



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS  
RESIDUALES DE LA LAVANDERÍA Y TINTORERÍA JAV-TEX  
DEL CANTÓN PELILEO.”**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la Obtención del Título de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**MARIELA CRISTINA PAREDES SALÁN**

**RIOBAMBA - ECUADOR**

**2013**

## **AGRADECIMIENTO:**

*Quiero expresar mi eterno agradecimiento a Dios por regalarme día a día el don de vivir y ser el mentor y guía espiritual en el desarrollo del presente proyecto.*

*A mis padres y familiares que con su apoyo constante han sido pilares fundamentales inculcándonos el deseo de superación y progreso.*

*A la Escuela de Ingeniería Química, a la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, de manera especial mi reconocimiento al Ing. César Avalos y Dr. Gerardo León por haberme brindado su colaboración en cuanto a conocimiento y criterio profesional, para mejorar el desarrollo de mi proyecto investigativo.*

*A Lavandería y Tintorería JAV- TEX, por la apertura y apoyo incondicional durante el desarrollo del estudio, al Ing. Rodrigo Rosero quien apoyo en la planificación y fundamentación.*

## **DEDICATORIA:**

*Dedico este trabajo a la persona más importante de mi vida mi hija Génesis Nahomi, quien es mi inspiración y mis ganas de vivir día a día.*

*A mis padres Luis Paredes y Nelly Salán quienes con su perseverancia y apoyo incondicional me ayudaron en el avance de esta investigación.*

*A mis hermanas Stephany y Scarleth a quienes con su inocencia han hecho mis días felices.*

**NOMBRE**

**FECHA**

**FIRMA**

Dr. Silvio Álvarez Luna

.....

.....

**DECANO DE LA FACULTAD  
DE CIENCIAS**

Ing. Mario Villacrés

.....

.....

**DIRECTOR DE LA ESCUELA  
DE INGENIERÍA QUÍMICA**

Ing. César Ávalos

.....

.....

**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Gerardo León

.....

.....

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Sr. Carlos Rodríguez

.....

.....

**DIRECTOR DEL CENTRO  
DE DOCUMENTACIÓN**

## HOJA DE RESPONSABILIDAD

“Yo, **MARIELA CRISTINA PAREDES SALÁN**, soy responsable de las ideas expuestas y propuestas en el presente trabajo de investigación y el patrimonio intelectual de la Memoria de Grado pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”

Mariela Cristina Paredes Salán

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ARI	Aguas Residuales Industriales
STD	Sólidos Totales Disueltos.
SS	Sólidos Sedimentables.
SST	Sólidos Suspendidos Totales.
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DBQ <sub>5</sub>	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días.
TOC	Carbono Orgánico Total
V	Velocidad.
máx.	Máximo.
mg/L	Miligramos por Litro.
°C	Grados Centígrados.
pH	Potencial Hidrogeno.
L	Litros.
h <sub>c</sub>	Pérdida de carga
ml	Mililitros
m <sup>3</sup>	Metros Cúbicos
Q	Caudal
S	Segundos
A	Área
g	Gramos
C <sub>s</sub>	Carga superficial
D	Diámetro
V <sub>H</sub>	Velocidad de Arrastre
V <sub>h</sub>	Velocidad Horizontal

%	Porcentaje
$d_{\max}$	Nivel máximo de Agua
Thr	Tiempo de Retención Hidráulico
V	Volumen
R	Radio Hidráulico
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario
AITE	Asociación de Industrias Textiles del Ecuador

## INDICE DE CONTENIDOS

### PORTADA

DEDICATORIA:.....	
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	
INDICE DE CONTENIDOS .....	
ÍNDICE DE ANEXOS .....	
RESUMEN .....	I
SUMMARY.....	II
INTRODUCCIÓN .....	III
ANTECEDENTES.....	V
JUSTIFICACIÓN .....	VII
OBJETIVOS.....	VIII
OBJETIVO GENERAL.....	VIII
OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	VIII
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. GENERALIDADES .....	1
1.2. LAVANDERÍA Y TINTORERÍA JAV-TEX.....	2
1.2.1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA .....	2
1.3. CONCEPTOS BASICOS DE LA INDUSTRIA TEXTIL .....	3
1.3.1. FIBRAS TEXTILES .....	3
1.3.2. PROPIEDADES DE LAS FIBRAS TEXTILES .....	4
1.3.4. CONCEPTO Y TEORÍA DEL COLOR.....	5
1.3.5. COLORIMETRÍA TEXTIL.....	5
1.3.6. COLORANTES .....	5
1.3.6.1. COLORANTES PARA FIBRAS CELULÓSICAS .....	5
1.3.6.2. COLORANTES PARA POLIÉSTER.....	6
1.3.7. CONCEPTO DE TINTURA .....	6
1.3.8. PARÁMETROS A CONTROLAR EN LOS PROCESOS DE TINTURA ....	6
1.3.9. TINTURA DE FIBRAS CELULÓSICAS CON COLORANTES DIRECTOS	8
1.3.10. TINTURA DE FIBRAS CELULÓSICAS CON COLORANTES	
REACTIVOS.....	8
1.3.11. TINTURA DE POLIÉSTER .....	9



