**

8.2.2.

Sustancia	Peso (g)	Ánodo	Celda y Cátodo
Agua	6*(2+16) = 108 g	108 g	
Aluminio	2*27 = 54 g	54 g	
Hidróxido de Aluminio	2*(27+3*17) = 156 g		156 g
Hidrogeno gaseoso	3*2 = 6 g		6 g
Total		162 g	162 g

Cálculos electroquímicos aproximados de masa producida de hidróxido de aluminio.

Se utiliza para este cálculo la relación de Faraday:

$$M_{\text{Hidroxido de Aluminio}} (\text{Gramos}) \approx \frac{A}{n} \times \frac{1}{F} \times I \times t \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde **A** es el peso molecular del Hidróxido de Aluminio (A= 156 g), **n** es la valencia observada (n=3), **F** es el Número de Faraday (F=96320), **I** es la corriente en Amperios (I=3.0 Amperios) y **t** es el tiempo en segundos. Por lo tanto, para un ciclo estimado de 12 horas:

$$M_{\text{Hidroxido de Aluminio}} \approx \frac{156}{3} \times \frac{1}{96320} \times 3.0 \times (12 \times 3600) \approx 70\text{g} \quad \text{Ec. (2)}$$

Esta es la masa aproximada de hidróxido de aluminio que se produce en la operación rutinaria de la máquina. Esta cantidad de coagulante deberá ser aplicada a los procesos físicos de aglutinamiento y separación de los contaminantes.

## 9. Descripción del equipo

### 9.1. Partes del equipo básico de tratamiento de aguas residuales

El sistema comprende tres piezas elementales para su operación, las cuales se describen a continuación. (Ver imagen 21)

#### **(1) Fuente electrónica**

Caja electrónica con conexión regular de 110V a tomacorriente, switch de encendido/apagado, con capacidad de 3 amperios. Por el frente, tiene cable de salida para la conexión de los electrodos.

#### **(2) Electrodo en aluminio**

Juego de cuatro (4) electrodos elaborados en platina de aluminio convencional de un calibre de 4 milímetros, cortados a 35 cms de largo y formados en paralelo para transmisión de energía a la solución líquida de aguas residuales.

#### **(3) Tanque plástico**

Tanque convencional con capacidad de 60 litros elaborado en plástico con base cónica, con asideras a cada lado para cargarlo fácilmente de un lugar a otro. Viene con un flanche instalados sobre la pared del tanque para salida de aguas tratadas.



Imagen 21 Equipo de tratamiento de tinturado de lana (Diciembre de 2014) Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS

## 9.2. Ensamble del equipo

Dado que el diseño del sistema responde al objetivo de ser un prototipo replicable por parte de otros talleres, el ensamble del equipo se describirá completamente en el Manual de Construcción, anexo a este documento.

## 10. Procedimiento de operación del equipo

### 10.1. Tratamiento de aguas de descrude de lana

*A. Vierta el contenido de aguas residuales del proceso de descrude de lana dentro del tanque de tratamiento.* El sistema está diseñado con un límite de 30 litros por ciclo de tratamiento, correspondiente a la capacidad de medio tanque plástico.

*B. Prepare la solución de alumbre.* La dosificación del químico deberá hacerse en proporción con base en la siguiente tabla:

6 gramos de alumbre / litro de agua residual de descrude (180 gramos de alumbre / 30 litros de agua residual de descrude)
--

*C. Mezcle previamente el alumbre en un frasco con agua limpia.* Vierta la cantidad precisa de alumbre en un recipiente con agua de la llave y mezcle hasta que disuelva tanto como sea posible. Ayude a triturar las pequeñas partículas de alumbre con el mismo elemento con el que agiten la mezcla.

*D. Vierta la mezcla dosificada de alumbre al tanque.* Todo el contenido del alumbre previamente diluido en agua debe ser vertido en el tanque con las aguas contaminadas.

