



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**INFORME TECNICO**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN REACTOR DE  
ELECTROCOAGULACIÓN PARA EL ESTUDIO DE  
TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE TINTURA Y  
ACABADO TEXTIL**

**ELABORADO POR:**

JARAMILLO TERÁN ENELIO XAVIER

**DIRECTOR DE TESIS**

DR. NELSON MORALES

**ASESOR DE TESIS**

ING. HERNAN IZURIETA

Ibarra, 11 de Enero del 2012

## INTRODUCCIÓN

La Normativa Ambiental vigente, regula las descargas del efluente líquido residual, mismo que en el caso de las Industrias Textiles que cuentan con proceso de tintura, tienen un impacto ambiental alto. El presente estudio es una alternativa más para tratar el efluente residual. Alternativa que se basa en la electrólisis del agua.

Mejor que limpiar es no ensuciar y toda iniciativa preventiva es útil, el proceso en si empieza evitando el uso excesivo de agua, con iniciativas como disminución de la relación de baño, apoyados en tecnología de máquinas, disminución de enjuagues de tintura empleando colorantes más eficientes, auxiliares menos nocivos con el Ambiente y que agiliten la remoción de colorante que no llego a formar parte del genero textil, evitando el reproceso, haciendo lo bien a la primera, y con este efluente resultante después de todas estas iniciativas, la electrocoagulación

es una alternativa . Para la electrocoagulación es necesario acondicionar el efluente lo máximo posible, con actividades simples como filtración en el proceso mismo de tintura, en las máquinas, una posterior antes del tanque de captación para retener las partículas grandes que pueden ser separadas mediante filtrados (usando coladores de pelusa), el control del potencial hidrógeno, la oxigenación que puede ser aprovechada también para la homogenización. Y después de la electrocoagulación la separación del contaminante se la puede hacer por métodos como la decantación o la misma filtración que fue empleada para el desarrollo de los ensayos previo a la caracterización.

La parte teórica empieza con un análisis de la situación del agua, métodos tradicionales de depuración para efluentes líquidos residuales de la Industria Textil, y se estudia la

electrólisis que es la base teórica de la propuesta en esta tesis.

La parte práctica considera la importante actividad de diseño y construcción del reactor de electrocoagulación, descripción de los equipos y accesorios útiles en el estudio, análisis de la electrocoagulación y sus inherentes fenómenos físicos y químicos, y posteriormente con los ensayos y análisis de las caracterizaciones, se justifica y cumplen los objetivos propuestos.

### **EL AGUA.**

La fórmula química del agua es  $H_2O$ . También, el agua es un recurso natural indispensable para la mayoría de actividades que desarrolla el ser humano, entre estas están: generación de energía eléctrica, explotaciones piscícolas, navegación, silvicultura, minería y recreación. En la Industria Textil se lo emplea desde la agricultura para el cultivo de las fibras naturales

como: el algodón, yute, abacá, etc., también se lo emplea como: medio de transporte de calor, sistemas de enfriamiento, disolvente de auxiliares, sistemas acuosos de ennoblecimiento y tintura de géneros textiles, etc.

Las condiciones del efluente líquido residual de una industria textil que procesa poli algodón deben cumplir parámetros que se muestran en la siguiente tabla, para ser desalojados:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDADES	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (5 DIAS)	D.B.O <sub>5</sub>	mg/l	120 (A) 70 (C,)
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	D.Q.O.	mg/l	240 (A) 123 (C,)
SOLIDOS SUSPENDIDOS	S.S.	mg/l	95 (A) 53 (C,)
CAUDAL	Q	l/kg de producción	140

Nota. (A) Alcantarillado y (C) Cauce de agua.

### **TRATAMIENTO DEL EFLUENTE LÍQUIDO RESIDUAL.**

La razón de un proceso de tratamiento, es modificar las características

fisicoquímicas y biológicas del agua residual a las establecidas por la normativa correspondiente, considerando el cuerpo receptor, y sobretodo teniendo en cuenta, que todo esfuerzo, acción de prevención, uso eficiente, y depuración, tiene su repercusión en la preservación del Medio, y también repercusión en el costo final del producto para el cual fue empleada el agua.

### **TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO**

El tratamiento físico químico del agua residual, tiene como finalidad, mediante la adición de ciertos productos químicos, la alteración del estado físico de estas sustancias que permanecerían por tiempo indefinido de forma estable para convertirlas en partículas susceptibles de separación por sedimentación. Mediante este tratamiento puede llegar a eliminarse del 80 al 90% de la materia total

suspendida, del 40 al 70% de la DBO<sub>5</sub> y del 30 al 40% de la DQO.

