



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO TEXTIL**

**TEMA:**

**“EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE LA DEMANDA QUÍMICA DE  
OXÍGENO (DQO) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS) EN LAS  
AGUAS RESIDUALES DEL BAÑO DE TINTURA EN LA EMPRESA  
“TEXTILES TORNASOL”**

**AUTOR: RUBÉN ESTEBAN PERUGACHI VÁSQUEZ**

**DIRECTOR: ING. RAMIRO SARAGURO**

**IBARRA – ECUADOR**

**2015**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo con tema: "EVALUACION Y PROPUESTA DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS) EN LAS AGUAS RESIDUALES DEL BAÑO DE TINTURA EN LA EMPRESA "TEXTILES TORNASOL", fue desarrollado en su totalidad por Rubén Esteban Perugachi Vásquez bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Saraguro", is written over a horizontal dotted line.

Ing. Ramiro Saraguro  
CI: 1001128857  
**DIRECTOR DE TESIS**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Rubén Esteban Perugachi Vásquez, con cédula de identidad No 100375741-4, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los Derechos Patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4,5 y 6 en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominado: EVALUACION Y PROPUESTA DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS) EN LAS AGUAS RESIDUALES DEL BAÑO DE TINTURA EN LA EMPRESA "TEXTILES TORNASOL" , que ha sido desarrollada para optar por el título de INGENIERO TEXTIL, en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma.....

Nombre: Rubén Esteban Perugachi Vásquez

Cédula: 100375741-4

Ibarra, Enero del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### DECLARACIÓN

Yo, Rubén Esteban Perugachi Vásquez, con cédula de identidad No. 100375741-4, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de Propiedad Intelectual y Normatividad vigente de la misma.

Firma  .....

Nombre: Rubén Esteban Perugachi Vásquez

Cédula: 100375741-4

Ibarra, Enero del 2015

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Rubén Esteban Perugachi Vásquez, con cédula de identidad No 100375741-4, en calidad de autora y titular de los derechos Patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

Firma..........

Nombre: Rubén Esteban Perugachi Vásquez

Cédula: 100375741-4

Ibarra, Enero del 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

### **DEDICATORIA**

A Dios, por haberme dado la fuerza y protección para poder culminar mis estudios.

A mi familia, abuelitos, tíos, primos, amigos y a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron para que mi sueño se haga realidad y en especial a mis dos regalos más grandes Gabriela y Samantha

*Rubén Esteban Perugachi Vásquez*



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

### **AGRADECIMIENTO**

A mi familia principalmente a mis padres quienes con su infinito amor y ejemplo han sabido guiar mi vida. A mis hermanos, abuelitos, tíos, amigos que siempre me han apoyado.

Agradecer a la empresa TEXTILES TORNASOL, por la oportunidad brindada y la completa facilidad prestada para la realización de este proyecto, especialmente a sus propietarios los ingenieros Hernán Izurieta y Joffre Izurieta.

Mi eterna gratitud al Dr. Nelson Morales, al Ing. Javier Jaramillo y al Ing. Ramiro Saraguro quienes con su asesoramiento y apoyo incondicional se culminó el presente proyecto

*Rubén Esteban Perugachi Vásquez*

## RESUMEN

El presente trabajo se realiza en la empresa "Textiles Tornasol" con la finalidad de conocer la influencia de los productos utilizados en la tintura en la contaminación del agua, así mismo mejorar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales y cumplir con los parámetros establecidos por el Municipio de Quito para descargar los efluentes textiles al alcantarillado.

El presente trabajo consta de dos partes; la parte teórica empieza con el capítulo I, trata acerca del agua, donde se parte de una breve descripción, el uso de la misma en la industria textil, sus fuentes de contaminación, los diferentes sistemas de tratamientos de aguas residuales y la Legislación sobre aguas, información obtenida en la bibliografía establecida.

El capítulo II, trata sobre los diferentes procesos de manufactura que se realiza en la empresa, como son los procesos de tejeduría, tintorería y acabados, también se hace una descripción de la planta de tratamiento de aguas residuales, mediante la compilación de información y trasladarnos al objeto de estudio.

La parte experimental empieza con el capítulo III trata sobre la elaboración de un programa de muestreo y medición permitiendo así un mejor control y planeamiento de las actividades realizadas durante la investigación.

El capítulo IV está la evaluación de la demanda química de oxígeno (DQO) aplicando el método de Dicromato de potasio y análisis espectrofotométrico, partiendo de conceptos fundamentales, parámetros establecidos, descripción de equipos de laboratorio, y medición.

El Capítulo V trata la determinación de los sólidos disueltos totales (TDS) del baño de tintura mediante conductividad eléctrica, se detalla los métodos de medición y cálculo.

Una vez hecho las diferentes pruebas tenemos el capítulo VI se indica los resultados obtenidos en gráficos, posteriormente las conclusiones y recomendaciones, cumpliendo con los objetivos establecidos.

## **SUMMARY**

This work is done in the company "Textiles Tornasol" in order to know the influence of the products used in the tincture in water pollution, also improve the functioning of the treatment plant wastewater and comply with the parameters established by the Municipality of Quito to download textile effluents into sewer.

This work consists of two parts: the theoretical part begins with Chapter I, is about water, where a brief description of the use of the same in the textile industry, sources of pollution, different treatment systems sewage and water Legislation, and information obtained in the literature established.

Chapter II deals with the different manufacturing processes taking place in the company, as are the processes of weaving, dyeing and finishing, also a description of the treatment plant wastewater by compiling information and move the object of study.

The experimental part begins with Chapter III deals with the elaboration of a sampling and measurement program allowing better control and planning of activities during the investigation.

Chapter IV is the evaluation of chemical oxygen demand (COD) using the potassium dichromate method and spectrophotometric analysis, based on fundamental concepts, set parameters, description of laboratory equipment, and measurement.

Chapter V deals with the determination of total dissolved solids (TDS) of the dye bath by electrical conductivity, detailing the methods of measurement and calculation.

Once we have done different tests Chapter VI indicates the results in graphs, then the conclusions and recommendations, meeting the objectives.

## ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN .....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CERTIFICACIÓN .....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
DECLARACIÓN .....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
RESUMEN .....	VIII
SUMMARY .....	IX
ÍNDICE GENERAL.....	X
ÍNDICE DE GRAFICOS .....	XVIII
INTRODUCCIÓN .....	XXII
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
1 EL AGUA.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 DESCRIPCIÓN .....	2
1.3 USOS .....	2
1.4 TIPOS DE AGUA .....	3
1.4.1 SEGÚN SUS PROPIEDADES PARA EL CONSUMO.....	3
1.4.1.1 POTABLES .....	3
1.4.1.2 NO POTABLES.....	3
1.4.2 SEGÚN LA CANTIDAD DE MINERALES QUE TENGAN DISUELTOS .....	3
1.4.2.1 DURAS.....	3
1.4.2.2 BLANDAS.....	3
1.4.3 SEGÚN LA PROCEDENCIA DE LAS AGUAS .....	3

1.4.3.1 AGUAS SUPERFICIALES .....	3
1.4.3.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS .....	4
1.4.3.3 AGUAS DE MANANTIAL .....	4
1.4.3.4 AGUAS MINERALES.....	4
1.5 FUENTES DE CONTAMINACIÓN.....	4
1.5.1 PROCESOS TEXTILES QUE CONTAMINAN EL AGUA.....	5
1.5.1.1 DESENCOLADO.....	5
1.5.1.1.1 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES .....	5
1.5.1.2 DESCRUDADO.....	5
1.5.1.2.1 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES .....	5
1.5.1.3 MERCERIZADO.....	5
1.5.1.3.1 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES .....	5
1.5.1.4 BLANQUEO .....	6
1.5.1.4.1 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES: .....	6
1.5.1.5 LAVADO.....	6
1.5.1.6 TINTURA.....	6
1.5.1.6.1 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES .....	6
1.5.1.7 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES.....	7
1.5.1.7.1 ESTAMPACIÓN .....	7
1.5.1.8 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES.....	7
1.5.1.8.1 CABADOS Y APRESTOS.....	7
1.5.1.9 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES.....	7
1.6 MEDIDA DE LA CONTAMINACIÓN .....	8
1.6.1 MATERIA ORGÁNICA .....	8
1.6.2 MATERIAS EN SUSPENSIÓN .....	8
1.6.3 COLOR.....	8
1.6.4 DUREZA.....	9
1.6.4.1 TIPOS DE DUREZA.....	9
1.6.5 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (PH) .....	9

1.7 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	10
1.7.1 PRE TRATAMIENTO .....	10
1.7.1.1 DESBASTE .....	10
1.7.1.2 DESARENADO .....	10
1.7.1.3 DESENGRASE .....	11
1.7.2 TRATAMIENTO PRIMARIO .....	11
1.7.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO .....	12
1.7.4 TRATAMIENTO TERCIARIO .....	13
1.8 LEGISLACIÓN SOBRE AGUAS .....	15
1.8.1 LA DIRECCIÓN METROPOLITANA DE MEDIOAMBIENTE .....	15
1.8.1.1 NORMA TÉCNICA QUE REGULA LOS CONTAMINANTES ASOCIADOS A DESCARGAS LÍQUIDAS INDUSTRIALES, COMERCIALES Y DE SERVICIOS.....	16
1.8.1.1.1 OBJETO .....	16
1.8.1.1.2 ALCANCE .....	16
1.8.1.1.3 DISPOSICIONES GENERALES.....	16
1.8.1.1.4 DEFINICIONES.....	17
1.8.2 LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PARA LAS DESCARGAS LÍQUIDAS DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES, COMERCIALES Y DE SERVICIOS POR CUERPO RECEPTOR. ....	17
<b>CAPÍTULO II</b> .....	18
2 PROCESOS DE MANUFACTURA EN LA EMPRESA “TEXTILES TORNASOL” .....	18
2.1 INTRODUCCIÓN .....	18
2.2 PROCESO DE TEJIDO .....	19
2.3 TINTURA Y ACABADOS .....	19
2.3.1 MATERIA PRIMA .....	20
2.3.2 PRETRATAMIENTO .....	20
2.3.4 BLANQUEO QUÍMICO .....	21
2.3.5 TINTURA.....	21
2.3.5.1 PRIMERA FASE (DISOLUCIÓN Y DISPERSIÓN DEL COLORANTE) .....	22

2.3.5.2 SEGUNDA FASE (ADSORCIÓN).....	22
2.3.5.3 TERCERA FASE (DIFUSIÓN).....	22
2.3.5.4 CUARTA FASE (MIGRACIÓN).....	22
2.4.4 PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA EMPRESA .....	23
2.4.4.1 ÁCIDOS.....	23
2.4.4.2 ÁLCALIS.....	23
2.4.4.3 SALES.....	24
2.4.4.4 AGENTES OXIDANTES Y REDUCTORES .....	24
2.4.5 PRODUCTOS AUXILIARES .....	24
2.4.5.1 HUMECTANTES.....	25
2.4.5.2 EMULSIONANTES.....	25
2.4.5.3 DETERGENTES .....	25
2.4.5.4 DISPERSANTES.....	25
2.4.5.5 IGUALADORES .....	25
2.4.5.6 SECUESTRANTES.....	25
2.4.6 COLORANTES.....	26
2.4.6.1 COLORANTES REACTIVOS.....	26
2.4.6.2 COLORANTES DIRECTOS.....	26
2.4.6.3 COLORANTES DISPERSOS .....	27
2.4.9 PROCESO DE ACABADO.....	28
2.4.9.1 HIDROEXTRACCIÓN .....	28
2.4.9.1.1 EXPRIMIDO .....	28
2.4.9.1.2 CENTRIFUGADO .....	29
2.4.9.2 SECADO .....	29
2.4.9.3 PERCHADO .....	29
2.4.9.4 CALANDRADO .....	30
2.5 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS.....	30
2.5.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS.....	31
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>33</b>

3 PROGRAMA DE MUESTREO Y MEDICION .....	33
3.1 INTRODUCCIÓN .....	33
3.2 OBJETIVOS DEL MUESTREO Y SU MEDICIÓN .....	33
3.3 PARÁMETROS .....	33
3.4 SITIO DE MUESTREO.....	35
3.5 FRECUENCIA.....	35
3.6 MUESTREO .....	35
3.7 TOMA DE MUESTRAS .....	36
3.7.1 METODOLOGÍA PARA LA TOMA DE MUESTRAS.....	36
3.8 PRESERVACIÓN DE MUESTRAS.....	37
3.9 ANÁLISIS .....	37
3.9.1 MÉTODO ANALÍTICO .....	38
3.9.2 PROCESAMIENTO DE DATOS .....	38
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>39</b>
4.1 INTRODUCCIÓN .....	39
4.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO .....	39
4.2.1 DEFINICIÓN.....	39
4.2.2 IMPORTANCIA .....	40
4.2.3 MÉTODO DE ANÁLISIS .....	40
4.2.3.1 MÉTODO DICROMATO DE POTASIO .....	40
4.2.3.2 ESPECTROFOTOMETRÍA.....	41
4.2.3.3 OXÍGENO DISUELTO .....	42
4.2.3.3.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO	43
4.2.3.4 EVALUACIÓN DEL D.Q.O DE LOS PRODUCTOS UTILIZADOS EN LA TINTURA.....	43
4.2.3.5 MATERIALES.....	43
4.2.3.6 REACTIVOS.....	43
4.2.3.7 EQUIPOS .....	43
4.2.3.8 PROCEDIMIENTO.....	45
4.2.3.9 MEDICIÓN .....	45

4.2.3.10 CÁLCULO TEÓRICO DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO.....	46
4.2.3.11 HOJA DE REGISTRO.....	48
4.2.4 EVALUACIÓN DEL EFLUENTE DE TINTURA EN TONOS BAJOS, MEDIOS E INTENSOS .....	49
4.2.4.1 PROCEDIMIENTO Y MEDICIÓN.....	50
4.2.4.2 HOJA DE REGISTRO.....	50
4.2.5 EVALUACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE AGUAS RESIDUALES.....	51
4.2.5.1 INTERVALOS DE MEDIDA PARA EL ANÁLISIS DEL EFLUENTE EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	51
4.2.5.2 PROCEDIMIENTO Y MEDICIÓN.....	51
4.2.5.3 HOJA DE REGISTRO.....	51
<b>CAPÍTULO V</b> .....	53
5 DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS) DEL BAÑO DE TINTURA MEDIANTE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	53
5.1 INTRODUCCIÓN.....	53
5.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	53
5.2.1 DEFINICIÓN.....	54
5.2.2 IMPORTANCIA.....	54
5.2.3 LA CONDUCTIVIDAD Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS).....	54
5.2.3.1 APLICACIONES.....	55
5.2.4 MEDIDA DE CONDUCTIVIDAD.....	55
5.2.4.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.....	55
5.2.4.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	56
5.2.4.3 CÁLCULO.....	56
5.2.4.4 MEDICIÓN DE LOS SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS).....	57
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	59
6 RESULTADOS.....	59
6.1 DE LA MEDICIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS) DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA	

TINTURA.....	60
6.1.1 ANÁLISIS .....	64
6.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS) DEL BAÑO DE TINTURA EN DIFERENTES TONALIDADES.....	65
6.2.1 BLANCO EN MATERIAL 100% ALGODÓN .....	65
6.2.1.1 ANÁLISIS .....	66
6.2.2 BLANCO POLIÉSTER/ALGODÓN/ELASTEL .....	67
6.2.2.1 ANÁLISIS .....	68
6.2.3 BLANCO POLIÉSTER/ALGODÓN .....	69
6.2.3.1 ANÁLISIS .....	70
6.2.4 BLANCO POLIÉSTER .....	71
6.2.4.1 ANÁLISIS .....	72
6.2.5 AZUL PASTEL POLIÉSTER /ALGODÓN.....	73
6.2.5.1 ANÁLISIS .....	74
6.2.6 AZUL MARINO ALGODÓN 100% .....	75
6.2.6.1 ANÁLISIS .....	76
6.2.7 VINO POLIÉSTER / ALGODÓN .....	77
6.2.7.1 ANÁLISIS .....	78
6.2.8 AZUL ELÉCTRICO POLIÉSTER / ALGODÓN .....	79
6.2.8.1 ANÁLISIS .....	80
6.2.9 DETERMINACIÓN DEL DQO Y TDS EN DIFERENTES TONALIDADES.....	81
6.2.9.1 ANÁLISIS .....	83
6.3 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y CONDUCTIVIDAD PLANTA DE TRATAMIENTO ...	84
6.3.1 ANÁLISIS GENERAL DE RESULTADOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	86
6.3.2 ANÁLISIS DE LA CURVA DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y VOLTAJE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	88
<b>CAPÍTULO VII</b> .....	89
<b>7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	89
7.1 CONCLUSIONES.....	89

<b>ANEXOS</b> .....	94
ANEXO 1.- CURVA DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	95
ANEXO 2.- EQUIPOS DE LABORATORIO .....	96
ANEXO 3.- SITIO 1- TINTORERÍA.....	98
ANEXO 4.- SITIO 2- PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	99
ANEXO 5.- TOMA DE MUESTRAS .....	101
ANEXO 6.- ANÁLISIS DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES.....	102

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. EL AGUA .....	2
GRÁFICO 2. TRATAMIENTO PRIMARIO .....	12
GRÁFICO 3: TRATAMIENTO SECUNDARIO QUE INCLUYE UN PROCESO BIOLÓGICO, ADEMÁS DEL TAMIZADO DE PARTÍCULAS GRUESAS. ESTE TRATAMIENTO PUEDE SER CON O SIN SEDIMENTADOR PRIMARIO. ....	13
GRÁFICO 4. TRATAMIENTO TERCARIO QUE INCLUYE UN PROCESO BIOLÓGICO, Y EN EL CUAL SE REMUEVEN NITRÓGENO Y FÓSFORO PARA PREVENIR LA EUTROFICACIÓN EN LAGOS Y LAGUNAS. ....	15
GRÁFICO 5. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UN COLORANTE DISPERSO EN AGUA. ....	28
GRÁFICO 6. PLANTA DE TRATAMIENTO MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN .....	31
GRÁFICO 7. REPRESENTACIÓN DE LA ESPECTROFOTOMETRÍA .....	42
GRÁFICO 8. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL CONDUCTÍMETRO .....	56
GRÁFICO 9. RESULTADO DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO DE PRODUCTOS UTILIZADOS EN LA TINTURA .....	62
GRÁFICO 10. RESULTADO TOTAL DE SÓLIDOS DISUELTOS DE LOS PRODUCTOS UTILIZADOS EN LA TINTURA .....	63
GRÁFICO 11. RESULTADO DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y TOTAL DE SÓLIDOS DISUELTOS DE TONO BLANCO EN MATERIAL 100% ALGODÓN .....	66
GRÁFICO 12. RESULTADO DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES DE TONO BLANCO EN MATERIAL POLIÉSTER/ALGODÓN/ELASTEL .....	68
GRÁFICO 13. RESULTADO DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y TOTAL DE SÓLIDOS DISUELTOS DE TONO BLANCO EN MATERIAL POLIÉSTER/ALGODÓN .....	70
GRÁFICO 14. RESULTADO DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES DE BLANCO EN MATERIAL 100 % POLIÉSTER .....	72
GRÁFICO 15. RESULTADO DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES DE TONO AZUL PASTEL EN MATERIAL POLIÉSTER / ALGODÓN.....	74
GRÁFICO 16. RESULTADO DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES DE TONO AZUL MARINO EN MATERIAL ALGODÓN 100% .....	76
GRÁFICO 17. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES DE	

TONO VINO EN MATERIAL .....	78
GRÁFICO 18. RESULTADO DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES DE TONO AZUL ELÉCTRICO EN MATERIAL ALGODÓN 100%.....	80
GRÁFICO 19. RESULTADO DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES DE DIFERENTES TONALIDADES. ....	82
GRÁFICO 20. CURVA DE RELACIÓN DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y VOLTAJE DE LA PLATA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. LÍMITES MÁXIMO PERMISIBLE PARA EFLUENTE.....	17
TABLA 2. MÁQUINAS DE TINTURA Y CAPACIDAD .....	20
TABLA 3. CONCENTRACIONES DE REACTIVOS ESTABLECIDOS EN LA NORMA EPA 410.4 US STANDARD METHODS 5220 DE ISO 6060.....	34
<b>TABLA 4.</b> CARACTERÍSTICA DE LAS AGUAS SEGÚN LA CONDUCTIVIDAD.....	34
<b>TABLA 5.</b> LISTADO DE PRODUCTOS E INTERVALOS DE MEDIDA .....	44
TABLA 6. NUMERO DE MÉTODO RELACIONADO CON EL INTERVALO DE MEDIDA .....	46
TABLA 7. INTERVALOS DE MEDIDA PARA LOS PROCESOS EMPLEADOS EN LA TINTURA	49
TABLA 8. INTERVALOS DE MEDIDA PARA EL ANÁLISIS DEL EFLUENTE EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	51
TABLA 9. RESULTADO DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS) DE LOS PRODUCTOS UTILIZADOS EN LA TINTURA....	60
TABLA 10. RESULTADO DQO Y TDS DE TONO BLANCO EN MATERIAL 100% ALGODÓN .	65
TABLA 11. RESULTADO DQO Y TDS DE TONO BLANCO EN MEZCLA POLIESTER / ALGODÓN / ELASTEL .....	67
TABLA 12. RESULTADO DQO Y TDS DE TONO BLANCO EN MEZCLA POLIESTER / ALGODÓN .....	69
TABLA 13. RESULTADO DQO Y TDS DE TONO BLANCO EN MATERIAL POLIESTER 100%	71
TABLA 14. RESULTADO DQO Y TDS DE TONO AZUL PASTEL EN MEZCLA POLIÉSTER / ALGODÓN .....	73
TABLA 15. RESULTADO DQO Y TDS DE TONO AZUL MARINO EN MATERIAL ALGODÓN 100%.....	75
TABLA 16. RESULTADO DQO Y TDS DE TONO VINO EN MEZCLA POLIÉSTER/ALGODÓN	77
TABLA 17. RESULTADO DQO Y TDS DE TONO AZUL ELÉCTRICO EN MEZCLA POLIÉSTER/ALGODÓN.....	79
TABLA 18. RESULTADO COMPARATIVO DEL DQO Y TDS EN DIFERENTES TONALIDADES .....	81

TABLA 19. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS) EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	84
TABLA 20. PROMEDIO, LA MEDIA Y LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR .....	86

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se trata sobre la evaluación y propuesta de la demanda química de oxígeno y sólidos disueltos totales en las aguas residuales del baño de tintura desarrollado en la empresa Textiles Tornasol, con la finalidad de conocer sobre la influencia de los productos químicos utilizados en el proceso de tintura en la contaminación del agua y así mejorar el proceso de tratamiento de aguas residuales.

Los parámetros de estudio como son la demanda química de oxígeno y sólidos disueltos totales o conductividad eléctrica son fundamentales para el tratamiento de aguas residuales especialmente textiles ya que contienen grandes cantidades de productos químicos perjudiciales para nuestro ambiente.

La metodología utilizada se basa en el método de Dicromato de potasio y análisis espectrofotométrico que permite la medición directa de la contaminación de las mismas debida a materia orgánica y el método de Conductividad eléctrica que mediante la utilización de equipos de laboratorio se determina si las aguas residuales textiles conductoras de la electricidad lo que influye en la turbidez y sabor de la misma.

Prácticamente se parte de la elaboración de un programa de muestreo y medición en donde se establece en si la metodología y los parámetros establecidos para el análisis tanto en la fase de tintura como en la planta de tratamiento, posteriormente la medición y cálculo y los resultados de los diversos ensayos, evaluando con diversas materias primas utilizadas en la empresa y así mismo en diversas tonalidades.

# CAPÍTULO I

## 1 EL AGUA

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural escaso, indispensable para la vida y para el ejercicio de la Inmensa mayoría de las actividades económicas; constituye un recurso unitario, que se renueva a través del ciclo hidrológico; se trata de un recurso que debe estar disponible no sólo en la cantidad necesaria sino también con la calidad precisa. (Gilabert, 2002, p.13)

La industria textil tiene varios segmentos cada uno de ellos con una problemática diferente en cuanto a la contaminación ambiental, pero el más afectado es el de Tintura y Acabado, el medio ambiente es un factor que no debe, de ningún modo, evitarse en la industria textil sino que debe utilizarlo como vehículo de desarrollo y cooperación ya que un desarrollo sostenible solo es posible mediante una política industrial ecológica, derivada del conocimiento de la incidencia en el medio de las diferentes etapas del proceso textil.

Gilabert (2002) afirma que el interés actual por el medio ambiente viene motivado por tres aspectos:

“Un primer aspecto es el freno a ciertas prácticas industriales contaminantes ha sido las disposiciones legales que prohíben el vertido de aguas residuales con una carga contaminante superior a la fijada por la ley, y que sancionan a las empresas que los incumplen”

“Como segundo aspecto hay que tomar en cuenta los costes de tratamiento de aguas residuales, si se dispone de un sistema propio el coste del proceso de depuración aumenta en función del grado de contaminación del efluente”

“Finalmente, la seguridad de que las materias o productos que se vierten representan una disminución del rendimiento del proceso de fabricación y suponen un costo adicional”. (p.35)

## 1.2 DESCRIPCIÓN



Gráfico 1. **El agua**

**Fuente:** Ramos, J. (11 de enero del 2013) AGUA EL GRAN MISTERIO. Recuperado de <http://www.preparemonosparaelcambio.com/2013/01/agua-el-gran-misterio-documental.htm>

La molécula de agua (H<sub>2</sub>O) está formada por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno. (Moreno, 2010, p.4). El agua es un recurso natural indispensable para la mayoría de actividades que desarrolla el ser humano, entre estas están: generación de energía eléctrica, explotaciones piscícolas, navegación, silvicultura, minería y recreación. (Jaramillo, 2012, p5)

Es el medio en que se desenvuelve el arte tintóreo, y como tal, su calidad y cantidad es de gran importancia. Tiene capacidad para disolver gran variedad de sustancias en cantidades relativamente grandes, por ello se le llama disolvente universal. (Lavado, 2012, p.72)

## 1.3 USOS

Es una sustancia fundamental para usos industriales, indispensable en la Industria Textil. Se destaca entre otros como fuente de generación de energía, como medio de almacenamiento y transporte del producto químico a la materia. (Valdivia, 2011, p. 17)

El agua es de vital importancia en la industria del ennoblecimiento textil, siendo el vehículo principal para la aplicación de los procesos químicos textiles, es un agente universal de limpieza y por ella misma es suficiente para muchas operaciones textiles,

además, es elemento indispensable para la generación de vapor, fuente de energía fundamental para la transmisión de calor. (Gilabert, 2002, p13.)

