



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO
DE RIESGOS NATURALES**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA EMPRESA TEXTILERA TEXMODA
UBICADA EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA CANTÓN
AMBATO**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

RICHARD MAURICIO IBARRA BONILLA

DIRECTOR: Ing. VÍCTOR HUGO ARIAS, MSc.

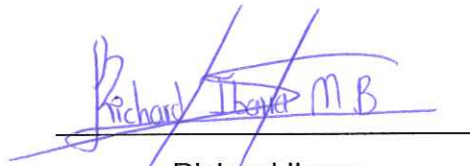
Quito, junio 2016

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2016
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **RICHARD MAURICIO IBARRA BONILLA**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Richard Ibarra
C.I. 172447674-0

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la empresa textilera TEXMODA ubicada en la Provincia de Tungurahua Cantón Ambato**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales** fue desarrollado por **Richard Ibarra**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.



Ing. Víctor Arias, MSc.
DIRECTOR DEL TRABAJO
C.I. 170721192-4

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a todos quienes me apoyaron durante toda mi vida universitaria y que contribuyeron a la finalización de esta etapa.

Dedico este trabajo especialmente a mi familia: a mis padres y mi hermana, por ser un gran apoyo, que con su confianza, su aliento y su cariño me orientaron y ayudaron a alcanzar mis metas a través de mi vida universitaria y desarrollo de este documento que es el fruto de cada uno de sus deseos.

Richard Ibarra B

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud, principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme llegar a este momento de mi vida, de poder concluir mi carrera universitaria.

Agradezco profundamente al Ing. Víctor Arias, que con su orientación, su guía y su apoyo se desarrolló esta tesis.

Gracias a mi madre Gumer Bonilla que ella en toda mi vida ha sido madre y padre que siempre me alentó a seguir luchando hasta conseguir cada una de mis metas, tus eres la mejor madre de todas, a mi hermana que siempre ha sido mi apoyo y una de mis mayores fortalezas las amo a las dos. También agradezco a Fabián López que sin ser mi padre pues siempre me apoyo en todo muchas gracias pa, también a mi novia Ximena que ha estado ahí siempre durante el desarrollo de esta tesis apoyándome y alentándome en todo momento gracias te amo.

A mis compañeros a quienes les agradezco por los grandes momentos que compartí junto a ellos, por las locuras y los acolites a todo, además por haberme ayudado a crecer como persona y profesional gracias Israel, Paul, Diana, Pips, Pinto son muy importantes para mí. Además un agradecimiento muy especial a Carlos Toledo, Alejito y Damián que me ayudaron a desarrollar esta tesis.

A la empresa PETROCHECK y TEXMODA, que me abrieron sus puertas para realizar mi tema de titulación, de igual manera a sus trabajadores: muchas gracias por estar siempre prestos hacia mi persona para el desarrollo de este trabajo. Gracias también a mis profesores que siempre me han apoyado a lo largo de mi vida universitaria, con sus conocimientos y sus experiencias lo cual me ha ayudado a desarrollarme y lograr cada una de mis metas.

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO
PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1724476740
APELLIDO Y NOMBRES:	IBARRA BONILLA RICHARD MAURICIO
DIRECCIÓN:	Sabanilla OE7-159 y Pedro de Alvarado
EMAIL:	ribarra_76@yahoo.com
TELÉFONO FIJO:	022-292-403
TELÉFONO MOVIL:	098-412-7347

DATOS DE LA OBRA	
TITULO:	PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA TEXTILERA TEXMODA UBICADA EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA CANTÓN AMBATO
AUTOR O AUTORES:	IBARRA BONILLA RICHARD MAURICIO
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	17 de junio del 2016
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Víctor Arias, MsC.
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	En Ecuador, la industria textil es uno de los sectores más importantes ya que es un gran generador de plazas de empleo directo. Ocupa el segundo lugar en el sector manufacturero con el mayor uso de mano de obra; cerca de 50.000 personas trabajan directamente y más de 20.000 trabajos indirectamente en empresas del sector textil. Una desventaja de esta industria es que usa gran cantidad de agua y por los diferentes procesos que se

la usa genera efluentes contaminados con metales pesados, solidos, químicos entre otros, los cuales alteran el medio ambiente. Este trabajo de investigación se centrará en la compañía TEXMODA, ubicada en la provincia de Tungurahua en el cantón Ambato, debido que al momento de realizar la caracterización de sus efluentes la misma incurría en el incumplimiento de los parámetros de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado según lo establecido por el por el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

El resultado de los efluentes arrojó problemas con DQO, DBO, SST y T°, por lo tanto se estableció un sistema de tratamiento de aguas residuales basado en la coagulación - floculación, partiendo de una prueba de jarras en la cual se usó sulfato de aluminio e hipoclorito de calcio a diferentes concentraciones tratando muestras de 500ml, la dosis optima fue de 20ml de sulfato de aluminio al 15% y 10ml de Hipoclorito de Calcio al 10%; los resultados mostraron una disminución en la turbidez del 81.06%, DBO en un 67,49%, DQO en un 63.82% y los sólidos suspendidos totales en un 92.5%, la muestra después de este proceso fue filtrada para determinar la cantidad de lodos que se produce por el tratamiento. Posteriormente la muestra fue analizada por un laboratorio certificado y se evidenció que cumple con los parámetros establecido en el TULSMA.

	<p>Una vez encontrada la dosificación de coagulante necesario, se usó los datos obtenidos para dimensionar con el efluente real a tratar en la empresa TEXMODA, además se determinó el caudal a tratar, así como la potencia de las bombas, la cantidad de producto a usar, la capacidad y material de los tanques que se usarán en el tratamiento (tanque de carga y de coagulación-floculación-sedimentación), así como el material y la capacidad de tratamiento del lecho de secado de lodos, los cuales posteriormente serán entregados a un gestor ambiental calificado.</p>
<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Caracterización, parámetros, efluentes, TULSMA, tratamiento</p>
<p>ABSTRACT:</p>	<p>In Ecuador, the textile industry is one of the most important sectors, as it is a major source of direct employment spaces. It ranks second in the manufacturing sector with the largest number of labor use; about 50,000 people are employed directly and over 20,000 work indirectly in textile companies. A disadvantage of this industry is that it uses a lot of water and for the different processes that used generates effluent contaminated with heavy metals solids, chemicals among others, which alter the environment. This research work will focus on the company TEXMODA, located in the province of Tungurahua in the canton Ambato, due to the time of their effluent characterization it engaged in non-compliance with the parameters of discharge of effluents to the system of sewerage as provided by the by</p>


the Unified Text of Secondary Legislation Environment Ministry (TULSMA).

The result of the effluent showed problems with cod, BOD, TSS and T °, therefore a system of wastewater treatment based on coagulation-flocculation, was established on the basis of a test of jars in which aluminum sulphate was used and different concentrations calcium hypochlorite trying samples of 500ml, the optimum dose was 20 ml of aluminum sulfate to 15% and 10ml of calcium hypochlorite to 10%; the results showed a decrease in turbidity of the 81.06%, DBO 67,49% cod in a 63.82% and total suspended solids in a 92.5%, the sample after this process was filtered to determine the amount of sludge produced by the treatment. Then the sample was analyzed by a certified laboratory and showed that it complies with the parameters established in the TULSMA.

Once found the dosage of coagulant required, the data obtained was used for sizing with the real effluent to be treated in the TEXMODA company, also determined the flow to be treated, as well as the power of the pumps, the quantity of product to use, capacity and material of tanks to be used in the treatment (tank loading and coagulation-flocculation - sedimentation) as well as the material and the treatment capacity of the bed of sludge, which later will be delivered to a qualified environmental Manager.

KEYWORDS	Characterization, parameters, effluent, TULSMA, treatment
----------	---

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f: 

IBARRA BONILLA RICHARD MAURICIO

1724476740

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **IBARRA BONILLA RICHARD MAURICIO**, CI 1724476740 autor del proyecto titulado: **Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la empresa textilera TEXMODA ubicada en la Provincia de Tungurahua Cantón Ambato** previo a la obtención del título de **INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 17 de junio del 2016

f: _____


IBARRA BONILLA RICHARD MAURICO

1724476740

Quito, 17 de junio del 2016

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, **TANIA CAROLINA TAPIA GUIJARRO** con cédula de identidad N.- 1714832142 en calidad de Gerente General del Área de Gestión Ambiental de Petrocheck Cia. Ltda. autorizo a **RICHARD MAURICIO IBARRA BONILLA**, realizar la investigación para la elaboración de su proyecto de titulación "PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA TEXTILERA TEXMODA UBICADA EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA CANTON AMBATO", basada por la información proporcionada por la compañía Petrocheck Cia. Ltda.

f: _____

TAPIA GUIJARRO TANIA CAROLINA

1714832142

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xxi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA	4
2.2 CONTAMINACIÓN DE LA INDUSTRIA	4
2.2.1 AGUAS RESIDUALES	5
2.2.2 RESIDUOS SÓLIDOS	5
2.2.3 EMISIONES ATMOSFÉRICAS	5
2.2.4 GENERACIÓN DE RUIDO	6
2.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES	6
2.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	6
2.3.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	10
2.3.2.1 Constituyentes químicos inorgánicos	10
2.3.2.2 Constituyentes químicos orgánicos agregados	12
2.3.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	13
2.4 OPERACIONES Y PROCESOS UNITARIOS	15
2.4.1 FILTRACIÓN	15
2.4.1.1 Tipos de filtración	15
2.4.2 COAGULACIÓN	15
2.4.2.1 Coagulantes	16
2.4.2.2 Fases de la coagulación	17
2.4.2.3 Potencial Zeta	18
2.4.3 FLOCULACIÓN	18
2.4.3.1 Flocculantes	18

2.4.3.2	Factores que influyen en la floculación	19
2.4.4	SEDIMENTACIÓN	19
2.4.4.1	Tipos de Sedimentación	20
2.4.5	Lodos	21
2.4.5.1	Estabilización de lodos	21
2.4.5.2	Desaguado de lodos	22
2.4.5.3	Disposición de lodos	22
2.5	PRUEBA DE JARRAS	22
2.5.1	TIPOS DE MEZCLA	23
2.6	MARCO LEGAL	23
2.6.1	CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	24
2.6.2	LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL, R.O. N°245, DE 1999/07/03	26
2.6.3	LEY DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN, R.O. N° 418, 2004/09/10	27
2.6.4	LEY ORGÁNICA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, R.O. N° 305, 2014/08/06	27
2.6.5	TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA	28
2.6.6	ACUERDO MINISTERIAL 061, R.O. 270 DEL 04 DE MAYO DEL 2015	29
2.6.7	ACUERDO MINISTERIAL 097-A, R.O. 270 DEL 04 DE MAYO DEL 2015	30
3.	METODOLOGÍA	33
3.1	ALCANCE	33
3.2	MATERIALES	33
3.2.1	IDENTIFICACION DE MATERIALES DE LABORATORIO	33
3.2.2	IDENTIFICACION DE EQUIPOS DE LABORATORIO	33
3.2.3	IDENTIFICACION DE INSUMOS DE LABORATORIO	34
3.3	TIPO DE INVESTIGACIÓN	34

3.3.1	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	34
3.3.2	INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL	34
3.3.3	INVESTIGACIÓN DE CAMPO	34
3.3.4	INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL	35
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1	LÍNEA BASE	37
4.1.1	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	37
4.1.2	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	37
4.2	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS	38
4.3	EVALUACIÓN DE PROCESOS CONTAMINANTES	47
4.4	PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	50
4.4.1	SELECCIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTE	50
4.4.2	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	52
4.4.3	ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE PRUEBA DE JARRAS	52
4.4.4	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	53
4.4.4.1	Determinación del coagulante necesario	53
4.4.4.2	Determinación de la cantidad de lodos	56
4.4.4.3	Dimensionamiento de tanques	57
4.4.4.4	Cámara de secado de lodos	65
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
5.1	CONCLUSIONES	67
5.2	RECOMENDACIONES	68
	NOMENCLATURA / GLOSARIO	69

BIBLIOGRAFÍA

70

ANEXOS

74

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1.	Clasificación de los diferentes tipos de sólidos encontrados en las aguas residuales	7
Tabla 2.	Metales de importancia en el manejo de aguas residuales	11
Tabla 3.	Clasificación general de microorganismos presentes en las aguas residuales	13
Tabla 4.	Tipos de coagulantes usados en el tratamiento de aguas residuales	16
Tabla 5.	Tipo y tamaño de partículas presentes en los procesos de sedimentación	19
Tabla 6.	Determinación de la velocidad de asentamiento de las partículas en el proceso de sedimentación	20
Tabla 7.	Coordenadas de ubicación de la empresa	37
Tabla 8.	Matriz de cumplimiento legal de los parámetros analizados en las aguas residuales de la empresa TEXMODA	49
Tabla 9.	Criterio de valoración de la matriz de cumplimiento legal	50
Tabla 10.	Determinación de la dosis óptima de coagulante, medición de la turbiedad y pH	51
Tabla 11.	Determinación del tiempo y velocidad de ocurrencia de los procesos de floculación y sedimentación	51
Tabla 12.	Porcentaje de remoción de la turbiedad a diferente concentración de coagulante	52
Tabla 13.	Matriz de cumplimiento legal de la muestra tratada en el laboratorio	53
Tabla 14.	Criterio de diseño de lecho de secado	66

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Test de jarras	23
Figura 2. Mapa de ubicación de la empresa TEXMODA	38
Figura 3. Procesos productivos de la empresa TEXMODA	39
Figura 4. Parte frontal de la máquina de Tejido	41
Figura 5. Zona de alimentación de la máquina de tinturado de 300kg	42
Figura 6. Parte frontal de la máquina de tinturado de 200kg Zona de descarga de efluentes al sistema de	42
Figura 7. alcantarillado de las máquinas de tinturado y centrifugado	45
Figura 8. Zona de alimentación de la máquina de centrifugado	45
Figura 9. Parte frontal de la máquina de secado	46
Figura 10. Zona de alimentación del calandro	47
Figura 11. Resultado de la sedimentación de coloides	56
Figura 12. Posible ubicación de la PTAR	57

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO 1	
Visita técnica a la empresa TEXMODA	74
ANEXO 2	
Lugar de toma de muestras	76
ANEXO 3	
Prueba de jarras	77
ANEXO 4	
Resultados caracterización inicial del agua residual	79
ANEXO 5	
Resultados de la caracterización final del agua tratada en el laboratorio	82
ANEXO 6	
Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales	84

RESUMEN

En Ecuador, la industria textil es uno de los sectores más importantes ya que es un gran generador de plazas de empleo directo. Ocupa el segundo lugar en el sector manufacturero con el mayor uso de mano de obra; cerca de 50.000 personas trabajan directamente y más de 20.000 trabajos indirectamente en empresas del sector textil. Una desventaja de esta industria es que usa gran cantidad de agua y por los diferentes procesos que se la usa genera efluentes contaminados con metales pesados, sólidos, químicos entre otros, los cuales alteran el medio ambiente. Este trabajo de investigación se centrará en la compañía TEXMODA, ubicada en la provincia de Tungurahua en el cantón Ambato, debido que al momento de realizar la caracterización de sus efluentes la misma incurría en el incumplimiento de los parámetros de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado según lo establecido por el por el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

El resultado de los efluentes arrojó problemas con DQO, DBO, SST y T°, por lo tanto se estableció un sistema de tratamiento de aguas residuales basado en la coagulación - floculación, partiendo de una prueba de jarras en la cual se usó sulfato de aluminio e hipoclorito de calcio a diferentes concentraciones tratando muestras de 500ml, la dosis optima fue de 20ml de sulfato de aluminio al 15% y 10ml de Hipoclorito de Calcio al 10%; los resultados mostraron una disminución en la turbidez del 81.06%, DBO en un 67,49%, DQO en un 63.82% y los sólidos suspendidos totales en un 92.5%, la muestra después de este proceso fue filtrada para determinar la cantidad de lodos que se produce por el tratamiento. Posteriormente la muestra fue analizada por un laboratorio certificado y se evidenció que cumple con los parámetros establecido en el TULSMA.