Este tipo de tratamiento consiste en:

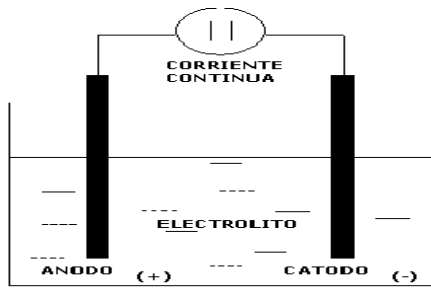
- Remoción de sólidos.
- Remoción de arena.
- Precipitación con ayuda de coagulantes o floculantes.
- Separación y filtración de sólidos.

### **TRATAMIENTO BIOLÓGICO**

Los tratamientos biológicos, en los que la depuración de la materia orgánica biodegradable del agua residual, se efectúa por la actuación de microorganismos (fundamentalmente bacterias), que se mantienen en suspensión en el agua o bien se adhieren a un soporte sólido formando una capa de crecimiento.

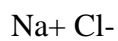
### **ELECTROLISIS.**

La Electrólisis es un proceso para separar un compuesto de los elementos que lo conforman, usando para ello la electricidad.



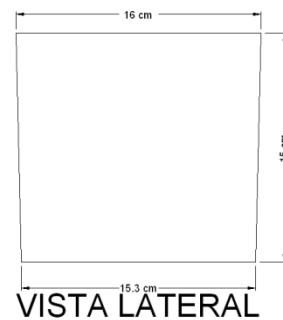
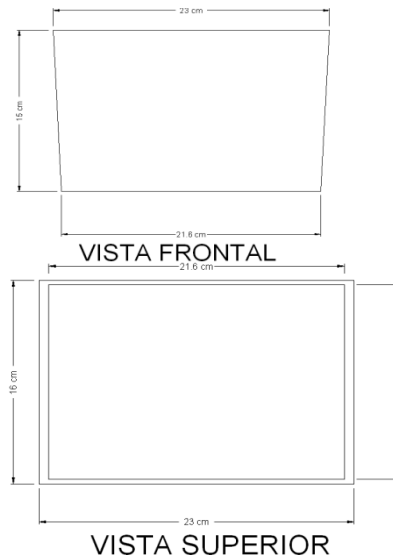
Cuando una corriente eléctrica atraviesa el electrolito, los iones se desplazan en la solución. Los aniones se dirigen hacia el ánodo y los cationes hacia el cátodo.

Uno de los compuestos químicos usado con mayor frecuencia en las tintorerías de fibras celulósicas, es el cloruro de sodio (ClNa). La electrolisis de cloruro de sodio fundido es:



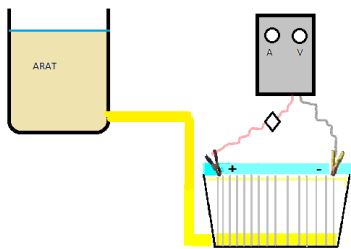
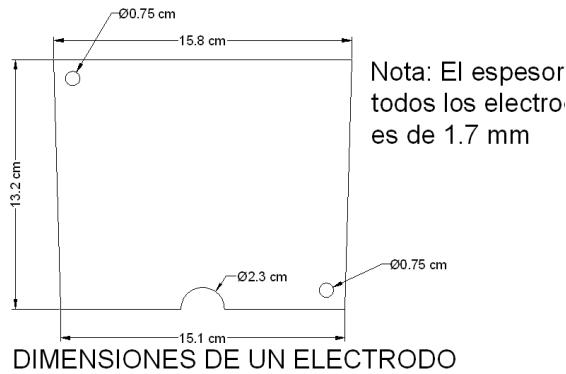
## DISEÑO Y CONSTRUCCION

**Dimensiones de la Cuba.** Las dimensiones del recipiente que contiene el reactor son: En la base; 21.6 cm de largo por 15.3 cm de ancho; en la parte superior tiene: 23 cm de largo y 16 cm de ancho y tiene 15 cm de alto.



Los electrodos tienen las siguientes dimensiones: 15.1 cm de largo en la base y 15.8 cm de largo en la parte superior, con una altura de 13.2 cm. En la parte media de la base tiene una hendidura con forma de semicírculo con un diámetro de 2.3 cm, el cual está diseñado para dar alojamiento al

cilindro alimentador del efluente por tratar, en un extremo de la base se encuentra un orificio de 0.75 cm de diámetro y uno igual en la parte perpendicular superior, los cuales son atravesados por una barra de poliuretano cuyas dimensiones se indican en su parte correspondiente.