## **1.4 TIPOS DE AGUA**

### **1.4.1 SEGÚN SUS PROPIEDADES PARA EL CONSUMO**

#### **1.4.1.1 POTABLES**

Son las aguas que son aptas para el consumo humano. Se consideran aptas aquellas aguas que no tienen materias disueltas perjudiciales para la salud (substancias en suspensión o microorganismos)

#### **1.4.1.2 NO POTABLES**

Son aquellas aguas que no son aptas para el consumo humano.

### **1.4.2 SEGÚN LA CANTIDAD DE MINERALES QUE TENGAN DISUELTOS**

#### **1.4.2.1 DURAS**

Son las que tienen muchos minerales como el calcio y el magnesio. Esta agua se caracteriza porque produce muy poca espuma cuando se junta con el jabón.

#### **1.4.2.2 BLANDAS**

Son las que tienen muy pocos minerales. Producen mucha espuma cuando se les mezcla con el jabón. Las aguas de pozo o aquellas que proceden de aguas superficiales suelen ser aguas blandas. El agua más blanda es el agua destilada que no posee ningún mineral. El agua destilada no es apta para el consumo humano.

### **1.4.3 SEGÚN LA PROCEDENCIA DE LAS AGUAS**

#### **1.4.3.1 AGUAS SUPERFICIALES**

Son las que proceden de los ríos, los lagos, los pantanos o el mar.

Estas aguas, para que resulten potables, deben someterse a un tratamiento que elimina los elementos no deseados, tanto las partículas en suspensión como los microorganismos patógenos. Estas partículas son fundamentalmente arcillas que el río

arrastra y restos de plantas o animales que flotan en ella. A todo ello hay que sumar los vertidos que realizan las fábricas y las poblaciones.

#### **1.4.3.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS**

Son aquellas que proceden de un manantial que surge del interior de la tierra o la que se obtiene de los pozos. Estas aguas presentan normalmente un grado de contaminación inferior a las superficiales, pero, en la mayoría de los casos, deben tener un tratamiento previo antes de ser aptas para el consumo humano. El agua de los pozos se utiliza para el suministro de aguas potables. El agua de manantial puede suministrarse a través de la red de agua potable o utilizarse para embotellarse.

#### **1.4.3.3 AGUAS DE MANANTIAL**

Suelen ser aguas potables procedentes de una fuente (A veces de la misma red de distribución de aguas) que ha sido sometido a un proceso de potabilización y filtrado especial para hacerlas aptas para el consumo y proporcionarles mejor sabor y eliminarles posibles olores. Muchas veces se le suele añadir anhídrido carbónico.

#### **1.4.3.4 AGUAS MINERALES**

Se consideran aguas minerales aquellas que proceden de un manantial subterráneo protegido y, a diferencia de otro tipo de aguas, presentan una riqueza constante de minerales no inferior a 250 partes por millón, siendo estos minerales de procedencia natural y no añadida. El embotellamiento debe producirse en su lugar de origen y el agua debe estar libre de microbios patógenos sin que se le aplique ningún tratamiento.

### **1.5 FUENTES DE CONTAMINACIÓN**

De los 200 mil millones m<sup>3</sup> de agua dulce disponible para la industria a nivel mundial, 2.5 mil millones de m<sup>3</sup> es decir el 1.25% corresponde a industrias textiles, la cual estará altamente contaminada después de los procesos. Para la fabricación de una tonelada de producto textil se consume aproximadamente 200 toneladas de agua y del total de productos químicos utilizados el 90% aproximadamente es vertido como desecho después de cumplir su misión.

Las operaciones que contribuyen con la mayor descarga de desechos líquidos son el lavado, la tintura, el estampado y el acabado. Las aguas residuales textiles son irregulares y variables en su composición ya que dependen de la unidad de proceso y la operación que se efectuó. Las industrias textiles son contaminantes en términos de

volumen y complejidad de sus efluentes ya que cada una de las actividades que realizan genera agua residual de características muy variables. (Castrillón y Bermúdez, 2007, p.75)

**Fuente:** Adriana C. & María B. (2007) Estudio de la factibilidad de un sistema de electrocoagulación para tratamiento de aguas procedentes de lavanderías industriales con fines de reúso (tesis de pregrado) UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Colombia

### **1.5.1 PROCESOS TEXTILES QUE CONTAMINAN EL AGUA**

Previamente a los procesos de tintura, estampación y acabados la fibra o el tejido debe ser preparado, los procesos de preparación son diversos, en función del tipo de fibra de que se trate. A continuación se presenta los más habituales, así como los aspectos ambientales más significativos:

#### **1.5.1.1 DESENCOLADO**

Durante el proceso de hilatura y tejeduría se aplican colas para lubricar y proteger los hilos, en el desencolado se eliminan del tejido los componentes del encolado aplicados con anterioridad.

##### **1.5.1.1.1 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES**

Contaminación de aguas residuales: DQO, alcalinidad.

#### **1.5.1.2 DESCRUDADO**

La operación de descruado o limpieza tiene por objeto eliminar impurezas de tipo natural que contiene la propia fibra, como ceras, pectinas, ensimajes y aditivos incorporados en los procesos de hilatura. Esta operación se realiza mediante la acción de un álcali, como la sosa cáustica y sustancias auxiliares.

##### **1.5.1.2.1 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES**

Contaminación de aguas residuales: DBO, alcalinidad, residuos de fibras

#### **1.5.1.3 MERCERIZADO**

Se utiliza para mejorar la resistencia a la tracción, la estabilidad y el lustre del algodón, además, se obtiene una mejora en el rendimiento del colorante durante la tintura. El algodón es tratado con soluciones de sosa cáustica y en algunos casos con amonio.

##### **1.5.1.3.1 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES**

Contaminación de aguas residuales: DBO, alcalinidad.

#### **1.5.1.4 BLANQUEO**

La operación de blanqueo tiene como finalidad eliminar de la coloración amarillenta presente en las fibras naturales mediante la acción oxidante de compuestos derivados de cloro o de peróxidos. Los productos oxidantes que se suelen emplear son el hipoclorito sódico, clorito sódico, peróxido de hidrógeno.

##### **1.5.1.4.1 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES:**

Contaminación de aguas residuales: agentes oxidantes o reductores, DQO, AOX.

#### **1.5.1.5 LAVADO**

Se utiliza en diferentes fases de los procesos textiles creando unos vertidos con concentraciones altas de contaminantes.

##### **1.5.1.5.1 Aspectos Medioambientales**

Contaminación de aguas residuales: conductividad, alcalinidad, DBO, toxicidad, metales.

#### **1.5.1.6 TINTURA**

Proceso destinado a modificar el color de un elemento textil, en cualquiera de sus presentaciones, a través de la aplicación de una materia colorante. El objetivo a conseguir es el agotamiento del baño de tintura y la fijación del máximo colorante posible al tejido para limitar las pérdidas de colorante en los lavados posteriores y durante su uso.

##### **1.5.1.6.1 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES**

Contaminación de aguas residuales

Los contaminantes presentes en las aguas residuales pueden provenir de los colorantes, de los auxiliares presentes en la formulación del colorante de las sustancias químicas básicas, de los auxiliares usados en la tintura y de los contaminantes presentes en la fibra.

Los baños de tintura agotados, los baños de tintura residuales y el agua de las operaciones de lavado contienen siempre colorante no fijado, los aditivos, como no son absorbidos ni fijados por las fibras son descargados en su totalidad en las aguas

residuales y estos son tóxicos; sin embargo, son poco biodegradables y difícilmente bioeliminables; color, DQO, metales, conductividad, toxicidad

## **SECADO**

Después de la tintura, la última operación es el secado, que generalmente se realiza en dos etapas:

- Eliminación mecánica del agua, (Hidroextracción).
- Secado propiamente dicho por aporte de energía térmica.

### **1.5.1.7 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES**

Vertidos de aguas residuales

#### **1.5.1.7.1 ESTAMPACIÓN**

Es otro proceso para la aplicación de color a un sustrato, pero en lugar de colorear el sustrato entero, el color se aplica solo a unas áreas definidas.

### **1.5.1.8 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES**

Residuos de pasta de estampación, aguas residuales de operaciones de lavado y limpieza: DQO, eutrofización, compuestos no biodegradables, toxicidad.

#### **1.5.1.8.1 CABADOS Y APRESTOS**

Incluye todos aquellos tratamientos que sirven para dar al textil las propiedades finales deseadas, los tratamientos físicos son denominados acabados y los tratamientos químicos, aprestos. En la mayoría de los casos, el baño de acabado, en forma de solución/dispersión acuosa, es aplicado mediante técnicas de impregnación, (técnicas de fulardado). El tejido se pasa por el baño de apresto, que contiene todas las sustancias requeridas, y se escurre pasándolo entre rodillos; después se seca y, finalmente el tejido es polimerizado.

### **1.5.1.9 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES**

Residuos de las disoluciones de acabado, aguas residuales de las operaciones de lavado y limpieza: DQO, compuestos no biodegradables, AOX, tenso activos, grasas.

**Fuente:** García, D. (2007). Principales impactos y áreas de mejora. Contaminantes generados por la industria textil. Generalitat Valenciana, Centro de Tecnologías Limpias y AITEX

(Instituto tecnológico textil). 7-29. Recuperado de [www.ihobe.net/.../289-B63.CaracterizaciónSectorTextil.ImpactosArea](http://www.ihobe.net/.../289-B63.CaracterizaciónSectorTextil.ImpactosArea).

## **1.6 MEDIDA DE LA CONTAMINACIÓN**

El contaminante es el elemento, sustancia o materia que modifica apreciablemente la calidad del medio receptor de un vertido.

Considerando los contaminantes convencionales en la industria, se utilizan los siguientes parámetros de control.

### **1.6.1 MATERIA ORGÁNICA**

Se conocen al conjunto de sustancias que pueden oxidarse mediante un agente adecuado cuyo resultado normalmente se expresa en mg/l de oxígeno. Algunas materias orgánicas son la causa de las propiedades organolépticas del agua (color, sabor, olor).

Para la medida de la materia orgánica se utiliza principalmente la demanda biológica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO) que es una medida indirecta de la materia orgánica. (Gilabert, 2003, p. 39-40)

### **1.6.2 MATERIAS EN SUSPENSIÓN**

Es la medida de los sólidos sedimentables y de los no sedimentables, que pueden ser retenidos en un filtro. La presencia de sólidos en suspensión incrementa la turbidez del agua y la de los sólidos disueltos.

Pueden causar depósitos en conducciones, calderas, equipos y las bacterias tienen un soporte donde puedan quedar adheridas y hacer su función en las aguas residuales.

Este parámetro incluye materia orgánica e inorgánica, siendo los componentes inorgánicos, limos, arena y arcillas y los componentes orgánicos, grasas, pelos, serrín, fibras, etc., aunque pueden ser muy diversos según de donde provengan.

**Fuente:** [http://procalidadambiental.galeon.com/Articulo\\_web/anal\\_aguas\\_ss.doc](http://procalidadambiental.galeon.com/Articulo_web/anal_aguas_ss.doc)

### **1.6.3 COLOR**

El color en el agua resulta de la presencia en solución de diferentes sustancias como iones metálicos naturales, humus y materia orgánica disuelta. La expresión color se

debe considerar que define el concepto de “color verdadero”, esto es, el color del agua de la cual se ha eliminado la turbiedad.

El término “color aparente” engloba no sólo el color debido a sustancias disueltas sino también a las materias en suspensión y se determina en la muestra original sin filtrarla o centrifugarla.

Esta contribución puede resultar importante en algunas aguas residuales industriales, casos en que ambos colores deben ser determinados. El color puede determinarse por espectrofotometría o por comparación visual. Este último resulta más sencillo y consiste en la comparación de la muestra con soluciones coloreadas de concentraciones conocidas. El método estandarizado utiliza patrones de platino cobalto y la unidad de color (UC) es la producida por 1 mg/L de platino en la forma de ion cloroplatinato.

**Fuente:** Sierra, C., Bertel, M., Barrios R. (2013). Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas. Recuperado de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/index.htm>

#### 1.6.4 DUREZA

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales de cationes alcalinotérreos que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio.

##### 1.6.4.1 TIPOS DE DUREZA

Si empleamos agua destilada y en ella disolvemos jabón, la solución es transparente y completa; pero cuando el agua no es pura esta se enturbia a consecuencia de que se precipitan las sales cálcicas y magnésicas de los ácidos grasos que constituyen el jabón, esta propiedad es la que se utiliza precisamente para determinar la cantidad de sales de calcio y magnesio contenida en el agua.

Ahora el calcio y magnesio contenidos en el agua son generalmente parte de sales sulfatos, cloruros y bicarbonatos, que al hervir el agua, estos últimos se descomponen y precipitan los carbonatos de calcio y de magnesio, entonces se considera la dureza dividida en **dureza temporal** constituida por los bicarbonatos de calcio y magnesio que se separan al hervir el agua y **dureza permanente** constituida por los sulfatos y cloruros; la suma de ambos obtenemos la **dureza total**. (Morales, 1998, p. 175-176)

#### 1.6.5 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (PH)

Es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio  $[H_3O^+]$  presentes en determinadas sustancias. Se define como el logaritmo negativo en base 10 de la actividad de los iones hidrógeno.

La escala de pH va de 0 a 14 en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones con pH menores a 7 (el valor del exponente de la concentración es mayor, porque hay más iones en la disolución), y alcalinas las que tienen pH mayores a 7. El pH = 7 indica la neutralidad de la disolución.

Para la medición del pH de soluciones, se disponen de tiras indicadoras y de peachímetros digitales. (Lavado, 2012, p. 78)

## **1.7 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

El tratamiento de las aguas residuales, o aguas de desecho, implica una serie de pasos o de operaciones unitarias que son similares a los que se efectúan en el tratamiento o depuración de las aguas naturales que se procesan para su potabilización y consumo como agua salobre.

Procesos tales como: filtración en grava y arena, sedimentación, desinfección, etc., son también efectuados en las aguas residuales. Una diferencia notable en la composición de las aguas naturales comparada con la de las aguas de desecho, es el contenido de materia orgánica presente en éstas últimas.

### **1.7.1 PRE TRATAMIENTO**

Dentro de este conjunto encontramos un cierto número de operaciones, físicas o mecánicas que tienen como objetivo separar del agua la mayor cantidad posible de materias que, por su naturaleza o tamaño, crearían problemas en los tratamientos posteriores. (Castro, 2011, p.32)

En este momento comienza el pre tratamiento, que consta de varias etapas:

#### **1.7.1.1 DESBASTE**

Retención de los sólidos más gruesos, como troncos, piedras, plásticos, papeles, etc., comúnmente se usan rejas.

#### **1.7.1.2 DESARENADO**

Tiene lugar en un compartimento especial, donde las arenas se depositan en el fondo por la acción de la gravedad.

### 1.7.1.3 DESENGRASE

Este procedimiento, opuesto al anterior, concentra en la superficie del agua las partículas en suspensión de baja densidad, especialmente aceites y grasas. Un procedimiento habitual consiste en introducir en el agua burbujas de aire, que se fijan en las partículas, haciéndolas flotar. (Arana, 2009, p.8)

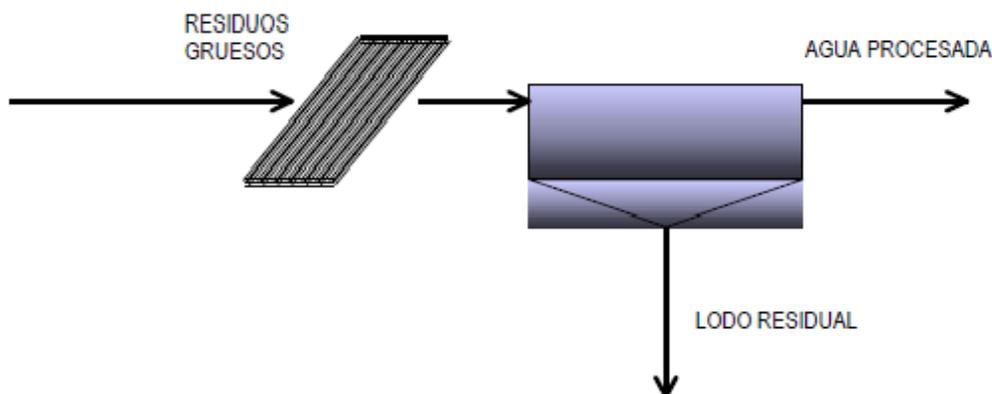
**Fuente:** Santamarta, M., Beahin, M., Rodriguez, L., Alonso M. Estación Depuradora de Aguas Residuales. Rcuperado

de [http://www.lis.edu.es/uploads/967d742f\\_455b\\_4bd0\\_a29f\\_438968130ea1.pdf](http://www.lis.edu.es/uploads/967d742f_455b_4bd0_a29f_438968130ea1.pdf).

### 1.7.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

Un tratamiento primario consiste en una serie de operaciones que tienen como objetivo disminuir la carga orgánica del agua a procesar. En este esquema, el agua pasa a través de una criba o rejilla donde los sólidos gruesos son removidos y posteriormente el agua pasa a un sedimentador, donde se separan por efecto de la gravedad, una cierta cantidad de las partículas sólidas o sólidos suspendidos, con la ayuda de un coagulante y floculante.

Este tratamiento en realidad es un paso inicial en la depuración del agua, y solo tiene como objetivo disminuir la carga orgánica del agua, para un proceso posterior más efectivo.



## Gráfico 2. Tratamiento primario

**FUENTE:** <http://www.filtrosyequipos.com/guest/residuales/tratamientobiologico4.pdf>

### 1.7.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

El agua decantada y homogeneizada en el tratamiento primario pasa a un recinto, donde será sometida a la acción de microorganismos (principalmente bacterias y protozoos), que se alimentan de las sustancias orgánicas que quedan disueltas en el agua residual. En este proceso, los compuestos orgánicos complejos son convertidos en compuestos simples, y la demanda de oxígeno disminuye al mismo tiempo que aumenta paulatinamente su concentración.

El desarrollo de este proceso de depuración está influenciado por dos factores principales:

- a) La magnitud de la superficie de contacto entre el agua residual y los microorganismos debe ser lo más extensa posible.
- b) El aporte de oxígeno, con el fin de favorecer el desarrollo de los microorganismos que digieren la materia orgánica

Independientemente del método utilizado a medida que se desarrolla el tratamiento biológico crece la masa de microorganismos, formando masas de lodos que deberán ser separadas del agua depurada. Para ello, el agua es conducida a otro decantador, esta vez secundario, donde los restos de materia orgánica en suspensión se depositan en el fondo.

El agua superficial, más clarificada y depurada, vierte por el borde exterior del decantador, ésta contiene sólo entre el 5 y el 10% de la materia orgánica con la que entró. (Arana, 2009, p.9)

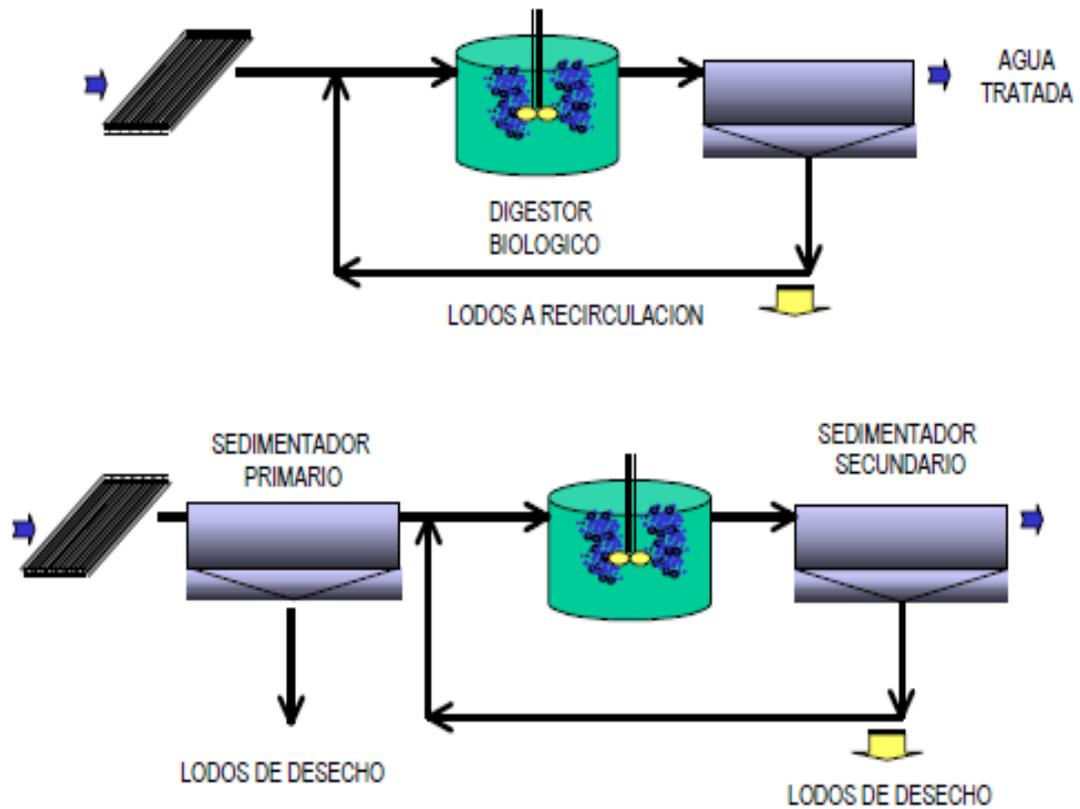


Gráfico 3: Tratamiento secundario que incluye un proceso biológico, además del tamizado de partículas gruesas. Este tratamiento puede ser con o sin sedimentador primario.

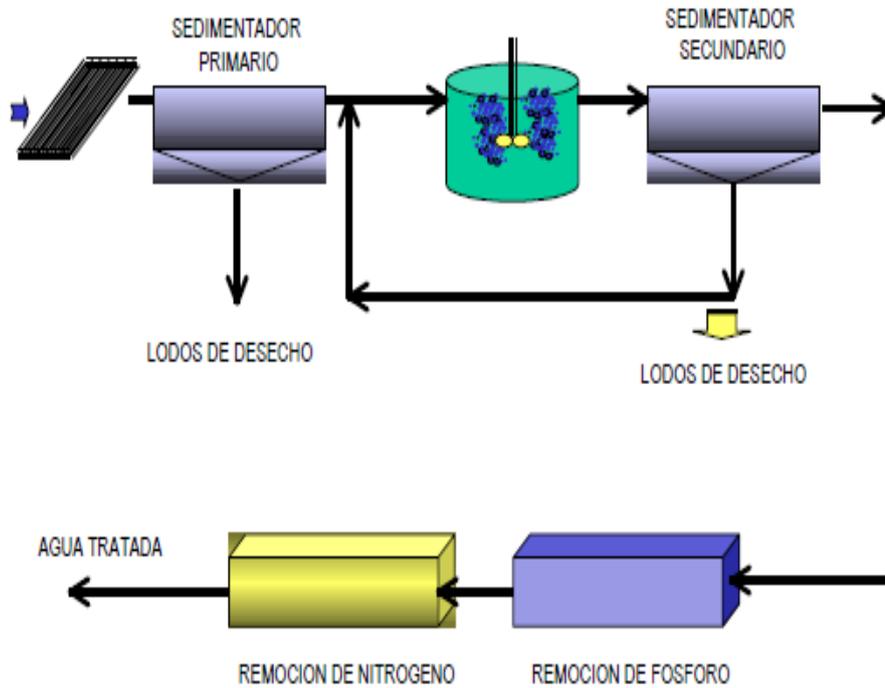
**Fuente:** <http://www.filtrosyequipos.com/GUEST/residuales/tratamientobiologico4.pdf>

#### 1.7.4 TRATAMIENTO TERCIARIO

Finalizada la decantación secundaria, en muchos casos, el agua residual se considera ya lo suficientemente libre de carga contaminante como para ser vertida a los cauces de los ríos; no obstante, en algunos casos es conveniente afinar más la depuración, por lo que es sometida a un tratamiento terciario. En ocasiones, el agua pasa a una cámara de cloración, donde se eliminan los microorganismos.

El agua que entra en este último proceso no sirve para el consumo humano, pero sí

para el riego. Otras veces es



necesario eliminar selectivamente ciertos componentes, como el fósforo, para evitar la eutrofización del cauce donde irán las aguas; esto se consigue mediante la combinación de reactivos químicos y el paso de las aguas a través de filtros de arena, o incluso de carbón activo. (Arana, 2009, p.9)

**Gráfico 4.** Tratamiento terciario que incluye un proceso biológico, y en el cual se remueven nitrógeno y fósforo para prevenir la eutroficación en lagos y lagunas.

**Fuente:** <http://www.filtrosyequipos.com/GUEST/residuales/tratamientobiologico4.pdf>

## **1.8 LEGISLACIÓN SOBRE AGUAS.**

### **1.8.1 LA DIRECCIÓN METROPOLITANA DE MEDIOAMBIENTE**

Que el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito tiene como misión proporcionar el mejoramiento continuo de la calidad de vida de la comunidad, para lo cual aplicará los principios: “Precaución, Reducción en la fuente, Responsabilidad Integral y Quien contamina paga”.

Que, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 15, numeral 17 de la Ley Orgánica de Régimen Municipal, los artículos 2 y 8, numerales 3 y 2, respectivamente de la Ley de Régimen Orgánica para el Distrito Metropolitano de Quito y el Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito, le corresponde al Municipio el control ambiental dentro de su jurisdicción

Que, el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, como integrante del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental (SNDGA), con competencia en prevención y control de la contaminación ambiental, debe disponer de los sistemas de control necesarios para exigir el cumplimiento del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental y sus normas técnicas;

Que, la Ordenanza Metropolitana N° 146 de 20 de mayo de 2005 para la codificación del título V, “Del Medio Ambiente”, libro segundo, del código municipal para el Distrito Metropolitano de Quito prevé como herramienta de verificación el uso normas técnicas específicas;

Que, el ART. II.382.47 de la Ordenanza Metropolitana N° 146 determina la elaboración de normas técnicas de calidad ambiental y de emisión, descargas y vertidos que optimicen los procesos y permitan contar con la información necesaria para mejorar la gestión ambiental.