*E. Agite la mezcla de aguas contaminadas y alumbre dentro del tanque.* Para que las partículas se disuelvan completamente es necesario agitar manualmente la mezcla a velocidad media aproximadamente durante un minuto, para lo cual podrá utilizar algún elemento largo, preferiblemente plástico. Hecho esto comenzará el proceso de tratamiento de aguas de descrude con la acción coagulante de (las sales de) aluminio y hierro, el cual consiste en lo siguiente:

- ✓ La reacción del coagulante con el agua crea un efecto químico con la formación de especies hidrolizadas con carga positiva.
- ✓ Se produce un efecto físico que consiste en el transporte de especies hidrolizadas que hacen contacto con las impurezas del agua.
- ✓ La reacción consecuente será la formación de lodos precipitados a partir de la combinación de las sustancias orgánicas solubles y el coagulante.
- ✓ **Nota:** Este proceso completo tomará en promedio dos (2) horas desde el momento de agitar la solución hasta que se separan por completo los contaminantes que permitan reutilizar las aguas tratadas.

F. *Almacene las aguas tratadas.* Podrá sacar las aguas tratadas por el flanche superior y almacenarla adecuadamente para su posterior reutilización en procesos de descrude y/o tinturado de lanas.

G. *Remueva los lodos resultantes.* El agua con lodos que reposa al fondo del tanque deberá salir por el flanche inferior en un recipiente aparte.

H. *Disponga responsablemente los residuos.* El residual de lodos podrá ser enterrado en suelos que no tengan usos de agricultura, jardinería u otro que represente alguna explotación de recursos. **Nota importante:** Nunca vierta esta carga contaminada en un cuerpo de agua natural o en desagües que puedan llegar a estos.

## 10.2.- Tratamiento de aguas de tintura de lana

A. *Vierta el contenido de aguas residuales del proceso de tinturado de lana dentro del tanque de tratamiento.* El sistema está diseñado (por carga de energía y tamaño de electrodos) con un límite de 45 litros por ciclo de tratamiento.

B. *Instale el electrodo en el centro del tanque.* Asegúrese que la cantidad de agua vertida sobre el tanque no supere los bordes de las láminas de aluminio. Esto es, los cables que unen los electrodos a la fuente en ningún momento deben tener contacto con el agua.

C. *Conecte la fuente electrónica.* Una vez vertida el agua en el tanque junto a los electrodos, podrá conectar entonces la fuente a la toma de 110V.

D. *Encienda la fuente electrónica.* Al encender la fuente comenzará el proceso electroquímico de tratamiento, el cual consiste en lo siguiente:

- ✓ La carga de energía de los electrodos creará una reacción que separará los elementos de las aguas vertidas, inyectando iones metálicos para aglutinar los contaminantes dispersos en la mezcla.
- ✓ Aunque no es fácil observarlo, se liberan partículas de gas al ambiente.
- ✓ Comenzarán a aparecer poco a poco las partículas sólidas flotando sobre la superficie del agua por efecto del arrastre del gas liberado. Estas partículas generalmente condensan la carga de tintura en forma de espumas que podrán removerse al final del proceso.
- ✓ Los iones metálicos se precipitarán al fondo del tanque.
- ✓ **Nota:** Este proceso completo tomará en promedio doce (12) horas desde el momento de encender el equipo hasta que floten la mayor cantidad de partículas contaminantes que permitan reutilizar las aguas tratadas.

E. *Apague la fuente electrónica.* Una vez terminado el ciclo de tratamiento, apague la fuente y desconéctela del tomacorriente antes de manipular el tanque y las aguas tratadas.

F. *Retire los electrodos.* Saque los electrodos del tanque y ubíquelos en una superficie plana que no suponga riesgo de caída o ruptura de las láminas de aluminio o los cables.



*G. Remueva las espumas.* Separe la carga contaminada de espumas que están en la superficie. Puede utilizar un filtro pequeño (una malla o una tela) o un recipiente de tamaño suficiente para entrar y salir del tanque. Deposítelas en un balde o caneca aparte.

*H. Almacene las aguas tratadas.* Podrá sacar las aguas tratadas por el flanche superior y almacenarla adecuadamente para su posterior reutilización en procesos de descrude y/o tinturado de lanas.

*I. Remueva las aguas pesadas.* El agua que reposa al fondo del tanque deberá salir por el flanche inferior al recipiente donde ha depositado previamente las espumas contaminadas.