Una vez encontrada la dosificación de coagulante necesario, se usó los datos obtenidos para dimensionar con el efluente real a tratar en la empresa

TEXMODA, además se determinó el caudal a tratar, así como la potencia de las bombas, la cantidad de producto a usar, la capacidad y material de los tanques que se usarán en el tratamiento (tanque de carga y de coagulación-floculación-sedimentación), así como el material y la capacidad de tratamiento del lecho de secado de lodos, los cuales posteriormente serán entregados a un gestor ambiental calificado.

ABSTRACT

In Ecuador, the textile industry is one of the most important sectors, as it is a major source of direct employment spaces. It ranks second in the manufacturing sector with the largest number of labor use; about 50,000 people are employed directly and over 20,000 work indirectly in textile companies. A disadvantage of this industry is that it uses a lot of water and for the different processes that used generates effluent contaminated with heavy metals solids, chemicals among others, which alter the environment. This research work will focus on the company TEXMODA, located in the province of Tungurahua in the canton Ambato, due to the time of their effluent characterization it engaged in non-compliance with the parameters of discharge of effluents to the system of sewerage as provided by the by the Unified Text of Secondary Legislation Environment Ministry (TULSMA).

The result of the effluent showed problems with cod, BOD, TSS and T °, therefore a system of wastewater treatment based on coagulation-flocculation, was established on the basis of a test of jars in which aluminum sulphate was used and different concentrations calcium hypochlorite trying samples of 500ml, the optimum dose was 20 ml of aluminum sulfate to 15% and 10ml of calcium hypochlorite to 10%; the results showed a decrease in turbidity of the 81.06%, DBO 67,49% cod in a 63.82% and total suspended solids in a 92.5%, the sample after this process was filtered to determine the amount of sludge produced by the treatment. Then the sample was analyzed by a certified laboratory and showed that it complies with the parameters established in the TULSMA.

Once found the dosage of coagulant required, the data obtained was used for sizing with the real effluent to be treated in the TEXMODA company, also determined the flow to be treated, as well as the power of the pumps, the quantity of product to use, capacity and material of tanks to be used in the treatment (tank loading and coagulation-flocculation - sedimentation) as well

as the material and the treatment capacity of the bed of sludge, which later will be delivered to a qualified environmental Manager.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la industria textil el agua es un recursos muy utilizado ya que interviene en la mayoría de los diferentes procesos productivos, en los cuales el agua se contamina debido a la adición de químicos que se incorporan en estos procesos; estos efluentes que salen de los diferentes procesos van directamente al alcantarillado donde producen una mayor contaminación ya que esas aguas van a cuerpos de agua o a otros ambientes contaminándolos, esto se da debido a que las aguas residuales no son tratadas y tampoco cumplen con la Normativa Ambiental Ecuatoriana.

El presente estudio es de gran importancia ya que se pretende encontrar alternativas para el tratamiento de los efluentes derivados de la industria textil, debido que la mayoría de las empresas textiles en la provincia de Tungurahua, se descargan sus efluentes directamente en los sistemas de alcantarillado sin haberles dado un tratamiento previo e incluso sin comprobar cuáles son los parámetros y ver si están bajo la norma ambiental para la descarga de efluentes.

“Este tipo de efluentes tienen la capacidad de alterar las condiciones normales del medio ambiente, provocando una serie de impactos ambientales afectando a medios como el agua, suelo y aire; además provoca daños en los sistemas de alcantarillado ya que los deteriora y en casos taponan las tuberías”.
(RAMALHO, 2014)

La industria textil se caracteriza principalmente por usar grandes cantidades de agua dentro de sus procesos, en especial el proceso de tinturado es uno de los más cuestionados por su generación de carga contaminante. “Por su naturaleza de ser un proceso netamente húmedo genera una gran cantidad de efluente contaminado por colorantes, auxiliares químicos y sólidos suspendidos. Su impacto radica en el DQO (Demanda Química de Oxígeno),

DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), SS (Sólidos suspendidos), metales, pH (unidad para indicar 54 acidez o alcalinidad), temperatura, detergentes, uso del agua y contaminación del aire por vapores químicos...El material orgánico, los compuestos específicos, materiales suspendidos, sólidos disueltos, metales, color, temperatura del agua y pH, cada uno de estos parámetros tienen un efecto determinantes sobre la calidad del recurso agua donde se efectúa las descargas efluentes”. (MORILLO, 2012)

Por lo mencionado, el Ministerio del Ambiente es una organización la cual vela por el cumplimiento de las leyes y el cuidado del medio ambiente; exigiendo que los diferentes efluentes antes de ser descargados deben de cumplir con ciertos parámetros especificados en el A.M 061, A.M. 097-A Tabla 8. Por lo tanto, la industria textil que descarguen sus efluentes deberá cumplir con esta norma.

La importancia de la investigación fue ayudar a la empresa textilera TEXMODA, ubicada en la provincia de Tungurahua, a erradicar el impacto ambiental que genera la contaminación del agua, como lo establece la normativa el realizar un tratamiento previo de las aguas residuales antes de su deposición, por lo cual es preciso aplicar un tratamiento de aguas residuales en la empresa para que la misma pueda trabajar y realizar sus diferentes actividades sin ningún problema con el correspondiente permiso según lo establece la ley.

Los objetivos específicos fueron:

- Determinar los procesos unitarios a realizarse en nuestro sistema de tratamiento de aguas para los efluentes de la empresa textilera TEXMODA.
- Determinar el marco legal en base a la caracterización de las aguas residuales de la empresa TEXMODA

- Realizar pruebas a escala de los procesos unitarios que se realizaran en nuestro sistema de tratamiento propuesto para evaluar su eficiencia acorde a los parámetros establecidos en la normativa legal.

2. MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1 IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA

Según manifiesta Michelle Ordóñez “En la actualidad, el sector textil — integrado por los subsectores de la fabricación textil (hilos y telas) y la confección como una sola fuerza de producción— genera un valor agregado bruto (VAB) de \$ 724,23 millones, según los datos más recientes del Banco Central del Ecuador (BCE). El sector ha crecido positivamente durante casi todos los años del último quinquenio, a excepción de 2012, período en el que se redujeron sus ventas, y en 2013 reaccionando a esa contracción del año previo, la fabricación de textiles tuvo una expansión anual de 1,5%, y la de prendas de vestir una de 2,1%.

De otro lado, según el registro del Directorio de Empresas (DIEE) 2013, existen 55.278 empleos formales vinculados con la industria textil y de la confección, que representa alrededor de 18% del empleo generado por toda la manufactura ecuatoriana. Otro aspecto que no puede pasar desapercibido es la gran cantidad de microemprendimientos que se desarrollan en el sector textil: 99% de las empresas textiles del Ecuador en 2013 se ubicaron en el estrato de la micro o pequeña empresa, según el número de personas que emplean”.

2.2 CONTAMINACIÓN DE LA INDUSTRIA

La industria textil tiende a usar un sinnúmero de suministros y recursos para su producción y a la vez genera varios residuos de diferentes características, entre estos tenemos:

- Aguas residuales
- Residuos Sólidos
- Emisiones Atmosféricas

2.2.1 AGUAS RESIDUALES

Este es uno de los mayores problemas de esta industria, “Las principales fuentes de los desechos líquidos son los procesos húmedos, básicamente el proceso de acabado. Las aguas residuales provenientes de este proceso se caracterizan por una alta demanda de oxígeno, tanto química como biológica, variaciones de pH, grasas y aceites, presencia de color y altas temperaturas; y en los casos en los que no existen sistemas de retención de sólidos, o su funcionamiento no es el óptimo, las aguas residuales también presentan sólidos suspendidos”. (GUATEMALA, 2008)

El contenido de contaminantes o la caracterización de la mismas va a depender de qué tipo de actividades y procesos realice cada empresa.

2.2.2 RESIDUOS SÓLIDOS

En los diferentes procesos que se lleva a cabo en el sector textil se generan varios residuos de diferente clase, tales como hilos, fibras naturales, cartones, rollos, plásticos resultado del embalaje, recipientes plásticos o contenedores (contienen los colorantes o químicos), pelusas, retazos de tela y papel.

La cantidad de residuos y desechos depende de las actividades de cada empresa y la manera de disposición de los mismos.

2.2.3 EMISIONES ATMOSFÉRICAS

“Las emisiones en la industria textil se encuentran ligadas al uso de energía eléctrica y térmica para los diferentes procesos que se lleva a cabo en cada empresa. Dentro de las emisiones más comunes según la CGPL están: gases de efecto invernadero, partículas en suspensión (pelusas), olores de aceite y compuestos orgánicos volátiles (COV)”. (DROGUET, CRESPI, & GUTIERREZ, 2003)

2.2.4 GENERACIÓN DE RUIDO

Este parámetro es de gran importancia ya que de acuerdo a la normativa ambiental el mismo no debe pasar de límites permitidos, ya que si los decibeles superan a los establecidos causan gran daño a los trabajadores, a los pobladores y a la biota de la zona. El mismo se produce por el uso de las diferentes máquinas que posee cada industria y la magnitud del mismo depende de las características del equipo y la periodicidad de uso.

2.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

“Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado”. (OEFA, 2014)

Las aguas poseen características de origen físico, químico y biológico, las cuales son de importancia a la hora de realizar un tratamiento de aguas residuales; ya que de la relación de estas con el tipo de industria se parte para la caracterización del agua.

2.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Dentro de las características físicas que son de importancia dentro de las aguas residuales tenemos:

- **Contenido de sólidos**

Es de gran importancia conocer la naturaleza de los sólidos ya que nos dan una idea de qué tipo de tratamiento se podría aplicar para facilitar su remoción o eliminación, los mismo pueden estar en forma suspendida, coloidal y disuelta. Es de gran importancia “ya que afecta directamente a la cantidad de lodo en el sistema de tratamiento o disposición”. (RE, 2010)

La clasificación de los diferentes tipos de sólidos encontrados en las aguas residuales se encuentra detallado en la tabla 1, a continuación:

Tabla 1. Clasificación de los diferentes tipos de solidos encontrados en las aguas residuales

Prueba	Descripción
Sólidos totales (ST)	Residuo remanente después que la muestra ha sido evaporada y secada a una temperatura específica (103 a 105) °C
Sólidos volátiles totales (SVT)	Sólidos que pueden ser volatizados e incinerados cuando los ST son calcinados (500 ± 50) °C
Sólidos fijos totales (SFT)	Residuo que permanece después de incinerar los ST (500± 50) °C
Sólidos suspendidos totales (SST)	Fracción de ST retenido sobre un filtro con un tamaño de poro específico, medidos después de que este ha sido secado a una temperatura específica
Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	Estos sólidos pueden ser volatizados e incinerados cuando los SST son calcinados a (500 ± 50) °C
Sólidos suspendidos fijos (SSF)	Residuo remanente después de calcinar SST (500 ± 50) °C
Sólidos disueltos totales (SDT)	Sólidos que pasan a través del filtro y luego son evaporados y secados a una temperatura específica. La medida de SDT comprende coloides y sólidos disueltos. Los coloides son del tamaño 0.001 a 1 µm
Sólidos disueltos volátiles (SDV)	Sólidos que pueden ser volatizados e incinerados cuando los SDT son calcinados (500 ± 50) °C
Sólidos disueltos fijos (SDF)	Residuo después de calcinar los SDT (500 ± 50) °C
Sólidos sedimentables	Sólidos suspendidos como mililitros por litro, que se sedimentaran por fuera de la suspensión dentro de un período de tiempo específico

(TCHBANOGLOUS & CRITES, 2000)

- Color

“Es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible”. (RIGOLA, 1989), el color depende del material en suspensión que se encuentre en el agua, además el mismo nos indica la edad del agua; el color puede variar entre gris, negro u oscuro y en casos es de color; dependiendo de las actividades de la empresa o si hay presencia de sulfuros metálicos estos tienden a oxidarse y cambiar el color del agua.

- Olor

El olor en el agua fresca es inofensivo pero cuando a la misma se le añade contaminantes o compuestos ajenos a su composición estos por la acción de microorganismos se tiende a generar olores más fuerte o molestos para la salud humana; según Crites & Tchobanoglous el principal compuesto de olor indeseables es el sulfuro de hidrogeno (olor a huevo podrido).

“Los olores pueden ser medidos mediante métodos sensoriales e instrumentales”. (TCHBANOGLOUS & CRITES, 2000)

En la actualidad el método más usado es el sensorial ya que nosotros por el sentido del olfato podemos determinar si hay una alta, baja, tolerable o no tolerable concentración del mismo.

- Absorbancia/Transmitancia

“Es la relación entre la cantidad de luz transmitida que llega al detector una vez que ha atravesado la muestra, I , y la cantidad de luz que incidió sobre ella, I_0 , y se representa normalmente en tanto por ciento”. (ABRIL, y otros)

$$\% \text{ transmitancia } T = \left(\frac{I}{I_0} \right) 100 \quad [1]$$

%T = porcentaje de transmitancia

I = Intensidad final de la luz

I_0 = Intensidad inicial de luz

La absorbancia es “cuando un haz de luz incide sobre un cuerpo traslúcido, una parte de esta luz es absorbida por el cuerpo, y el haz de luz restante atraviesa dicho cuerpo. A mayor cantidad de luz absorbida, mayor será la absorbancia del cuerpo, y menor cantidad de luz será transmitida por dicho cuerpo”. (GONZÁLEZ, 2010)

$$\% a = \left(\frac{I_0 - I}{I_0} \right) 100 \quad [2]$$

% a= porcentaje de absorbancia

I = Intensidad final de la luz

I₀ = Intensidad inicial de luz

- **Temperatura**

La temperatura del agua es de vital importancia debido a que de la misma depende un sinnúmero de reacciones químicas y velocidades de reacción de varios procesos, el uso que se le da al agua a nivel doméstico y/o industrial depende de la temperatura, comúnmente al usar el agua en diferentes procesos esta tiende a aumentar y por ende se convierte en un problema ya que su temperatura es mayor que la del cuerpo receptor. Además “la variación de 1°C en la temperatura del agua conduce a la formación de Corrientes de densidad (variación de la densidad del agua) de diferentes grados que afectan a la energía cinética de las partículas en suspensión, por lo que la coagulación se hace más lenta; temperaturas muy elevadas desfavorecen igualmente a la coagulación”. (ANDÍA, 2000)

- **Turbiedad**

“La turbiedad en un agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varía en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesa, entre otras arcillas, limo, materia orgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos” (CHUQUIRIMA, 2011)
Su unidad de medida son las unidades nefelométricas de turbiedad (NTU).

- **Conductividad**

Es la capacidad que tiene una solución para conducir corriente eléctrica, la misma nos sirve para medir la concentración de sólidos disueltos totales; su unidad de medida es micromhos por centímetro ($\mu\text{mho/cm}$).