Que, es necesario asegurar un adecuado control de la contaminación en el Distrito Metropolitano de Quito y garantizar la calidad de vida de los habitantes con base en el cumplimiento de las normas vigentes.

Que en la Ordenanza Metropolitana Sustitutiva del Título V Del Medio Ambiente, Libro Segundo del Código Municipal establece en el Capítulo VI De la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental **establece que la Dirección Metropolitana de Medio Ambiente le corresponde expedir y aplicar normas técnicas, métodos, manuales y parámetros de protección ambiental, aplicables en el ámbito local.**

En ejercicio de las atribuciones que anteriormente invocadas por las cuales el Concejo Metropolitano le confiere a esta Dirección la facultad para emitir las normas técnicas.

#### **RESUELVE:**

Expedir las normas técnicas para la aplicación de la codificación del título v, “del medio ambiente”, libro segundo, del código municipal para el distrito metropolitano de quito.

Dentro de las normas técnicas se hace referencia al Art. 9:

### **1.8.1.1 NORMA TÉCNICA QUE REGULA LOS CONTAMINANTES ASOCIADOS A DESCARGAS LÍQUIDAS INDUSTRIALES, COMERCIALES Y DE SERVICIOS**

#### **1.8.1.1.1 OBJETO**

La presente norma tiene por objeto limitar la concentración de contaminantes en los efluentes líquidos de origen industrial, comercial y de servicios, vertidos hacia cuerpos receptores o al sistema de alcantarillado.

#### **1.8.1.1.2 ALCANCE**

Toda descarga de líquido residual de actividades industriales, comerciales y de servicios, público o privadas está sujeta a la aplicación de la presente norma técnica

#### **1.8.1.1.3 DISPOSICIONES GENERALES**

Toda descarga líquida proveniente de actividades en plantas o bodegas industriales, emplazamientos agropecuarios o agroindustriales, locales de comercio o de prestación de servicios, actividades de almacenamiento o comercialización de sustancias químicas en general, deberá ser vertida en la red pública de alcantarillado o cauce de agua,

cuando se haya verificado el cumplimiento de los valores máximos permisibles de los parámetros aplicables a cada tipo de actividad enlistados en el Anexo D de la presente Norma Técnica.

Se prohíbe la infiltración en el suelo y la dilución de descargas líquidas no depuradas.

Los lixiviados generados en los rellenos sanitarios cumplirán con los rangos y límites establecidos en las normas de descargas a cauces de agua.

#### 1.8.1.1.4 DEFINICIONES

Para el propósito de esta norma técnica se consideran las definiciones establecidas en el Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación.

#### 1.8.2 LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PARA LAS DESCARGAS LÍQUIDAS DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES, COMERCIALES Y DE SERVICIOS POR CUERPO RECEPTOR.

En este caso se hace referencia al sector textil como se puede observar en las siguientes tablas:

Límites permitidos de descarga para el sector textil-sub-sector algodonero, fibras artificiales y sintéticas

Tabla 1. Límites máximo permisible para efluente.

Parámetros	Expresada como	Límite máximo permisible
Demanda química de oxígeno	D.Q.O	500 (mg/l)
Demanda Bioquímica de oxígeno	D.B.O <sub>5</sub>	250 (mg/l)
Potencial de Hidrógeno	pH	5-9
Sólidos sedimentables	SS	20 (ml/l)
Sólidos disueltos totales	TDS	220 (mg/l)
Sólidos totales	SST	1600 mg/l
Sulfuros	S	1.00 (mg/l)
Temperatura	°C	< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	2.0 (mg/l)

**Fuente:** Dirección Metropolitana Ambiental, Resolución No 213.

## **CAPÍTULO II**

### **2 PROCESOS DE MANUFACTURA EN LA EMPRESA “TEXTILES TORNASOL”**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

TEXTILES TORNASOL fue creada en el año de 1992, tiene como actividad la producción y comercialización de tejidos de punto, así mismo brinda servicios de Tintorería y Acabado textil.

Se encuentra ubicada en el sector de “CALDERON” (Norte de Quito) y tiene una extensión de 1080 m<sup>2</sup> en la cual se producen aproximadamente 40 toneladas de tela mensualmente, siendo su principal mercado los confeccionistas de las diferentes ciudades del país como son: Quito, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ambato, Loja, Cuenca, Riobamba, Guayaquil.

Sus procesos de manufactura inicia de la materia prima que es el hilo, luego inicia con el

proceso de tejeduría donde se obtiene la tela en crudo para luego ser sometido al proceso de tintura, posteriormente se conduce al proceso de exprimido, luego al secado y finalmente calandrado y empacado.

Se caracteriza por ser una empresa innovadora, garantizando excelencia en cuanto a calidad de sus procesos y productos, contribuye al desarrollo textil, manteniendo una relación con el medio ambiente y satisfaciendo las necesidades de su mercado.

## **2.2 PROCESO DE TEJIDO**

El tejido de punto tubular se forma con movimientos combinados de platinas y agujas, se asemeja al tejido de punto por agujones donde se utiliza un solo hilo en sentido horizontal, pero en lugar de un hilo utiliza más cantidad de hilos, los cuales ingresan a la máquina y mediante todos los sistemas componentes de la máquina realizan la formación de mallas.

Para la producción de tejido la empresa cuenta con máquinas circulares y para la elaboración de cuellos y puños con máquinas rectilíneas marca STOLL CMT 211, FUSAN 712, APM DTV 1+1

Una vez que sale el rollo de tejido, se registra la calidad del rollo, número de máquina en que fue tejida, número de pieza, peso, y también si hubo alguna falla o no. posteriormente se traslada a la bodega de materia prima.

Las combinaciones que se puede dar entre las mallas hacen que se formen otros tejidos como los acanalados.

Entre los principales tejidos que produce y comercializa la empresa son: Jersey, Rib, Jersey Licrados, Doble piqué, Fleece, Interlock.

## **2.3 TINTURA Y ACABADOS**

El proceso de tintura y acabado comprende todos los procesos físicos y químicos que permiten dar el color al textil, embellecimiento y utilidad final al mismo. El proceso de tintura está compuesto de 4 procesos básicos: el pre-tratamiento en donde se elimina las impurezas del algodón, el proceso de medio blanco: en donde se prepara al material para la tintura, el proceso de teñido en donde damos cualquier color al material, y el acabado final en donde mejoramos la apariencia del material.

**Fuente:** Textiles Tornasol

### 2.3.1 MATERIA PRIMA

Antes del proceso de teñido se realiza la preparación del material o la materia prima que puede ser algodón 100%, poliéster-algodón, poliéster 100%, pero para ello se entrega al jefe de tintorería y acabados una planificación de las calidades y tonalidades que se requiere; luego se hace una distribución de la maquinaria en que se realizara el teñido dependiendo de la cantidad y la capacidad de la máquina.

El operador de la máquina registra: la fecha, cliente, artículo, número de lote, tonalidad, material, peso, para luego se prepara el material que se encuentra en bodega.

Una vez listo el material, laboratorio entrega la respectiva receta y se procede a tinturar, para ello la empresa cuenta con máquinas:

Tabla 2. Máquinas de tintura y capacidad

<b>Máquinas</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Relación de Baño</b>
Tecninox 1	400 kg	1:8
Tecninox 2	200 kg	1:8
FONG´S	400 kg	1:8
Thies	400 kg	1:8

### 2.3.2 PRETRATAMIENTO

Este proceso se lo realiza para eliminar parte del color amarillento propio de la fibra y de pronto también las manchas de aceite de la tela producidas por las circulares.

En las fibras de algodón, este tratamiento elimina las grasas y sustancias pécticas, prepara el material para absorber los agentes de tratamiento posteriores.

En las fibras sintéticas el descrudado elimina los aceites, lubricantes, antiestáticos, polvo

y otros contaminantes, se lo realiza sobre hilos y telas por medio de agentes tensoactivos, detergentes y agentes emulsionantes.

Los sustratos textiles pueden contener innumerables impurezas o suciedades que cuando no son correctamente eliminadas pueden provocar en la tintura manchas, desigualaciones o colores menos vivos.

Se realiza habitualmente con agua caliente y productos auxiliares como: detergentes, humectantes, antiespumantes, secuestrantes, antiqiebres, etc.

En general, el descrude se efectúa mediante sistemas continuos o discontinuos, en las mismas máquinas utilizadas para el teñido. La temperatura, tiempo de procesamiento, pH y concentración de reactivos, dependerán de la fibra y de la maquinaria utilizada.

#### **2.3.4 BLANQUEO QUÍMICO**

El blanqueo se aplica para eliminar las impurezas del sustrato y obtener un grado de blanco, para preparar al teñido o estampado de colores claros y para homogenizar las variaciones no deseadas de tono.

Los agentes blanqueadores utilizados principalmente para fibras celulósicas y sus mezclas son el hipoclorito de sodio y el peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Ambos requieren la adición de hidróxido de sodio (NaOH) en el baño de blanqueo para alcanzar un medio alcalino, favoreciendo la formación del ion blanqueador, que en el primer caso es el ion hipoclorito y en el segundo es el ion per hidroxilo.

El rango óptimo para la temperatura oscila entre 80° y 90° C y para el pH entre 10,7 y 10,9. Es necesario el uso de un agente estabilizador, que regula la velocidad de la descomposición química del agua oxigenada, lo que provoca un mayor grado de blancura. (Lavado, 2012, p.8-11)

#### **2.3.5 TINTURA**

Este proceso se realiza después del medio blanco y se puede sacar cualquier color que se desee ya que las diferentes fórmulas para su aplicación se encuentran ya establecidas por la empresa misma.

El sistema que emplea Textiles Tornasol para dar color a sus productos es la tintura por agotamiento que consiste en mantener el material en el interior del equipo por un tiempo

establecido hasta conseguir el punto máximo de saturación de las moléculas de colorante con la fibra. (Morales, 1995, p. 131-132)

El proceso de tintura se produce en las siguientes fases:

#### **2.3.5.1 PRIMERA FASE (DISOLUCIÓN Y DISPERSIÓN DEL COLORANTE)**

En esta primera etapa el colorante, en estado sólido, se equilibra según el baño ya sea en forma molecular o en forma micelar (agregados de muchas moléculas con buena solubilidad), o en forma de micro polvo disperso (micro-cristales de moléculas de colorante poco solubles).

#### **2.3.5.2 SEGUNDA FASE (ADSORCIÓN)**

Durante esta etapa, por el efecto de la afinidad colorante-fibra, el colorante es adsorbido en la superficie de la fibra, formando de este modo enlaces químicos con ella.

La afinidad, la temperatura, (a veces el pH y/o los auxiliares) afectan a las interacciones termodinámicas y por lo tanto el equilibrio de las reacciones, determinando así el grado de agotamiento del baño de tintura.

La afinidad entre el colorante y la fibra es la capacidad de ambos para formar un enlace permanente. Cuanto mayor sea la afinidad, más fuertes y más grandes son los enlaces fibra-colorante y pequeño es el enlace colorante-disolvente (agua).

#### **2.3.5.3 TERCERA FASE (DIFUSIÓN)**

Durante esta etapa el colorante, adsorbida en forma molecular por la superficie mediante la ruptura y formación de enlaces, muchas veces tiende a penetrar dentro de las fibras a través de sus zonas amorfas, distribuirse homogéneamente y fijarse continuamente.

La presencia de auxiliares que facilitan el hinchamiento de la fibra o el aumento de la concentración de colorante cerca de ella, tiende a aumentar la velocidad de difusión.

#### **2.3.5.4 CUARTA FASE (MIGRACIÓN)**

Las fases 2 y 3 se invierten en esta cuarta etapa de migración; el colorante debe difundirse hacia las capas externas de la fibra, y luego volver, siempre en solución para

migrar hacia las zonas donde haya una menor concentración, mejorando así la igualación del color.

La migración se facilita por largos tiempos de permanencia a altas temperaturas (que conducen a mayores costos); un buen control de las etapas de adsorción y difusión, con una dispersión uniforme del colorante en cada momento del proceso de teñido, puede hacer que la etapa de migración sea superflua, con un alto costo posterior de eficiencia y calidad. (Lavado, 2012, p 31-37)

## **2.4.4 PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA EMPRESA**

Para la obtención de una buena tintura se necesita la ayuda de los productos químicos y auxiliares, que en ninguna empresa dedicada a la tintorería y acabado debe faltar, a continuación se describen los principales:

### **2.4.4.1 ÁCIDOS**

Un ácido es cualquier compuesto químico que, cuando se disuelve en agua, produce una solución con una actividad de catión hidronio mayor que el agua pura, esto es, un pH menor que 7. Los principales ácidos usados son:

- A. sulfúrico  $H_2SO_4$ .
- A. clorhídrico (ácido muriático)  $HCl$ .
- A. acético  $CH_3-COOH$  ( $C_2H_4O_2$ ).
- A. fórmico  $H-COOH$  ( $CH_2O_2$ ).

Generalmente son empleados para regular el pH de los baños para determinados procesos de preparación, teñido, estampado y acabado.

### **2.4.4.2 ÁLCALIS**

Los álcalis son óxidos, hidróxidos y carbonatos de metales alcalinos. Se oponen a los ácidos y reaccionan con éstos, por lo que no se usan en la misma receta.

Los principales álcalis empleados son:

- Hidróxido de sodio (soda cáustica) NaOH.

- Carbonato de sodio Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Al igual que los ácidos, existen álcalis fuertes y débiles. La soda cáustica es un álcali fuerte y muy agresivo. Durante su disolución hay gran generación de calor, lo que puede provocar salpicaduras y por este motivo debe ser disuelta lentamente en agua. El carbonato sódico y el amoníaco son álcalis débiles.

Se emplean en recetas de descruce, blanqueo y teñido.

#### **2.4.4.3 SALES**

Son compuestos químicos formados por cationes (iones con carga positiva) enlazados a aniones (iones con carga negativa). Son el producto típico de una reacción química entre una base y un ácido, la base proporciona el catión y el ácido el anión.

Algunas sales empleadas son:

- Sulfato de sodio (sal de Glaubert) Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

- Cloruro de sodio NaCl.

Las sales son usadas principalmente en los procesos de tintura, como electrolitos.

#### **2.4.4.4 AGENTES OXIDANTES Y REDUCTORES**

Un oxidante es un compuesto químico que oxida a otra sustancia en reacciones electroquímicas o de reducción-oxidación. En estas reacciones, el compuesto oxidante se reduce (gana electrones). En este grupo podemos nombrar:

- Peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

- Hipoclorito de sodio NaClO.

- Clorito de sodio NaClO<sub>2</sub>.

Empleados en procesos de blanqueo.

Un agente reductor es aquel que cede electrones a un agente oxidante en las reacciones de reducción-oxidación. El agente reductor más empleado es el ditionito de sodio (Hidrosulfito de sodio) Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, para lavados reductivos. (Lavado, 2012, p.76-77)

#### **2.4.5 PRODUCTOS AUXILIARES**

Se conoce la existencia de un gran número de compuestos químicos de diferentes propiedades usados como ayuda en los procesos de la industria textil. Con el objetivo de obtener tinturas homogéneas, rápidas, libre de fallas, y sin problemas en el menor tiempo posible. (Valdivia, 2011, p 70)

A continuación se describen los principales:

#### **2.4.5.1 HUMECTANTES**

Reducen la tensión superficial en la preparación facilitando la saponificación y ayudando a la penetrabilidad del colorante dentro de la fibra. Los agentes humectantes son requisito fundamental para un adecuado teñido en un baño acuoso con una completa inmersión del sustrato. El uso de los humectantes depende del proceso de teñido, de la naturaleza y condición del material a teñir.

#### **2.4.5.2 EMULSIONANTES**

Ayudan a eliminar aceites y grasas, manteniéndolas lejos del sustrato.

#### **2.4.5.3 DETERGENTES**

Los detergentes son mezclas de sustancias no iónicas y/o aniónicas que actúan sobre la tensión superficial de los baños de tratamiento con el fin de deshacer y eliminar la suciedad de los sustratos.

Una característica adicional de los detergentes es su capacidad de eliminar suciedades de tipo oleoso. Además de sus propiedades principales, los detergentes también deben vigilar la formación de espuma y sus características humectantes para poder ser usados en las máquinas actuales.

#### **2.4.5.4 DISPERSANTES**

Con la aplicación de dispersantes es posible mantener el colorante en fouldard y baños de tintura en fina dispersión e impedir precipitados molestos.

#### **2.4.5.5 IGUALADORES**

Los igualadores ayudan a la penetración del baño de tintura en el sustrato, mejoran la uniformidad del agotamiento y evitan las desigualaciones del color.

#### **2.4.5.6 SECUESTRANTES**

Todas las fibras vegetales, y dependiendo de la procedencia geográfica, contienen más o menos cantidades de metales pesados y alcalinotérreos. Para una preparación sin

problemas, estas sustancias deben eliminarse del sustrato con la ayuda de productos secuestrantes y procesos especiales como el desmineralizado y/o la adición de secuestrantes en los procesos de lavado y blanqueo. Las sustancias endurecedoras y los metales pesados pueden también proceder del agua industrial por lo que la adición de productos secuestrantes es también necesaria en el tratamiento de fibras de procedencia no vegetal como las fibras sintéticas. (Lavado, 2012, p. 79-80)

## **2.4.6 COLORANTES**

Los colorantes pueden ser definidos como sustancias que cuando son aplicadas a un sustrato imparten color al sustrato. Es un compuesto que penetra y permanece coloreando uniformemente una fibra textil. (Valdivia, 2011, p 95)

### **2.4.6.1 COLORANTES REACTIVOS**

Es la combinación de estructuras no saturadas conteniendo ciertos grupos conocidos como cromóforos y auxócromos.

Cromóforo, conformado por grupos insaturados, que imparten color a la molécula.

Grupos reactivos y auxócromos, conformado por grupos saturados, en conjugación con un Cromóforo intensifican el color, mejoran la afinidad del colorante por la fibra. (Valdivia, 2011, p 102). Son los únicos colorantes para textiles que forman un real enlace químico con las fibras celulósicas. No hay otra gama de colorantes, que se una a cualquier otra fibra textil, por medio de una reacción química.

Podemos pues decir, que hay tres etapas básicas en la tintura con colorantes Reactivos. Estas son:

- a) **Absorción.**- El colorante en medio neutro y en presencia de electrolito, es absorbido por la fibra, como si se tratara de un colorante Directo.
- b) **Reacción.**- El colorante, mediante la adición de un álcali y en presencia de electrolito, reacciona con la fibra a la vez que lo hace con el agua.
- c) **Eliminación del colorante hidrolizado.**- Al final de la tintura existe colorante en tres situaciones distintas, colorante reaccionado con la fibra, colorante reaccionado con el agua (hidrolizado) en la fibra y colorante reaccionado con el agua (hidrolizado) en el baño. El colorante hidrolizado en la fibra hay que eliminarlo, con aclarados y jabonados. (Marco, 2010, p. 88-96)

### **2.4.6.2 COLORANTES DIRECTOS**

Son colorantes aniónicos, solubles en agua; que tienen sustantividad hacia la celulosa en presencia de electrolitos. Su uso principal es el teñido de algodón y fibras de celulosa regenerada. Se emplean también para colorear papel y piel. Algunos de ellos se usan para el teñido de nylon. Con frecuencia se aplican tratamientos posteriores a los teñidos realizados con estos colorantes, para mejorar sus propiedades de solidez al lavado.

**Fuente:** Pablo B. (2010) Tratamiento de residuales líquidos textiles mediante oxidación con ozono (tesis de doctorado en tecnología avanzada) INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL CICATA-LEGARIA. México, D.F. Recuperado de <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/11798/Tesis%20Colindres.pdf?sequence=1>.

Los colorantes Directos también son conocidos como colorantes sustantivos debido a su afinidad por las fibras celulósicas, cuando se encuentran en solución acuosa. Se trata de la tintura más sencilla de las realizadas sobre estas, ya que el colorante es absorbido por la fibra, mediante simple calentamiento de la solución acuosa y con la colaboración de un electrolito fuerte, tal como: Sal común o Sulfato Sódico (atracción química). Pero también hay que decir, que esta facilidad de ser absorbidos por la fibra tiene su opuesto, esto es, cualquier tratamiento acuoso produce una rápida desorción del colorante y como consecuencia, sus solideces a los tratamientos húmedos son las más bajas que se obtienen, con las diversas gamas de colorantes para fibras celulósicas. (Marco, 2010, p. 67)

#### **2.4.6.3 COLORANTES DISPERSOS**

Son colorantes no iónicos, insolubles en agua; que se aplican desde una dispersión acuosa sobre fibras hidrofóbicas. Se emplean principalmente para teñir poliéster y, en menor medida, sobre nylon, acetato de celulosa y fibras acrílicas. (Bonilla, 2010, p.2010)

Se puede mantener un colorante con tan baja solubilidad en suspensión acuosa para transmitirlo a una fibra textil mediante la preparación de dispersiones, o en otras palabras, mediante la adición de productos dispersantes, que tienen la propiedad de tener simultáneamente, afinidad por el agua por un extremo de su molécula y por el otro por partículas sólidas insolubles, de manera que permiten mantener en suspensión partículas insolubles.

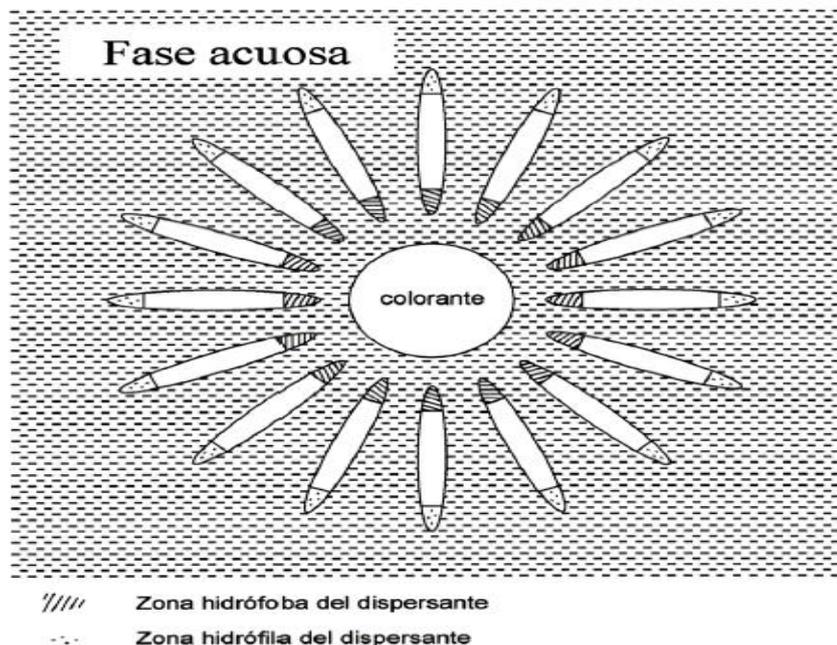


Gráfico 5. **Representación gráfica de un colorante disperso en agua.**

**Fuente:** ANGEL, Marco. La práctica de la tintura de fibras celulósicas y de poliéster y sus mezclas. Primera Edición. España. 2010

En la figura anterior puede verse de forma gráfica, el mecanismo de dispersión de una partícula insoluble de un colorante, por medio de un dispersante. La partícula insoluble, queda envuelta por la zona hidrófoba del dispersante, mientras que la zona hidrófila o soluble en agua, arrastra a la partícula y la mantiene en suspensión.

La tintura de poliéster se lo hace a altas temperaturas 130°C, este tipo de colorantes se disuelve con facilidad debido a la gran afinidad por estas fibras. (Marco, 2010, p. 226)

## 2.4.9 PROCESO DE ACABADO

### 2.4.9.1 HIDROEXTRACCIÓN

Una vez que el tejido sale de las máquinas de tintura se lleva a cabo el proceso de Hidroextracción que es la eliminación del agua presente en la fibra, en la empresa se lleva a cabo en dos procesos: el exprimido (para géneros tubulares) y el centrifugado (para géneros tubulares y de calada)

#### 2.4.9.1.1 EXPRIMIDO

Este proceso elimina el agua (la cantidad de agua varía en función del tipo de fibra) dispersa entre las fibras bajo acción mecánica, se lleva a cabo antes del secado final del tejido, se utiliza un hidroextractor por exprimido para géneros tubulares, el agua dispersa en la superficie y en los espacios del tejido se retira por medio de la presión aplicada por dos cilindros.

#### **2.4.9.1.2 CENTRIFUGADO**

Se elimina la mayor cantidad de agua dispersa en la superficie del sustrato por fuerza centrífuga.

Se aplica sobre todo a hilos resistentes, géneros de punto y tejidos de calada.

#### **2.4.9.2 SECADO**

El proceso de secado tiene por objeto eliminar el excedente de agua y alcanzar el contenido de humedad natural de la fibra. Un secado excesivo puede afectar negativamente a la apariencia y la mano del sustrato. Los parámetros a tomar en cuenta son: temperatura, la velocidad de la banda transportadora de tela, ancho de la tela, sobre alimentación.

Todo inicia digitando los parámetros en el tablero de control de acuerdo a la calidad del tejido, luego se introduce el tejido en la máquina y finalmente se pliega en coches transportadores. (Lavado, 2012, p.19-21)

Después del secado y dependiendo del pedido este puede ser calandrado o perchado

#### **2.4.9.3 PERCHADO**

El perchado se define como la operación mediante la cual los extremos de las fibras son llevados a la superficie de la tela, dando como resultado una capa más o menos densa y larga sobre ella, proporcionándole un efecto de suavidad y un efecto de mezcla superficial del colorido de las fibras.

Este proceso es efectuado tanto en tejidos de calada como tejidos de punto (previamente abiertos) y se realiza en la máquina perchadora.

La perchadora contiene cilindros recubiertos agujas metálicas con ganchos (guarniciones similares a las de la cardas) que corren en diferentes direcciones sobre el tejido. Puede presentar uno o dos tambores. El número de pases del tejido por la máquina varía según la intensidad deseada del efecto, aunque se debe tener en cuenta

que la resistencia de la tela disminuye con cada pase, así como también el peso por área (gramaje).

Las variables a controlarse durante el proceso son:

- Velocidad de trabajo
- Distancia entre el tejido y cada cilindro (tensión de la tela)
- Resistencia del tejido
- Tacto del tejido
- Peso por área del tejido
- Variación del tono

#### **2.4.9.4 CALANDRADO**

Este es el proceso final de acabado que se le da a la tela, en donde se da las dimensiones finales al tejido de acuerdo a su calidad.