*J. Disponga responsablemente los residuos.* Las espumas y el residual de aguas pesadas podrán ser enterrados en suelos que no tengan usos de agricultura, jardinería u otro que represente alguna explotación de recursos. **Nota importante:** Nunca vierta esta carga contaminada en un cuerpo de agua natural o en desagües que puedan llegar a estos.

Cualquier información adicional podrá ser consultada en el Manual de Operación anexo al presente informe.

## 11. Entrega y capacitación

Para la entrega de los equipos y capacitación de los artesanos, el personal del proyecto se desplazó a las poblaciones de Simijaca y Ubaté el jueves 11 de diciembre de 2014. En el caso de Sutatausa por dificultades de agenda propias de la época de diciembre, se realizó en Bogotá en las oficinas de Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS el día martes 16 de diciembre de 2014.

Para estas actividades, se contactó previamente a cada una de las personas recomendadas por parte de la operadora del contrato para convocar al grupo de artesanos de lana de cada municipio, a quien a su vez se le solicitó tener listo un lugar apropiado para una capacitación de 1 hora y 30 minutos de tiempo promedio, así como el aseguramiento de una cantidad suficiente de aguas de tinturado y de descrude para emplear en las capacitaciones directamente sin necesidad de realizar estos procesos durante la jornada.

Las actas de recibo del equipo así como las listas de asistencia de las capacitaciones se encuentran como anexo a este informe.

El orden de la capacitación fue el siguiente:

1. Presentación del proyecto: Introducción, objetivos, alcance y créditos.
2. Sensibilización: ¿Por qué ser responsables con el medio ambiente? ¿Es importante la disposición de nuestros residuos en nuestra cadena productiva?



3. Presentación del equipo: Explicación de las partes del equipo y su función.
4. Demostración: Presentación del procedimiento a escala (en un beaker con un pequeño electrodo) y en el equipo entregado.
5. Recomendaciones de uso y mantenimiento del equipo: Antes, durante y después del tratamiento.
6. Replicabilidad del equipo: elementos y proceso de construcción.
7. Entrega del equipo, firma de actas y entrega de manuales.

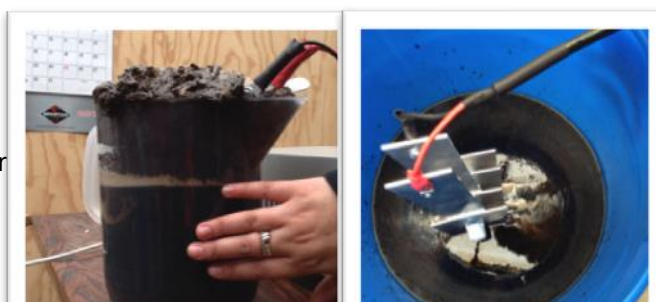
### 11.1 Simijaca

La capacitación de los artesanos se llevó a cabo en la estación de bomberos del municipio en la mañana del 11 de diciembre contando con muy baja participación de los artesanos. En dicha población se usan colorantes naturales, los cuales tienen muy bajo impacto en el medio ambiente; sin embargo se realizó la demostración obteniendo muy buenos resultados del tratamiento y una reacción muy positiva por parte de los asistentes.



**Imagen 22 Capacitación en Simijaca (11 de Diciembre de 2014) Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS**

El agua suministrada para la demostración por parte de una de las artesanas participantes no era agua residual sino una preparación para tinturado de lana, por lo que la carga de colorante era considerable. Por esta razón la producción de espumas fue inmediata así como la disminución de la coloración (ver imagen 23). Sin embargo una solución con esta cantidad de colorante requiere más de 12h de tratamiento con el equipo.



**Imagen 23 Resultados de Capacitación en Simijaca (11 de Diciembre de 2014)  
Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS**

### 11.2 Ubaté

La capacitación de los artesanos se llevó a cabo en la casa de una de las artesanas en la mañana del 11 de diciembre contando con muy buena participación de los artesanos (8 personas). Se observó un equipo de artesanos muy organizado y con una dinámica de trabajo muy interesante.



**Imagen 24 Capacitación en Ubaté (11 de Diciembre de 2014) Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS**

La capacitación se realizó posterior a un taller de tinturado por lo que se tenían a la mano tanto agua residual de descruce de lana como de tinturado lo cual facilitó la demostración. Se observó comprensión del método y gran aceptación del equipo por parte de los asistentes.