## ELECTROCOAGULACIÓN

La coagulación se produce en esta etapa, específicamente al interior del reactor de electrocoagulación con la

desestabilización y coagulación simultánea de los coloides, producto de la aplicación de una diferencia de potencial, a través de electrodos (cátodo/ánodo) de Hierro sumergidos en un electrolito y conectados a una fuente de poder, el que se unirá por enlaces iónicos a los coloides cargados opuestamente.

La masa de un producto liberado en un electrodo es proporcional a la cantidad de corriente (es decir: la intensidad de la corriente y la duración de la electrolisis) y la valencia-gramo del producto depositado:

$$m = K \frac{A}{n} I t$$

El factor K depende de las unidades. Si se expresa I en amperios, t en segundos y  $\frac{A}{n}$  en gramos, K es igual a 96500, de donde se escribe la ley de Faraday:

$$m = \frac{1}{96500} \frac{A}{n} I t$$

De donde se entiende que se necesita 96500 culombios para liberar una masa de iones igual a la valencia-gramo  $\frac{A}{n}$ .

También se conoce al valor 96500C como un Faraday (F).



La experimentación empieza con un ensayo Bach para determinar el alcance del proceso.

En éste se obtiene los siguientes resultados:

PARAMETRO MEDIDO	DIMENSIONES	unidades	VALOR INICIAL	VALOR FINAL
Numero de electrodos			27	-
Potencial hidrogeno	pH	pH	6	7
Temperatura	grados centígrados	°C	45	46
Tención	Voltios	V	64	65
Intensidad	Amperios	A	3	2
DBO <sub>5</sub>	miligramos/litro	mg/l	313	110
DQO	miligramos/litro	mg/l	480	291
Sólidos suspendidos	miligramos/litro	mg/l	84	68

En la siguiente tabla se muestra los valores de remoción después de tratar el agua con electrocoagulación aplicando una intensidad de 6 amperios con una tensión de 62 amperios.

PARAMETRO MEDIDO	DIMENSIONES	unidades	VALOR INICIAL	VALOR FINAL
Numero de electrodos			27	-
Potencial hidrogeno	pH	pH	6	7
Temperatura	grados centígrados	°C	45	46
Tención	voltios	V	62	62
Intensidad	amperios	A	6	6
DBO <sub>5</sub>	miligramos/litro	mg/l	313	112
DQO	miligramos/litro	mg/l	480	227
Sólidos suspendidos	miligramos/litro	mg/l	84	71



El reactor construido es apropiado para realizar el estudio de tratamiento de agua, empleando la electrocoagulación como medio de depuración.

La separación de los electrodos de 0.57 cm, se logra una adecuada agitación del efluente en proceso de tratamiento, sin llegar a atascamientos producto de incrustaciones, que afectarían el rendimiento del proceso.

#### **DE LA ELECTROCOAGULACION.**

Con la electrocoagulación se logra la desestabilización de los contaminantes presentes en el efluente líquido residual en suspensión coloidal (coagulación), para facilitar su remoción y de esta manera mejorar sus condiciones antes de la evacuación.

#### **DE LOS EXPERIMENTOS**

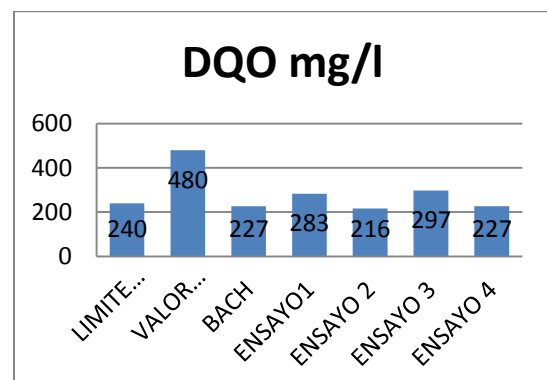
Cada uno de los ensayos dio diferentes resultados y se concluye lo siguiente:

Al dividir en dos campos el sistema de electrodos se incrementa la intensidad a

6 amperios con lo que se logra mejorar los índices de depuración.

La determinación de la longitud entre los electrodos oscila entre 0.5 cm y 0.8 cm, para el caso exclusivo del efluente líquido residual de donde se realiza el estudio, tiene una conductividad promedio de 1900 mS/cm<sup>2</sup>, la distancia entre electrodos es de 0.57 cm, ya que esta permite un buen flujo de material ionizado, con una adecuada agitación para lograr eficiente uso de los iones desestabilizante (que son los que transportan la corriente).