Una vez que a la tela se le ha dado su respectivo reposo, se inicia este proceso, ubicando los parámetros del proceso en la máquina de acuerdo a la calidad de la tela y la máquina circular en la cual fue tejida en crudo, la hilera de rollos tubulares de tela se le hace pasar por el torniquete de transporte, luego se introduce por la lira de ingreso, cuyas dimensiones son regulables de acuerdo a su calidad, después pasa por los cilindros de temperatura y recibe baños de vapor de agua, con el fin de eliminar las arrugas, compactar la tela y dar el planchado propiamente dicho, el tejido sale en rollos y aquí es separada en piezas individuales y luego son enfundadas con su respectiva tarjeta de descripción.

Los operadores deben controlar de una forma minuciosa los parámetros y las fallas en la tela, ya que es el proceso final. (Lavado, 2012, p.5-10)

#### **2.5 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS**



Gráfico 6. **Planta de tratamiento mediante electrocoagulación**

**Fuente:** empresa "Textiles Tornasol"

**Elaborado por:** Rubén Perugachi

Textiles Tornasol ha implementado un sistema de tratamiento de aguas mediante electrocoagulación, cuyo objetivo principal es preservar la calidad de agua mediante el tratamiento de los efluentes generados por sus procesos productivos.

### **2.5.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS**

Las descargas de las aguas residuales textiles son transportadas hacia un tanque subterráneo de almacenamiento, posteriormente el agua residual pasa por un sistema de filtros, eliminando la presencia de fibras, impurezas, etc., luego mediante un sistema de tuberías se conduce el agua a un tanque mezclador, el agua se conduce por una tubería al sistema de electrocoagulación, en el transcurso del agua existe un tanque adicional con una solución de ácido sulfúrico en el cual se mezcla con el agua contaminada debido a que el agua tiene un pH de basicidad alta y es necesario neutralizar, llega al Reactor de electrocoagulación que está compuesto por electrodos inmersos en un dieléctrico y una fuente de poder de corriente continua, aquí el agua sometida a electrolisis se ve favorecida por la presencia de sales en disolución, como el cloruro de sodio que posibilita la conducción eléctrica que en los efluentes textiles están

presentes en gran mayoría ya que el empleo de colorantes requieren de electrolito para la reacción entre colorante y fibra; debido a esto se produce un desprendimiento de hidrógeno y oxígeno gaseoso en sus electrodos, produciéndose la separación rápida de coloides del electrodo y que son arrastrados a la superficie formando una especie de nata.

En los electrodos se generan reacciones de oxidación- reducción debido a la presencia de materia orgánica y procesos de coagulación y floculación, debido a las precipitaciones de los hidróxidos de hierro y aluminio que se forman al pH de trabajo como consecuencia de la lenta disolución de los ánodos, que aportan a la solución los iones metálicos correspondientes.

El agua pasa por una tubería y en el cual un tanque adicional inyecta un polímero (floculante) y pasa a un "Tanque Mixer" en donde se produce la limpieza del agua en su totalidad, y finalmente pasa por una serie de filtros y conducidos al alcantarillado.

Todo este sistema está controlado por un rectificador de corriente que posibilita las regulaciones independientes tanto de amperaje, voltaje, estos parámetros son fundamentales ya que están relacionados directamente al rendimiento del proceso de tratamiento de aguas. (Jaramillo, 2012, p. 63-66)

## **CAPÍTULO III**

### **3 PROGRAMA DE MUESTREO Y MEDICIÓN**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Para la determinación de la calidad las aguas residuales del baño de tintura no solamente se deben hacer los análisis de laboratorio sino que se debe ejecutar algunos pasos previos y posteriores, es decir un programa de muestreo y medición.

Es importante planificar en detalle para evitar dificultades, confusiones, desordenamiento durante las pruebas, esto influirá en el control, muestreo y medición confiable.

Un programa de muestreo y medición consta de algunos pasos que en este capítulo se detallará cada uno de ellos.

#### **3.2 OBJETIVOS DEL MUESTREO Y SU MEDICIÓN**

Para el diseño de un sistema de muestreo y medición de las aguas residuales del baño de tintura se va a definir los siguientes objetivos:

- 3.2.1 Determinar los parámetros necesarios tanto de sustancias reactivas como productos analizar.
- 3.2.2 Analizar los productos químicos, auxiliares de tintura y colorantes utilizados, el efluente residual de cada uno de los procesos de tintura ya sea de material algodón, poliéster, poliéster /algodón, Poliéster /Algodón/ lycra, sea de un tono bajo, medio u oscuro.
- 3.2.3 Conocer la eficiencia de la planta de tratamiento mediante el análisis del efluente sin tratar y ya tratado.
- 3.2.4 Vigilar el cumplimiento con la Norma Metropolitana N°213

#### **3.3 PARÁMETROS**

El siguiente punto se va a establecer los parámetros a ser analizados. Esto es muy importante ya que nos permite planificar los métodos de muestreo y análisis que pueden ser completamente distintos según sea el caso. Los parámetros son: Demanda Química de Oxígeno y Conductividad (Solidos Disueltos Totales)

En este caso para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno se indican a continuación los niveles de concentraciones de reactivos establecidos en la norma EPA 410.4 US Standard Methods 5220 De Iso 6060.

Tabla 3. Concentraciones de reactivos establecidos en la norma EPA 410.4 US Standard Methods 5220 De Iso 6060

<b>Intervalo de medida (mg/l de DQO)</b>	4.0-40	10-150	100-1500	500-10000
<b>Solución A</b>	0,30	0,30	0,30	2,20
<b>+ Solución B</b>	2,85	2,85	2,30	1,80
<b>Muestra preparada</b>	3 ml	Para los intervalos de medidas 4.0 – 40 .0 mg/l de DQO, 10 – 150 mg/l de DQO y 100 – 1500 mg/l de DQO.		
	1ml	Para intervalos de medida 500 – 10000 mg/l de DQO.		

**Fuente:** norma EPA 410.4 US Standard Methods 5220 De Iso 6060

## CONDUCTIVIDAD

Tabla 4. Característica de las aguas según la conductividad

<b>uS/cm</b>	<b>SDT (ppm)</b>	<b>Dureza del agua</b>
0-140	0-70	Muy blanda
140-300	70-150	Blanda
300-500	150-250	Ligeramente dura
500-640	250-320	Moderadamente dura
640-840	320-420	Dura
Superior a 840	Superior a 420	Muy dura

### 3.4 SITIO DE MUESTREO

En este punto se debe definir los sitios para la realización de la toma de muestra, debemos tomar en cuenta que este punto está relacionado directamente con los objetivos.

Antes de definir el sitio para el muestreo, es necesario hacer un reconocimiento rápido del lugar y empezar a definir los puntos, la toma de muestras en un solo sitio normalmente no es suficiente para definir en si la calidad de efluente textil; a continuación se detalla los sitios que se va a realizar el muestreo:

**Sitio 1:** corresponderá el lugar donde está la maquinaria, es decir la el área de tintorería.

**Sitio 2:** corresponderá directamente a la planta de tratamiento.

### 3.5 FRECUENCIA

En este siguiente punto básico es el de escoger el número de muestras y los intervalos entre la toma de ellas para poder obtener la información requerida, de acuerdo a un modelo simple las variaciones pueden ser al azar y sistemáticas es decir que se presume que las variaciones al azar siguen una distribución normal pero no es así ya que son predominantes y las frecuencias de muestreo no son generalmente importantes; en cambio las sistemáticas pueden ser más como tendencias o fluctuaciones cíclicas en donde los tiempos de muestreo son escogidos cuidadosamente.

Para el análisis de los efluentes textiles del baño de tintura los intervalos de tiempo básicamente estarán establecidos de acuerdo al proceso o la curva de tintura, y en la planta de tratamiento los intervalos de tiempo serán cada 2 – 3 horas.

### 3.6 MUESTREO

Para el análisis de DQO y TDS de los efluentes del baño de tintura, las muestras de agua pueden ser: simples, compuestas y en continuo.

- La **muestra simple** proporciona información sobre la calidad en un punto y momento dado.
- La **muestra compuesta** se compone de varias alícuotas espaciadas temporalmente (Con frecuencias variables, minutos, horas, días) que se adicionan al mismo recipiente.
- la **muestra en continuo** son imprescindibles en procesos a escala industrial, ya que nos permite la determinación en este caso del DQO y TDS a la salida de la planta de tratamiento de aguas.

Los métodos utilizados en el muestreo y la preservación de las muestras antes de ser analizadas son importantes para evitar resultados erróneos.

### **3.7 TOMA DE MUESTRAS**

Antes de salir a la toma de muestras es necesario determinar el tipo de envase, el volumen mínimo de muestra que se requiere para poder realizar el análisis.

Como equipo de muestreo puede ser tan simple como una botella de vidrio, metálica o de plástico; si la muestra es tomada del sitio 1, se debe etiquetar el proceso que pertenece dicha muestra, así mismo numerarla, para poder diferenciar al momento de tener varias muestras recolectadas y en si el análisis posterior; si es tomada del sitio 2 es recomendable que lleve en la etiqueta la siguiente información: Fecha y Hora de la recolección, pH inicial, pH final, Voltaje, Amperaje, Litros de ácido.

#### **3.7.1 METODOLOGÍA PARA LA TOMA DE MUESTRAS**

- **Para la toma de muestra del sitio 1** se realizará en un vaso de precipitación, después de cada proceso que realice las máquinas de tintura como son: descrude, tintura, enjuague, fijado.
- Usar guantes de protección ya que el vaciado de los baños se lo hace a altas temperaturas.
- Se debe dejar que la máquina bote el baño unos 5 segundos y luego proceder a la toma de muestra, esto influye en tener una muestra homogénea.
- Tomar el tiempo de proceso que realiza la máquina para el siguiente vaciado del baño, para estar preparados para la toma de la siguiente muestra.
- Una vez tomada la muestra se lleva al laboratorio, y se mide el volumen propuesto esto es 100 ml.

- **Para la toma de las muestras del sitio 2**, se tomará dos vasos de precipitación pequeño, en un vaso para el agua tratada y en el otro el agua sin tratar.
- Una vez tomada la muestra se llena la etiqueta con los datos indicados o directamente en la hoja de control.
- Llevar las muestras al laboratorio para su posterior análisis.

### **3.8 PRESERVACIÓN DE MUESTRAS**

Una vez tomada la muestra no es posible obtener una preservación completa y segura es decir una estabilidad de las muestras de aguas residuales de tintura, ya que en la práctica las técnicas de preservación pueden únicamente retardar los cambios químicos y biológicos que continuarán en forma inevitable después de obtener la muestra de la fuente original, ya que pueden verse afectados por el movimiento, la presencia de luz, la temperatura del ambiente o diferentes condiciones físicas, lo que se nota un cambio en el color de la muestra, precipitaciones en el fondo del recipiente, esto dependerá de la composición de la muestra.

Los métodos de preservación de muestras son relativamente limitados y generalmente tienen por objetivos:

- 1) Retardar la actividad biológica.
- 2) Retardar la hidrólisis de los compuestos y complejos químicos.
- 3) Disminuir la volatilidad de los compuestos.

Las muestras recolectadas se deberá poner en un lugar fresco y que no haya presencia de luz, si es posible en botellas oscuras, esto evitará lo menos posible algún cambio biológico o químico.

Cuando se necesite realizar la preservación de las muestras y realizar el análisis después de un tiempo no mayor a 7 días el método más efectivo para la preservación de las muestras es mantener en refrigeración y congelación, o también usar Ácido Sulfúrico ya que este es conocido como inhibidor bacteriano, la cantidad a colocar será a 2ml de ácido sulfúrico por litro de muestra, pero para la preservación se hace en 50 ml de muestra; puede ser en envase de vidrio o plástico.

### **3.9 ANÁLISIS**

Para el respectivo análisis se deberá especificar los parámetros que se va a conocer de acuerdo a la importancia del tema, en este caso para conocer la calidad del agua

residual de los baños de tintura serán la Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O) y la Conductividad eléctrica expresado en Sólidos Disueltos Totales (TDS

### **3.9.1 MÉTODO ANALÍTICO**

Para el análisis de DQO se utilizará el método de dicromato de potasio.

Para el análisis de TDS se utilizará el método de conductividad eléctrica.

### **3.9.2 PROCESAMIENTO DE DATOS**

Finalmente el procesamiento de datos no podría hacerse sino se tiene cuidado en todo el proceso de caracterización, los datos obtenidos en ella suministrarán información que permita tomar decisiones frente a la realización de cambios, mejoras, en el sistema de tratamiento de aguas que emplea la empresa Textiles Tornasol.

Es necesario realizar hojas de control o registro de análisis de los resultados obtenidos tanto para el sitio 1 como para el sitio 2,

Por eso en los programas de muestreo y medición es de suma importancia tener cuidado de los siguientes aspectos durante toda la evaluación:

Representatividad de la muestra

Las técnicas de muestreo apropiados

El manejo y preservación de las muestras

Análisis de datos.

El análisis de la información incluye un análisis estadístico y descriptivo.

## **CAPÍTULO IV**

### **4 EVALUACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) APLICANDO EL MÉTODO DE DICROMATO DE POTASIO Y ANÁLISIS ESPECTROFOTOMÉTRICO**

#### **4.1 INTRODUCCIÓN**

En el pasado, las aguas residuales del baño de tintura no tratadas eran vertidas libremente en las aguas superficiales. Con el aumento de la actividad industrial textil, el control de la contaminación de estas aguas se ha convertido en una necesidad. De hecho, en las áreas industrializadas, la contaminación perjudica el ecosistema y puede generar consecuencias muy graves para la salud.

Las aguas residuales no tratadas son generalmente ricas de sustancias orgánicas que constituyen una fuente de nutrición para bacterias y algas normalmente presentes en las aguas superficiales no contaminadas. La presencia de cantidades excesivas de nutrientes origina un incremento en el crecimiento de estos organismos.

Además de las sustancias orgánicas, las aguas residuales pueden también contener compuestos inorgánicos oxidables. Todos estos compuestos contribuyen al consumo de oxígeno presente en el agua, sustrayéndolo del necesario para el equilibrio de los ecosistemas.

#### **4.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

##### **4.2.1 DEFINICIÓN**

La demanda química de oxígeno es la medida del equivalente en oxígeno del contenido de materia orgánica de una muestra que es susceptible de oxidación por un oxidante químico fuerte como es el dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ).

La cantidad de oxígeno consumido por la reacción se expresa en términos de miligramos por litro (mg/l); esta medida es una estimación de las materias oxidables presentes en el agua y es función de las características de los componentes presentes, de sus proporciones respectivas, de las posibilidades de oxidación y de la temperatura.

## 4.2.2 IMPORTANCIA

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro ampliamente utilizado para controlar o preservar el grado de calidad de las aguas y posibilitar su aplicación en diferentes usos posteriores, es decir permite la medición directa de la contaminación de las mismas debida a materia orgánica.

La determinación del contenido de materia orgánica, biodegradable o no, tiene un gran valor en la vigilancia de las aguas en este caso producto de los baños de tintura y para conocer la eficacia de cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales.

Es el parámetro utilizado para caracterizar la contaminación orgánica del agua que se mide a partir de la cantidad de oxígeno disuelto necesario para la degradación química de los contaminantes orgánicos que contiene. Se entiende como degradación química la reacción de un oxidante químico, como es el dicromato potásico, que consume materia orgánica.

El método DQO se usa a menudo para medir los contaminantes en las aguas naturales y residuales y para evaluar la fuerza de desechos tales como aguas residuales municipales e industriales.

## 4.2.3 MÉTODO DE ANÁLISIS

### 4.2.3.1 MÉTODO DICROMATO DE POTASIO

El método estándar para la determinación de D.Q.O. es con dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ), en donde la muestra de agua se oxida con una solución sulfúrica caliente de dicromato de potasio y sulfato de plata ( $Ag_2SO_4$ ) como catalizador, los cloruros son enmascarados con sulfato de mercurio ( $HgSO_4$ ) para evitar interferencias.

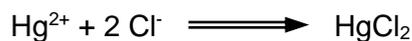
Las reacciones implicadas en la determinación de la DQO son las siguientes:



Los cloruros interfieren:



Para evitar la interferencia, se añade HgSO<sub>4</sub>:



Con HgSO<sub>4</sub> insuficiente:



A continuación se determina el D.Q.O. fotométricamente, el ensayo se realiza a 150°C a refluo durante 2 horas. La concentración de iones Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> de color naranja no consumidos o respuesta de los iones Cr<sup>3+</sup> de color verde, la reducción del cromo depende directamente de su reacción con la materia orgánica total que existe en la muestra, lo que permite cuantificar la materia orgánica presente en la muestra, es decir se calcula el D.Q.O. a partir de la cantidad de oxidante consumida, se expresa en términos de su equivalencia en oxígeno: mgO<sub>2</sub>/l.

Estos productos reactivos comercialmente se conocen como solución A (Solución de Sulfato de mercurio) y solución B (solución de Dicromato de potasio + Ácido sulfúrico)

#### 4.2.3.2 ESPECTROFOTOMETRÍA

La espectrofotometría se refiere a los métodos de análisis químico cuantitativo, que utilizan la luz para medir la concentración de las sustancias químicas. Se conocen como **métodos espectrofotométricos** y según sea la radiación utilizada como espectrofotometría de absorción visible (colorimetría), ultravioleta, infrarroja.

La espectrofotometría ultravioleta-visible es una técnica de medición de concentración de masa de elementos y compuestos (especies) químicos (análisis cuantitativo), cuyo principio es la interacción entre la energía electromagnética con la materia. En forma más específica la espectrofotometría ultravioleta – visible se fundamenta en medir la radiación monocromática absorbida por un elemento o molécula causante de desplazamientos electrónicos a capas superiores, estas transiciones determinan la región del espectro en la que tiene lugar la absorción, realizada a 600 nm.

En la siguiente figura se puede ver como es la interacción de la radiación con la materia

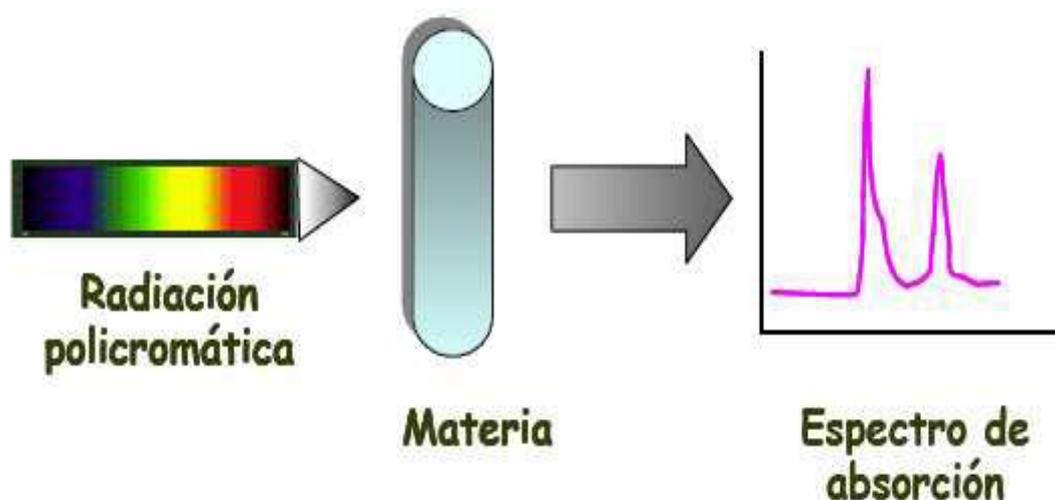


Gráfico 7. Representación de la espectrofotometría

**Fuente:** Carlos L. (2009) Estandarización y validación de una técnica para medición de la demanda bioquímica de oxígeno por el método respirométrico y la demanda química de oxígeno por el método colorimétrico (Tesis de Grado) UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Colombia-Pereira.

Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1780/1/57253L563.pdf>.

Las radiaciones electromagnéticas pueden considerarse como un conjunto de corpúsculos, llamados fotones, los cuales llevan asociada una onda. La energía de radiación está relacionada con la longitud de onda. Las longitudes de onda más cortas poseen mayor energía que las longitudes de onda más largas. De tal manera se puede hablar de un espectro electromagnético constituido por las radiaciones electromagnéticas, mismo que se ha dividido en varias regiones, de acuerdo con la longitud de onda ( $\lambda$ ) y la energía.

#### 4.2.3.3 OXÍGENO DISUELTO

Toda la vida acuática depende de la disponibilidad de oxígeno disuelto (OD) en el agua. Mientras que los organismos terrestres viven en una atmósfera compuesta aproximadamente de un 20% de oxígeno, los organismos acuáticos sobreviven con una cantidad de oxígeno considerablemente menor. La solubilidad del oxígeno en agua dulce varía entre 14.6 mg/L a 0 °C hasta aproximadamente 7 mg/L a 35 °C bajo una presión de 760 mmHg.

#### **4.2.3.3.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO**

Los factores que influyen la concentración de oxígeno disuelto en agua son: **la presión atmosférica (y por lo tanto la altitud sobre el nivel del mar), el contenido de sales en el agua, y la temperatura del agua.**

#### **4.2.3.4 EVALUACIÓN DEL D.Q.O DE LOS PRODUCTOS UTILIZADOS EN LA TINTURA**

La empresa Textiles Tornasol comprometida con el cuidado del medio ambiente utiliza una gran variedad de productos químicos, productos auxiliares, colorantes que son fundamentales para la tintura de sus productos.

La evaluación de la Demanda Química de Oxígeno de los productos utilizados en la tintura puede considerarse como un análisis previo para poder determinar la calidad de agua que efectúa las descargas de los baños de tintura en diferentes tonalidades y materiales que se utilizan, posteriormente influirá en la eficacia de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Como se dio a conocer en el capítulo anterior dentro del programa de muestreo y medición se procede al cumplimiento de los objetivos planteados.

#### **4.2.3.5 MATERIALES**

- Balanza electrónica.
- Vasos de precipitación
- Varilla de agitación
- Pipetas
- Cubetas de reacción
- Paleta

#### **4.2.3.6 REACTIVOS**

- Agua destilada
- Solución A: Sulfato de mercurio
- Solución B: Dicromato de potasio + Ácido sulfúrico.

#### **4.2.3.7 EQUIPOS**

- Digestor de muestras Espectroquant TR 320 marca MERK
- Espectrofotómetro NOVA 60 marca MERK

**Tabla 5.** Listado de productos e intervalos de medida

NOMBRE DEL PRODUCTO	CANTIDAD UTILIZADA (gr/l)	AGUA DESTILADA (ml)	CANTIDAD SOLUCIÓN A +B	INTERVALO DE MEDIDA (mg/l de DQO)	CANTIDAD ANALIZADA (ml)
REDUCTEX PES	1	100		4.0-10	3
ESTABLEPPER OP	1	100		4.0-10	3
CLORURO DE SODIO	1	100		4.0-10	3
CARBONATO DE SODIO	1	100		4.0-10	3
ANTIESPUMANTE	1	100		4.0-10	3
FLOLAIN LUB 100	1	100		10-150	3
HIDROSULFITO DE SODIO	1	100		10-150	3
QUIMIFIX	1	100		10-150	3
SOSA CÁUSTICA	1	100		10-150	3
FORSEC 2T	1	100		100-1500	3
GAMACID	1	100		100-1500	3
ACITEX Ph	1	100		100-1500	3
BUFFER AC 37	1	100		100-1500	3
ULTRAGEN M-3820	1	100		100-1500	3
ULTRAGEN MES	1	100		100-1500	3
SARAGEN	1	100		100-1500	3
QUIMIPER	1	100		100-1500	3
RAPID WASH	1	100		100-1500	3
ACIDO CITRICO	1	100		100-1500	3
SERAFAST	1	100		100-1500	3
ERIOPON	1	100		100-1500	3
AUXICAL	1	100		100-1500	3
PEROXIDO DE HIDROGENO	1	100		100-1500	3
DETERTEX AN	1	100		100-1500	3
DISPERSOL JET	1	100		100-1500	3
CHROMADYE RJL	1	100		500-10000	1
SOLVECLEAN	1	100		500-10000	1
SERAWASH	1	100		500-10000	1
EMULTEX C	1	100		500-10000	1
TEBOLAN	1	100		500-10000	1
ACIDO ACETICO	1	100		500-10000	1

**Elaborado por:** Rubén Perugachi

#### **4.2.3.8 PROCEDIMIENTO**

- Encender el digestor de muestras y seleccionar el programa que se va utilizar, en este caso para el análisis del D.Q.O se necesita mantener las muestras a  $150^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 120 minutos; las luces de control por encima del teclado están asignadas a una unidad térmica, por medio del color rojo del modo intermitente indica que el digestor está en funcionamiento, esto tarda un 15 minutos hasta llegar a la temperatura seleccionada. El digestor tiene capacidad para 12 muestras.
- Cuando la luz roja intermitente ha pasado a estar continua es señal de que el digestor de muestras está listo y es el momento de colocar las muestras.
- Se procede a pipetear primero los reactivos es decir la solución A + solución B según los intervalos de medida indicados en la tabla 7 y luego la muestra preparada.
- Verter cuidadosamente mediante la pipeta de émbolo sobre el reactivo en la pared interna de la cubeta de reacción mantenida inclinada (la cubeta se calienta mucho) usar gafas protectoras.
- Cerrar firmemente la cubeta con la tapa roscada.
- En las siguientes etapas de trabajo tomar la cubeta solamente por la por la tapa roscada.
- Mezclar vigorosamente el contenido de la cubeta de reacción.
- Calentar la cubeta 120 min a una temperatura de  $148^{\circ}\text{C}$  en el termorreactor precalentado.
- Sacar del termorreactor la cubeta caliente y se deja que se enfríe a temperatura ambiente, al cabo de 10 min agitar la cubeta por balanceo y el tiempo de enfriamiento mínimo es de 30 min. No se debe enfriar con agua fría.
- Medir la muestra de medición en el fotómetro.