### 11.3 Sutatausa

La capacitación se realizó en Bogotá el 16 de diciembre a tempranas horas de la mañana, aprovechando la visita del grupo de artesanas de lana a la ciudad para asistir a Expoartesanías. Se contó con una excelente participación y con la asistencia de 22 personas.



**Imagen 25 Capacitación en Bogotá para artesanos del municipio de Sutatausa (16 de Diciembre de 2014)**  
Fotografía: Fluvia – Hydrocloro Technologies SAS

Desafortunadamente, el grupo no contaba con las muestras de agua residual de tinturado solicitadas previamente, razón por la cual se simuló una solución con una carga de colorante de 0,1g/L para la demostración.

## 12. Conclusiones y recomendaciones

A partir de la experimentación realizada en laboratorio con el agua de muestra de tinturado y las preparaciones de agua con colorante se concluye que el tratamiento químico es apto para el agua residual de descrude más no para el agua residual de tinturado. Lo anterior debido a los químicos auxiliares agregados en el proceso como el Erionyl que actúan como secuestrante de la tinta en la lana.

Para el agua residual de tinturado se encontró que el método más efectivo, económico y de fácil replicabilidad es la electrofloculación, proceso que arrojó excelentes resultados tanto en la experimentación realizada en el laboratorio como en las capacitaciones y demostraciones en cada uno de los municipios.

El equipo de tratamiento de aguas residuales fue recibido con agrado y aceptación por parte de las tres comunidades beneficiarias quienes manifestaron su interés por emplear el método en sus procesos de producción.

Se encontraron grupos muy organizados y con conocimiento en la técnica de tinturado de lana, como es el caso de Sutatausa y Ubaté. No obstante, Simijaca no parece tener un grupo tan organizado. Esto puede ser debido a que no han recibido aún el taller de tintura como los otros dos municipios.

Por otro lado, grupos como el de Villapinzón expresaron su interés en contar con un sistema como el del proyecto para sus talleres. Por lo anterior podemos afirmar que así como ellos, otras comunidades que han recibido apoyo por parte de Artesanías de Colombia y la Gobernación de Cundinamarca son objetivo potencial para entregar otros sistemas similares a los prototipos entregados dentro del cumplimiento del presente contrato. Eventualmente, podrían incluirse

en una siguiente etapa los cuatro municipios que fueron eliminados del contrato inicial.

### 13. Agradecimientos

A los realizadores Artesanías de Colombia y la Gobernación de Cundinamarca.

Al operador del contrato UT Nexus – Gestando

A los organizadores en los diferentes municipios:

- Luz Maria Rodriguez (Sutatausa)
- Blanca Ruth Espitia (Ubate)
- Luisa Pizano, Jaime y Viviana Rincon (Simijaca)
- Paulino Monroy (Villapinzon)

### 14. Bibliografía

- Castrillón, D. and M. d. I. Á. Giraldo (2012). Determinación de las dosis óptimas del coagulante sulfato de aluminio granulado Tipo B en función de la turbiedad y el color para la potabilización del agua en la planta de tratamiento de Villa Santana. Facultad de Tecnologías. Pereira, Escuela de Química.
- Donado Zuñiga, L. (2004). Diseño de un sistema de tratamiento para la recuperación de aguas en una textilera. Ingeniería Química. Bogotá, Universidad de los Andes.
- Murillo, D. (2011). Análisis de la influencia de dos materias primas coagulantes en aluminio residual del agua tratada. Química Industrial. Pereira, Universidad Tecnológica de Pereira.
- Artesanías de Colombia S.A. *Mejoramiento del proceso técnico para la preparación y adecuación de la lana de oveja. Esquilado, lavado, hilado, tinturado*. Laboratorio de innovación y diseño para la artesanía Cundinamarca 2013. Bogotá D.C., 2013.
- Donado, L., & Muñoz, F. *Diseño de un sistema de tratamiento para la recuperación de aguas en una textilera*. Lorena Donado Zuñiga ; director: Felipe MuñozUniandes. Bogotá D.C., Colombia, 2004.
- Rey López, A., & Sarria, V. *Tratamiento de aguas residuales de industria textil a través del acople de procedimientos Foto-Fenton y lodos activados*. Andrea Rey López; director: Victor Sarria. Uniandes. Bogotá D.C., Colombia, 2008.
- Bolaños, René. *Propuesta de recuperación del agua residual proveniente de industria textil*. Universidad del Salvador. 2010.
- Hugo Castillo Alvarado y Dr. Alfredo Rivera García PROSELQUIM (Productos y Servicios Electroquímicos). <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/ecuador10/elec.pdf>