1.3.12.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO OPERACIONAL.....	10
a)	SUBPROCESO DESENGOMADO .....	11
b)	SUBPROCESO DE STONE.....	11
c)	SUBPROCESO DE BLANQUEO .....	12
d)	SUBPROCESO DE ENJUAGUE.....	13
e)	SUBPROCESO DE NEUTRALIZADO.....	13
f)	SUBPROCESO DE TEÑIDO Y FIJADO.....	13
g)	SUBPROCESO DE SUAVIZADO .....	14
h)	CENTRIFUGADO Y SECADO .....	14
1.3.13.	EVALUACION CUALITATIVA DE LOS PRODUCTOS QUIMICOS UTILIZADOS EN EL PROCESO OPERACIONAL.....	16
1.3.14.	AGENTES DE DESENGOMADO .....	16
1.3.15.	ENZIMAS .....	17
1.3.16.	TENSO ACTIVOS .....	17
1.3.17.	LUBRICANTES TEXTILES.....	18
1.3.18.	AGENTES HUMECTANTES .....	18
1.3.19.	OXIDANTES.....	19
1.3.20.	NEGRO SULFUROSO.....	19
1.3.21.	ABRILLANTADORES OPTICOS .....	20
1.3.22.	SUAVIZANTES.....	20
1.3.23.	SULFURO DE SODIO.....	21
1.3.24.	METABISULFITO DE SODIO .....	21
1.3.25.	ACIDO ACÉTICO .....	21
1.3.26.	ACIDO FÓRMICO .....	22
1.3.27.	SODA CÁUSTICA.....	22
1.3.28.	SALES.....	22
1.3.29.	COLORANTES DIRECTOS.....	22
1.4.	AGUAS RESIDUALES.....	23
1.4.1.	FUENTES DE AGUAS RESIDUALES.....	23
1.4.2.	CARÁCTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES .....	24
1.4.2.1.	CARACTERÍSTICAS DE TIPO FÍSICAS .....	24
1.4.2.2.	CARACTERÍSTICAS DE TIPO QUÍMICAS .....	25
1.4.2.3.	CARACTERÍSTICAS DE TIPO BIOLÓGICAS.....	26
1.4.3.	AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA INDUSTRIA TEXTIL.....	29

1.5.	TRATAMIENTO DE EFLUENTES .....	32
1.5.1.	CLASIFICACIÓN DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES.....	32
1.5.1.1.	PRETRATAMIENTOS.....	33
1.5.1.2.	TRATAMIENTOS PRIMARIOS .....	34
1.5.1.3.	TRATAMIENTOS SECUNDARIOS .....	34
1.5.1.4.	TRATAMIENTOS TERCARIOS .....	34
1.5.1.5.	TRATAMIENTO DE LODOS.....	38
1.5.2.	PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN LAVANDERÍAS Y TINTORERÍAS.....	39
1.5.2.1.	CALCULO DEL CONSUMO DE AGUA.....	39
1.5.2.2.	REJILLA.....	39
1.5.2.2.1.	REJILLAS DE LIMPIEZA MANUAL .....	41
1.5.2.2.2.	REJILLAS DE LIMPIEZA MECÁNICA .....	42
1.5.2.2.3.	CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL CANAL .....	42
1.5.2.2.4.	CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA REJILLAS .....	45
1.5.2.3.	HOMOGENIZACIÓN.....	48
1.5.2.3.1.	TANQUES DE HOMOGENIZACIÓN .....	49
1.5.2.4.	MEZCLA .....	51
1.5.2.4.1.	AGITADORES DE PALETAS.....	51
1.5.2.4.2.	POTENCIA DISIPADA DE LA MEZCLA.....	56
1.5.2.5.	SEDIMENTACIÓN .....	58
1.5.2.5.1.	TANQUES DE SEDIMENTACIÓN .....	59
1.5.2.5.2.	CONSIDERACIONES DE DISEÑO .....	61
1.5.2.5.3.	COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN .....	66
1.6.1.	NORMATIVA AMBIENTAL NACIONAL.....	69
1.6.4.	TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULAS).....	70
<b>CAPITULO II</b>	.....	<b>72</b>
2.	PARTE EXPERIMENTAL .....	72
2.4.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL ESTUDIO.....	72
2.5.	MUESTREO .....	72
2.5.1.	PLAN DE MUESTREO .....	72
2.5.2.	SISTEMA DE TOMA DE MUESTRAS.....	72
2.6.	METODOLOGÍA .....	73