#### **4.2.3.9 MEDICIÓN**

Para efectuar la medición del D.Q.O se realiza los siguientes pasos:

- Abrir la cubierta para conectar el fotómetro. El fotómetro efectúa un auto-chequeo (*Self-Check*) del sistema completo
- Después de 5 segundos aproximadamente se conecta automáticamente al modo de medición **concentración**
- Insertamos la cubeta y se selecciona manualmente el número del método adecuado que está relacionado con los intervalos de medición como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 6. Numero de método relacionado con el intervalo de medida

Número del método	Intervalo de medida
031	4,0-40,0 mg/l de DQO
014	10-150 mg/l de DQO
138	100-1500 mg/l de DQO
024	500-10000 mg/l de DQO

- Una vez que se ha seleccionado el número del método adecuado para el análisis presionamos *enter* y después de 2 segundos aparece en el display del equipo el valor medido.
- El valor de la medición es estable durante un tiempo prolongado.
- Cuando el valor sale con alta turbidez, este valor es falso, aquí se debe esperar un tiempo hasta que se estabilice la muestra y nuevamente proceder al análisis.

**Fuente:** manual nova 60 (2013) métodos de análisis spectroquant. Recuperado de:  
<http://es.scribd.com/doc/113808919/Manual-Nova-60>

#### 4.2.3.10 CÁLCULO TEÓRICO DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

La demanda química de oxígeno (DTeO) corresponde a la cantidad estequiométrica de oxígeno requerida para oxidar completamente un determinado compuesto. Normalmente

se expresa en mg de oxígeno requerido por un litro de solución, es un valor calculado y solo puede evaluarse si se dispone de un análisis químico completo del agua residual, lo cual no es normalmente el caso. Su utilización es muy limitada.

Para ilustrar el cálculo de la DTeO se obtiene fácilmente basado en la ecuación:

$$\text{PM (COMPUESTO)/CU (mg/l) =PM (O}_2\text{)/ DTeO}$$

**Ecuación 1.**

**PM (COMPUESTO)= PESO MOLAR DEL COMPUESTO**

**PM (O<sub>2</sub>)= PESO MOLAR DEL OXIGÉNO**

**CU (mg/l)= CANTIDAD UTILIZADA EN MILIGRAMOS POR LITRO**

**Fuente:** Ramalho R. (2013) Tratamiento de aguas residuales: Demanda Teórica de Oxígeno. Barcelona: Ediciones Reverte S.A.

**Ejemplo: Calcular la demanda teórica de oxígeno del ácido acético.**

Ácido acético colocado en la tintura: C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub> ---500 mg/l

$$\text{PM (COMPUESTO)/ CU (mg/l) =PM (O}_2\text{)/ DTeO}$$

Peso molar del ácido acético: 60,05 g/mol

Peso molar del oxígeno: O<sub>2</sub>--- 32 g/mol

Aplicando la fórmula:  $\text{DteO} = \frac{60,05 \text{ g/mol}}{32 \text{ g/mol}} \times 500 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 938,28 \text{ mg/l}$

**Elaborado por:** Rubén Perugachi

**Fuente:** Ramalho R. (2013) Tratamiento de aguas residuales: Demanda Teórica de Oxígeno. Barcelona: Ediciones Reverte S.A.



#### 4.2.4 EVALUACIÓN DEL EFLUENTE DE TINTURA EN TONOS BAJOS, MEDIOS E INTENSOS

Como se ha indicado en el capítulo 2 dentro de los procesos de manufactura, en la empresa Textiles Tornasol utiliza como materia prima el hilo para el tejido de sus diferentes artículos en material algodón, poliéster, mezclas poliéster/algodón, poliéster /algodón/elastano; debido la variedad de materia prima y colorantes que la empresa utiliza para el teñido, permite a que el efluente de tintura contenga altos índices de demanda química de oxígeno. En el presente estudio nos permitirá conocer la aportación de cada uno de los procesos a la Demanda Química de Oxígeno.

Los intervalos de tiempo para la toma de muestras están establecidos directamente con las curvas de proceso o tintura, indicados en el programa de muestreo y medición.

Tabla 7. Intervalos de medida para los procesos empleados en la tintura

NOMBRE DEL PROCESO	MUESTRA (ml)	CANTIDAD SOLUCIÓN A + B	INTERVALO DE MEDIDA (mg/l de DQO)	CANTIDAD ANALIZADA (ml)
Descrude	100	2,20 + 1,80	500-10000	1
Enjuague después del descrude	100	2,20 + 1,80	500-10000	1
Tintura de algodón	100	2,20 + 1,80	500-10000	1
Tintura de poliéster	100	2,20 + 1,80	500-10000	1
Tintura mezcla	100	2,20 + 1,80	500-10000	1
1 Enjuague después de las tinturas	100	0,30 + 2,30	100-1500	3
Enjuagues posteriores	100	0,30 + 2,85	4.0-10	3
Enjuague con detergente	100	0,30 + 2,30	100-1500	3
Neutralizado	100	0,30 + 2,30	100-1500	3
Fijado	100	0,30 + 2,85	10-150	3
Mezclas Totales	100	0,30 + 2,30	100-1500	3

Elaborado por: Rubén Perugachi

#### 4.2.4.1 PROCEDIMIENTO Y MEDICIÓN

Para el procedimiento de preparación del digestor de muestras para análisis de DQO, preparación de test y el análisis respectivo en el espectrofotómetro, se siguen los pasos indicados en el punto 4.2.3.6 y 4.2.3.7 anteriormente.

#### 4.2.4.2 HOJA DE REGISTRO

Después del procesamiento de datos, se debe anotar los resultados de los análisis en una hoja de registro, esta hoja servirá tanto para registrar el DQO como conductividad (TDS) para ello se ha propuesto el siguiente formato:

REGISTRO DE ANÁLISIS							
MATERIAL:			TEJIDO:			Muestra	
PESO:							
TONALIDAD:							
BAÑO:			PROCESO:				
PRODUCTOS UTILIZADOS	CANTIDADES UTILIZADAS		CANTIDAD EFLUENTE (ml)	EFLUENTE PERTENECIENTE A	CE (mS/cm)	TDS (ppm)	D.Q. O (mg/l)
	g r/l	%					
OBSERVACIONES:							

Elaborado por: Rubén Perugachi

#### 4.2.5 EVALUACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE AGUAS RESIDUALES.

Textiles Tornasol comprometida con la preservación del medio ambiente, cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales mediante electrocoagulación, según estudios anteriores han demostrado que la calidad de agua tratada no cumple con las normas ambientales, por lo que surge la necesidad de adoptar soluciones rápidas y viables sobre el grado de depuración que es necesario alcanzar; esto se debe a que la planta no está funcionando adecuadamente, por lo que el presente estudio permitirá establecer los límites óptimos de trabajo para el buen funcionamiento de la planta y en sí para la regulación de la contaminación.

##### 4.2.5.1 INTERVALOS DE MEDIDA PARA EL ANÁLISIS DEL EFLUENTE EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Para el análisis del efluente textil debemos tomar en cuenta los parámetros que esté relacionado tanto con la norma ambiental.

Tabla 8. Intervalos de medida para el análisis del efluente en la planta de tratamiento de aguas residuales.

	MUESTRA (ml)	CANTIDAD SOLUCIÓN A +B	INTERVALO DE MEDIDA (mg/l de DQO)	CANTIDAD ANALIZADA (ml)
Efluente Textil	100	0,3 + 2,30	100-1500	3

##### 4.2.5.2 PROCEDIMIENTO Y MEDICIÓN

- Para el procedimiento de preparación del digestor de muestras para análisis de DQO, preparación de test y el análisis respectivo en el espectrofotómetro, se siguen los pasos indicados en el punto 4.2.3.6 y 4.2.3.7 anteriormente.
- Cuando se ha hecho la toma de muestras es necesario registrar los datos del rectificador de corriente, como: voltaje, amperaje, pH inicial (entrada del efluente), pH final (agua tratada) y posteriormente conocer su eficiencia.

##### 4.2.5.3 HOJA DE REGISTRO

El registro de los datos se realizara en la siguiente hoja de registro como se indica a continuación:



## **CAPÍTULO V**

### **5 DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS) DEL BAÑO DE TINTURA MEDIANTE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN**

El agua pura prácticamente no conduce la corriente eléctrica pero a medida que se disuelven en ella sólidos solubles en agua empieza a alterar su conductividad.

Esta propiedad depende de la fuerza iónica del agua directamente está relacionada con la naturaleza de las diversas sustancias disueltas, sus concentraciones actuales y relativas y la temperatura.

En la mayoría de las soluciones acuosas, cuanto mayor sean las cantidades de sales disueltas mayor será la conductividad.

En el presente estudio se determinará la cantidad de sólidos disueltos totales del baño de tintura aplicando el método de conductividad eléctrica utilizando un conductímetro electrónico, indicador fundamental de la calidad de agua.

Este parámetro es importante, porque, una elevada cantidad de sólidos disueltos totales proporciona al agua una apariencia turbia y disminuye el sabor de esta.

#### **5.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

Depende del contenido de sales disueltas siendo un indicador de su concentración, esta propiedad depende de la fuerza iónica del agua, está relacionado con la naturaleza de las diversas sustancias que están disueltas, sus concentraciones y la temperatura.

En general el flujo de la electricidad a través de un conductor es debido a un transporte de electrones y según la forma de llevar a cabo este transporte los conductores eléctricos pueden ser de dos tipos: conductores metálicos o electrónicos y conductores iónicos o electrolitos (soluciones acuosas).

En los procesos de teñido la industria textil utiliza grandes cantidades de electrolito para el intercambio iónico y que se produzca la reacción del colorante con la fibra.

### **5.2.1 DEFINICIÓN**

La conductividad eléctrica se define como la capacidad que tienen las sales disueltas (electrolitos) de una muestra de agua residual para dejar pasar la corriente eléctrica.

Esta propiedad depende directamente de la presencia iónica ya que disminuyen la resistencia que ofrece la muestra para conducir la corriente eléctrica; por lo tanto la conductividad eléctrica es lo contrario de la resistencia eléctrica.

### **5.2.2 IMPORTANCIA**

- La estimación de la conductividad nos permite determinar los Sólidos Disueltos Totales (TDS).
- La determinación de los TDS es una medida primaria de la calidad del agua que permite evaluar y dictaminar riesgos para diferentes tipos y usos de agua.
- Una baja conductividad del agua indica que el agua es pura y por lo tanto tiene una alta resistencia al flujo de la electricidad.
- En la Tintorería textil un exceso de conductividad provoca la rotura de la emulsión en los colorantes dispersos así como problemas en la igualación de los colorantes directos.

### **5.2.3 LA CONDUCTIVIDAD Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS)**

Los TDS es la cantidad total de iones móviles cargados, incluyendo minerales, sales o metales que están disueltos en un volumen de agua, la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos totales, por lo tanto mientras mayor sea la concentración de TDS mayor será la conductividad.

La mayoría de las soluciones utilizadas en la tintura son de sales inorgánicas, ácidos, bases, que se ionizan completamente una más que otra y por esta razón conducen mejor la corriente eléctrica, debido a la generación de iones positivos y negativos (electrolitos) capaces de transportar la corriente eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico.

Además se debe tomar en cuenta la temperatura ya que disminuye la viscosidad del agua y permite que los iones se muevan más rápidamente conduciendo la electricidad y permitiendo medir la cantidad de sales disueltas. Cuando se realicen mediciones comparativas es necesario realizarlo a temperaturas estándar esto es de 20°C – 25°C.

### **5.2.3.1 APLICACIONES**

El análisis del TDS del agua tiene grades aplicaciones ya que permite:

- Averiguar por qué el agua tiene mal sabor: elevados valores de TDS producen el sabor amargo, a metal o salado
- Cuidar la salud: un elevado TDS puede indicar la presencia de minerales tóxicos.
- Ajustar los filtros en máquinas de ósmosis: puedes comprobar si el agua de salida o agua osmotizada es agua baja en TDS; de no serlo, sería necesario un cambio de filtros y/o membrana.
- Analizar la dureza del agua: un elevado TDS indica dureza del agua
- Mantener los cultivos: los vegetales necesitan agua con un bajo TDS
- Realizar el mantenimiento de la piscina: elevados TDS propician la aparición de algas y otros.
- La calidad de agua vertida a los alcantarillados y posteriormente u reutilización.

### **5.2.4 MEDIDA DE CONDUCTIVIDAD**

La unidad de medición utilizada es el Siemens/cm (S/cm), en millonésimas de unidades es decir micro Siemens/cm ( $\mu\text{S/cm}$ ) o en milésimas es decir mili Siemens/cm (mS/cm).

En la actualidad se utilizan equipos medidores de TDS, conductímetro que convierten automáticamente el valor de conductividad eléctrica en ppm, dando una lectura directa de la concentración de solidos disueltos, conductímetro que funcionan a base de la conductividad inductiva, en el presente estudio se utiliza este tipo de conductímetro electrónico.

#### **5.2.4.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO**

El conductímetro es un dispositivo diseñado para medir una característica de todos los materiales que es la conductividad eléctrica de los iones en una disolución.

En el presente estudio se utiliza el conductímetro modelo: YK-43CD con un rango de medición de 0,001 mS-1,999 mS y 0,01-19,99 mS.

### 5.2.4.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Una célula de medición inductiva consiste en dos bobinas, una transmisora y otra receptora. Ambas bobinas están integradas en un alojamiento hueco. El alojamiento se sumerge en el fluido, que inunda su interior. A continuación se aplica una tensión alterna sinusoidal a la bobina transmisora. Esto produce una corriente en el fluido proporcional a su conductividad. A su vez, esta corriente induce una tensión en la bobina receptora. La conductividad se determina midiendo esta segunda tensión y conociendo la constante de la célula.

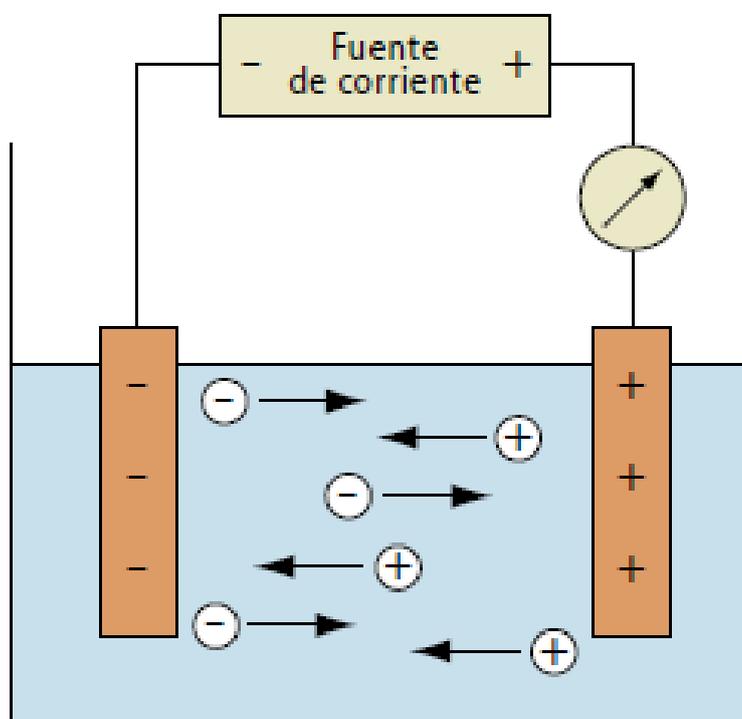


Gráfico 8. Principio de funcionamiento del conductímetro

**Fuente:** Javier J. (2012) Diseño y construcción de un reactor de electrocoagulación para el estudio de tratamiento de agua residual de tintura y acabado textil (tesis de grado)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, Ecuador.

### 5.2.4.3 CÁLCULO

La unidad de medida de los TDS se expresa miligramos por litro (mg/l) o también se expresa en su equivalente en partes por millón o partículas por millón (ppm).

Entonces: 1 ppm = 1 mg/l

Generalmente la conductividad del agua se mide en micro Siemens por centímetro ( $\mu\text{S/cm}$ ) y su múltiplo mili Siemens ( $\text{mS/cm}$ ), es decir que:

$$1 \text{ mS} = 1000 \mu\text{S}$$

El factor de conversión esta dado de acuerdo al grado de salinidad presente en el agua, 0,5 es equivalente a la concentración de cloruro de sodio en aguas naturales y 0.64 ya que en el agua residual textil se encuentran algunas sales disueltas.

Entonces se establecen las siguientes ecuaciones:

$$\text{TDS (mg/l)} = 0.5 \times \text{EC } (\mu\text{S/cm}) \quad \text{ecuación 2.}$$

$$\text{TDS (mg/l)} = 1000 \times 0,5 \times \text{EC (mS/cm)} \quad \text{ecuación 3.}$$

$$\text{TDS (mg/l)} = 0.64 \times \text{EC } (\mu\text{S/cm}) \quad \text{ecuación 4.}$$

$$\text{TDS (mg/l)} = 1000 \times 0,64 \times \text{EC (mS/cm)} \quad \text{ecuación 5.}$$

Cuando el efluente sea menor a 2 mS/cm de conductividad se utilizará la ecuación 1 y 2 para conocer los TDS.

Cuando el efluente sea mayor a 2 mS/cm se utilizará la ecuación 3 y 4 para conocer los TDS.

En la planta de tratamiento de aguas es fundamental el cálculo de la potencia consumida durante en tratamiento de la misma, en este caso como se indicó en el rectificador de corriente se muestra los valores de voltaje y amperaje (Intensidad de corriente y para conocer su potencia activa aplicada se calcula mediante la ecuación:

$$V * A = P$$

**Ecuación 7**

#### **5.2.4.4 MEDICIÓN DE LOS SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS)**

Para la medición de los TDS tanto de productos químicos utilizados en la tintura, baños de tintura, y muestras tomadas de la planta de tratamiento se aplicarán los siguientes

pasos:

- Si el agua está muy caliente se procederá a enfriar con agua fría hasta alcanzar la temperatura estándar de medición de conductividad (20 °C - 25°C).
- Encender el conductímetro y calibrar en el rango que se necesita dependiendo del proceso del que ha sido tomado la muestra, por ejemplo si son muestras después del baño de tinción o pertenecen a la planta de tratamiento de aguas, el agua tiene alta conductividad entonces colocamos en un rango hasta 20 mS/cm y si la muestra pertenece a enjuagues la conductividad es menor entonces se coloca en un rango hasta 2 mS/cm.
- Es importante mantener con la mano el mango del electrodo.
- El resultado proporcionado es estable es expresado en mS y dependiendo de este, se aplicarán las ecuaciones 1, 2, 3 o 4 para conocer los TDS de la muestra.
- Se anotará el resultado en la hoja de registro de DQO y TDS establecida en el capítulo anterior.

## CAPÍTULO VI

### 6 RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados y el análisis en base al desarrollo de los objetivos planteados en la investigación realizada en la empresa "Textiles Tornasol" los cuales dieron respuesta a los problemas del presente estudio realizado durante los meses de marzo, abril, mayo, junio y julio del presente año.

En primera instancia se muestra los resultados y análisis de DQO y TDS obtenidos de los productos utilizados en la tintura, por otra parte se muestra los resultados y análisis de DQO y TDS obtenidos del baño de tintura de cada uno de los procesos de tintura con diferentes materiales y tonalidades, así mismo se muestra los resultados y análisis de DQO y TDS de los tonos principales y materiales que se produce en la empresa y finalmente se muestra los resultados y análisis de DQO y TDS obtenidos en la planta de tratamiento de aguas residuales.

En este sentido, los resultados obtenidos se presentan mediante tablas bajo una modalidad de cuadros y gráficos esto permite tener un análisis cuantitativo y una mejor visualización de cada uno de los análisis realizados.

## 6.1 DE LA MEDICIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS) DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA TINTURA.

Tabla 9. Resultado de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Disueltos Totales (TDS) de los productos utilizados en la tintura.

NOMBRE DEL PRODUCTO	H2O (ml)	CANTIDAD (gr/l)	DQO (mg/l)	CONDUCTIVIDAD (mS/cm)	TDS (ppm)
SOSA CAUSTICA	100	1	52	5,31	3398
FLOLAIN LUB 100	100	1	84	0	0
HIDROSULFITO DE SODIO	100	1	98	1,1	550
QUIMIFIX	100	1	100	0,023	12
FORSEC 2T	100	1	250	0,11	55
RAPID WASH	100	1	264	0,07	35
ERIOPON	100	1	274	0	0
GAMACID	100	1	278	0,56	280
ACITEX PH	100	1	304	0,61	305
BUFFER AC 37	100	1	342	0,37	185
AUXICAL	100	1	358	0,02	10
PEROXIDO DE HIDROGENO	100	1	386	0	0
DETERTEX AN	100	1	432	0,075	38
ULTRAGEN MES	100	1	628	0	0
DISPERSOL JET	100	1	806	0,28	140
SERAFAST	100	1	830	0	0

<b>ULTRAGEN M-3820</b>	100	1	840	0,031	16
<b>ACIDO CITRICO</b>	100	1	882	0,56	28
<b>QUIMIPER</b>	100	1	994	0,028	14
<b>SARAGEN</b>	100	1	1476	0,27	135
<b>CHROMADYE RJL</b>	100	1	1542	0	0
<b>SOLVECLEAN</b>	100	1	1755	0	0
<b>EMULTEX C</b>	100	1	1785	0,002	1
<b>SERAWASH</b>	100	1	1868	0,22	110
<b>TEBOLAN</b>	100	1	2150	1,2	600
<b>ACIDO ACETICO</b>	100	1	2410	0,14	70
<b>REDUCTEX PES</b>	100	1	<10	1,18	590
<b>ESTABLEPPER OP</b>	100	1	NA	0,066	33
<b>CLORURO DE SODIO</b>	100	1	NA	1,82	910
<b>CARBONATO DE SODIO</b>	100	1	NA	1,71	855
<b>ANTIESPUMANTE</b>	100	1	NA	0	0

**Elaborado por:** Rubén Perugachi

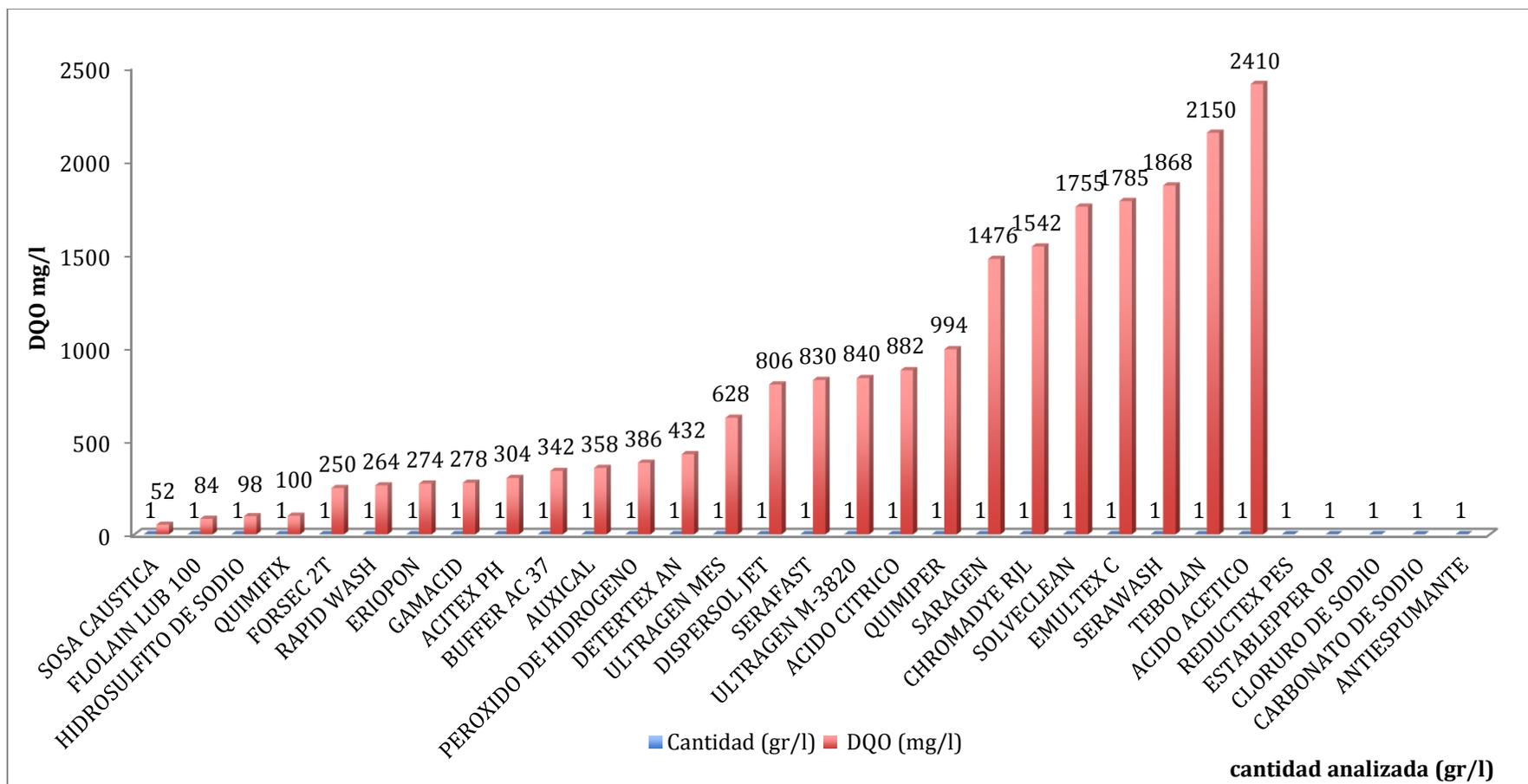


Gráfico 9. Resultado Demanda Química de Oxígeno de productos utilizados en la tintura

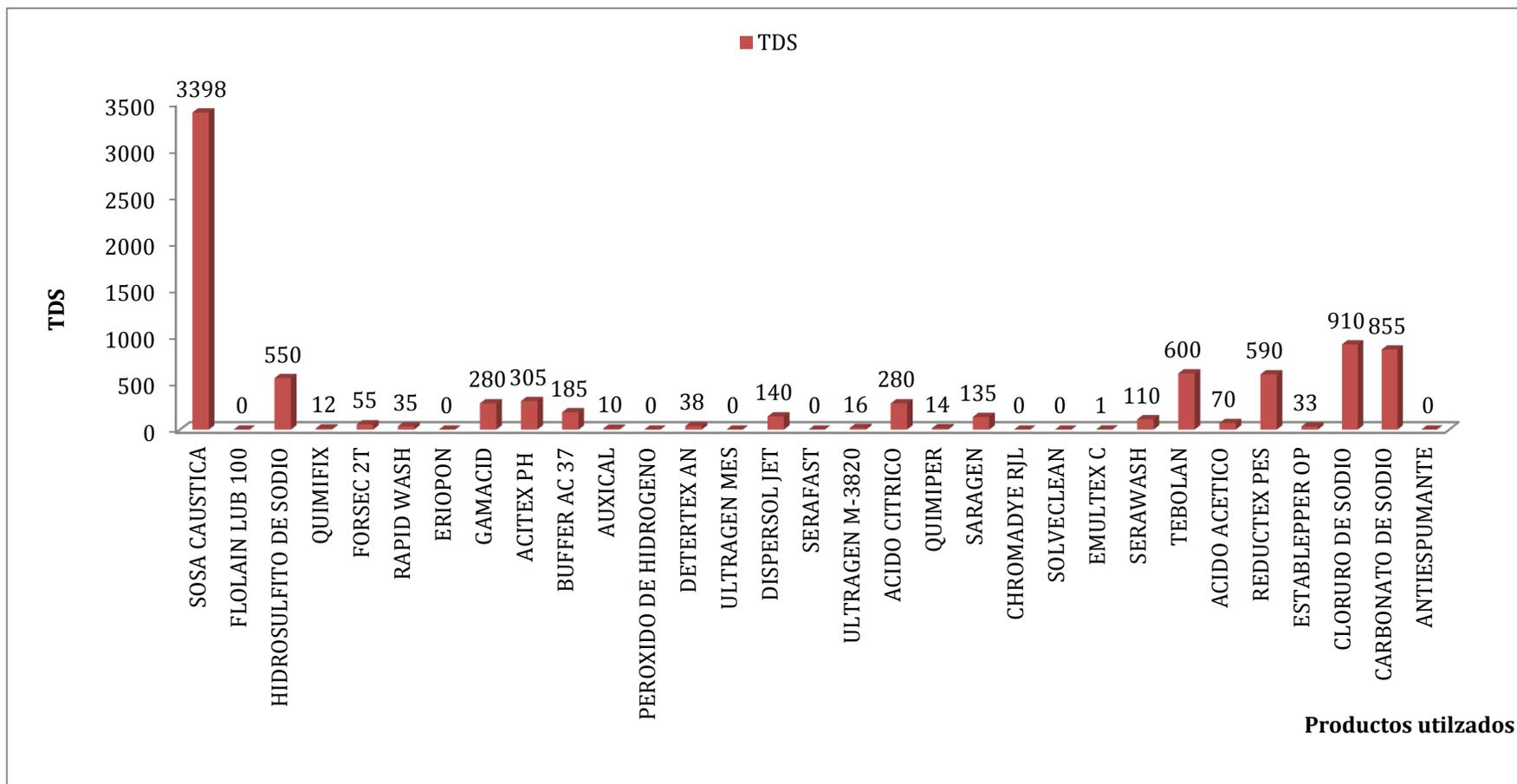


Gráfico 10. Resultado Total de Sólidos Disueltos de los productos utilizados en la tintura

### 6.1.1 ANÁLISIS

En el gráfico N° 9 se puede observar que dentro de los productos utilizados en la tintura, los productos con mayor demanda química son: ÁCIDO ACÉTICO, el producto que tiene menor Demanda Química de Oxígeno es la SOSA CÁUSTICA (álcali fuerte), y los productos que no se ha detectado DQO son: REDUTEX PES (agente reductor), ESTABLEPER (estabilizador de peróxido), CLORURO DE SODIO (electrolito), CARBONATO DE SODIO (álcali débil) y ANTIESPUMANTE.