- Curso de Física General Tomo II, S. Frish y A. Timoreva, Editorial MIR, Moscú, 1967.
- Teoría y práctica de la purificación del agua. Jorge Arboleda Valencia. ACODAL, Bogotá,
- Huntsman. *Ficha técnica. ALBEGAL SET agente igualdor.* Suiza, 2007.
- Huntsman. *Ficha técnica. ERIONAL FNR agente fijador y de reserva.* Suiza, 2010.
- Huntsman. *Ficha técnica. ERIOPON OS agente de lavado posterior.* Suiza, 2007.
- Huntsman. *Ficha técnica. INVATEX CS agente de cracking.* Suiza, 2007.

## 15. Anexos

- Anexo 1 Ficha técnica tintura de algodón
- Anexo 2 Ficha técnica Curva de teñido con Erionyl y Lanaset
- Anexo 3 Ficha técnica Curva de teñido Solofeniles
- Anexo 4 Ficha técnica Lanaset
- Anexo 5 Ficha técnica MSDS Albafluid
- Anexo 6 Ficha técnica MSDS Albegat SET
- Anexo 7 Ficha técnica MSDS Eriopon
- Anexo 8 Ficha técnica MSDS Invalon
- Anexo 9 Ficha técnica MSDS Invatex
- Anexo 10 Ficha técnica MSDS Ultravon
- Anexo 11 Ficha técnica MSDS Uvitex
- Anexo 12 Ficha técnica Solophenyl
- Anexo 13 Ficha Comercial Solophenyl
- Anexo 14 Manual de usuario – Equipo de tratamiento
- Anexo 15 Ficha técnica – Equipo de tratamiento
- Anexo 16 Acta de recibo Simijaca
- Anexo 17 Acta de recibo Ubaté
- Anexo 18 Acta de recibo Sutatausa
- Anexo 19 Lista de asistencia Simijaca
- Anexo 20 Lista de asistencia Ubaté
- Anexo 21 Lista de asistencia Sutatausa







PSU  
12V 5A

NO PERMITS  
DIALUOKAN  
KAWA  
KAWA

















































WATER FILTER

WATER FILTER

WATER FILTER

WATER FILTER

WATER FILTER

WATER FILTER

WATER FILTER









## ACTA DE ENTREGA

(Sistema básico de tratamiento de aguas residuales de tinturado de lana)

### ARTESANIAS DE COLOMBIA – UT NEXUS-GESTANDO

Contrato CPSN-029. "Prueba piloto para el Tratamiento de aguas residuales de tintura de lana en talleres artesanales de municipios seleccionados en el departamento de Cundinamarca"

## LISTA DE CHEQUEO DE EQUIPO

**Sistema básico de tratamiento de aguas residuales de tinturado de lana.** Prototipo para tratamiento químico y electrolítico de aguas residuales.

- |  |  |
|--|--|
| <b>1.- Tanque plástico de 60Lts</b> , color azul, con agarres laterales, flanches instalados y tapa en color negro.                      | SI <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>2.- Fuente electrónica de 10A</b> , con conexión eléctrica convencional de 110V, switch de encendido/apagado, con caja en color gris. | SI <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>3.- Electroodos de aluminio</b> , por cuatro unidades de 35cm, integradas en paralelo, con conexión a la fuente electrónica.          | SI <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>4.- Manual de usuario</b> del sistema básico de tratamiento de aguas residuales de tinturado de lana, impreso, con ficha técnica.     | SI <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>5.- Insumos.</b> Un (1) kilo de Alumbre, para tratamiento químico.  | SI <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>5.- Otros.</b> <u>3 A 2, 2 FUSIBLES.</u>  | SI <input checked="" type="checkbox"/> |

NOTAS:

Se firma en SIMUACA, a los 11 días del mes de diciembre de 2014.