2.3.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Los constituyentes químicos de las aguas residuales se clasifican en inorgánicos (individuales, compuestos de nitratos y sulfatos) y orgánicos (agregados e individuales).

2.3.2.1 Constituyentes químicos inorgánicos

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

Es la concentración del ion hidrogeno en una solución, se define como el logaritmo negativo de la concentración de hidrogeno. Además es considerado como el intervalo adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida biológica.

$$pH = -\log_{10}[H^+] \quad [3]$$

- **Alcalinidad**

Es la capacidad del agua para neutralizar los ácidos, esto se debe a la presencia de hidróxidos (OH^-), carbonatos (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-).

- **Cloruros**

Es un parámetro de gran importancia si pensamos en reutilizar las aguas; además en cuerpos de agua dulce es un indicador de contaminación ya que las aguas residuales industriales, domesticas o agrícolas tienen cantidades importantes de cloruros.

- **Azufre**

Es la presencia del ion sulfato, el cual se encuentra tanto en las aguas residuales como en las aguas de abastecimiento; la importancia del mismo radica en que es indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos.

- **Fósforo**

Es de gran importancia este parámetro, ya que si no se lo controla este produce un nocivo crecimiento de algas en aguas superficiales; ya que es un proliferando de algas.

- **Metales**

“Los metales que en cantidades relativamente pequeñas son dañinos se clasifican como tóxicos; otros metales que son necesarios para el crecimiento de organismos se clasificados como no tóxicos. Los metales pueden estar presentes como materia disuelta o suspendida” (DRINAN, 2001). En la tabla 2 se presenta los metales de importancia en el manejo de aguas residuales.

Tabla 2. Metales de importancia en el manejo de aguas residuales

Metal	Símbolo	Nutrientes necesarios para el crecimiento biológico		Concentración umbral de efecto inhibitorio en organismos heterótrofos mg/L	Usado para determinar RAS para aplicación de efluentes en suelo	Usado para determinar si el lodo es apropiado para la aplicación de suelos
		Macro	Micro*			
Arsénico	As			0.05		✓
Cadmio	Cd			1.0		✓
Calcio	Ca	✓			✓	
Cromo	Cr		✓	10 ⁺ , 1 ⁺⁺		
Cobalto	Co		✓			
Cobre	Cu		✓	1.0		✓
Hierro	Fe	✓				
Plomo	B		✓	0.1		✓
Magnesio	Mg	✓	✓		✓	
Manganeso	Mn		✓			
Mercurio	Hg					✓
Molibdeno	Mo		✓			✓
Níquel	Ni		✓	1.0		✓
Potasio	K	✓				

Tabla 2. Metales de importancia en el manejo de aguas residuales
continuación...

Selenio	Se		✓			
Sodio	Na	✓			✓	
Tungesteno	W		✓			
Vanadio	V		✓			
Cinc	Zn		✓	1.0		✓

(TCHBANOGLOUS & CRITES, 2000)

2.3.2.2 Constituyentes químicos orgánicos agregados

“La materia orgánica en aguas residuales se constituye básicamente de proteínas (40 a 60 por ciento), carbohidratos (25 a 50 por ciento), y grasas y aceites (8 a 12 por ciento)”. (TCHBANOGLOUS & CRITES, 2000)

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar o descomponer de manera aerobia la materia o desecho orgánico que se encuentra presente en el agua, hasta consumirlo por completo.

- Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es la cantidad de sustancias o material orgánico que es susceptible a ser oxidado en las aguas residuales.

- Grasas de animal, aceites y grasas

Las grasas están compuestas de alcohol, ácidos grasos y glicerol. Los mismos son compuestos muy estables que pueden ser removidos con el uso de ácidos minerales o sales alcalinas.

- **Agentes tensoactivos**

Formado por moléculas de gran tamaño las cuales no son muy solubles en agua, estos son responsables de la presencia de espuma en las plantas de tratamiento de aguas residuales, en la interfase aire-agua.

2.3.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Son de gran importancia ya que el control de los mismos en las aguas residuales ayuda a prevenir la ocurrencia de enfermedades producidas por estos seres patógenos. Dentro de los microorganismos más comunes en las aguas residuales tenemos los eucariotas, procariotas y arqueobacterias tales como las bacterias, las algas, los hongos, los protozoos, las plantas, los animales y los virus. En la tabla 3 se presenta la clasificación general de los microorganismos presentes en las aguas residuales.

Tabla 3. Clasificación general de microorganismos presentes en las aguas residuales

Grupo	Estructura Celular	Caracterización	Tamaño típico	Miembros representativos
Eucariotas	Eucariótica+	Multicelular con gran diferenciación de las células y el tejido	10 – 100 mm de diámetro, células y tejidos	Plantas (plantas de semilla, helechos, mugo), animales (vertebrados e invertebrados)
		Unicelular coenocítica o micelial, con escasa o ninguna diferenciación de tejidos	10 – 100 mm de diámetro,	Algas, hongo, protozoos
Eubacterias	Procarióticas*	Química celular parecida a las eucariotas	0.2 – 2.0 mm de diámetro,	La mayoría de las bacterias
Arqueobacterias	Procarióticas*	Química celular distinta	0.2 – 2.0 mm de diámetro,	Metanógenos, halófilos, termoacidófilos

(TCHBANOGLOUS & CRITES, 2000)

- **Bacterias**

Son de gran importancia en casos en donde se usa procesos biológicos ya que realizan papeles de descomposición y estabilización de la materia orgánica. Además son causantes de graves enfermedades como gastroenteritis, salmonelosis, cólera, entre otros.

- **Hongos**

Los hongos son de gran importancia ya “secretan enzimas digestivas al medio que actúan degradando la materia orgánica y produciendo moléculas más sencillas”. (MORALES, 2009)

- **Protozoos**

Son de importancia en tratamientos biológicos, ya que en los efluentes finales o aguas tratadas los mismos se encargan de otros seres microscópicos tales como amebas, flagelados y ciliados; es decir los mismos ayudan a mantener un equilibrio entre los diferentes microorganismos. Hay ciertos protozoos patógenos que causan enfermedades como la giardiasis, balantidiasis, entre otros.

- **Algas**

En condiciones controladas estas ayudan a purificar y limpiar el agua, pero si las mismas hay en gran cantidad afectan al olor y sabor, y en casos acaban con la vida marina ya que usan todo el oxígeno del agua.

- **Virus**

Son un gran peligro para la salud pública, debido a que son los principales causantes de enfermedades y además que por sus capacidades de adaptabilidad no pueden ser eliminados con facilidad.

2.4 OPERACIONES Y PROCESOS UNITARIOS

2.4.1 FILTRACIÓN

Es un proceso físico-mecánico el cual consiste en pasar el agua que posee impurezas o gránulos, por un medio filtrante generalmente poroso; en el cual las partículas quedan retenidas en el mismo y el agua de por sí queda limpia y sin impurezas.

2.4.1.1 Tipos de filtración

(SALCEDO, MARTÍN, & FONT, 2011), manifiestan que existen 3 tipos de filtración como son:

- Filtración de torta (cake filtration) o comúnmente filtración, donde la partículas de sólido se acumulan sobre el filtro, donde el medio filtrante posee unos poros que no permiten pasar las partículas de sólidos, formándose una torta.
- Filtración de lecho profundo o de medio filtrante (filter bed, bed or deep-bed filtration), donde se pretende obtener un efluente clarificado sin partículas finas a partir de un alimento con bajo contenido en sólidos (menor de 0.1 % en peso). En este tipo de filtración, se pretende eliminar sólidos muy finos y muy diluidos mediante circulación a través de un lecho granular con sólidos medios o gruesos.
- Filtración de flujo cruzado o ultrafiltración (screening and cross-flow filtration), donde los sólidos (desde 5 μm hasta 0.03 μm) son separados en flujo tangencial al medio filtrante y separados continuamente sin acumulación sobre el medio filtrante, que son membranas.

2.4.2 COAGULACIÓN

Se define como: “la desestabilización de los coloides por la neutralización de las fuerzas que los mantienen separados” (Organization., 2011)

2.4.2.1 Coagulantes

Es un químico que se añade para lograr la coagulación mediante la desestabilización de las cargas. El uso del mismo depende de factores como:

- Características del coagulante.- se basa en que más alta sea la valencia del ion más efectivo es el coagulante.
- Características del agua residual.- qué grado de contaminación posee el efluente de agua.
- Concentración y tipo de partículas.- se basa en el tamaño de la partícula, las mismas que deben ser menor a una micra; debido a que si son más grandes no tienen a coagular y en casos rompen los flocs.
- La temperatura del agua.- determina el tiempo de floculación; debido a que la misma tiende a acelerar o a retardar los procesos químicos que se dan por la adición del/los coagulante(s).
- Potencial de hidrogeno.- para la acción del coagulante el pH debe estar en un rango óptimo, como es el caso del alumbre que según (MIHELICIC & ZIMMERMAN, 2012) el pH de operación es de 5.5 a 7.7 y para sales de hierro es de 5 a 8.5.
Tomando en cuenta que por cada mg/L de coagulante se baja 0.5 el pH del agua.
- Costo y disponibilidad (que no estén regulados por el CONSEP preferiblemente)

En la tabla 4, se detallan los coagulantes más usados en el tratamiento de aguas residuales.

Tabla 4. Tipos de coagulantes usados en el tratamiento de aguas residuales

Tipo de coagulante	Ejemplo
Coagulantes metálicos inorgánicos	Sulfato de aluminio (también referido como alumbre, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$); aluminato de sodio ($Na_2Al_2O_4$); cloruro de aluminio ($AlCl_3$); sulfato ferroso ($Fe_2(SO_4)_3$) y cloruro ferroso ($FeCl_3$).

Tabla 4. Tipos de coagulantes usados en el tratamiento de aguas residuales
continuación...

Sales metálicas prehidrolizadas	Hechas de alumbre y sales de hierro e hidróxido bajo condiciones controladas; incluye cloruro de polialuminio (PACl), sulfato de polialuminio (PAS) y cloruro de polihierro.
Polímeros orgánicos	Polímeros catiónicos, polímeros aniónicos y polímeros no aniónicos (para polímeros sintéticos, peso molecular en rango $10^4 - 10^7$ g/mol)
Materiales naturales basados en plantas	<i>Opintia spp.</i> y <i>Moringa oleífera</i> (utilizado en muchas partes del mundo, especialmente en el mundo desarrollado).

(MIHELICIC & ZIMMERMAN, 2012)

2.4.2.2 Fases de la coagulación

La misma se compone de 5 fases como son:

- 1ero.- combinación y desestabilización de las partículas en suspensión por acción del coagulante.
- 2do.- se da una precipitación y se forman compuestos químicos que se polimerizan.
- 3era.- los coloides adsorben las cadenas poliméricas.
- 4ta.- se da una adsorción entre los coloides.
- 5ta.- barrido.

“Cuando se agrega un coagulante al agua, éste se hidroliza y puede producir la desestabilización de las partículas por simple adsorción específica de los productos de hidrólisis, generalmente con carga positiva, en la doble capa que rodea a los coloides negativamente cargados (compresión de la doble capa o neutralización de las cargas), o por interacción química con los grupos ionizables de su superficie”. (BEDOYA & DE LOS ÁNGELES, 2012)

2.4.2.3 Potencial Zeta

“El conjunto formado por estas partículas constituye un sistema coloidal, formado por una doble capa de iones, el cual es sometido a un potencial en la superficie inferior del doble lecho, denominado potencial Z. Este potencial tiene un valor crítico, por encima del cual los coloides son estables, y por debajo de él, la repulsión en las partículas se reduce a un grado tal que chocando con cierta velocidad pueden unirse y flocular”. (RODRIGUEZ, 1995)

Es decir el potencia Z nos sirve para controlar el comportamiento de los colides, basándose en su cambio de variación eléctrica en sus superficie y en sus fuerzas repulsoras.

2.4.3 FLOCULACIÓN

Aglomeración de partículas desestabilizadas primero en microfloculos, y más tarde en aglomerados voluminosos llamados floculos; debido a que las fuerzas de Van de Waals predominan sobre las fuerzas de repulsión, debido a la reducción de carga eléctrica.

La misma puede ser de 2 tipos:

- Ortocinética.- es inducido por fuerzas externas las cuales hacen que las partículas colisionen entre sí, ya que se da un movimiento del agua por la acción de medios mecánicos o hidráulicos.
- Pericinética.- se basa en el movimiento browniano, el cual es la aglomeración de las partículas de manera natural inducido por la energía térmica.

2.4.3.1 Floculantes

Son polímeros de elevado peso molecular, los hay de diferente naturaleza como son:

- a) Minerales.- como la sílice activada.
- b) Orgánicos naturales.- como los ácidos manuránicos y los glucónicos.

- c) Orgánicos de síntesis.- son macromoléculas de cadena larga, como los copolimeros de acrilina, ácido acrílico, poliacrilaminas y copolimeros de acrilamidas.

2.4.3.2 Factores que influyen en la floculación

- Gradiente de velocidad.- es la energía (RPM) necesaria para producir la mezcla.
- Densidad y tamaño del floc
- Tiempo de retención.- es la velocidad con que las partículas se aglomeran hasta formar los flóculos adecuados para su posterior sedimentación.

2.4.4 SEDIMENTACIÓN

Proceso en el cual las partículas se asientan por las fuerzas de gravedad, en un tiempo determinado o razonable. Las partículas para asentarse deben de poseer un tamaño o un peso adecuado para poder precipitar y posterior a esto las mismas son retiradas y el agua queda libre de este material coloidal. En la tabla 5, se detallan el tipo y tamaño de partículas presentes en los procesos de sedimentación.

Tabla 5. Tipo y tamaño de partículas presentes en los procesos de sedimentación

Tipo de Partículas	Diámetro (mm)
Grava	10
Arena gruesa	1.0
Arena fina	0.1
Lodo fino	0.01
Bacterias	0.001
Colides	0.0001

(CÁRDENAS, 2000)

Para determinar la velocidad de sedimentación en partículas discretas (que no interfieren una con otra) se usa la ley de Stokes o la Ley de Newton. La tabla 6 hace referencia a la determinación de la velocidad de asentamiento de las partículas en el proceso de sedimentación.

Tabla 6. Determinación de la velocidad de asentamiento de las partículas en el proceso de sedimentación

Ley aplicable	Velocidad de asentamiento	Términos	Coefficiente de arrastre	Aplicabilidad
Ley de Stokes		g es la aceleración debido a la gravedad (m/s ²); δ es la densidad del líquido (kg/m ³) dp es el diámetro de la partícula (m); y μ es la viscosidad dinámica del líquido (N-s/m ²)	Para flujo laminar: $C_d = \frac{24}{Re}$	Aplicable para partículas esféricas cuando el número de Reynolds es ≤ 1 (Flujo laminar). Tiene aplicación limitada e el tratamiento de aguas debido a que las condiciones en la mayoría de las instalaciones no son laminares.
Ley de Newton		g es la aceleración debido a la gravedad (m/s ²); δ_p es la densidad de la partícula (kg/m ³); δ es la densidad del líquido (kg/m ³); Cd es el coeficiente de arrastre	Para el régimen de transición: $C_d = \frac{24}{Re} + \frac{3}{Re} + 0,34$	Aplicable para las partículas cuando el número de Reynolds es > 1 (flujo de transición y violento)

(MIHELICIC & ZIMMERMAN, 2012)

2.4.4.1 Tipos de Sedimentación

Las misma es de tres tipos dependiendo de su tamaño y velocidad de sedimentación así:

- Tipo I.- las partículas precipitan discretamente a una velocidad constante.
- Tipo II.- las partículas van creciendo a medida que van precipitando, esto debido a la gradiente de velocidad del fluido y a la velocidad de sedimentación de las partículas.
- Tipo III.- se da cuando hay una alta concentración de partículas (mayor a 1000mg/L) aquí se observa una interfaz entre el agua clarificada y el agua con los coloides.