El siguiente grafico muestra el nivel de cumplimiento del efluente respecto de la norma vigente para descargas después de haber sometido el efluente a electrocoagulación.

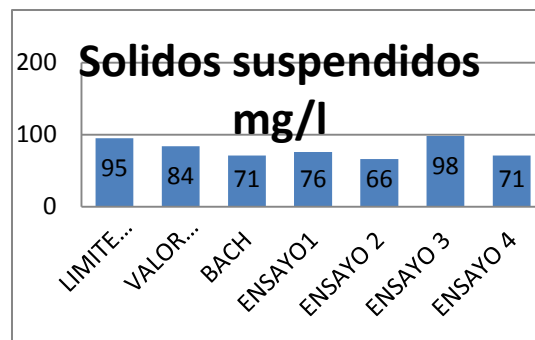




**Grafico 27.** Comparativo de remoción de ensayos respecto a la Norma de DQO.

La barra primera muestra el nivel máximo permisible, la segunda indica la situación del afluente antes de someter a electrocoagulación, la barra tercera indica el nivel de depuración con un tiempo mayor de residencia del efluente, concluyéndose que una vez rota la fase coloidal de la carga contaminante, no tiene ningún resultado adicional positivo. El ensayo dos y cuatro determinan la conexión más idónea para el tratamiento, concretándose en el ensayo cuatro que es la instalación que tiene la alternación de polaridad en periodos de tiempo de tres minutos.

El otro parámetro que es cuantificado en todos los ensayo, es el de los Sólidos Suspendidos y que se puede observar su nivel de remoción y alcance respecto a la norma en el siguiente grafico.



**Gráfico.** Comparativo de remoción de ensayos respecto a la Norma de SS.

La intensidad adecuada para lograr la desestabilización sin llegar a incrementos innecesarios que representarían desperdicio de energía, en incremento de calor, es de entre 4 a 8 amperios (A), con una tensión de entre 64 a 67 voltios (V).

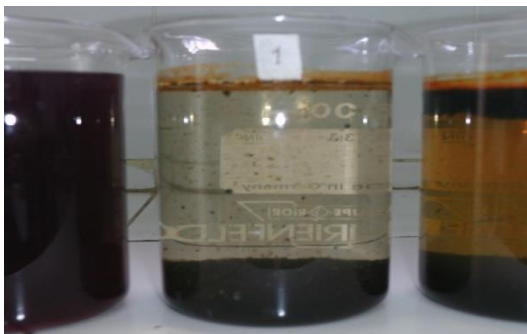
La alterabilidad de polaridad de los electrodos es fundamental, porque evita incrustaciones de sales en los electrodos que limitarían el área de exposición de estos, es decir los mantiene limpios, con solo cambiar la dirección del flujo de electrones.

La electrocoagulación se fundamenta en el concepto básico del empleo de electrones como agente coagulante cuya

producción está regida por las leyes de electrólisis.

La electrocoagulación es una alternativa viable y eficiente para disminuir la carga contaminante del efluente líquido residual de la empresa anfitriona.

Con respecto al color aparente, con la electrocoagulación se logra hasta el 93% de remoción, proporcionando agua que podría ser reutilizada para enjuagues en colores oscuros



### **RECOMENDACIONES.**

Es recomendable emplear la electrocoagulación como medio de depuración del efluente líquido residual a tratar de la empresa auspiciante.

Es fundamental hacer los estudios preliminares a nivel de laboratorio como esta presente tesis, antes de tomar

la decisión de implementar este método de depuración, puesto que las condiciones de las plantas de tintura son variadas y responden a diferentes realidades y por tanto su efluente también será variado.

La electrocoagulación es una alternativa recomendable ya que el reactor ocuparía muy poco espacio, comparado con un sistema químico de coagulación.

En el caso de no llegar a niveles de depuración altos, la electrocoagulación puede ser complementada con medios biológicos de tratamiento del efluente.

Con respecto a las caracterizaciones, estas han sido realizadas en laboratorios calificados ya que esta es una exigencia de la normativa nacional, y Las Universidades en Quito pueden hacerlas (las que tienen certificación). Esta podría ser una alternativa para la Universidad Técnica del Norte, y brindar este servicio a la zona norte del país.

Se debe apoyar en mejores tecnologías de: maquinaria, química de colorantes y auxiliares y procesos productivos para disminuir el consumo de agua, mejorar el rendimiento de colorantes.