En el gráfico de barras 10 se puede observar que los productos con mayor conductividad eléctrica reflejados en Total de Sólidos Disueltos son: SOSA CÁUSTICA (álcali fuerte) y el CLORURO DE SODIO (electrolito), y el producto con menor conductividad o TDS es el QUIMIFIX (fijador), y los productos que no tienen conductividad eléctrica son: FLOLAIN LUB 100 (humectante), ERIOPON, PERÓXIDO DE HIDROGENO (blanqueador químico), ULTRAGEN MES (suavizante), SERAFAST, CHROMADYE (igualante), SOLVECLEAN (detergente) y ANTIESPUMANTE

Según los resultados permite hacer una selección de productos para la utilización en la tintura, especialmente de productos neutralizantes que tengan una menor demanda química de oxígeno y que permitan mantener la calidad de proceso de tintura, así mismo se debe tomar en cuenta los sólidos disueltos totales (TDS) o conductividad ya que de este depende la velocidad o comportamiento en la reacción de los productos en el baño y posteriormente en la eficiencia de la planta de tratamiento de agua residual.

## 6.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS) DEL BAÑO DE TINTURA EN DIFERENTES TONALIDADES

### 6.2.1 BLANCO EN MATERIAL 100% ALGODÓN

Tabla 10. Resultado DQO y TDS de tono BLANCO en material 100% Algodón

REGISTRO DE ANÁLISIS							
MATERIAL: ALGODÓN			TEJIDO: PLANO		Muestra		
PESO: 407,58 Kg							
TONALIDAD: BLANCO							
BAÑO: 2500 litros		PROCESO: TINTURA					
PRODUCTOS UTILIZADOS	CANTIDADES UTILIZADAS		CANTIDAD EFLUENTE (ml)	EFLUENTE PERTENECIENTE A	CE (mS/cm)	TDS (ppm)	D.Q.O (mg/l)
	gr/l	%					
Antiespumante	0,2		100	Tintura	4,88	3123	3755
Estabilizador de peróxido	1		100	Enjuague	2,07	1325	1962
Sosa caustica	2		100	Enjuague	0,84	420	1354
Blanqueador químico	5		100	Neutralizado	0,53	265	856
Leucofor BSBB5N		0,5					
Neutralizante	0,5						
<b>OBSERVACIONES:</b>							

Elaborado por: Rubén Perugachi

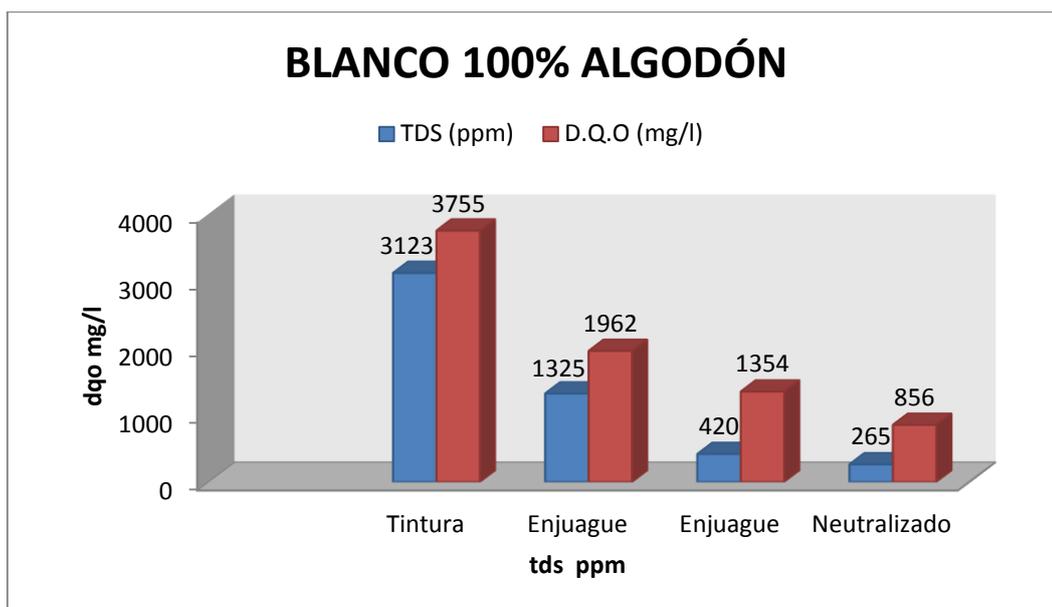


Gráfico 11. Resultado Demanda Química de Oxígeno y Total de Sólidos Disueltos de tono BLANCO en material 100% algodón

Elaborado por: Rubén Perugachi

### 6.2.1.1 ANÁLISIS

En la tabla 10 se muestra los productos utilizados en el proceso de blanqueo óptico en material algodón, los efluentes analizados, y los resultados de DQO Y TDS, donde se puede observar que las aguas del proceso de tintura o blanqueo tienen una alta Demanda Química de Oxígeno de 3755 mg/l y un alto contenido de sólidos disueltos totales (conductividad) de 3123 ppm ya que el algodón al ser una fibra natural contiene gran cantidad de impurezas contenidas en el tejido; como se visualiza en el gráfico 11 se muestra una relación proporcional del DQO y TDS es decir a mayor Demanda Química de Oxígeno mayor contenido de Sólidos Disueltos Totales, esto se debe a que se utiliza gran cantidad de producto neutralizante y sosa cáustica, en el primer enjuague disminuye a 1962 mg/l de DQO el cual representa al 52% en relación a la tintura y 1325 ppm de TDS el cual representa el 42% en relación a la tintura, igual se aprecia en el segundo enjuague disminuye a 1354 mg/l de DQO el cual representa el 36% y 420 ppm de TDS el cual representa el 13% en relación a la tintura, y por último en el proceso de neutralizado el DQO disminuye a 856 mg/l de DQO el cual representa el 22% y 265 ppm de TDS el cual representa el 8% en relación a la tintura.

## 6.2.2 BLANCO POLIÉSTER/ALGODÓN/ELASTEL

Tabla 11. Resultado DQO y TDS de tono BLANCO en mezcla POLIESTER / ALGODÓN / ELASTEL

REGISTRO DE ANÁLISIS							
<b>MATERIAL:</b> POLIESTER/ALGODÓN/ELASTEL			<b>TEJIDO:</b> PUNTO		<b>Muestra</b>		
<b>PESO:</b> 250,40 Kg							
<b>TONALIDAD:</b> BLANCO							
<b>BAÑO:</b> 2000 litros			<b>PROCESO:</b> TINTURA				
PRODUCTOS UTILIZADOS	CANTIDADES UTILIZADAS		CANTIDAD EFLUENTE (ml)	EFLUENTE PERTENECIENTE A	CE (mS/cm)	TDS (ppm)	D.Q.O (mg/l)
	gr/l	%					
Humectante	2		100	Tintura	4,15	2656	3595
Estabilizador de peróxido	1		100	Enjuague	1,1	550	1660
Sosa Caustica	2		100	Enjuague	0,24	120	182
Blanqueador químico	4		100	Neutralizado	0,29	145	516
Blanqueador óptico 1		0,25					
Blanqueador óptico 2		0,4					
Neutralizante	0,4						
<b>OBSERVACIONES:</b>							

Elaborado por: Rubén Perugachi

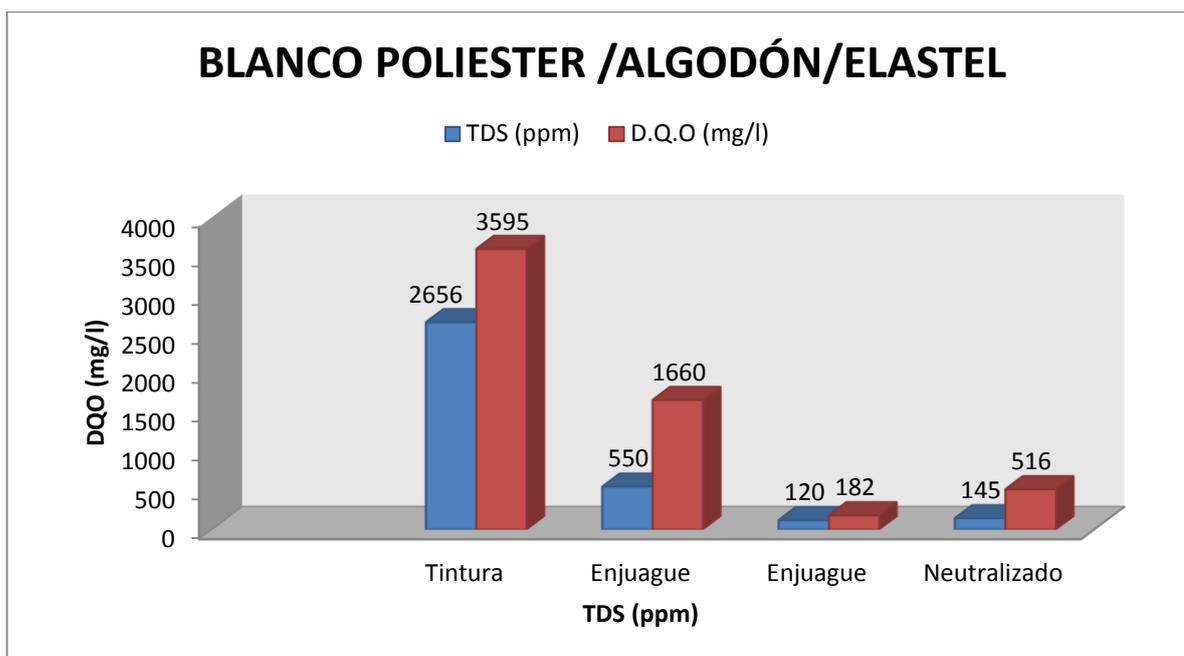


Gráfico 12. Resultado Demanda Química de Oxígeno y Sólidos Disueltos Totales de tono BLANCO en material poliéster/algodón/elastel

Elaborado por: Rubén Perugachi

### 6.2.2.1 ANÁLISIS

En la tabla 11 se muestra los productos utilizados en el proceso de blanqueo óptico en mezcla poliéster/algodón/elastel, los efluentes analizados, y los resultados de DQO Y TDS, donde se puede observar en el gráfico 12 que las aguas del proceso de tintura o blanqueo tienen una alta Demanda Química de Oxígeno de 3595 mg/l y un alto contenido de sólidos disueltos totales (conductividad) de 2656 ppm sigue influyendo la utilización de grandes cantidades de neutralizante, sosa cáustica y productos blanqueadores, en el primer enjuague disminuye a 1660 mg/l de DQO el cual representa al 46% en relación a la tintura y 550 ppm de TDS el cual representa el 20% en relación a la tintura, igual se aprecia en el segundo enjuague disminuye a 182 mg/l de DQO el cual representa el 5 % y 145 ppm de TDS el cual representa el 4 % en relación a la tintura, y por último en el proceso de neutralizado el DQO aumenta a 516 mg/l de DQO el cual representa el 14 % y así mismo aumentan los sólidos disueltos totales 145 ppm de TDS el cual representa el 5% en relación a la tintura, esto se debe al producto neutralizante.

### 6.2.3 BLANCO POLIÉSTER/ALGODÓN

Tabla 12. Resultado DQO y TDS de tono BLANCO en mezcla POLIESTER / ALGODÓN

REGISTRO DE ANÁLISIS							
MATERIAL: POLIESTER/ALGODÓN			TEJIDO:PUNTO		Muestra		
PESO: 429,38 Kg							
TONALIDAD: BLANCO							
BAÑO: 2500 litros			PROCESO: TINTURA				
PRODUCTOS UTILIZADOS	CANTIDADES UTILIZADAS		CANTIDAD EFLUENTE (ml)	EFLUENTE PERTENECIENTE A	CE (mS/cm)	TDS (ppm)	D.Q.O (mg/l)
	gr/l	%					
Estabilizador de peróxido	1		100	Tintura	4,71	3014	3520
Sosa Caustica	2		100	Enjuague	1,74	870	985
Blanqueador químico	3		100	Enjuague	0,57	285	416
Blanqueador óptico 1		0,25	100	Neutralizado	0,33	165	532
Blanqueador óptico 2		0,1					
Neutralizante	0,4						
<b>OBSERVACIONES:</b> Los enjuagues y neutralizado después de la tintura en este material se utilizó la cantidad de reactivos para intervalos de 100-1500 mg/l de DQO.							

Elaborador por: Rubén Perugachi

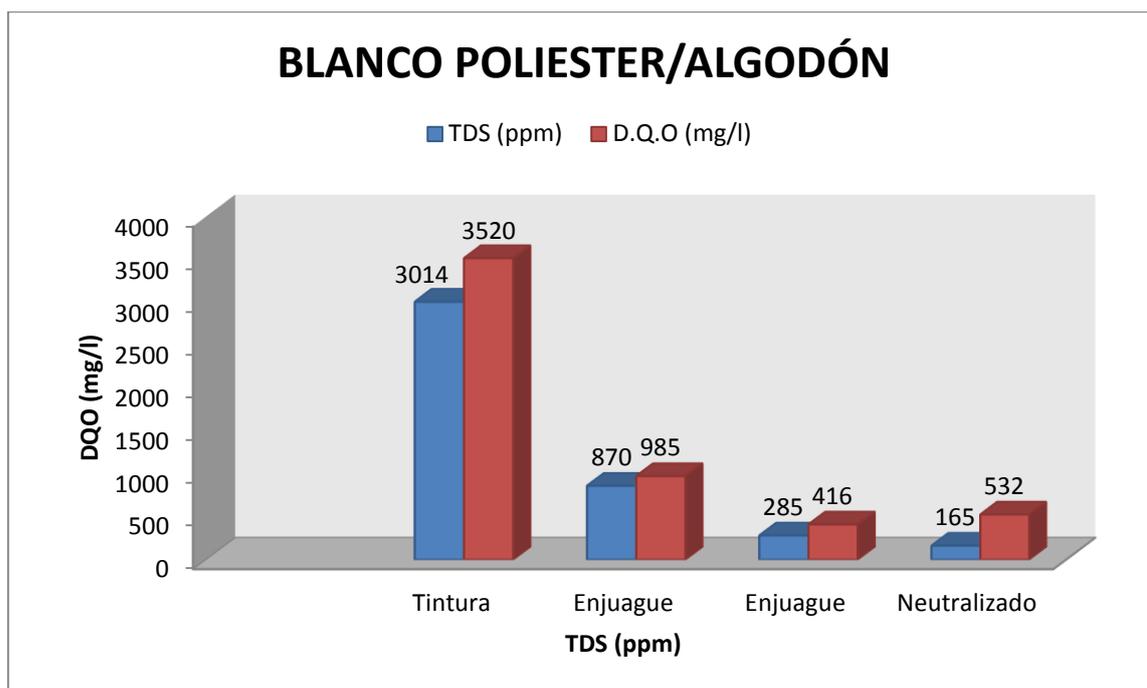


Gráfico 13. Resultado Demanda Química de Oxígeno y Total de Sólidos Disueltos de tono BLANCO en material poliéster/algodón

Elaborador por: Rubén Perugachi

#### 6.2.3.1 ANÁLISIS

En la tabla 12 se muestra los productos utilizados en el proceso de blanqueo óptico en mezcla poliéster/algodón (65/35) y los resultados de DQO Y TDS, donde se puede observar en el gráfico 13 que las aguas del proceso de tintura o blanqueo tienen una alta Demanda Química de Oxígeno de 3520 mg/l y un alto contenido de sólidos disueltos totales (conductividad) de 3014 ppm; la utilización de grandes cantidades de neutralizante, sosa cáustica y productos blanqueadores influye en los resultados, como se aprecia, en el primer enjuague disminuye a 985 mg/l de DQO el cual representa al 27 % en relación a la tintura y 870 ppm de TDS el cual representa el 28 % en relación a la tintura, igual se aprecia en el segundo enjuague disminuye a 416 mg/l de DQO el cual representa el 11 % y 285 ppm de TDS el cual representa el 9 % en relación a la tintura, y por último en el proceso de neutralizado el DQO aumenta a 532 mg/l de DQO el cual representa el 15 % pero disminuye los sólidos disueltos totales 145 ppm de TDS el cual representa el % en relación a la tintura.

## 6.2.4 BLANCO POLIÉSTER

Tabla 13. Resultado DQO y TDS de tono BLANCO en material POLIESTER 100%

REGISTRO DE ANÁLISIS							
MATERIAL: POLIESTER				TEJIDO: PUNTO		<b>Muestra</b>	
PESO: 375,70 Kg							
TONALIDAD: BLANCO							
BAÑO: 2200 litros				PROCESO: TINTURA			
PRODUCTOS UTILIZADOS	CANTIDADES UTILIZADAS		CANTIDAD EFLUENTE (ml)	EFLUENTE PERTENECIENTE A	CE (mS/cm)	TDS (ppm)	D.Q.O (mg/l)
	gr/l	%					
Detertex	1		100	Lavado previo	0,038	19	2915
Ácido acético	0,4		100	Enjuague	0,031	16	1846
Dispersol Jet	1		100	Tintura	0,11	55	1980
Europhor SFB		0,3	100	Enjuague	0,03	15	1988
Suavizante	2		100	Enjuague	0,0033	2	388
			100	Enjuague	0,0029	1	212
<b>OBSERVACIONES:</b>							

Elaborador por: Rubén Perugachi

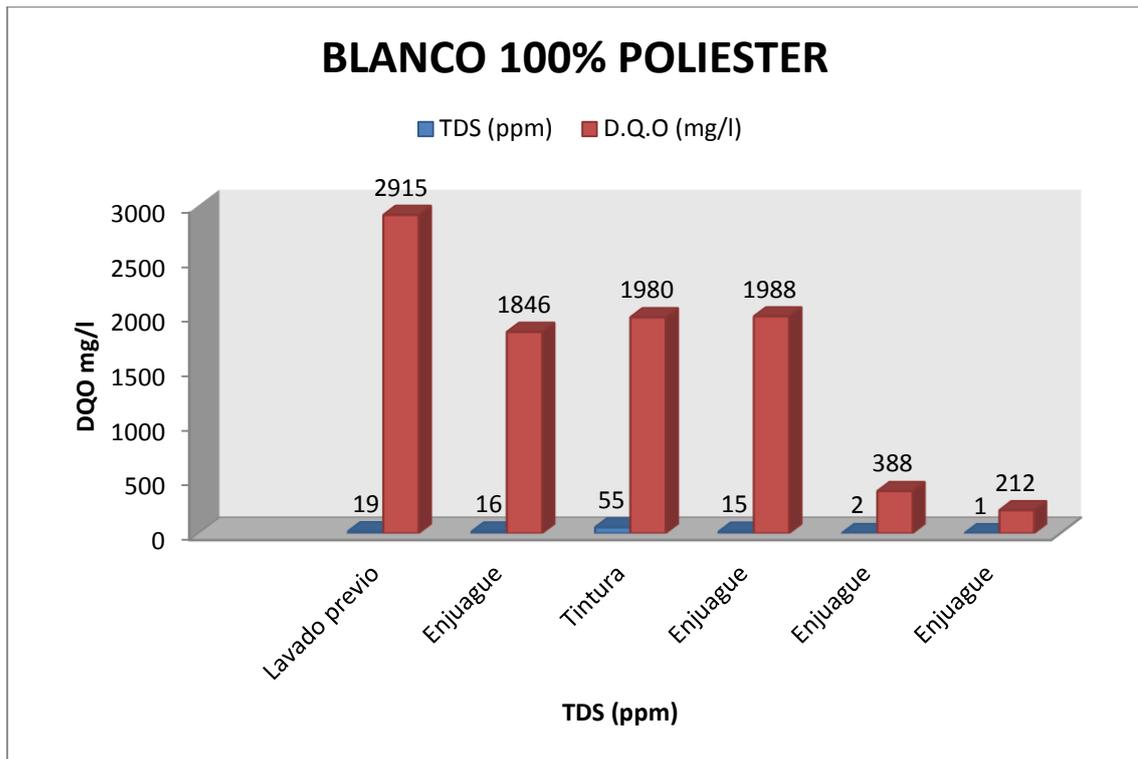


Gráfico 14. Resultado Demanda Química de Oxígeno y Sólidos Disueltos Totales de BLANCO en material 100 % poliéster

Elaborador por: Rubén Perugachi

#### 6.2.4.1 ANÁLISIS

En la tabla 13 se muestra los productos utilizados en el proceso de blanqueo óptico en material 100% poliéster ) y los resultados de DQO Y TDS, donde se puede observar en el gráfico 14 que las aguas del proceso de tintura o blanqueo tienen una alta Demanda Química de Oxígeno de 1980 mg/l pero las aguas de tintura en sí tienen muy poca conductividad o TDS 55 ppm; en el proceso de tintura el lavado previo realizado al poliéster únicamente con detergente es el proceso que aporta con mayor cantidad de DQO, pesar de que el detergente utilizado tiene baja DQO, esto se debe a que en el lavado del poliéster se elimina el aceite de avivaje lo que puede ocasionar la alta demanda química de oxígeno, y los demás baños se debe a que se utiliza grandes cantidades de neutralizante y producto blanqueado y la baja conductividad de los baños de tintura en este material se debe a que no se utiliza sosa cáustica.

## 6.2.5 AZUL PASTEL POLIÉSTER /ALGODÓN

Tabla 14. Resultado DQO y TDS de tono AZUL PASTEL en mezcla poliéster / algodón

REGISTRO DE ANÁLISIS							
MATERIAL: POLIESTER/ALGODÓN			TEJIDO:PUNTO		Muestra		
PESO: 441,54 Kg							
TONALIDAD: AZUL PASTEL							
BAÑO: 2700 litros		PROCESO: TINTURA					
PRODUCTOS UTILIZADOS	CANTIDADES UTILIZADAS		CANTIDAD EFLUENTE (ml)	EFLUENTE PERTENECIENTE A	CE (mS/cm)	TDS (ppm)	D.Q.O (mg/l)
	gr/l	%					
Sosa cáustica	1		100	Descrude	2,78	1779	2110
Blanqueador químico	1,2		100	Enjuague	1,05	525	805
Estabilizador de peróxido	0,6		100	Tintura PES/CO	3	1920	2105
Neutralizante	0,4		100	Enjuague	0,07	35	214
Dispersol Jet	1		100	Enjuague	0,07	35	178
Auxical CFE	1		100	Enjuague	0,097	49	52
Azul disperso 1		0,165	100	Fijado	0,093	47	NA
Azul disperso 2		0,0165					
Azul directo		0,086					
Quimifix	1						
Neutralizante	0,3						
<b>OBSERVACIONES:</b> La tintura de PES/CO se realiza en un solo baño.							