2.4.5 Lodos

“El subproducto más importante en el tratamiento de aguas residuales, tanto por su volumen, como por el tratamiento posterior que requieren, son los lodos. Estos se producen principalmente en las etapas de tratamiento primario y tratamiento secundario del agua residual”. (LIMON , 2010)

En este tratamiento se producen lodos primarios, secundarios y terciarios; de los cuales solo explicaremos los dos primeros ya que son los más comunes.

- Lodos Primarios

Se producen en la sedimentación primaria, la cantidad del mismo depende de la carga superficial; así como del tipo de sedimentación que se use si es con o sin químicos ya que ahí se produce más o menos lodo. En este proceso se remueven los sólidos sedimentables.

- Lodos secundarios

Se producen en tratamiento biológicos, ya que transforman los residuos o sólidos en biomasa; la cantidad de la misma depende del tipo de tratamiento que se le dé, la relación entre SST y DBO, y el diseño o tamaño de planta de tratamiento.

2.4.5.1 Estabilización de lodos

Para estabilizar los mismos se pueden usar varios métodos como son:

- “Digestión aerobia.- se agrega oxígeno a los lodos, hasta la provocar la reproducción celular al máximo en la cual los microorganismos oxidan la materia orgánica.
- Digestión anaerobia.- se forman ácidos volátiles y gas metano por la descomposición anaerobia de los microorganismos”. (TREJOZ & AGUDELO, 2012)
- Composteo.- proceso de conversión de la materia orgánica hacia formas más estables como el humus.
- Adición de cal.- se usa para estabilizar los sólidos y para controlar el pH del mismo.

2.4.5.2 Desaguado de lodos

Consiste en remover el agua de los lodos, el mismo puede ser por métodos mecánicos como por métodos físicos como secado al vacío; en este proceso se obtiene una pasta de sólidos y un subdrenado el cual es tratado en caso y en otros botados a un sistema de recolección; todo esto dependiendo de las características del lodo.

2.4.5.3 Disposición de lodos

La disposición de los lodos es un gran problema de las plantas de tratamiento de aguas residuales, por lo cual es necesario construir rellenos o lugares de disposición de lodos.

Uno de los métodos más usados es un lecho de secado de lodos, el cual consiste en esparcir los lodos sobre una tela fina que está asentada sobre una capa de arena y grava y un tubo plástico el cual será el encargado de transportar los lixiviados hacia su disposición final; y una vez secado los lodos son usados o en casos dados un gestor encargado.

2.5 PRUEBA DE JARRAS

Es un aparato usado para encontrar la dosis óptima de coagulantes para el tratamiento de aguas residuales; además nos permite conocer y determinar las velocidades de sedimentación.

El mismo es la base para un diseño de planta de tratamiento ya que nos permite dimensionar o gran escala. La misma está compuesta de un sistema de paletas las cuales nos permiten hacer diferentes tipos de mezclado a diferentes revoluciones; es decir nosotros controlamos el tiempo, la velocidad y además las características de funcionamiento del mismo.

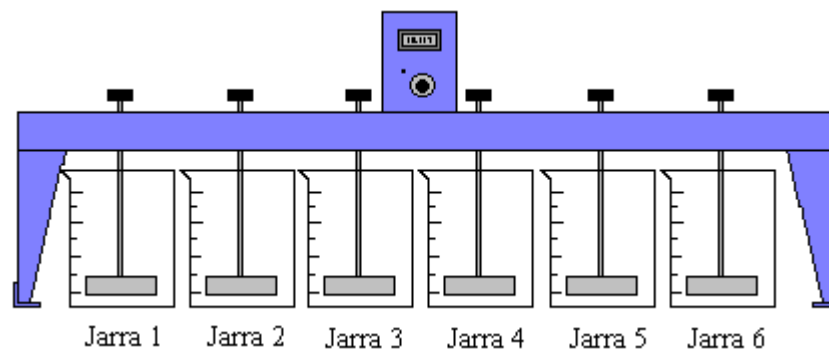


Figura 1. Test de jarras

(SERVICIO DE APRENDIZAJE NACIONAL, 1999)

2.5.1 TIPOS DE MEZCLA

Se puede programar dos tipos de mezcla como son:

- Mezcla rápida.- se hace para mezclar el coagulante con la muestra de agua, a 130-150 rpm
- Mezcla lenta.- se la hace a 60 rpm normalmente, en este proceso se da la floculación o aglomeración de los flocs para su posterior sedimentación.

2.6 MARCO LEGAL

En cuanto al marco legal aplicable para el desarrollo del presente trabajo se debe tomar en consideración las siguientes leyes, normas y reglamentos:

2.6.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Es la norma máxima que rige en el Ecuador, la misma manifiesta que:

TITULO I ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL ESTADO

Capítulo segundo

Derechos del buen vivir

Sección primera

Agua y alimentación

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Capítulo cuarto

Régimen de competencias

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

1. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

2. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

Capítulo quinto

Sección sexta

Agua

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

Sección séptima

Biosfera, ecología urbana y energías alternativas

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua

Art. 415.- El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes. Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de

desechos sólidos y líquidos. Se incentivará y facilitará el transporte terrestre no motorizado, en especial mediante el establecimiento de ciclo vías.

2.6.2 LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL, R.O. N°245, DE 1999/07/03

Se relaciona directamente con la prevención, control y sanción de las actividades contaminantes a los recursos naturales así como también establece las directrices de la política ambiental; así como determina las obligaciones y participaciones de los niveles públicos y privados. La misma en sus diferentes títulos manifiesta que:

Título II. Del Régimen Institucional de la Gestión Ambiental

Art. 7.- La gestión ambiental se enmarca en las políticas generales de desarrollo sustentable para la conservación del patrimonio natural y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que establezca el Presidente de la República al aprobar el Plan Ambiental Ecuatoriano. Las políticas y el Plan mencionados formarán parte de los objetivos nacionales permanentes y las metas de desarrollo. El Plan Ambiental Ecuatoriano contendrá las estrategias, planes, programas y proyectos para la gestión ambiental nacional.

Título III. Instrumentos de Gestión Ambiental, Capítulo II

Art. 20.- Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo.

Art. 26.- En las contrataciones que, conforme a esta Ley deban contar con estudios de impacto ambiental los documentos precontractuales contendrán las especificaciones, parámetros, variables y características de esos estudios y establecerán la obligación de los contratistas de prevenir o mitigar los impactos ambientales. Cuando se trate de concesiones, el contrato incluirá la correspondiente evaluación ambiental que establezca las condiciones ambientales existentes, los mecanismos para, de ser el caso, remediarlas y

las normas ambientales particulares a las que se sujetarán las actividades concesionadas.

2.6.3 LEY DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN, R.O. N° 418, 2004/09/10

Establece el control y la prevención de la contaminación de los recursos agua, suelo y aire. La misma manifiesta que:

Capítulo II, De la prevención y control de la contaminación de las aguas

Art. 6.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora t a las propiedades.

Art. 7.- El Ministerio de Salud y Ambiente, según el caso, elaboraran los proyectos de normas técnicas y las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la calidad de agua que deba tener el cuerpo receptor.

Art. 8 y Art 9. El Ministerio de Salud y del ambiente, fijaran el grado de tratamiento los residuos líquidos a descargar al cuerpo receptor y además supervisaran las construcción de las plantas de tratamiento de las aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito lograr los objetivos de esta ley.

2.6.4 LEY ORGÁNICA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, R.O. N° 305, 2014/08/06

La misma en sus diferentes artículos manifiesta que:

Artículo 3.- Objeto de la Ley. El objeto de la presente Ley es garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus

distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el *sumak kawsay* o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.

Artículo 79. Objetivos de prevención y conservación del agua.- La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:

e) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida;

Artículo 80.- Vertidos: prohibiciones y control. Se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directa o indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público.

Artículo 81.- Autorización administrativa de vertidos. La autorización para realizar descargas estará incluida en los permisos ambientales que se emitan para el efecto. Los parámetros de la calidad del agua por ser vertida y el procedimiento para el otorgamiento, suspensión y revisión de la autorización, serán regulados por la Autoridad Ambiental Nacional o acreditada, en coordinación con la Autoridad Única del Agua.

2.6.5 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA

Publicada el 31 de marzo del 2003, mediante Decreto Ejecutivo N° 3516 (TULAS), establece los principios y directrices de política ambiental, determinando las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señalando los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia. Este se encuentra dividido en 9 Libros, de los cuales son aplicables algunos de los capítulos y secciones del Libro VI -De la Calidad Ambiental, específicamente en sus anexos:

- Anexo 1.- Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, en cuánto se refiere a la comparación de parámetros de calidad reflejados en las Tablas 1 y 2.
- Anexo 2.- Norma de Calidad Ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados, Tablas 1, 2 y 3.
- Anexo 3.- Norma de Emisiones al Aire desde fuentes fijas de combustión, Tablas 2 y 3.
- Anexo 4.- Norma de Calidad del Aire Ambiente, Tablas 1 y 2.
- Anexo 5.- Límites Permisibles de Niveles de Ruido Ambiente para Fuentes Fijas y Fuentes Móviles, y Para Vibraciones para establecer valores comparativos en las Tablas 1, y 3.
- Anexo 6.- Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición Final de Desechos Sólidos No Peligrosos

2.6.6 ACUERDO MINISTERIAL 061, R.O. 270 DEL 04 DE MAYO DEL 2015

Es la reforma al Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) de la Calidad Ambiental, sobre el manejo de los desechos y sobre las responsabilidades y entidades encargadas del cuidado ambiental.

Art 196 De las autorizaciones de emisiones, descargas y vertidos.- No se autorizarán descargas ya sean aguas servidas o industriales, sobre cuerpos hídricos, cuyo caudal mínimo anual, no pueda soportar la descarga; es decir, sobrepase la capacidad de carga del cuerpo hídrico. La determinación de la capacidad de carga del cuerpo hídrico será establecida por la Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 209 De la calidad del agua.- Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos

analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores; dichos lineamientos se encuentran detallados en el Anexo I.

Toda actividad antrópica deberá realizar las acciones preventivas necesarias para no alterar y asegurar la calidad y cantidad de agua de las cuencas hídricas, la alteración de la composición físico-química y biológica de fuentes de agua por efecto de descargas y vertidos líquidos o disposición de desechos en general u otras acciones negativas sobre sus componentes, conllevará las sanciones que correspondan a cada caso.

Art. 210 Prohibición.- De conformidad con la normativa legal vigente:

b) Se prohíbe la descarga y vertido que sobrepase los límites permisibles o criterios de calidad correspondientes establecidos en este Libro, en las normas técnicas o anexos de aplicación;

c) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, en quebradas secas o nacimientos de cuerpos hídricos u ojos de agua.

2.6.7 ACUERDO MINISTERIAL 097-A, R.O. 270 DEL 04 DE MAYO DEL 2015

Es la reforma hecha al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), en la cual se adicionaron varios artículos y además nuevos parámetros para el control de la contaminación. En nuestro caso nos centraremos en el apartado 5.1 que expresa las Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, marítimas y de estuarios; en especial en el subapartado:

5.2.3. NORMAS GENERALES PARA DESCARGA DE EFLUENTES AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

5.2.3.1 Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido

agroquímicos u otras sustancias tóxicas. Las descargas tratadas deben cumplir con los valores establecidos en la Tabla 8.

5.2.3.4 La EPS podrá solicitar a la Entidad Ambiental de Control, la autorización necesaria para que los regulados, de manera parcial o total descarguen al sistema de alcantarillado efluentes, cuya calidad se encuentre por encima de los estándares para descarga a un sistema de alcantarillado, establecidos en la presente norma.

5.2.3.5 Las descargas al sistema de alcantarillado provenientes de actividades sujetas a regularización, deberán cumplir, al menos, con los valores establecidos en la TABLA 8, en la cual las concentraciones corresponden a valores medios diarios.

Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,005
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20,0

**Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público
continuación...**

Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno total kje dahi	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrogeno	pH	mg/l	6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Solidos sedimentables	SD	mg/l	20,0
Solidos suspendidos totales	SST	mg/l	220,0
Solidos totales	ST	mg/l	1600,0
Sulfatos	SO ⁴	mg/l	400,00
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C	mg/l	<40,0
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

3. METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

3.1 ALCANCE

La propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales tiene como alcance la empresa textilera TEXMODA ubicada en Ambato. Dentro de este proceso se tomó en cuenta principalmente los procesos de donde se generan las aguas residuales.

3.2 MATERIALES

Para la propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales, se usó el TULSMA con su reformatoria del Acuerdo Ministerial 097A en el cual se detallan los límites permisibles para los efluentes al sistema de alcantarillado. Para reforzar el trabajo de investigación se hizo una serie de ensayos a escala piloto usando la prueba de jarras.

3.2.1 IDENTIFICACION DE MATERIALES DE LABORATORIO

Los materiales usados en la realización del presente proyecto fueron:

- ✓ Pipetas de 10ml
- ✓ Buretas de 100ml
- ✓ Vasos de precipitación de 500ml, 100ml y 50ml
- ✓ Papel filtro
- ✓ Erlenmeyer de 500ml
- ✓ Varillas de vidrio
- ✓ Pera pipeteadora
- ✓ Frascos ámbar de 750ml

3.2.2 IDENTIFICACION DE EQUIPOS DE LABORATORIO

Los equipos usados en la realización del presente proyecto fueron:

- ✓ Test de jarras
- ✓ Turbidímetro HATCH
- ✓ pHmetro portátil
- ✓ Balanza electrónica
- ✓ Estufa de laboratorio

3.2.3 IDENTIFICACION DE INSUMOS DE LABORATORIO

Los insumos usados en la realización del presente proyecto fueron:

- ✓ Hipoclorito de Calcio
- ✓ Sulfato de Aluminio
- ✓ Agua destilada

3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo se realizó en base a tres tipos de investigación, todo esto con el objetivo de reunir la información necesaria para la propuesta del sistema de tratamiento.

3.3.2 INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

La investigación documental se basó en la búsqueda de información sobre bibliografía relacionada con procesos de coagulación y floculación en industrias textiles o semejantes a la misma, así como los parámetros para determinar el nivel de contaminación de los efluentes y poder así comprender el estado de arte del tema de investigación.

Posteriormente, la investigación se basó en recabar información acerca de los procesos de la empresa que generan efluentes y ver si los mismo están bajo la norma, por lo cual se revisó la Declaratoria de Impacto Ambiental así como los análisis de laboratorio de los efluentes, para así determinar los procesos contaminantes.

3.3.3 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

El trabajo de campo consistió en hacer una visita técnica a la empresa para identificar los procesos generadores de efluentes contaminantes y para la recolección de muestras en el punto de descarga para su posterior análisis, por lo cual se usó el siguiente método:

- **La observación**

Se realizó una visita técnica a la empresa, para conocer cuáles son sus procesos productivos, con la finalidad de identificar cuáles son los procesos que generan efluentes.

- **Muestreo**

En el punto de descarga se tomó tres muestras de agua residual, aproximadamente 10l de agua, las cuáles fueron usadas para la prueba de jarras.