Entrega:

Andrea Rey

FLUVIA | Hydrocloro Technologies SAS  
ANDREA REY LOPEZ  
Coordinadora de proyectos

Recibe:

Viviana Rincon

Líder de comunidad de artesanos  
Nombre Viviana Rincon  
Cargo Artesana



## ACTA DE ENTREGA

(Sistema básico de tratamiento de aguas residuales de tinturado de lana)

### ARTESANIAS DE COLOMBIA – UT NEXUS-GESTANDO

Contrato CPSN-029. "Prueba piloto para el Tratamiento de aguas residuales de tintura de lana en talleres artesanales de municipios seleccionados en el departamento de Cundinamarca"

## LISTA DE CHEQUEO DE EQUIPO

**Sistema básico de tratamiento de aguas residuales de tinturado de lana.** Prototipo para tratamiento químico y electrolítico de aguas residuales.

- |  |  |
|--|--|
| 1.- <b>Tanque plástico de 60Lts</b> , color azul, con agarres laterales, flanches instalados y tapa en color negro.                      | SI <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2.- <b>Fuente electrónica de 10A</b> , con conexión eléctrica convencional de 110V, switch de encendido/apagado, con caja en color gris. | SI <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3.- <b>Electrodos de aluminio</b> , por cuatro unidades de 35cm, integradas en paralelo, con conexión a la fuente electrónica.           | SI <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4.- <b>Manual de usuario</b> del sistema básico de tratamiento de aguas residuales de tinturado de lana, impreso, con ficha técnica.     | SI <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5.- <b>Insumos.</b> Un (1) kilo de Alumbre, para tratamiento químico.  | SI <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5.- <b>Otros.</b> <u>3 A2, FUSIBLES</u>  | SI <input type="checkbox"/>            |

NOTAS:

---



---



---



---

Se firma en UBATE, a los 11 días del mes de diciembre de 2014.

Entrega:

Andrea Rey

FLUVIA | Hydrocloro Technologies SAS  
ANDREA REY LOPEZ  
Coordinadora de proyectos

Recibe: Blanca Ruth Espitia

Blanca Ruth Espitia

Líder de comunidad de artesanos  
Nombre Blanca Ruth Espitia  
Cargo Artesana.





## ACTA DE ENTREGA

(Sistema básico de tratamiento de aguas residuales de tinturado de lana)

### ARTESANIAS DE COLOMBIA – UT NEXUS-GESTANDO

Contrato CPSN-029. "Prueba piloto para el Tratamiento de aguas residuales de tintura de lana en talleres artesanales de municipios seleccionados en el departamento de Cundinamarca"

## LISTA DE CHEQUEO DE EQUIPO

**Sistema básico de tratamiento de aguas residuales de tinturado de lana.** Prototipo para tratamiento químico y electrolítico de aguas residuales.

- |  |  |
|--|--|
| <b>1.- Tanque plástico de 60Lts</b> , color azul, con agarres laterales, flanches instalados y tapa en color negro.                      | SI <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>2.- Fuente electrónica de 10A</b> , con conexión eléctrica convencional de 110V, switch de encendido/apagado, con caja en color gris. | SI <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>3.- Electrodo de aluminio</b> , por cuatro unidades de 35cm, integradas en paralelo, con conexión a la fuente electrónica.            | SI <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>4.- Manual de usuario</b> del sistema básico de tratamiento de aguas residuales de tinturado de lana, impreso, con ficha técnica.     | SI <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>5.- Insumos.</b> Un (1) kilo de Alumbre, para tratamiento químico.  | SI <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>5.- Otros.</b> <u>3 A 2.</u>  | SI <input type="checkbox"/>            |

NOTAS:

Se firma en BOGOTA, a los 16 días del mes de diciembre de 2014.

Entrega: Sutatausa

Recibe:

Andrea Rey

[Signature]

FLUVIA | Hydrocloro Technologies SAS  
ANDREA REY LOPEZ  
Coordinadora de proyectos

Líder de comunidad de artesanos  
Nombre Luz María Rodríguez  
Cargo estructura