Elaborador por: Rubén Perugachi

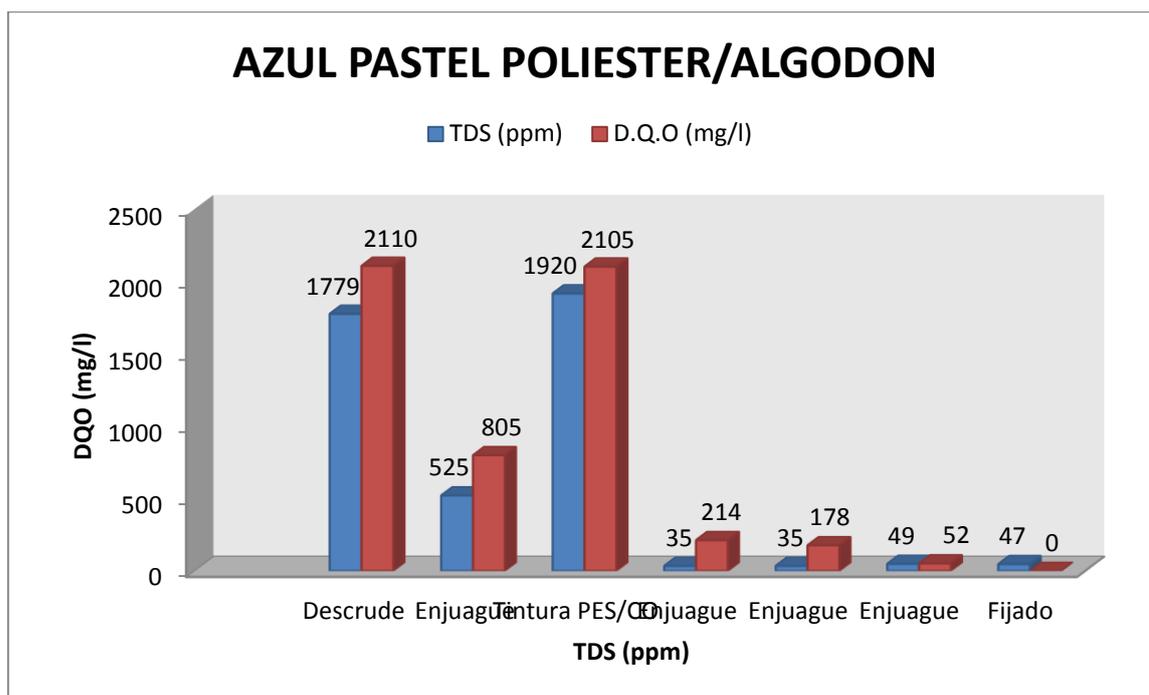


Gráfico 15. Resultado Demanda Química de Oxígeno y Sólidos Disueltos Totales de tono AZUL PASTEL en material poliéster / algodón

Elaborador por: Rubén Perugachi

### 6.2.5.1 ANÁLISIS

Los resultados obtenidos en la tabla 14 se puede notar que en el proceso de descrude y tintura casi aportan la misma demanda química de oxígeno y conductividad, esto se puede visualizar en el grafico 15, en sí la tintura de un tono azul pastel en mezcla poliéster/algodón tiene una alta demanda química de oxígeno y de la misma forma los sólidos disueltos totales (TDS) o conductividad, después de la tintura se realiza tres enjuagues en donde se nota la disminución del DQO y TDS, al realizar enjuagues calientes es muy efectivo ya que nos permite disolver las sales sódicas formadas en el baño, el proceso final es el fijado que tiene un bajo resultado esto es beneficioso ya que como ya no hay presencia de sales ni impurezas presentes en el baño y en sí en la tela solo afecta el producto.

## 6.2.6 AZUL MARINO ALGODÓN 100%

Tabla 15. Resultado DQO y TDS de tono AZUL MARINO en material algodón 100%

REGISTRO DE ANÁLISIS							
<b>MATERIAL:</b> ALGODON				<b>TEJIDO:</b> PUNTO		<b>Muestra</b>	
<b>PESO:</b> 186,30 Kg							
<b>TONALIDAD:</b> AZUL MARINO							
<b>BAÑO:</b> 2000 litros				<b>PROCESO:</b> TINTURA			
PRODUCTOS UTILIZADOS	CANTIDADES UTILIZADAS		CANTIDAD EFLUENTE (ml)	EFLUENTE PERTENECIENTE A	CE (mS/cm)	TDS (ppm)	D.Q.O (mg/l)
	gr/l	%					
Sosa cáustica	1		100	Descrude	3,79	2426	2840
Blanqueador químico	1,2		100	Enjuague	0,85	425	804
Estabilizador de peróxido	0,5		100	Lavado con detergente y acido	0,63	315	806
Detergente	0,5		100	Enjuague	0,18	90	210
Ácido acético	0,5		100	Tintura	39,64	25370	1715
Humectante	3		100	Enjuague	18,33	11731	NA
Forsec 2T	1		100	Enjuague	5,18	3315	380
Secuestrante dispersante	2		100	Enjuague	1,43	715	NA
Marino reactivo		3,5	100	Enjuague	0,35	175	NA
Rojo reactivo		0,3	100	Enjuague	0,19	95	NA
Negro reactivo		1,5 6	100	Enjuague	0,05	25	NA
Electrolito	50		100	Enjuague	0,03	15	NA
Álcali débil	10		100	Fijado	0,07	35	20
Álcali fuerte	0,4						
Neutralizante	0,3						
Detergente	1						
Fijador	1						
Neutralizante	0,5						
<b>OBSERVACIONES:</b>							

Elaborador por: Rubén Perugachi

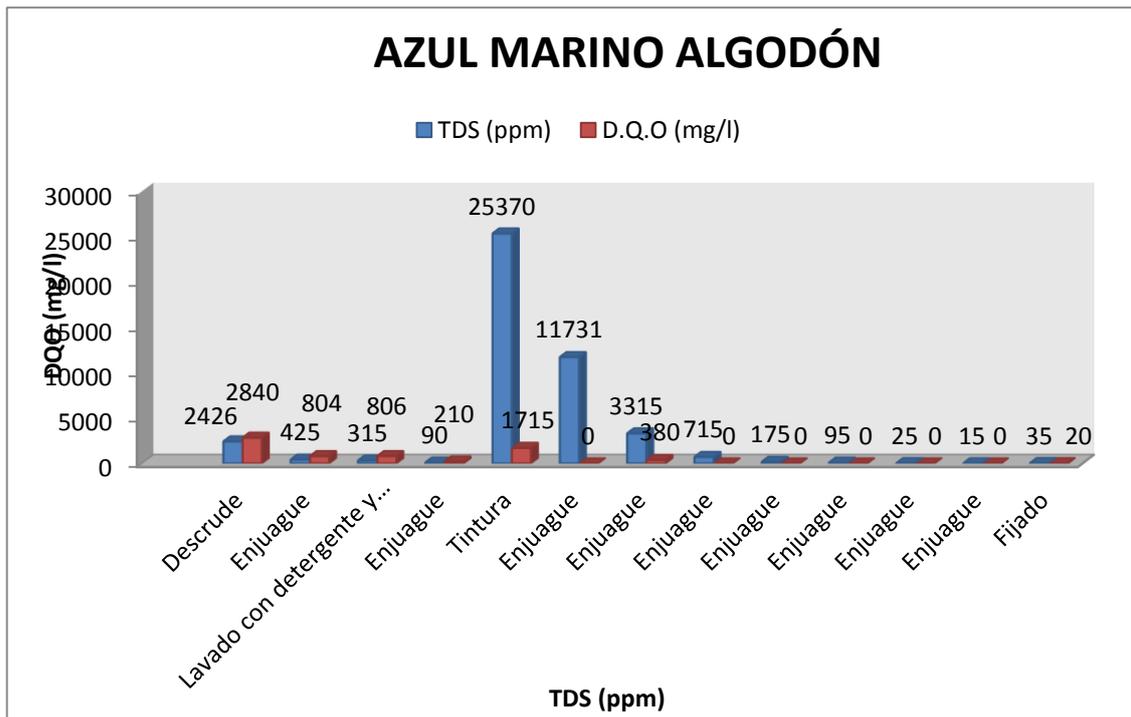


Gráfico 16. Resultado Demanda Química de Oxígeno y Sólidos Disueltos Totales de tono azul marino en material algodón 100%

Elaborador por: Rubén Perugachi

#### 6.2.6.1 ANÁLISIS

En el gráfico 16 se visualiza los resultados obtenidos detallados en la tabla 15, en donde la tintura de algodón en un tono intenso como es el azul marino aportan con una alta demanda química de oxígeno y sólidos disueltos totales o conductividad; como se puede notar en el baño de tintura la conductividad eléctrica es más alta que la demanda química de oxígeno y justamente es por la alta cantidad de electrolito utilizado para el intercambio iónico en la tintura, pero después de la tintura al realizar los enjuagues respectivos con detergente, agua caliente, que son lavados intensos para eliminar el resto de colorante hidrolizado y cualquier impureza presente genera que la demanda química de oxígeno y conductividad disminuya.

## 6.2.7 VINO POLIÉSTER / ALGODÓN

Tabla 16. Resultado DQO y TDS de tono VINO en mezcla poliéster/algodón

REGISTRO DE ANÁLISIS							
MATERIAL: POLIESTER/ALGODÓN			TEJIDO: PUNTO		Muestra		
PESO: 291,45 Kg							
TONALIDAD: VINO							
BAÑO: 2000 litros		PROCESO: TINTURA					
PRODUCTOS UTILIZADOS	CANTIDADES UTILIZADAS		CANTIDAD EFLUENTE (ml)	EFLUENTE PERTENECIENTE A	CE (mS/cm)	TDS (ppm)	D.Q.O (mg/l)
	gr/l	%					
Sosa cáustica	1		100	Descrude	5,3	3392	3055
Blanqueador químico	1,2		100	Enjuague	2,62	1677	976
Estabilizador de peróxido	0,5		100	Tintura. PES	0,69	345	1715
Emultex	0,5		100	Enjuague	0,12	60	416
Ácido acético	0,4		100	Tintura CO	30,88	19763	1875
Dispersol JET	1		100	Enjuague	16,6	10624	NA
Rojo disperso		0,65	100	Enjuague	4,65	2976	332
Azul marino disperso		0,08	100	Enjuague	1,35	675	380
Amarillo disperso		0,13	100	Enjuague	0,33	165	NA
Auxical CFE	1		100	Enjuague	0,08	40	NA
Rojo terafix		0,95	100	Enjuague	0,06	30	NA
Naranja terafix		0,50	100	Enjuague	0,02	10	NA
Marino reactivo		0,18	100	Enjuague	0,0091	5	NA
Electrolito	40		100	Fijado	0,04	20	56
Álcali débil	10						
Álcali fuerte	0,4						
Ácido acético	0,25						
Detergente	1						
Fijador	1						
Neutralizante	0,2						
<b>OBSERVACIONES:</b>							

Elaborador por: Rubén Perugachi

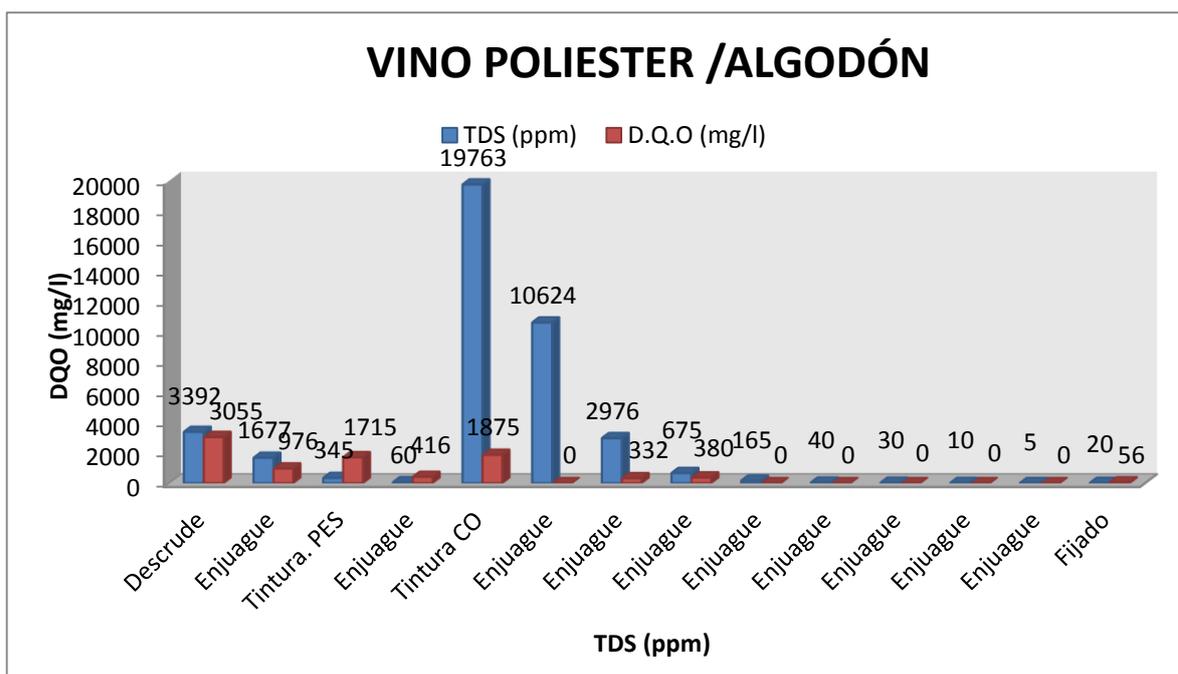


Gráfico 17. **Demanda Química de Oxígeno y Sólidos Disueltos Totales de tono VINO en material**

**Poliéster/algodón**

Elaborador por: Rubén Perugachi

#### 6.2.7.1 ANÁLISIS

En el gráfico 17 se muestra los resultados de un tono vino en mezcla poliéster/algodón, como se puede apreciar se obtuvo en el descrude, enjuague después del descrude, tintura del algodón y enjuague después de la tintura, la conductividad es más alta que la demanda química de oxígeno, básicamente influye en conductividad la sosa cáustica que es un álcali fuerte que se utiliza tanto en el descrude como en la tintura y el electrolito utilizado en la tintura, el resultado obtenido de DQO que es en alta cantidad tanto en el descrude, tintura de poliéster, tintura de algodón es por el producto neutralizante, en el segundo enjuague el DQO sigue siendo alto debido al detergente utilizado, los enjuagues posteriores permiten verificar como se disminuye el DQO y la conductividad disminuye a cero, pero en el fijado debido al producto fijador esta aumenta pero es mínimo el resultado.

## 6.2.8 AZUL ELÉCTRICO POLIÉSTER / ALGODÓN

Tabla 17. Resultado DQO y TDS de tono AZUL ELÉCTRICO en mezcla poliéster/algodón

REGISTRO DE ANÁLISIS							
MATERIAL: POLIESTER/ALGODÓN			TEJIDO:PUNTO		<b>Muestra</b>		
PESO: 320,19 Kg							
TONALIDAD: AZUL ELÉCTRICO							
BAÑO: 2000 litros			PROCESO: TINTURA				
PRODUCTOS UTILIZADOS	CANTIDADES UTILIZADAS		CANTIDAD EFLUENTE (ml)	EFLUENTE PERTENECIENTE A	CE (mS/cm)	TDS (ppm)	D.Q.O (mg/l)
	gr/l	%					
Sosa cáustica	1		100	Descrude	3,35	2144	3330
Blanqueador químico	1,2		100	Enjuague	1,1	550	2080
Estabilizador de peróxido	0,6		100	Tintura PES	0,61	305	1870
Gamacid	0,35		100	Enjuague	0,12	60	492
Dispersol Jet	1		100	Tintura CO	38	24320	1675
Azul turquesa disperso		0,165	100	Enjuague	19,25	12320	1070
Azul disperso		0,726					
Forsec 2T	1						
Auxical CFE	1,5						
Azul Jakasol		1,70					
Electrolito	45						
Álcali débil	20						
Álcali fuerte	0,2						
<b>OBSERVACIONES:</b>							

Elaborador por: Rubén Perugachi

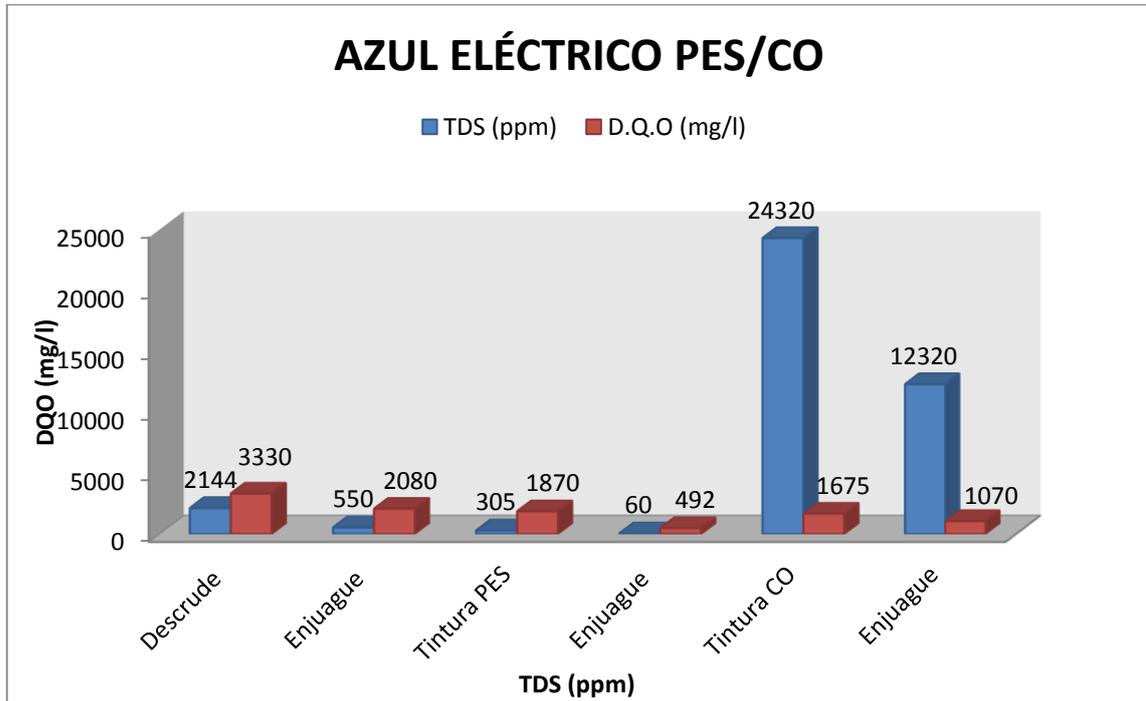


Gráfico 18. Resultado Demanda Química de Oxígeno y Sólidos Disueltos Totales de TONO AZUL ELÉCTRICO en material algodón 100%  
Elaborador por: Rubén Perugachi

### 6.2.8.1 ANÁLISIS

En el gráfico 18 se visualiza los resultados obtenidos de la demanda química de oxígeno hasta el primer enjuague después de la tinte, aquí permite observar que el descruce sigue teniendo alta demanda química de oxígeno que cualquier otro baño de tinte, aquí se puede apreciar que la el baño de tinte del poliéster tiene mayor demanda química de oxígeno que el baño de tinte de algodón, pero en sólidos disueltos totales o conductividad la tinte del algodón es más alto que el poliéster, y como se ha mencionado en los anteriores análisis que se deben a los productos utilizados, aquí no se realizaron los análisis de los enjuagues posteriores.

## 6.2.9 DETERMINACIÓN DEL DQO Y TDS EN DIFERENTES TONALIDADES.

Tabla 18. Resultado comparativo del DQO y TDS en diferentes tonalidades

TONO	MATERIAL	PESO (Kg)	BAÑO	CE (mS/cm)	TDS (ppm)	DQO mg/l	MUESTRA
BLANCO	PES/CO	408,36	2500	1,83	915	1318	
BLANCO	CO	407,58	2500	2,29	1466	1952	
BLANCO	PES/CO/LY	250,40	2000	1,33	665	1855	
BLANCO	PES	315,70	2200	0,11	55	1496	
GRIS	PES/CO	244,05	2500	6,4	4096	2895	
FUCSIA	PES/CO	246,64	2000	6,61	4230	670	
AZUL MARINO	PES/CO	257,92	2000	8,29	5305	494	
AZUL MARINO	CO	186,3	2000	9,95	6368	634	
AGUA MARINA	PES/CO	412,85	2500	0,24	120	396	
CAFÉ	PES/CO/LY	213	2000	1,22	610	1890	
AZUL PASTEL	PES/CO	441,54	2700	0,88	440	1980	
PAPAYA	PES/CO	389,65	2500	0,67	335	784	
CELESTE	PES/CO	422,68	2500	0,88	440	872	
VINO	PES/CO	291,45	2000	7,14	4570	636	
AZUL ELÉCTRICO	PES/CO	320,19	2000	17,17	10989	2290	

Elaborador por: Rubén Perugachi

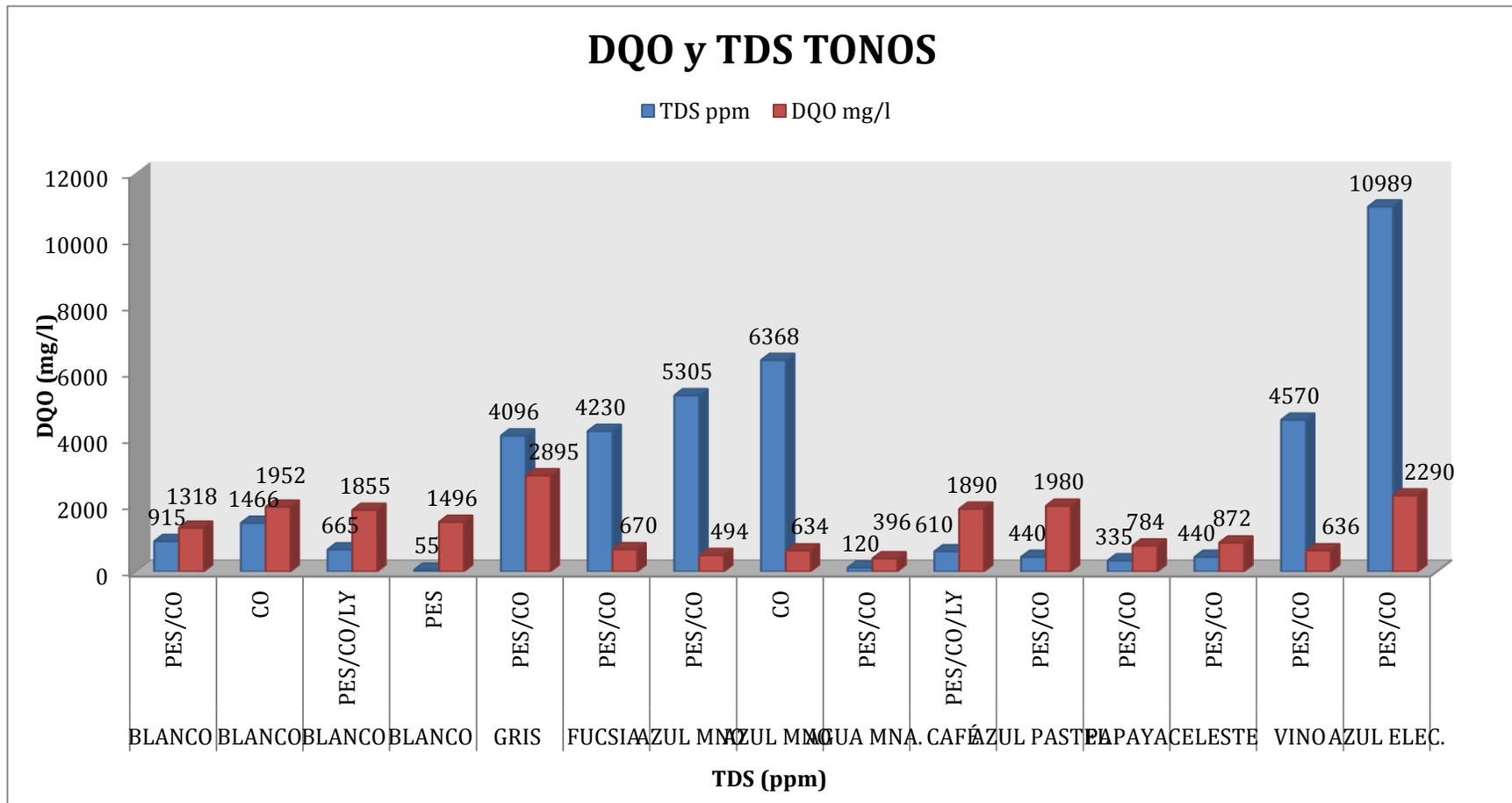


Gráfico 19. Resultado Demanda Química de Oxígeno y Sólidos Disueltos Totales de diferentes tonalidades.

Elaborador por: Rubén Perugachi

### 6.2.9.1 ANÁLISIS

En el gráfico 19 se visualiza los resultados obtenidos en la tabla 18 y se indica que dentro de las tonalidades en blanco, el que tiene mayor demanda química y conductividad es el material algodón, seguidamente en mezcla Poliéster/algodón/elastano, entre un blanco poliéster/algodón y un blanco 100% algodón el poliéster tiene mayor demanda química de oxígeno pero el baño del blanco poliéster/algodón tiene mayor conductividad que el blanco 100% poliéster. Entre las tonalidades tenemos que el gris y el azul eléctrico en mezcla poliéster/algodón, son los que tienen mayor demanda química de oxígeno, que los tonos azul marino en material 100% algodón, azul marino, café, vino, agua marina, papaya, celeste en mezcla poliéster algodón; el azul pastel en mezcla PES/CO tiene mayor DQO que el papaya y celeste en mezcla PES/CO, el Agua marina en mezcla pes/es el tono con menor demanda química de oxígeno

Referente a los Sólidos Disueltos Totales o conductividad eléctrica tenemos que los baños de tintura de los blanco 100% algodón y azul marino 100% algodón son las aguas con mayor sólidos disueltos totales, entre los baños de tintura del azul marino y el vino en mezclas PES/CO tienen más sólidos disueltos totales que el gris y fucsia en mezcla PES/CO, el baño de tintura del tono agua marina es el que tiene menor sólidos disueltos totales y demanda química de oxígeno.