3.3.4 INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

Se realizó el análisis de las muestras, para determinar la dosificación exacta de coagulante, así como el tiempo de sedimentación y la cantidad de lodos que se producen de la muestra tratada. Mediante los resultados obtenidos se dimensionó para el total del efluente que se va a tratar en la empresa.

- **PROCESO DE COAGULACIÓN**

Las muestras de agua se colocaron en vasos de precipitación de 500ml, los cuales fueron usados en las pruebas de jarras con diferentes concentraciones de sulfato de aluminio e hipoclorito de calcio. Para la selección de la dosis óptima del coagulante se tomó en cuenta cuatro factores:

- Turbiedad de la muestra tratada
- pH de la muestra tratada
- Tiempo de sedimentación
- Cantidad de producto usado

- **PROCESO DE FLOCULACIÓN**

Una vez que se agregó el sulfato de aluminio y el hipoclorito de calcio, se procedió a usar la prueba de jarras programándola a 60RPM para que se mezclen los productos con el efluente y se dé la formación de flocs.

- PROCESO DE SEDIMENTACIÓN

Mediante el uso de un cronómetro se determinó el tiempo de sedimentación de los flocs y así definir cuál es la dosis óptima del coagulante.

- PROCESO DE DETERMINACIÓN DE LODOS

Una vez sedimentada la muestra se la filtro para determinar el volumen de lodos que se van a producir, el valor obtenido fue usado para determinar la cantidad de lodos que se van a producir una vez tratado el volumen real de agua de la empresa textilera.

- ANÁLISIS DE LA MUESTRA TRATADA

Una vez ya realizada la coagulación, floculación y sedimentación del efluente, la muestra ya tratada fue enviada a un laboratorio acreditado para conocer si cumple o no cumple con los límites establecidos por normativa ambiental ecuatoriana.

- DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Una vez que se obtuvieron los resultados del laboratorio, se realizó una matriz de cumplimiento legal comparando los parámetros que no cumplían con los analizados en el laboratorio para así proceder a diseñar el sistema de tratamiento. Dentro de la propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales se procedió a dimensionar los tanques que se usaran en la PTAR y realizar un diseño de la misma.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 LÍNEA BASE

4.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa TEXMODA, durante 14 años ha venido desarrollándose en la industria textil, específicamente en la fabricación y teñido de telas para la comercialización. Su mercado es a nivel nacional, aproximadamente su producción es de 15000 kilos por mes, lo cual es variable debido a que los pedidos son expendidos bajo pedido.

Sus procesos lo confirman el área de administración (área de recursos humanos), de producción (recepción de hilo, tinturado, lavado, centrifugado, secado, enrollado, calandra, empaquetado) y entrega de producto. La misma que cuenta con un área aproximada de 1350m².

La misma para el desarrollo de sus actividades debe de contar con una licencia ambiental la cual fue otorgada por el Ministerio del Ambiente la misma certifica que la empresa no produce ningún efecto al ambiente y que los impactos de la misma están bajo la norma.

4.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La empresa TEXMODA se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua en el cantón Ambato, entra las calles Suiza y Alemania. En la tabla 7 se detallan las coordenadas de ubicación de la empresa.

Tabla 7. Coordenadas de ubicación de la empresa

UTM-WGS4	
Coordenadas X	Coordenadas Y
765870.0	9862874.0
765853.0	9862854.0
765879.0	9862904.0
765870.0	9862874.0

En la figura 2, se muestra el mapa de ubicación de la empresa TEXMODA.

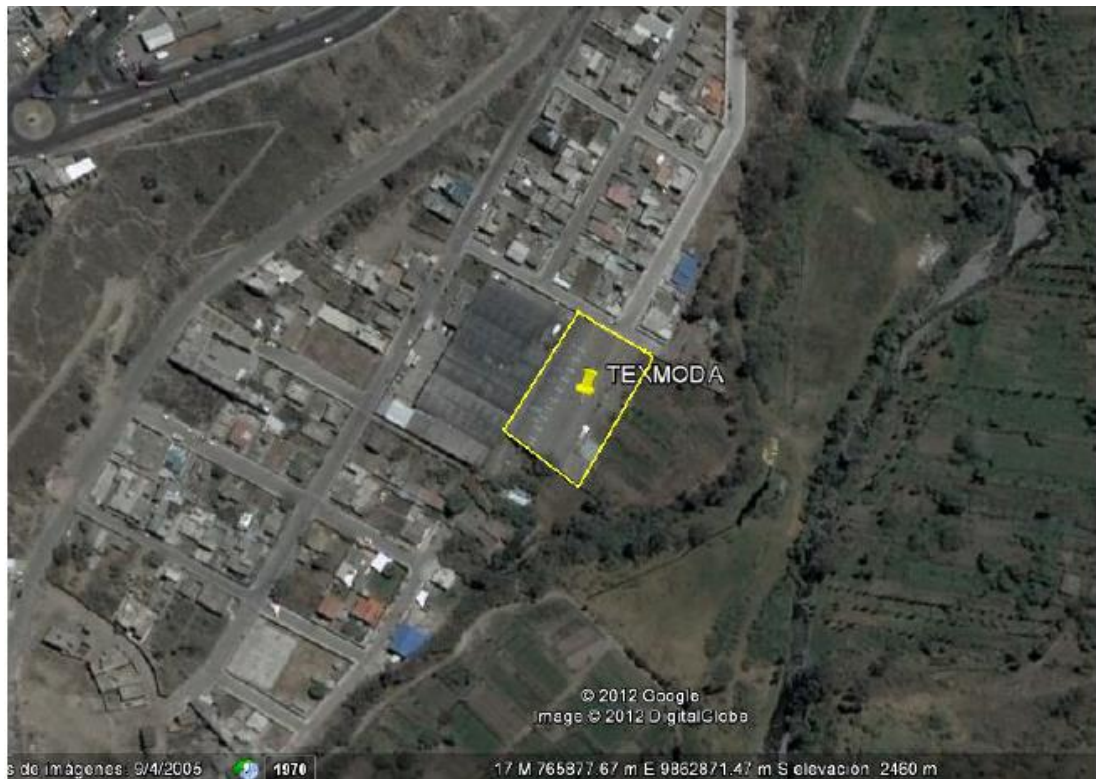


Figura 2. Mapa de ubicación de la empresa TEXMODA
(Google Earth, 2012)

4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS

En la figura 3, se muestra el diagrama de bloques de los procesos productivos de la empresa.

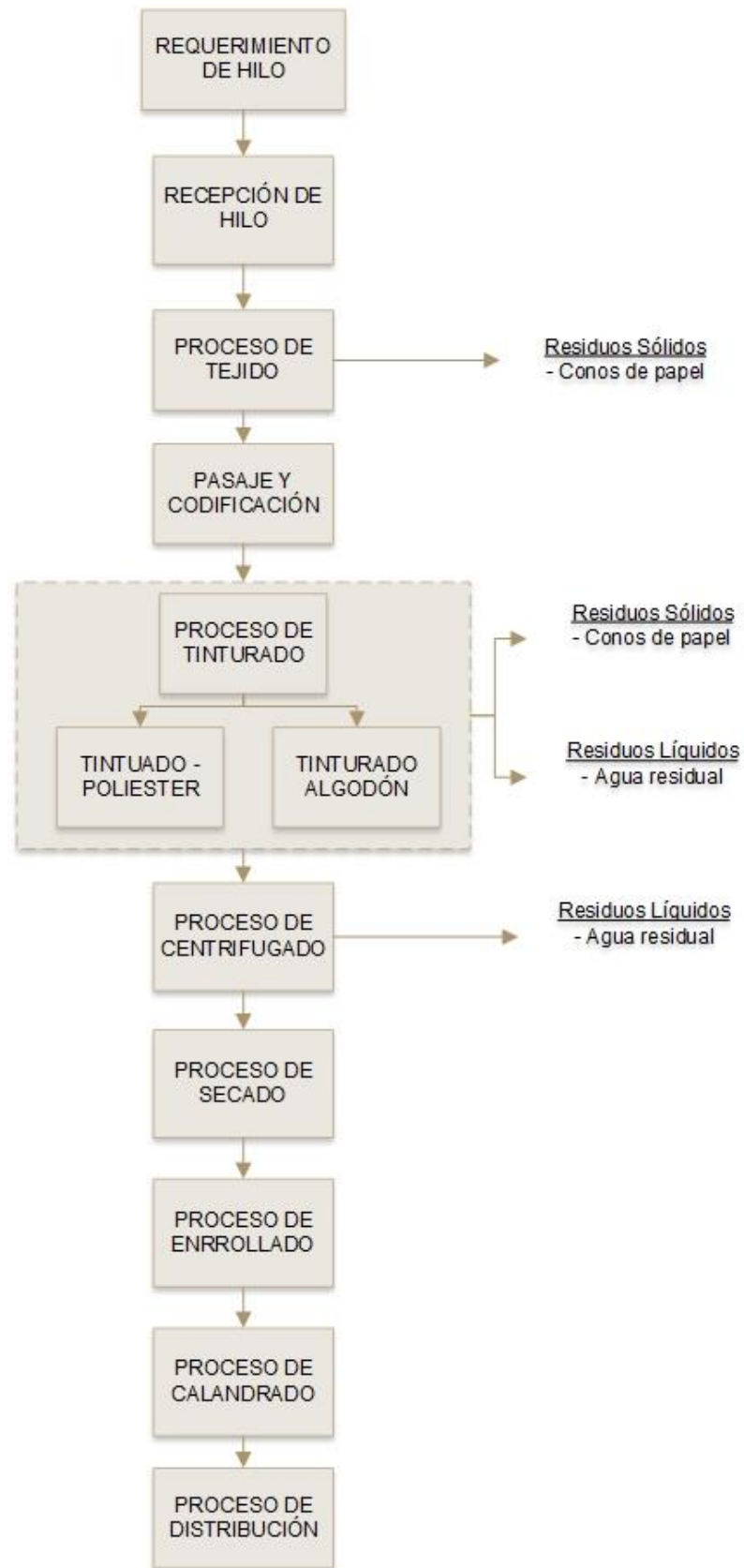


Figura 3. Procesos productivos de la empresa TEXMODA

- **REQUERIMIENTO DE HILO**

Se recibe del cliente su pedido y se procede a comunicarse con los proveedores para coordinar la entrega de la materia prima.

- **RECEPCIÓN DE HILO**

La materia prima de la empresa se la compra directamente a los proveedores, la misma es revisada y controlada para asegurar la calidad de la misma.

- **PROCESO DE TEJIDO**

Según el pedido que se reciba se ponen los hilos adecuados en la maquina tejedora, donde se teje la misma para la fabricación del producto obteniéndose telas como jearsey, picket, galleta, bvd, interlook y rebeed. Este proceso dura alrededor de hora y media.

En este proceso se usa una serie de insumos como son los hilos, agujas, platinas y aceite; de este proceso el principal desecho son los conos de los hilos, los cuales son entregados a unos gestores de la zona para su reutilización. En la figura 4, se muestra la parte frontal de la máquina de tejido



Figura 4. Parte frontal de la máquina de tejido

- **PASAJE CODIFICACIÓN**

En este proceso se va codificando, es decir, organizando los diferentes tipos de telas de las máquinas. El mismo toma un tiempo de 10 minutos por cada rollo, ya que además se los va pesando, empaquetando y almacenando.

- **PROCESO DE TINTURADO**

Para el proceso de tinturado primero se selecciona el tipo de tela que se vaya a usar y posteriormente entra a la misma a la máquina de tinturado, la empresa cuenta con dos máquinas, en la figura 5, se muestra la zona de alimentación de la máquina de tinturado de 300kg que ocupa 2300 litros de agua y en la figura 6, se muestra la parte frontal de la máquina de tinturado de 200kg que lleva 1500 litros de agua. Este proceso se lleva a cabo en 2 horas respectivamente.



Figura 5. Zona de alimentación de la máquina de tinturado de 300kg



Figura 6. Parte frontal de la máquina de tinturado de 200kg

En el proceso de tinturado se usa una serie de auxiliares como son:

- Silvstol FLE
- Percloroetileno
- Albaflow Jet
- Nonil Fenol

- TINTURADO – POLIÉSTER

Inicialmente se realiza proceso de igualación por auxiliares durante 20 minutos, posteriormente se coloca el colorante requerido por 15 minutos y se realiza otra igualación por 10 minutos subiendo la temperatura. Seguidamente se aumenta la temperatura de 13 grados centígrados a 45 grados centígrados.

Posteriormente se deja el proceso en agotamiento (130 °C) y se procede al enfriamiento de 130 grados centígrados a 70 grados centígrados, luego de esto se bota el baño y se carga la máquina para el lavado reductivo. Este proceso tiene una duración de hora y media, de este proceso se obtiene tela para tinte de algodón.

Los insumos usados para este proceso son

- ✓ Ácidos fólico
- ✓ Kelantex
- ✓ Slatex
- ✓ Terminox Ultra
- ✓ Albatex CO
- ✓ Secuestrante TN
- ✓ Di Chen Caldero
- ✓ Univadina Lev
- ✓ Carbonato
- ✓ Albatex CO

Los colorantes usados para este proceso de tinturado como para el tinturado en son:

- ✓ Terasil Azul GNN 300%
- ✓ Terasil Amarillo W6GS
- ✓ Novacron turquesa HGN
- ✓ Sepamina KL-NEW

- TINTURADO – ALGODÓN

La máquina es cargada con agua y auxiliares, esto se realiza por 10 minutos, posteriormente se dosifica el colorante durante 20 minutos y se los iguala conjuntamente con los auxiliares necesarios a 45 grados centígrados dosificándolos con carbonato durante 20 minutos más. Posteriormente se sube la temperatura a 60 grados centígrados dosificándolo con hidróxido de sodio por 20 minutos. Finalmente dejar en agotamiento por una hora y proceder a botar el baño.

Del proceso mencionado se pueden realizar 4 tipos de lavado como son:

- A 60 grados por 10 minutos
- A 95 grados por 15 minutos (jabonar la tela)
- A 80 grados por 15 minutos (aquí se elimina la dureza del agua)
- Lavado y fijado a 45 grados por 20 minutos

Una vez realizado estos procesos la tela ya lavada es llevada al proceso de centrifugado. El agua residual de este proceso se desecha al alcantarillado sin un previo tratamiento, en la figura 7, se muestra la zona de descarga de los efluentes al sistema de alcantarillado de las máquinas de tinturado y de centrifugado.

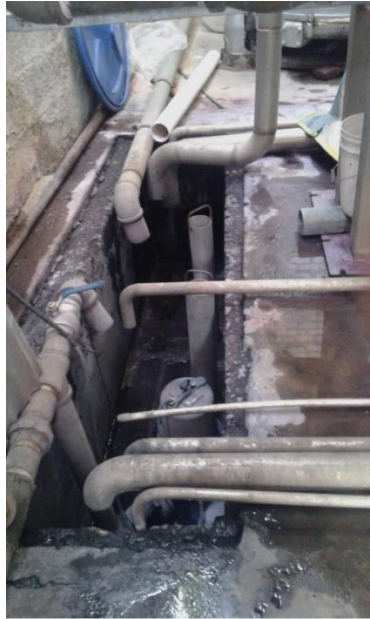


Figura 7. Zona de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado de las máquinas de tinturado y centrifugado

- PROCESO DE CENTRIFUGADO

La tela del tinturado se coloca dentro de la centrifugadora, la capacidad de la misma es de 3 a 4 rollos, en este proceso se desprende todo el agua de la tela. El proceso dura alrededor de 10 minutos.

En la figura 8 se muestra la zona de alimentación de la máquina de centrifugado.



Figura 8. Zona de alimentación de la máquina de centrifugado

- PROCESO DE SECADO

La tela se coloca en unos tubos y es sometida a una fuerte corriente de aire, una vez secados los rollos se proceden a enrollar. La capacidad de esta máquina es de 4 rollos, con un tiempo estimado de hora a hora y media dependiendo del tipo de tela. En la figura 9, se muestra la parte frontal de la máquina de secado.



Figura 9. Parte frontal de la máquina de secado

- PROCESO DE ENROLLADO

La tela es colocada sobre un esparzor, el cual la desenvuelve hasta llegar al borde donde es sujeta para volver a hacer el proceso de manera inversa, lo cual dura un tiempo aproximado de 5 minutos.

- PROCESO DE CALANDRADO

La tela antes de ser introducida al calandro es calentada a 200 grados centígrados, posteriormente en el proceso de calandro la tela se la planchada y enrollada para su bodegaje o distribución. El proceso dura alrededor de 20 minutos.

En la figura 10 se muestra la zona de alimentación del calandro, por donde ingresa la tela a ser enrollada y planchada.



Figura 10. Zona de alimentación del calandro

- **ETIQUETADO**

Se realiza un control de calidad al producto terminado para detectar ciertas fallas tales como: de bordaje, de aceite y de ajuga. El proceso dura alrededor de 10 minutos y la clave del mismo es etiquetar al producto terminado.

- **PESAJE Y REGISTRO**

En el último proceso, llega el rollo ya planchado, se procede a pesar y se registra en la hoja de calandrado con su respectiva tarjeta finalmente se ingresa a la bodega de tela terminada. El tiempo aproximado es de 5 minutos por rollo.

4.3 EVALUACIÓN DE PROCESOS CONTAMINANTES

Según se observó en la figura 2, los principales procesos donde se producen efluentes dentro de la empresa son en el proceso de tinturado y centrifugado

debido a que sus efluentes son desechados directamente al sistema de alcantarillado sin un previo tratamiento.

En el año 2014 se realizó un monitoreo de las aguas residuales, los análisis fueron realizados por el Laboratorio CORPLAB el cual está certificado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE). En la tabla 8, se presenta una matriz de cumplimiento legal de los parámetros analizados en las aguas residuales de la empresa TEXMODA.

Tabla 8. Matriz de cumplimiento legal de los parámetros analizados en las aguas residuales de la empresa TEXMODA

#	Parámetros Analizados A.M. 028	Límite máximo permisible	Parámetro A.M. 097A	Límite máximo permisible	Unidad	Resultado de CORPLAB	Criterio de Resultado
1	Aceites y Grasas	100	Aceites y grasas	70,0	mg/l	<20,00	CUMPLE
2	Zinc	10	Cinc	10,0	mg/l	0.080	CUMPLE
3	Cobre	1,0	Cobre	1,0	mg/l	<0.10	CUMPLE
4	Fenoles	0,2	Compuestos fenólicos	0,2	mg/l	0,022	CUMPLE
5	Cromo	0,5	Cromo hexavalente	0,5	mg/l	<0,05	CUMPLE
6	Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	250	Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	250,0	mg/l	608	NO CUMPLE
7	Demanda química de oxígeno	500	Demanda química de oxígeno	500,0	mg/l	1092	NO CUMPLE
8	Mercurio	0,01	Mercurio (total)	0,01	mg/l	<0.002	CUMPLE
9	Níquel	2,0	Níquel	2,0	mg/l	<0.05	CUMPLE
10	Plomo	0.120	Plomo	0,5	mg/l	0,120	CUMPLE
11	Potencial de hidrógeno	5,9	Potencial de hidrogeno	6-9	mg/l	6,67	CUMPLE
12	Solidos sedimentables	20	Solidos sedimentables	20,0	mg/l	<0,5	CUMPLE
13	Solidos suspendidos totales	220	Solidos suspendidos totales	220,0	mg/l	400	NO CUMPLE
14	Temperatura	<40,0	Temperatura	<40,0	mg/l	40.3	NO CUMPLE
15	Tensoactivos aniónicos	0,140	Tensoactivos	2,0	mg/l	0,140	CUMPLE

La tabla 9 muestra el criterio de valoración de la matriz de cumplimiento anteriormente explicada.

Tabla 9. Criterio de valoración de la matriz de cumplimiento legal

Criterio	Equivalencia
Acuerdo Ministerial 097A Reforma TULSMA. Anexo 1. Parámetros según la Tabla 8.	CUMPLE
	NO CUMPLE

Como podemos observar las aguas residuales no cumplen con 4 de los 15 parámetros analizados, por lo cual se ve la necesidad de dar un tratamiento a estos efluentes, dicha tratamiento se encuentra dentro de la propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales, que se detalla en el próximo capítulo.

4.4 PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

4.4.1 SELECCIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTE

Se utilizó el sulfato de aluminio debido a que es uno de los productos más usados en el tratamiento de aguas residuales, además se usó hipoclorito de calcio para controlar el pH y desinfectar el agua. Mediante la Prueba de Jarras, se determinó la dosis óptima de coagulante para lo cual se realizó tres ensayos. En la tabla 10, se puede apreciar la determinación de la dosis óptima de coagulante, medición de la turbiedad y pH.

Tabla 10. Determinación de la dosis óptima de coagulante, medición de la turbiedad y pH

DOSIS			
Sulfato de aluminio	20ml – 10%	20ml – 15%	20ml – 5%
Hipoclorito de calcio	10m – 10%	10ml – 10%	10ml - 10%
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
pH final	7.10	6.90	7.30
pH inicial	8.20	8.20	8.20
Turbiedad final	27.30	16.40	38.70
Turbiedad inicial	86.60	86.60	86.60

Por lo expuesto en la tabla 16 podemos manifestar que la dosis optima es la de la prueba 2 ya que el grado de remoción de la turbiedad es mayor que las otras dos pruebas. Cada una de las muestras fue agitada a una velocidad y tiempo determinado, la tabla 11 hace referencia a la determinación del tiempo y velocidad de ocurrencia de los proceso de floculación y sedimentación

Tabla 11. Determinación del tiempo y velocidad de ocurrencia de los procesos de floculación y sedimentación

Muestra	Velocidad (RPM)	Tiempo (floculación)	Tiempo (sedimentación)
1	60	4	7
2	60	2	4
3	60	5	9

La muestra dos es la más adecuada debido a que su tiempo de sedimentación es de 4 minutos y de floculación es de 2 minutos comparadas con las demás es la más óptima.

4.4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A continuación en la tabla 12, se detallan el porcentaje de remoción de la turbiedad a diferente concentración de coagulante.

Tabla 12. Porcentaje de remoción de la turbiedad a diferente concentración de coagulante

DOSIS			
Sulfato de aluminio	26ml – 10%	26ml – 15%	26ml – 5%
Hipoclorito de calcio	10m – 10%	10ml – 10%	10ml - 10%
	1	2	3
Turbiedad	27.30	16.40	38.70
Turbiedad inicial	86.60	86.60	86.60
% de remoción	68.48	81.06	55.31

Con lo explicado en la tabla 12, podemos manifestar que la mejor muestra y dosificación es la segunda ya que tiene un porcentaje de remoción de 81.06%, lo cual es de gran relevancia debido a que indica una gran disminución de material coloidal en la muestra y además que al tener poca cantidad de este material el DBO y DQO bajan ya que no hay material para oxidar y tampoco alimento para microorganismo.

4.4.3 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE PRUEBA DE JARRAS

Una vez que se determinó la dosis óptima de coagulante la muestra tratada fue analizada en CORPLAB, la tabla 13 muestra la matriz de cumplimiento legal de la muestra tratada en el laboratorio.

Tabla 13. Matriz de cumplimiento legal de la muestra tratada en el laboratorio

#	Parámetro A.M. 097A	Límite máximo permisible	Unidad	Resultado de la muestra tratada (CORPLAB)	Resultados iniciales muestra sin tratar (CORPLAB)	Reducción (%)	Resultado
1	Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	250,0	mg/l	197.63	608.00	67.49	CUMPLE
2	Demanda química de oxígeno	500,0	mg/l	395.00	1092.00	63.82	CUMPLE
3	Sólidos suspendidos totales	220,0	mg/l	30.00	400.00	92.5	CUMPLE
4	Temperatura	<40,0	mg/l	22°C	40.30	45.75	CUMPLE
5	Potencial de hidrógeno	6-9	mg/l	6.90	6.67	No Aplica	CUMPLE

Como podemos apreciar en la tabla 13 todos los parámetros que no cumplían ya están bajo la norma según el A.M. 097A, lo cual indica que la combinación del Sulfato de Aluminio e Hipoclorito de Calcio es la adecuada para los procesos de coagulación y floculación.

4.4.4 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

4.4.4.1 Determinación del coagulante necesario

La empresa Texmoda aproximadamente produce de unos 3800l de agua residual cuando la producción es baja y cuando es alta llega a producir hasta 16000l de agua residual.

En el laboratorio se usó una muestra de 0.5l con una adición de 20ml de Sulfato de aluminio y 10ml de Hipoclorito de Calcio al 15% y al 10% respectivamente; por lo cual se determinó que para tratar 3800l y 16000l de agua se usó:

- Determinación de sulfato de aluminio

Datos

15 g de $Al_2(SO_4)_3$

10 ml de $Al_2(SO_4)_3$

Muestra parcial: 500ml de agua tratada

Muestran mínima a tratar: 3800L

Muestra máxima a tratar: 16000L

- Para los 3800L

$$\frac{20\text{ml} * 15\text{g } Al_2(SO_4)_3}{500 \text{ ml de agua}} = 0,6\text{g } Al_2(SO_4)_3 = 6 \times 10^{-4} \text{kg } Al_2(SO_4)_3$$

$$\frac{6 \times 10^{-4} \text{ kg } Al_2(SO_4)_3 * 3800\text{L agua a tratar}}{0,5 \text{ L agua a tratar}} = \mathbf{4,56 \text{kg } kg } Al_2(SO_4)_3$$

- Para los 16000L

$$\frac{20\text{ml} * 15\text{g } Al_2(SO_4)_3}{500 \text{ ml de agua}} = 0,6\text{g } Al_2(SO_4)_3 = 6 \times 10^{-4} \text{kg } Al_2(SO_4)_3$$

$$\frac{6 \times 10^{-4} \text{ kg } Al_2(SO_4)_3 * 16000\text{L agua a tratar}}{0,5 \text{ L agua a tratar}} = \mathbf{19,20 \text{ kg } kg } Al_2(SO_4)_3$$

- Determinación del hipoclorito de calcio

10 g de $Ca(ClO_2)$

10 ml de $Ca(ClO_2)$

Muestra parcial: 500ml de agua tratada

Muestran mínima a tratar: 3800L

- Para los 3800L

$$\frac{10\text{ml} * 10\text{g } Ca(ClO_2)}{500 \text{ ml de agua}} = 0,2\text{g } Ca(ClO_2) = 2 \times 10^{-4} \text{kg } Ca(ClO_2)$$

$$\frac{2 \times 10^{-4} \text{ kg } Ca(ClO_2) * 3800\text{L agua a tratar}}{0,5 \text{ L agua a tratar}} = \mathbf{1,52 \text{kg } Ca(ClO_2)}$$

- Para los 16000L

$$\frac{10\text{ml} * 10\text{g } Ca(ClO_2)}{500 \text{ ml de agua}} = 0,2\text{g } Ca(ClO_2) = 2 \times 10^{-4} \text{kg } Ca(ClO_2)$$

$$\frac{2 \times 10^{-4} \text{ kg } Ca(ClO_2) * 16000\text{L agua a tratar}}{0,5 \text{ L agua a tratar}} = \mathbf{6,40 \text{ kg } Ca(ClO_2)}$$

En el caso de nuestro sistema de tratamiento, usaremos la planta por 8 horas diarias o dependiendo del volumen a tratar; pero se estipula que se tratará aproximadamente 1.5m³/hora, obteniéndose así:

Datos

15 g de Al₂(SO₄)₃

10 ml de Al₂(SO₄)₃

10 g de Ca(ClO₂)

10 ml de Ca(ClO₂)

Muestra parcial: 500ml de agua tratada

Muestran mínima a tratar: 1500L

- Sulfato de Aluminio

$$\frac{20\text{ml} * 15\text{g } Al_2(SO_4)_3}{500 \text{ ml de agua}} = 0,6\text{g } Al_2(SO_4)_3 = 6 \times 10^{-4} \text{kg } Al_2(SO_4)_3$$

$$\frac{6 \times 10^{-4} \text{ kg } Al_2(SO_4)_3 * 1500\text{L agua a tratar}}{0,5 \text{ L agua a tratar}} = \mathbf{1,80 \text{kg } Al_2(SO_4)_3}$$

○ Hipoclorito de Calcio

$$\frac{10\text{ml} * 10\text{g } Ca(ClO_2)}{500\text{ ml de agua}} = 0,2\text{g } Ca(ClO_2) = 2 \times 10^{-4}\text{kg } Ca(ClO_2)$$

$$\frac{2 \times 10^{-4}\text{ kg } Ca(ClO_2) * 1500\text{L agua a tratar}}{0,5\text{ L agua a tratar}} = \mathbf{0,6\text{ kg } Ca(ClO_2)}$$

4.4.4.2 Determinación de la cantidad de lodos

Una vez que se determinó la dosis óptima para el tratamiento, la muestra fue sometida a un proceso de filtración en el cual se determinó la cantidad de sólidos presentes en la muestra. En la figura 11 se puede observar el resultado de la sedimentación de los coloides.

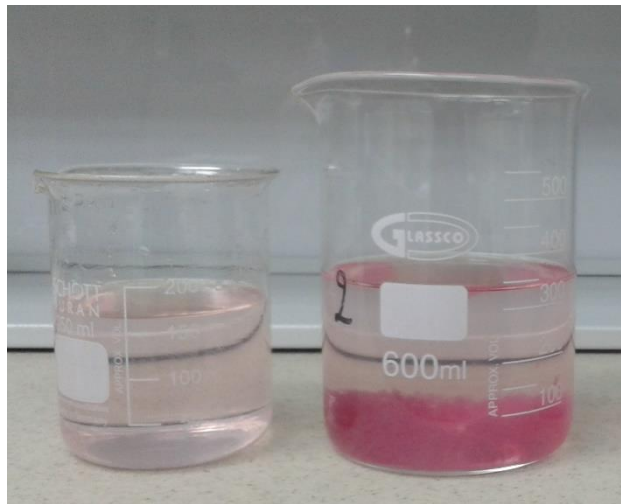


Figura 11. Resultado de la sedimentación de coloides

La muestra fue secada a 100°C por 20 minutos y arrojó una cantidad 0,337g de sólidos; esta muestra corresponde a 500ml de agua tratada.

Datos

Peso papel filtro: 1,407 gramos

Peso papel filtro + sólidos: 1,744 gramos

$$\text{Cantidad de sólidos} = \text{peso final} - \text{peso inicial}$$

$$\text{Cantidad de sólidos} = 1,744g - 1,407g = \mathbf{0,337g}$$

La cantidad lodos para los 1500L/h de agua a tratar es:

$$\begin{aligned} 0,337g \text{ lodo} &- 0.5L \\ x g \text{ lodo} &- 1500L \\ xg \text{ de lodo} &= \frac{0,337g \text{ de lodo} * 1500L}{0.5L} \\ xg \text{ de lodo} &= 1011/hora \end{aligned}$$

4.4.4.3 Dimensionamiento de tanques

Para el sistema de tratamiento de los efluentes de la empresa TEXMODA se cuenta con un espacio de 40m², él está ubicado frente a la empresa. En la figura 12 se puede apreciar la posible ubicación de la PTAR.