### 6.3 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y CONDUCTIVIDAD PLANTA DE TRATAMIENTO

Tabla 19. Resultados de la evaluación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Disueltos Totales (TDS) en la planta de tratamiento de aguas residuales

**DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO Y CONDUCTIVIDAD PLANTA DE TRATAMIENTO**

VOLTAJE (V)	INTENSIDAD (A)	POTENCIA (W)	H <sub>2</sub> O (ml)	CE (i) (mS/cm)	TDS (i) (ppm)	D.Q.O. (i) (mg/l)	CE (f) (mS/cm)	TDS (f) (ppm)	D.Q.O. (f) (mg/l)	pH (i)	pH (f)	EFICIENCIA (%)
60	55	3300	100	19,88	12723	724	3,21	2054	118	12	9	83,70
68	50	3400	100	11,07	7084	680	10,91	6982	354	11	10	47
72	34	2448	100	5,25	3360	528	4,55	2912	106	9	7	79,92
74	47	3478	100	8,30	5312	612	7,88	5043	140	9,5	7	77,12
70	47	3290	100	10,44	6682	374	9,88	6323	172	10	8	54,01
65	52	3380	100	11,27	7213	528	10,73	6867	124	10	8	76,51
59	46	2714	100	11,50	7360	546	11,20	7168	206	10	9,5	62,27
50	31	1550	100	11,24	7194	482	11,27	7212	238	10	9,5	50,62
72	59	4248	100	10,27	6573	662	11,85	7584	412	11	10	37,76
50	32	1600	100	8,42	5389	572	8,68	5555	286	10,5	9	50
78	57	4446	100	8,15	5216	472	8,13	5203	258	10,5	10	45
57	42.5	2422	100	10,55	6752	648	10,74	6874	220	10,2	9,6	66,04
60	35.5	2130	100	8,98	5747	630	9,43	6035	152	10	9	75,87
73	55	4015	100	8,41	5382	690	8,48	5427	196	9,8	9,2	71,59
80	61	4880	100	8,49	5434	800	8,63	5523	150	10	8	81,25
80	126	10080	100	7,41	4742	904	14,99	9594	314	10,5	10	65
72	67.5	4860	100	11,58	7411	552	10,71	6854	272	9,5	7,5	50,7
64	38.5	2464	100	7,12	4557	354	7,33	4691	214	10	7,5	39,55

72	67	4824	100	9.75	6240	438	9.65	6176	154	9.7	8.90	64.8
73	66	4818	100	9.74	6234	348	9.61	6150	164	9.6	8.77	52.87
67	55.5	3718	100	9.14	5850	412	6.65	4256	182	9.7	8.60	55.82
60	56	3360	100	9.27	5933	432	9.24	5914	182	11.1	8.10	57.87
72	67.5	4860	100	9.71	6214	460	9.54	6106	172	10.6	7.42	62.60
70	87	6090	100	14.40	9216	600	11.84	7578	222	11	10	63
60	75	4500	100	10.60	6784	412	12.82	8205	240	10.83	8.5	41
50	37	1850	100	8.85	5664	330	11.82	7565	174	10.64	8.5	47
75	23	1725	100	2.60	1664	742	2.70	1728	428	9	8.5	42
40	32	1280	100	8.54	5466	461	3.72	2381	297	10.72	7.5	36
50	32	1600	100	5.55	3552	408	6.13	3923	219	10.10	7.5	41
60	30	1800	100	5.61	3590	370	5.30	3392	261	10.11	7.5	30
70	46	3220	100	5.97	3821	469	6.90	4416	230	10.15	7.5	51
80	36	2880	100	1.50	960	557	3.84	2458	321	9.8	7	42
40	32	1280	100	7.11	4550	663	5.56	3558	339	10.34	7.5	49
40	15	600	100	5.97	3821	386	2.35	1504	116	10.11	7	70
60	32	1920	100	6.48	4147	348	6.89	4410	212	10.09	7	40
60	26	1560	100	5.34	3418	764	5.45	3488	422	9.91	7.5	45
77	30	2100	100	5.57	3565	732	5.82	3725	306	9.79	7	59

**Elaborador por:** Rubén Perugachi

Tabla 20. Promedio, la media y la desviación estándar

DATOS	PROMEDIO	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Voltaje	64,32	67	11.38
Intensidad de corriente	47,54	46	21,94
Potencia	3207,83	3220	1759
Sólidos Disueltos Totales (f)	5266	5523	1982
Demanda química de oxígeno (f)	231,70	219	86

**Elaborador por:** Rubén Perugachi

### 6.3.1 ANÁLISIS GENERAL DE RESULTADOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

En la tabla 20 se muestra el promedio, la media y la desviación estándar de los ensayos o análisis plasmados en la tabla 19; como se puede observar en la planta de tratamiento para realizar una eficaz depuración de las aguas de tintura se necesita como promedio en voltaje de 64,32 Voltios dando como resultado final en demanda química de oxígeno 231,70 mg/l y sólidos disueltos totales de 5266, esto nos permite entender que los baños de tintura son altamente conductivas. Lo cual la empresa TEXTILES TORNASOL está dentro de parámetros y cumple con los límites permitidos para las descargas líquidas de las actividades industriales referentes al sector textil.

En el siguiente gráfico se muestra la relación entre el voltaje y la demanda química de oxígeno:

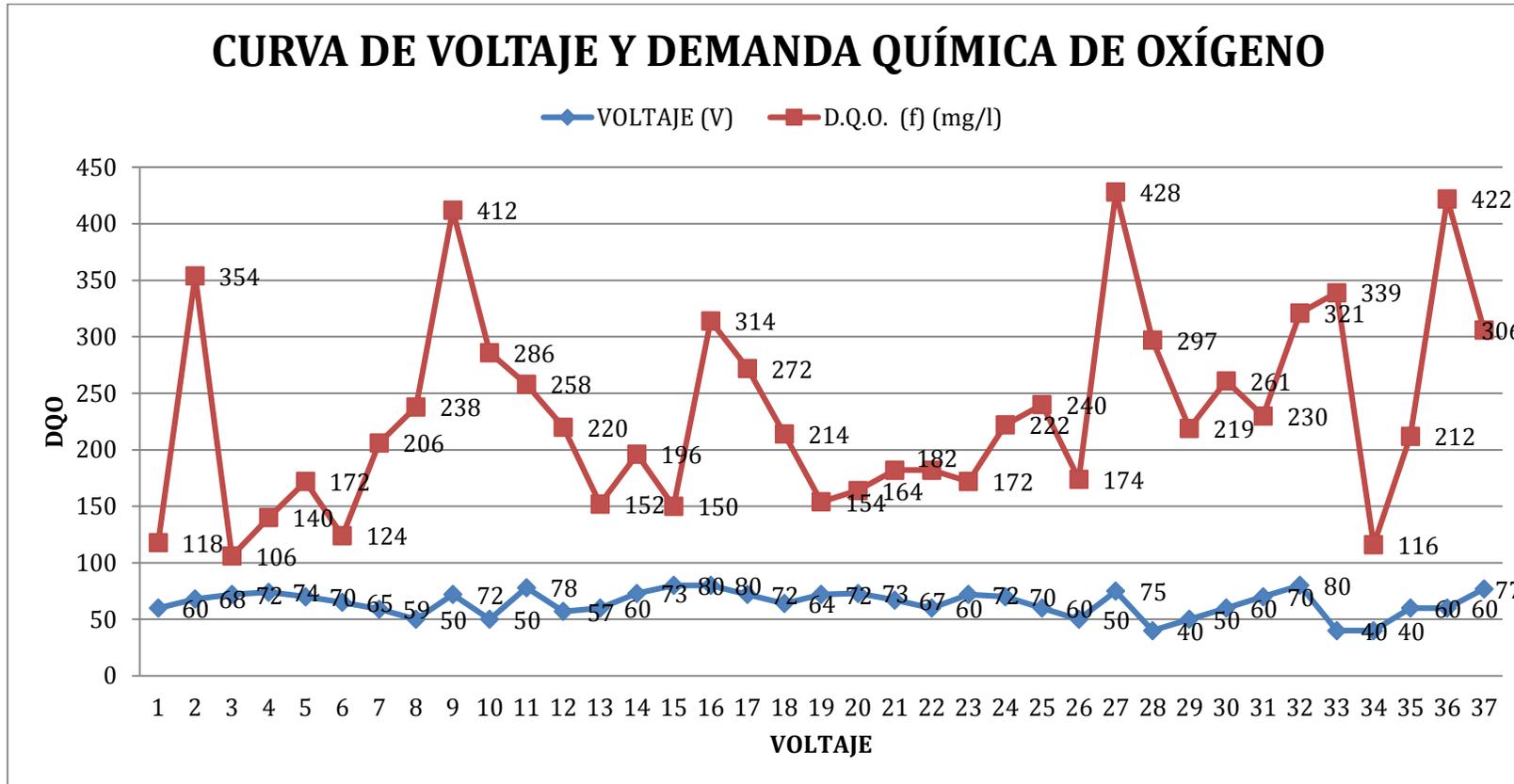


Gráfico 20. Curva de relación Demanda Química de Oxígeno y Voltaje de la plata de tratamiento de aguas residuales

Elaborador por: Rubén Perugachi

### **6.3.2 ANÁLISIS DE LA CURVA DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y VOLTAJE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.**

En el *gráfico 20* se muestra la relación entre el voltaje y DQO, según estudios anteriores, la planta de tratamiento de aguas se trabajaba con promedio máximo de 40 voltios, lo que el tratamiento no era eficiente y daba como resultado de análisis de DQO demasiado alto, ya que no se tenía un rango establecido de acuerdo al DQO, por lo tanto en la gráfica según los datos proporcionados en los diferentes análisis, se puede ya establecer un rango eficaz como es el de 60-70 voltios permitiendo mejorar el tratamiento de aguas residuales y estar dentro de los parámetros establecidos en la resolución 213, se ha logrado también obtener una eficiencia del 83% pero la eficiencia depende directamente de la presencia de materia orgánica presente en el agua, ya que se pueden alcanzar valores dentro de parámetros incluso hasta del 40% de eficiencia.

Los picos altos de demanda química de oxígeno se debe a que en los análisis de laboratorio que se realizó existía en el efluente residual presencia de materia en suspensión, presencia de óxido provenientes de las placas del sistema de electrocoagulación.

## CAPÍTULO VII

### 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 CONCLUSIONES

- El ÁCIDO ACÉTICO con 2410 mg/l de DQO y el TEBOLAN con 2150 mg/l de DQO son los productos con mayor demanda química de oxígeno y la SOSA CÁUSTICA CON 52mg/l de DQO y el FLOLAIN LUB 100 con 84 mg/l de DQO son los productos con menor demanda química de oxígeno.
- La SOSA CÁUSTICA con 3398 ppm de TDS y el CLORURO DE SODIO con 910 ppm de TDS son los productos con mayor conductividad eléctrica y el EMULTEX C con 1 ppm de TDS y el AUXICAL con 10 ppm de TDS son los productos con menor conductividad eléctrica.
- La tintura de color blanco en material algodón 100% con 3755 mg/l de DQO tiene mayor aporte a la contaminación y mayor cantidad de sólidos disueltos totales de 3123 ppm, esto se debe a que se utiliza gran cantidad de productos neutralizante 0,5 g/l, álcali fuerte 2g/l y producto blanqueador 5 g/l.
- Las tonalidades gris con 2895 mg/l de DQO, el azul eléctrico con 2290 mg/l de DQO, el azul pastel con 1980 mg/l de DQO y el café medio con 1890 mg/l de DQO en material poliéster/algodón son las tonalidades que mayor demanda química aportan a las aguas residuales
- Las tonalidades azul eléctrico con 10989 ppm de TDS, azul marino en poliéster algodón con 5305 ppm de TDS, vino con 4570 ppm de TDS, fuxia con 4230 ppm de TDS y gris con 4096 ppm de TDS en material poliéster/algodón y azul marino en algodón 100% con 6368 de TDS son las tonalidades que tienen mayor conductividad eléctrica en sus aguas residuales.
- Los enjuagues posteriores realizados después del proceso de descruce, tintura y fijación del colorante en la fibra disminuye la demanda química de oxígeno en un 40% y los sólidos disueltos totales en un 20% en relación a la tintura, esto se debe a que el ácido acético reacciona con la sosa cáustica formando así una sal sódica conocida como acetato de sodio, es una sal que se disuelve con facilidad en presencia del agua.

- El rango eficaz de calibración en la planta de tratamiento de aguas residuales es trabajar con voltaje de 60 a 70 voltios con intensidad de corriente de 47 amperios, permitiendo obtener 231,70 mg/l de demanda química de oxígeno permitiendo cumplir con la resolución 213 que permite el vertimiento de aguas residuales al alcantarillado menor a 500 mg/l de demanda química de oxígeno pero referente a sólidos disueltos totales esta fuera del límite es decir sobrepasa los 1600 ppm.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a la empresa la realización del análisis de la demanda química de oxígeno y sólidos disueltos totales de los productos antes de ser utilizados en el proceso de tintura y poder sustituir al ÁCIDO ACÉTICO y el TEBOLAN que son los productos con mayor demanda química de oxígeno y la SOSA CÁUSTICA y el CLORURO DE SODIO que son los productos con mayor conductividad eléctrica.
- Se recomienda a la empresa la realización de una reingeniería de procesos de tintura tanto para material algodón 100%, poliéster y sus mezclas, tanto en colores blancos y tonalidades bajos y medios, esto permitirá la disminución de la demanda química de oxígeno y sólidos disueltos totales y en si la mejora del tratamiento de aguas residuales.
- Se recomienda antes de la toma de muestra verificar las placas de electrocoagulación de la planta de tratamiento que estén limpias ya que la muestra puede contener residuos de óxido en suspensión esto influirá en el análisis de laboratorio proporcionando información errónea.
- Se recomienda programar en el rectificador de corriente de la planta de tratamiento de aguas de 60-70 voltios y 47 amperios lo que permitirá obtener resultados de 231,70 mg/l de DQO cumpliendo con la resolución 213 que permite el vertido de aguas residuales menores a 500 mg/l de DQO.
- Se recomienda el desarrollo y aplicación de tecnologías orientadas a la reutilización de las aguas de tintura, especialmente las aguas utilizadas para los enjuagues en frío y enfriamiento continuo de la máquina cuando finalizan los procesos de tintura.
- Se recomienda a las empresas textiles dedicadas a la tintura tomar como ejemplo esta investigación y aplicarlo, esto ayudará a la selección de los productos que beneficien sus procesos y reduzcan la contaminación de las aguas residuales del baño de tintura.

## BIBLIOGRAFÍA

- GILABERT, E. (2002) Química Textil: Materiales textiles. España: Edición Universidad Politécnica de Valencia. Tomo I
- GILABERT, E. (2003) Química Textil: Materiales textiles. España: Edición Universidad Politécnica de Valencia. Tomo II
- Eduardo, P. (2003) Planificación y Control de la Producción en Textiles Tornasol, (tesis de grado) UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL. Ecuador
- Nelson, M. (1998) GUÍA TEXTIL EN EL ACABADO II. UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE. Ecuador: Segunda Edición.
- MINVERVA. J. (2009) Manual de prácticas de laboratorio de química ambiental. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL. México
- Amparo, M. (2011) Diseño e implementación de una planta piloto para remoción de DQO de aguas residuales de la industria textil, utilizando el inóculo microbiano nativo i5) ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO. Ecuador
- Trinidad, O. (1995). Manual de análisis de aguas. INSTITUTO TECNOLÓGICO BIOQUÍMICA. Perú
- Marco, A. (2010) La práctica de la tintura de fibras celulósicas y de poliéster y sus mezclas.. España: Primera edición
- Victor, P. (2010) Manual de Técnicas Analíticas para Aguas Residuales. INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS. Cuba: Ediciones INCA
- Fidel, L. (2012). La industria textil y su control de calidad: tintorería.
- LAVADO, Fidel. La industria textil y su control de calidad, tintorería. Perú: versión 1
- Javier, J. (2012) Diseño y construcción de un reactor de electrocoagulación para el estudio de tratamiento de agua residual de tintura y acabado textil (tesis de Grado) UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE. Ecuador
- Manual nova 60 (2013) métodos de análisis spectroquant. Recuperado de: [http://es.scribd.com/doc/113808919/Manual-Nova-60TEST\\_FOTOMETRO\\_NOVA](http://es.scribd.com/doc/113808919/Manual-Nova-60TEST_FOTOMETRO_NOVA).

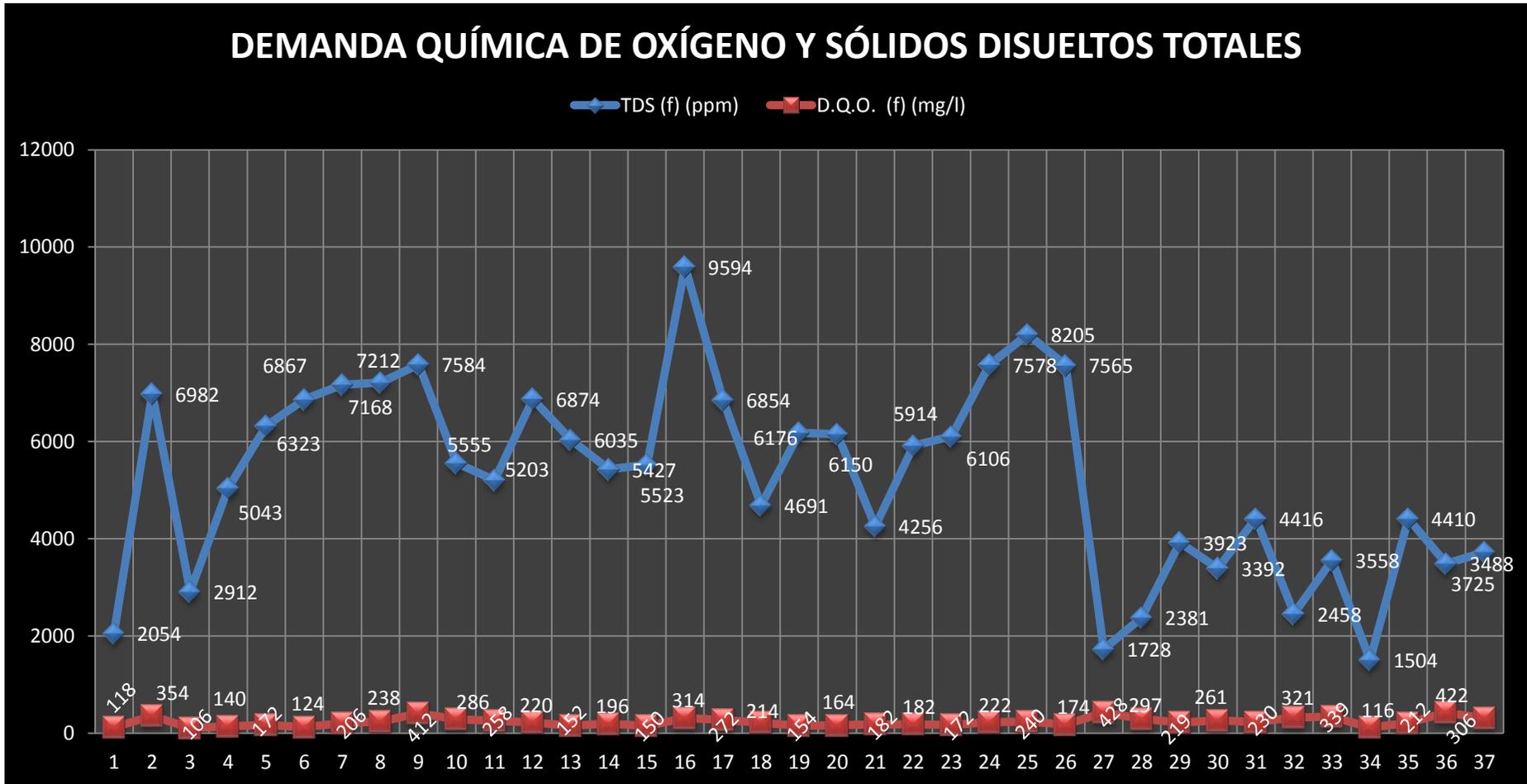
## LINKOGRAFÍA

- Antonio, J. (2011) El agua. Recuperado de <http://www.ugr.es/~mota/Parte2-Tema05.pdf>
- Rodríguez, A. (Agosto, 2013) Parámetros y características de las aguas naturales. Recuperado de <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/parametros1.pdf>
- Proyecto GNOME. (2011). Recuperado de [http://galeon.com/procalidadambiental/Articulo\\_web/anal\\_aguas\\_ss.doc](http://galeon.com/procalidadambiental/Articulo_web/anal_aguas_ss.doc).
- Universidad Nacional, (2012) Técnicas de muestreo y análisis e interpretación de datos de datos recuperado de <http://unrn.edu.ar/blogs/taid/files/2012/08/lab-3-dbo-y-dqo.pdf>
- Jorge, A. (2005). Tratamiento de las aguas residuales. Recuperado de [http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/ingenieria\\_sanitaria\\_a4\\_capitulo\\_06\\_tratamiento\\_de\\_aguas.pdf](http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/ingenieria_sanitaria_a4_capitulo_06_tratamiento_de_aguas.pdf).
- Isaac, C. (2012). Determinación de la Demanda Química de Oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/95798447/DQO>
- Paulina, S. (2011). Sistemas de drenaje de aguas de riego. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16084/4/sistemas%20de%20drenajes%20y%20agua%20de%20riego%20en%20la%20cuenca%20alta,%20media%20y%20baja%20del%20rio%20valdivia.ps>.
- Eduardo, R. (2013). Preparación y análisis de muestras de agua. Recuperado de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358004/modulo\\_preparacion\\_y\\_analisis\\_de\\_muestras\\_de\\_agua.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358004/modulo_preparacion_y_analisis_de_muestras_de_agua.pdf)
- Carlos, L. (2009). Estandarización y validación de una técnica para medición de la demanda bioquímica de oxígeno por el método respiro métrico y la demanda química de oxígeno por el método colorimétrico. Recuperado de <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc10206/doc10206-0.pdf>

- Infoagro, España (2014). La conductividad eléctrica. Recuperado de [http://www.infoagro.com/instrumentos\\_medida/doc\\_conductividad\\_electrica.asp?k=53](http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_conductividad_electrica.asp?k=53).
- Almaza, L. (2012). Tratamiento de aguas residuales. Recuperado de <http://www.slideshare.net/lobezno81/tratamiento-de-aguas-residuales-11206028>.
- Arturo, C. (2013) Espectrofotometría. Recuperado de <http://perso.wanadoo.es/sergioram1/espectrofotometria.htm>.
- <http://www.umass.edu/tei/mwwp/acrobat/sm9010-40intro.PDF>. (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. (1998). American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation. Washington DC, USA. 20<sup>th</sup> Edition.
- Cliff, K., (s.a) Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Diseño de programas de muestreo y medición 2-9. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/010439/010439-02.pdf>.
- Manual nova 60 (2013) métodos de análisis spectroquant. Recuperado de: [http://es.scribd.com/doc/113808919/Manual-Nova-60TEST\\_FOTÓMETRO\\_NOVA](http://es.scribd.com/doc/113808919/Manual-Nova-60TEST_FOTÓMETRO_NOVA)

# ANEXOS

ANEXO 1.- CURVA DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO



## ANEXO 2.- EQUIPOS DE LABORATORIO

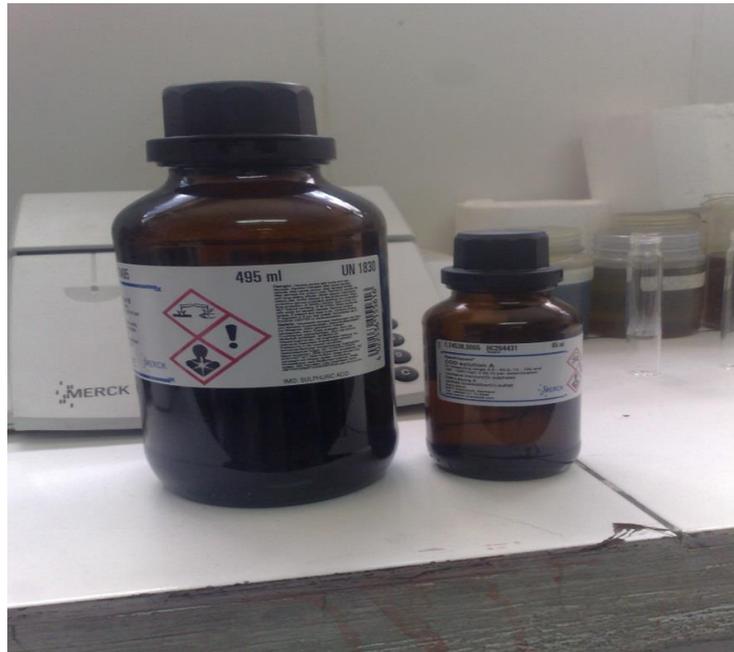


**EQUIPO SPECTROQUANT TR 320**



**EQUIPO ESPECTROFOTÓMETRO NOVA 60 MERCK**

## REACTIVOS



**DICROMATO DE POTASIO + ACIDO SULFURICO (Botella grande) y SULFATO DE MERCURIO (botella pequeña)**



**MEDIDOR DE CONDUCTIVIDAD**

### ANEXO 3.- SITIO 1- TINTORERÍA



**Máquinas de tintura**

**ANEXO 4.- SITIO 2- PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**





**Sistema de electrocoagulación**

**Rectificador de corriente**

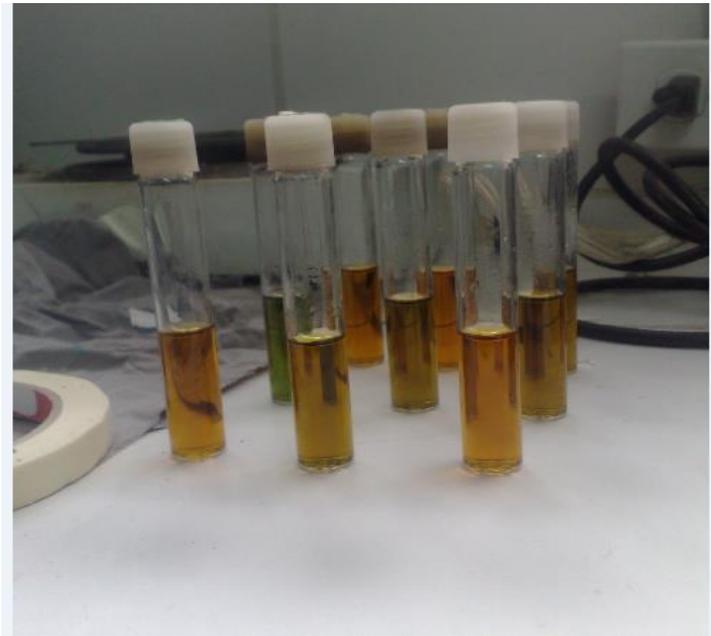


**Placas del sistema de electrocoagulador**

## ANEXO 5.- TOMA DE MUESTRAS



## ANEXO 6.- ANÁLISIS DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES



Muestras preparadas





**Muestras analizadas**





**Medición de los Sólidos Disueltos Totales**