Figura 12. Posible ubicación de la PTAR

(Google Earth, 2012)

Como se vio en la descripción de procesos productivos anteriormente explicado se sabe que el agua residual es desechada a un sistema de descarga que llevan la misma hacia el alcantarillado, pero en vez de que el

agua residual vaya al alcantarillado se colocará una serie de tubos que llevaran el agua impulsada por una bomba hacia el tanque de almacenamiento de carga.

- **Tanque de carga**

El tanque de carga será semienterrado, el mismo almacenará agua residual. La capacidad del tanque será de $14\text{m}^3/\text{día}$ y el agua aquí se podrá guardar hasta por 2 días, para no hacer trabajar la PTAR diariamente; excepto el caso en el cual la empresa se encuentre trabajando a su máxima capacidad; es decir este con una gran demanda de trabajo.

El tanque tendrá unas dimensiones de:

- Alto – 2,5m
- Ancho – 1,4m
- Largo – 4,00m
- **Bomba de alimentación del tanque de carga**

El tanque de carga será alimentado desde el punto de descarga de efluentes, por lo cual la potencia de la bomba será calculada según lo específica (CRUZ, 2016), así:

▪ **Calculo de velocidad**

Datos:

Diámetro de la tubería (D) = 0,0635m

Radio de la tubería (r) = 0,031m

Caudal = $0,00083\text{m}^3/\text{s}$

Parte 1 (Cálculo del área)

$$A_{\text{Área de un círculo}} = \pi * r^2 \quad [4]$$

$$A = \pi * 0,0031^2 = \mathbf{0,0032m^2}$$

Parte 2 (Cálculo de velocidad)

$$Q_{\text{caudal}} = V_{\text{velocidad}} * A_{\text{Área}} \quad [5]$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,00083m^3}{0,0032m^2} = \mathbf{0,26m/s}$$

▪ Pérdida de carga en la tubería

Según lo específica (MILIARIUM, 2008) las pérdidas se calculan así:

$$h_f = \frac{f * L_{eq} * V^2}{2 * D * g} \text{ (Darcy - Weisbach)} \quad [6]$$

Datos

Diámetro de la tubería (D) = 0.0635m

Velocidad en la tubería (v) = 0.26m/s

Gravedad (g) = 9.8m/s²

Densidad (p) = 997kg/m³ (MILIARIUM, 2008)

Parte 1 (Cálculo de Numero de Reynolds)

$$N_{RE} = \frac{D_{\text{diámetro}} * V_{\text{velocidad}} * \rho_{\text{densidad}}}{\mu_{\text{viscosidad dinámica}}} \quad [7]$$

$$N_{RE} = \frac{0,0635(m) * 0,26(\frac{m}{s}) * 997(\frac{kg}{m^3})}{0,890 * 10^{-3}(\frac{N * m}{s})} = \mathbf{18494,91}$$

Parte 2 (Cálculo de coeficiente de fricción)

$$f = N_{RE} * 0,3164 \text{ (Régime } < 100.000) \quad [8]$$

$$f = 184940^{-0.25} * 0,3164 = \mathbf{0,027}$$

Parte 3 (Cálculo de longitud equivalente)

$$L_{eq} \text{Longitud equivalente} = \sum L_{\text{todas las longitudes de tubos}} + L_{acc} \text{Longitud accesorios} \quad [9]$$

$$L_{eq} \text{ de tubos} = 2,5 + 1,5 + 0,9 + 6 = \mathbf{10,9m}$$

La longitud total también es la suma de la longitud total de los accesorios como son los codos y en este caso se usará dos codos.

$$L_{acc} = (L_{t \text{ longitud total de los tubos}} * D_{\text{diametro de tubería}}) * \#_{acc} \quad [10]$$

$$L_{acc} = (10,9m * 0,0635m) * 2 = \mathbf{1,38}$$

Parte 4 (Cálculo de longitud total)

$$L_{eq \text{ total}} = 10,9 + 1,38 = \mathbf{12,28}$$

Parte 5 (Cálculo de la pérdida de carga)

$$h_f = \frac{0,027 * 12,28m * (0,26m)^2}{2 * 0,0635m * 9,8m/s^2} = \mathbf{0,018m}$$

- **Cálculo de carga dinámica total**

$$H_B = H_{e \text{ altura estática o altura a vencer para la bomba}} + H_f \quad [11]$$

$$H_B = 0,9m + 0,018m = \mathbf{0,918m}$$

- **Cálculo de la potencia de la bomba**

$$P_B = H_B * \rho * g * Q \quad [12]$$

Datos

Caudal (Q) = 0,00083m³/s

Densidad del líquido (ρ) = 997kg/m³

Gravedad (g)= 9,8m/s²

Carga dinámica (H_B) = 0,918m

$$P_B = 0,918 * 997 * 9,8 * 0,00083 = \mathbf{0,009W}$$

Una bomba de 1/2HP es suficiente para impulsar el agua hacia el tanque de carga.

▪ **Especificaciones del material**

○ **Tanque de carga**

El tanque de carga será construido de concreto y tendrá un tiempo de almacenamiento de dos días.

○ **Tubos**

Se usarán tubos de PVC cubiertos por una pintura protectora de poliuretano, para el diámetro de los tubos se toma como base el catálogo de plastigama que recomienda “6,35cm”. (PLASTIGAMA, 2016)

- **Tanque de coagulación – floculación y sedimentación**

El tanque que se usará es de forma cónica de acero inoxidable ya que ese es el que hay en el mercado, el mismo será alimentado desde el tanque de carga. El tanque cónico en su base posee una sección para poder sacar los lodos a secarlos, en su parte superior habrá un sistema de paletas las cuales ayudarán a mezclar tanto el hipoclorito de calcio como el sulfato de aluminio al momento de ser agregados por una persona encargada, las paletas se detendrán cuando haya pasado el tiempo de mezcla para que así se produzca la sedimentación.

○ **Porcentaje que ocupan los sólidos en 0.5L**

$$0,50L - 100\%$$

$$0,08L - x$$

$$x \text{ solidos} = 16\%$$

- Porcentaje que ocupan los sólidos en 1500L

$$0,50L - 0.08L \text{ solidos}$$

$$1500L - x \text{ solidos}$$

$$x \text{ solidos} = 240L$$

$$1500L - 100\%$$

$$240L - x$$

$$x \text{ solidos} = \mathbf{16\%}$$

Es decir el 16% del tanque sedimentador debe ser drenado al momento de sacar los lodos; dentro de este tanque debemos poner tres llaves a diferente nivel el primero más arriba del 16% de la capacidad del tanque por donde pasará el agua clarificada y el otro en la base para sacar los lodos y posteriormente pasar a la cámara de secado.

- **Descripción del tanque**

El volumen del tanque será de 3m³ y será de acero inoxidable, contará con 3 llaves a diferentes niveles para la salida del agua clarificada hacia el sistema de alcantarillado. Del tanque se usará el 16% es decir que arriba de este nivel se establecerá la primera llave para el agua tratada y en la base del mismo se sacaran los lodos hacia una cámara de secado.

La potencia de las paletas así como la ubicación y tamaño de las aspas del tanque coagulación–floculación–sedimentación se escogerán de lo que haya disponible en el mercado.

- **Bomba de alimentación del tanque de carga al tanque de coagulación-floculación-sedimentación**

El tanque de coagulación-floculación-sedimentación será alimentado desde el tanque de carga a razón de 1,5m³/h, por lo cual la bomba tendrá una potencia de:

- **Calculo de velocidad en la tubería**

Datos:

Diámetro de la tubería (D) = 0,0381m

Radio de la tubería (r) = 0,0190m

Caudal = 0.000416m³/s

Parte 1 (Cálculo del área)

$$A_{\text{Área de un círculo}} = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 0,01905^2 = \mathbf{0,0011m^2}$$

Parte 2 (Cálculo de velocidad)

$$Q_{\text{caudal}} = V_{\text{velocidad}} * A_{\text{Área}}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,000416m^3}{0,0011m^2} = \mathbf{0,37m/s}$$

- **Pérdida de carga en la tubería**

Según lo específica (MILIARIUM, 2008) las pérdidas se calculan así:

$$h_f = \frac{f * L_{eq} * V^2}{2 * D * g}$$

Datos

Diámetro de la tubería (D) = 0,038m

Velocidad en la tubería (v) = 0,37m/s

Gravedad (g)= 9,8m/s²

Parte 1 (Cálculo de Numero de Reynolds)

$$N_{RE} = \frac{D_{diámetro} * V_{velocidad} * \rho_{densidad}}{\mu_{viscosidad\ dinámica}}$$
$$N_{RE} = \frac{0,038(m) * 0,37(\frac{m}{s}) * 997(\frac{kg}{m^3})}{0,890 * 10^{-3}(\frac{N * m}{s})} = \mathbf{15750,36}$$

Parte 2 (Cálculo de coeficiente de fricción)

$$f = N_{RE} * 0,3164$$
$$f = 15750,36^{-0,25} * 0,3164 = \mathbf{0,028}$$

Parte 3 (Cálculo de longitud equivalente)

$$L_{eq\ Longitud\ equivalente} = \sum L_{todas\ las\ longitudes\ de\ tubos} + L_{acc\ Longitud\ accesorios}$$

$$L_{eq\ de\ tubos} = 2,7 + 2,7 + 0,9 + 1,9 = \mathbf{8,2m}$$

La longitud total también es la suma de la longitud total de los accesorios como son los codos y en este caso se usará dos codos.

$$L_{acc} = (L_{t\ longitud\ total\ de\ los\ tubos} * D_{diametro\ de\ tubería}) * \#_{acc}$$

$$L_{acc} = (8,2m * 0,038m) * 2 = \mathbf{0,62}$$

Parte 4 (Cálculo de longitud total)

$$L_{eq\ total} = 8,2 + 0,62 = \mathbf{8,82}$$

Parte 5 (Cálculo de la pérdida de carga)

$$h_f = \frac{0,028 * 8,82m * (0,37m)^2}{2 * 0,038m * 9,8m/s^2} = \mathbf{0,045m}$$

- **Cálculo de carga dinámica total**

$$H_B = H_{e\text{altura estática o altura a vencer para la bomba}} + H_f$$

$$H_B = 5,4m + 0,045m = \mathbf{5,445m}$$

- **Cálculo de la potencia de la bomba**

$$P_B = H_B * \rho * g * Q$$

Datos

Caudal (Q) = 0,00041m³/s

Densidad del líquido (ρ) = 997kg/m³

Gravedad (g) = 9,8m/s²

Carga dinámica (H_B) = 5,445m

$$P_B = 5,445 * 997 * 9,8 * 0,00041 = \mathbf{21,81W}$$

Una bomba de 1/2HP es suficiente para impulsar el agua desde el tanque de carga hacia el tanque de coagulación-floculación-sedimentación.

- **Especificaciones del material**

- **Tubos**

Se usarán tubos de PVC cubiertos por una pintura protectora de poliuretano, el diámetro de los tubos a usar son en base al catálogo de PLASTIGAMA.

4.4.4.4 Cámara de secado de lodos

Se usará un lecho de secado; es decir se hará un depósito de grava y arena. Según Romero Rojas el criterio de diseño de lecho de secado adecuado será como se explica en la tabla 14 así:

Tabla 14. Criterio de diseño de lecho de secado

Característica	Criterio
Altura de la arena	0.5 – 0.9 m
Diámetro de la tubería	0.10 m en adelante
Pendiente de la tubería	1%
Espesor de la grava	3 – 25 mm
Profundidad de la arena	20 – 46 cm
Tamaño efectivo de la arena	0.3 – 0.75 mm
Cobertura	Plástico

(ROMERO, 2005)

Con lo mencionado el lecho tendrá una altura 2m con un ancho de 1,5m y un largo de 2,5m. El lodo quedará en la parte superior extendido sobre una capa de fibra fina o tela fina, la cual almacenará el lodo para posteriormente ser entregado a un gestor ambiental, una parte del agua de este proceso se evaporará y lo demás se descargará directamente al sistema de alcantarillado.

Para evidenciar el sistema de tratamiento de aguas residuales revisar el Anexo VI.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Por medio de una visita técnica se encontró que el proceso de tinturado es aquel que produce los efluentes contaminantes y los mismo se caracterizaron para conocer el estado de cumplimiento, los efluentes no cumplieron con 4 de los 15 parámetros como son: los SST, DBO, DQO y temperatura; según lo establecido por el Acuerdo Ministerial 097A.
- Mediante la prueba de jarras se determinó que la dosis optima de coagulante y de controlador de pH fue de 20ml al 15% de Sulfato de Aluminio y 10ml al 10% de Hipoclorito de Calcio; las pruebas de jarras fueron sometidas a una velocidad de mezcla de 60RPM a 3 minutos y en la misma se esperó un tiempo determinado para su sedimentación logrando así una reducción de la turbidez del 81.06%, la DBO en un 67,49%, la DQO en un 63.82% y los sólidos suspendidos totales en un 92.5%.
- Mediante la coagulación y floculación, se logró reducir los niveles de contaminación de los efluentes procedentes de la empresa TEXMODA; mediante el control de parámetros como pH y turbiedad; cuyas muestras además después de ser tratadas fueron enviadas a un laboratorio el cual demostró que las mismas están según lo establecido por el Acuerdo Ministerial 097A. Por lo cual ya se podrá descargar los efluentes al sistema de alcantarillado.
- Se determinó cuantos kg de Sulfato de Aluminio e Hipoclorito de Calcio son necesarios para tratar 0.5L de agua, con lo cual logramos dimensionar la cantidad en kg de los químicos para el volumen real a tratar en la planta de tratamiento que será de 1,5m³; también se estimó

la cantidad de lodos que se producirán por este tratamiento así como su proceso de tratamiento el cual se basa en un lecho de secado y posterior entrega a un gestor ambiental calificado.

- Se estimó que el volumen a tratar diariamente será de 1.5m³, además con los resultados obtenidos se dimensionó 2 tanques uno de carga y otro de coagulación – floculación – sedimentación respectivamente, así como el lecho de secado de lodos, para la realización del tratamiento de los efluentes y mediante el uso de un catálogo de PLASTIGAMA se seleccionó el material del cual van a estar hechos los tubos y además se estimó la potencia de las bombas a usar en el sistema de tratamiento.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones se recomienda realizar una estimación económica de la dosificación del coagulante, regulador de pH, tuberías, las bombas, los tanques de carga y coagulación, lecho de secado y la construcción de los mismos, así como un estudio de pre factibilidad.
- El desarrollo del presente trabajo da pautas para desarrollar otros métodos de tratamiento que pueden dar mejores resultados.
- Se recomienda para futuras investigaciones hacer una caracterización profunda del agua tratada y si la misma no cumple con los límites para darle un reuso a la misma y si es el caso pues tratar de modificar los métodos usados hasta que cumpla con lo estipulado por la normativa.

NOMENCLATURA / GLOSARIO

NOMENCLATURA / GLOSARIO

A.M.	Acuerdo Ministerial
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
Floc	Flóculos
°C	Grado centígrado
SAE	Servicio de Acreditación Ecuatoriana
SST	Sólidos Suspendidos Totales
ST	Sólidos Totales
T°	Temperatura
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente
ml	Mililitros
l	Litros

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- ABRIL, N., BÁRCENA , A., FERNÁNDEZ, E., GALVÁN , A., JORRÍN, J., PEINADO, J., . . . TÚÑEZ, I. (s.f.). *ESPECTROFOMETRÍA: Espectros de absorción y cuantificación calorimétrica de biomoléculas*. Obtenido de http://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETR%C3%8DA.pdf
- ANDÍA, Y. (2000). *SEDEPAL*. Obtenido de http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154
- ASAMBLEA NACIONAL. (2004). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua*. Obtenido de <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>
- ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE. (2008). *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR*. Obtenido de http://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf
- BEDOYA, G., & DE LOS ÁNGELES, M. (2012). Obtenido de <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/6281622H565.pdf>
- CÁRDENAS, A. (2000). Obtenido de <http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pdf>
- CHUQUIRIMA, A. (2011). Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3038>
- CRUZ, J. (Enero de 2016). *ANEXO 8. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA DEL SISTEMA DE ROCIADORES PARA ENFRIAMIENTO DE TANQUE Y DEL SISTEMA DE INCENDIOS*. Obtenido de ANEXO 8. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA DEL SISTEMA DE ROCIADORES PARA ENFRIAMIENTO DE TANQUE Y DEL SISTEMA DE INCENDIOS
- DRINAN, J. (2001). *Water & Waste Treatment*. . Boca Raton : CRC Press.
- DROGUET, M., CRESPI, M., & GUTIERREZ, M. (2003). *INTEXTER*. Obtenido de

[http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/2753/7EMISIONES
ATMOSFERICAS.pdf](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/2753/7EMISIONES%20ATMOSFERICAS.pdf)

GONZÁLEZ, M. (2010). *Transmitancia y Absorbancia*. Obtenido de <http://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/transmitancia-y-absorbancia>

Google Earth. (2012). *Imágenes Satelitales*.

GUATEMALA, M. D. (2008). *ACUERDO DE COOPERACION USAID*. Obtenido de http://www.caftadr-environment.org/wp-content/uploads/2016/04/13_Cleaner_Production_Guia_de_Buenas_Practicas_Ambientales_para_el_Sector_Textil_en_Guatemala.pdf

LIMON, J. (2010). Obtenido de http://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingresos/jglm/doc_ingreso_gualberto_limon_trabajo_de_ingreso.pdf

MIHELIC, J., & ZIMMERMAN, J. (2012). *Ingeniería ambiental : fundamentos, sustentabilidad, diseño*. México: Alfaomega.

MILIARIUM. (2008). *Cálculo de pérdida de tuberías*. Obtenido de <http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.asp>

MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2004). *LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>

MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2004). *Ley de la Prevención y Control de la Contaminación*. Obtenido de http://www.utpl.edu.ec/obsa/wp-content/uploads/2012/09/ley_de_prevencion_y_control_de_la_contaminacion_ambiental.pdf

MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2015). *EXPEDIR LOS ANEXOS DE TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA*. Obtenido de RESOLUCION No. 097A: <http://asamblea.com.ec/normativas>

MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2015). *Reforma del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria*. Obtenido de Acuerdo No. 061: <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA++R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108>

- MORALES, M. (2009). Obtenido de http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_17/MARIA%20LUISA_MORALES_1.pdf
- MORILLO, S. (2012). Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/662/1/T-UCE-0012-126.pdf>
- OEFA. (2014). *ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL*. Obtenido de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- ORDÓÑEZ, M. (2015). Los dos lados de la tela. *Revista Gestión*(255). Obtenido de <http://www.revistagestion.ec/?p=17726>
- Organization., U. N. (2011). *Introduction to treatment of tannery effluents*. Instructivo, Vienna.
- PLASTIGAMA. (2016). *PLASTIGAMA CATÁLOGO*. Obtenido de http://sitio.plastigama.com/images/hojasTecnicas/Tuberias_y_accesorios_PVC.pdf
- RAMALHO, R. (2014). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona: REVERTÉ.
- RE, H. (2010). *Mejoramiento en la calidad de las aguas residuales de la planta de tratamiento de TEJIDOS PINTEX S.A. para su reutilizacion en los procesos industriales*. Obtenido de <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/2287>
- RIGOLA, M. (1989). *Tratamiento de Aguas Industriales*. Barcelona: MARCOMBO, S.A. .
- RODRIGUEZ, C. (1995). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- ROMERO, R. (2005). *Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño* (3 ed ed.). Bogotá: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.
- SALCEDO, R., MARTÍN, I., & FONT, R. (2011). Obtenido de http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/11/tema5_operaciones%20separacion.pdf
- SERVICIO DE APRENDIZAJE NACIONAL. (1999). Obtenido de http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/#

TCHBANOGLOUS, G., & CRITES, R. (2000). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Bogotá: McGraw-Hill.

TREJOZ, M., & AGUDELO, N. (2012). Obtenido de <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/Probarros/file/31.pdf>

ANEXOS

ANEXOS ANEXO 1

VISITA TÉCNICA A LA EMPRESA TEXMODA



Área de Tejido



Área de tinturado



Área de Bodegaje



Cisterna



Área de Secado de tela



Caldero

ANEXO 2

LUGAR DE TOMA DE MUESTRAS



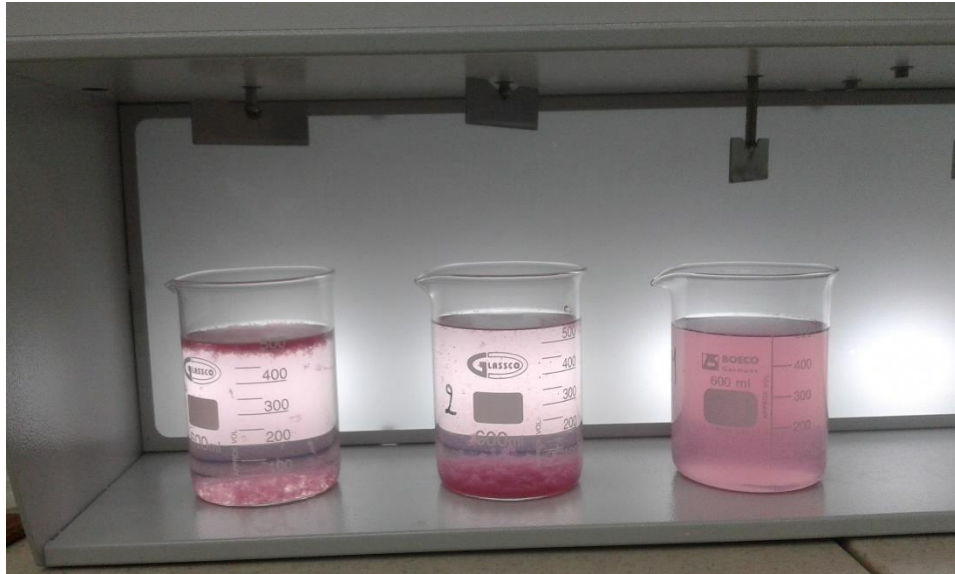
DESAGUE MAQUINA 1 Y 2 TINTURADO



MUESTRAS DESAGUA DE MÁQUINA

ANEXO 3

PRUEBA DE JARRAS



DOSIFICACION A 10 – 15 – 5 DE SULFATO DE ALUMINIO E HIPOCLORITO DE CALCIO



FILTRADO DE LA MUESTRA



SECADO Y DETERMINACIÓN DE LODOS



MUESTRAS ANALIZADAS POR CORPLAB DESPUÉS DE PRUEBA DE JARRAS

ANEXO 4

RESULTADOS CARACTERIZACION INICIAL DEL AGUA RESIDUAL

PROTOCOLO N°: 0414-2059	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 05
	Página 1 de 4

NOMBRE DEL CLIENTE: TEXMODA
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: INGENIERA ALEXANDRA BEJARANO
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO DE AGUA
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: AMBATO / ALEMANIA Y SUIZA
MUESTREO REALIZADO POR: CORPLABEC S.A. / JUAN BURGOS
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS-04.00 "MUESTREO DE AGUAS", SM 1060 A, B y C
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: ABRIL, 11 DEL 2014 / 12:50 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0006867
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: ABRIL 11 AL 22 DEL 2014
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 22 DE ABRIL DEL 2014

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
	CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84
A-1323	A1	Desague Máquina Over 1 y 2	09/04/2014	11:00	17M075856 9862850 ± 6	Ninguna Observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.

Químico Miguel Maliza
C.P. 122
Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0414-2059	RU-49
	Revisión: 05
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 4

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-1323	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A1		
ACEITES Y GRASAS GRAVIMÉTRICO	Standard Methods 22 Edition, 2012, 5520 B.	PA - 43.00	mg/l	<20,00	100	CUMPLE
COBRE	EPA 3010A, Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22, 2012, 3111B	PA - 25.00	mg/l	<0,10	1,0	CUMPLE
CROMO TOTAL	EPA 3010A, Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22-2012, 3111B	PA-18.00	mg/l	<0,05	0,5	CUMPLE
MERCURIO	Standard Methods Ed-22; 2012, 3112B	PA - 57.00	mg/l	<0,002	0,01	CUMPLE
NIQUEL	EPA 3010A, Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22-2012, 3111B	PA - 08.00	mg/l	<0,05	2,0	CUMPLE
PLOMO	EPA 3010A, Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22-2012, 3500 Pb	PA - 09.00	mg/l	0,120	0,5	CUMPLE
ZINC	EPA 3010A, Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22-2012, 3111B	PA - 19.00	mg/l	0,080	10	CUMPLE
COLOR	Standard Methods Ed-22-2012,, 2120 C	PA - 75.00	Pt-Co	>153	NO APLICA	NO APLICA
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed-22-2012, 5210B	PA - 45.00	mg/l	608	250	NO CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5220-D	PA - 32.00	mg/l	1092	500	NO CUMPLE
FENOLES	Standard Methods Ed. 22, 2012,, 5530 A & C	PA - 33.00	mg/l	0,022	0,2	CUMPLE
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 H- B	PA - 05.00	UpH	6,67	5 a 9	CUMPLE
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	Standard Methods Ed-22-2012, 2540F	PA - 46.00	ml/l	<0,5	20	CUMPLE
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Standard Methods Ed-22-2012, 2540-D	PA - 16.00	mg/l	400	220	NO CUMPLE
TENSOACTIVOS ANIONICOS (MBAS)	Standard Methods Ed-22-2012, 5540C	PA - 12.00	mg/l	0,140	2,0	CUMPLE
CAUDAL(*)	FLOTADOR/ VOLUMÉTRICO/ MOLINETE	POS-28.00	l/s	0,370	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado	NO DETERMINADO
TEMPERATURA	Standard Methods Ed-22-2012, 2550B	PA - 47.00	° C	40,3	<40	NO CUMPLE

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ TULAS, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua, Tabla 11, límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

⁽²⁾ Criterio de resultados

La muestra A-1323 excede el Rango de Acreditación del OAE de Color de 5,51 a 153 Pt-Co; se adjunta una hoja de anexo con el valor obtenido.



RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-1323	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A1		
ACEITES Y GRASAS GRAVIMÉTRICO	Standard Methods 22 Edition, 2012, 5520 B.	PA - 43.00	mg/l	<20.00	100	CUMPLE
COBRE	LFA 3010A Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22, 2012, 3111D	PA - 25.00	mg/l	<0,10	1,0	CUMPLE
CROMO TOTAL	LFA 3010A Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22-2012, 3111D	PA-18.00	mg/l	<0,05	0,5	CUMPLE
MERCURIO	Standard Methods Ed-22; 2012, 3112B	PA - 57.00	mg/l	<0,002	0,01	CUMPLE
NÍQUEL	LFA 3010A Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22-2012, 3111D	PA - 08.00	mg/l	<0,05	2.0	CUMPLE
PLOMO	LFA 3010A Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22-2012, 3111D	PA - 09.00	mg/l	0,120	0,5	CUMPLE
ZINC	LFA 3010A Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22-2012, 3111D	PA - 19.00	mg/l	0,080	10	CUMPLE
COLOR	Standard Methods Ed-22-2012,, 2120 C	PA - 75.00	Pt-Co	1372	NO APLICA	NO APLICA
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed-22-2012, 5210B	PA - 45.00	mg/l	608	250	NO CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5220-D	PA - 32.00	mg/l	1092	500	NO CUMPLE
FENOLES	Standard Methods Ed. 22, 2012,, 5530 A & C	PA - 33.00	mg/l	0,022	0,2	CUMPLE
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 H- B	PA - 05.00	UpH	6,67	5 a 9	CUMPLE
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	Standard Methods Ed-22-2012, 2540F	PA - 46.00	ml/l	<0,5	20	CUMPLE
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Standard Methods Ed-22-2012, 2540-D	PA - 16.00	mg/l	400	220	NO CUMPLE
TENSOACTIVOS ANIONICOS (MBAS)	Standard Methods Ed-22-2012, 5540C	PA - 12.00	mg/l	0,140	2,0	CUMPLE
CAUDAL	FLOTADOR/ VOLUMÉTRICO/ MOLINETE	POS-28.00	l/s	0,370	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado	NO DETERMINADO
TEMPERATURA	Standard Methods Ed-22-2012, 2550B	PA - 47.00	° C	40,3	<40	NO CUMPLE

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ TULAS, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua, Tabla 11, límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

⁽²⁾ Criterio de resultados

ANEXO 5

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION FINAL DEL AGUA TRATADA EN EL LABORATORIO



CORPLAB

Rigoberto Heredia Oe6 157 y Huachi
Quito Ecuador
T + 59 3 2341 4080
ABN 84 0009 936 029
www.corplab.net
www.alsglobal.net

PROTOCOLO N°: 174431/2016-1.0	RU-49
	Revisión: 09
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 4

NOMBRE DEL CLIENTE: TEXMODA
 DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: INGENIERO RICHARD IBARRA
 NOMBRE DEL PROYECTO: ANÁLISIS DE AGUA DE PRUEBA DE JARRAS
 DIRECCIÓN DEL PROYECTO: AMBATO
 MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE
 PROCEDIMIENTO MUESTREO: NO REPORTADO POR EL CLIENTE
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: MAYO, 06 DEL 2016 / 15:20 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0013513
 LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
 FECHA DE ANÁLISIS: MAYO 06 AL 17 DEL 2016
 FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 17 DE MAYO DEL 2016

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84	OBSERVACIONES
16626	A1	Agua (Prueba de Jarras)	06/05/2016	14:20	No reportado por el cliente	Ninguna Observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo ALS CORPLAB acreditado por el SAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. ALS CORPLAB declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por ALS Corplab; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de ALS Corplab.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de ALS Corplab, este informe no es válido.



Químico Miguel Maliza
Gerencia Técnica ALS Corplab



CORPLAB

Rigoberto Heredia Oe6 157 y Huachi
Quito Ecuador
T + 59 3 2341 4080
ABN 84 0009 936 029
www.corplab.net
www.alsglobal.net

PROTOCOLO N°: 174431/2016-1.0	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 09
	Página 2 de 4

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	16626	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A1		
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5540 C	PA - 16.00	mg/l	30,0	220,0	CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	197,63	250,0	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5220 D	PA - 32.00	mg/l	395	500,0	CUMPLE



Acreditación N° OAE LE 2C 05-005
LABORATORIO DE ENSAYOS

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

⁽¹⁾ Acuerdo Ministerial N° 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 8: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

⁽²⁾ Criterio de resultados



ANEXO 6

DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