2.6.1. RECONOCIMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE LA LAVANDERÍA Y TINTORERÍA JAV- TEX .....	73
2.6.2. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL .....	74
2.6.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	74
2.6.3.1. MÉTODOS.....	74
2.6.3.2. TÉCNICAS.....	75
2.7. DATOS EXPERIMENTALES .....	88
2.7.1. DIAGNÓSTICO.....	88
2.7.2. DATOS .....	89
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>94</b>
3. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES DE LA LAVANDERÍA Y TINTORERIA JAV-TEX DEL CANTON PELILEO.....	94
3.1. CÁLCULOS.....	94
3.1.1. CAUDAL .....	94
3.1.2. CONSUMO DE AGUA.....	94
3.1.3. CÁLCULO DEL ÁREA DEL CANAL .....	95
3.1.4. CÁLCULOS PARA LAS REJILLAS .....	96
3.1.5. CÁLCULOS PARA EL HOMOGENEIZADOR .....	99
3.1.6. CALCULOS PARA EL AGITADOR DE PALETAS.....	101
3.1.7. CALCULOS PARA EL SEDIMENTADOR .....	106
3.1.8. DOSIFICACION IDEAL DE POLICLORURO DE ALUMINIO AL 25%(P/V) 111	
3.2. RESULTADOS .....	114
3.2.1. CANAL DE AGUAS RESIDUALES .....	114
3.2.2. REJILLAS .....	114
3.2.3. HOMOGENEIZADOR .....	115
3.2.4. SEDIMENTADOR PRIMARIO.....	117
3.3. PROPUESTA.....	117
3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	119
3.5. DISCUSIÓN.....	123
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>124</b>
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	124
4.1. CONCLUSIONES .....	124
4.2. RECOMENDACIONES.....	125

BIBLIOGRAFÍA .....	127
BIBLIOGRAFIA DEL INTERNET .....	131

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pretratamiento con Rejillas .....	39
Figura 2. Rejillas de Limpieza Manual Típica.....	41
Figura 3. Disposición de Rejillas de Limpieza Manual .....	42
Figura 4. Sección del Canal .....	43
Figura 5. Factores de forma $\beta$ para secciones de barras.....	47
Figura 6. Agitador de Paletas.....	52
Figura 7. Paleta de agitador de paletas planas.....	54
Figura 8. CD vs Cociente de ancho entre la altura.....	55
Figura 9. Tanque Rectangular de decantación primaria .....	60
Figura 10. Tanque circular de decantación primaria de alimentación primaria .61	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorización de las Empresas de Lavado Textil .....	1
Tabla 2. Componente de una Tintura con Colorantes Directos .....	8
Tabla 3. Componentes de una tintura con colorantes reactivos.....	9
Tabla 4. Componentes de una tintura con colorantes dispersos.....	10
Tabla 5. Efectos indeseables de las aguas residuales .....	26
Tabla 6. Contaminantes de importancia en aguas residuales.....	27
Tabla 7. Clasificación general de los contaminantes de las ARI textiles .....	30
Tabla 8. Carga contaminante que aportan los colorantes.....	32
Tabla 9. Operaciones o procesos unitarios según el nivel de tratamiento de aguas. ...	35
Tabla 10. Criterios para seleccionar sistemas de tratamiento de aguas residuales. ....	35
Tabla 11. Operaciones y procesos unitarios y sistemas de tratamiento utilizados para eliminar la mayoría de los contaminantes presentes en el agua residual. ....	36
Tabla 12. Información típica para el proyecto de rejas de barras de limpieza manual y mecánica.....	40
Tabla 13. Coeficiente de rugosidad $\eta$ de Manning.....	48
Tabla 14. Valores usuales de gradiente de velocidad (g) y tiempos de retención de los procesos de tratamiento de agua residual.....	57

Tabla 15. Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria. ...	61
Tabla 16. Información usual para diseño de sedimentadores rectangulares y circulares en el tratamiento primario.....	62
Tabla 17. Tiempo de retención.....	64
Tabla 18. Valores de las constantes empíricas, a y b a 20°C.....	66
Tabla 19. Cargas de superficie recomendadas para diversas suspensiones químicas. .....	69
Tabla 20. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	71
Tabla 21. Método 4500-B: Determinación de pH.....	76
Tabla 22. Método 5520-C: Determinación de Aceites y Grasas.....	77
Tabla 23. Método 5210-B: Determinación de DBO <sub>5</sub> . ....	79
Tabla 24. Método 5220-C: Determinación de DQO. ....	81
Tabla 25. Método 2540–F: Determinación de Sólidos Sedimentables.....	83
Tabla 26. Método 2540-D: Determinación de Sólidos Suspendidos Totales.....	85
Tabla 27. Método 5540-C: Determinación de Tensoactivos. ....	86
Tabla 28. Determinación de Turbidez.....	87
Tabla 29. Producción del año 2012 de la Lavandería y Tintorería JAV- TEX.....	89
Tabla 30. Producción por procesos del año 2012 de la Lavandería y Tintorería JAV – TEX.....	90
Tabla 31. Cantidad de agua consumida por la Lavandería y Tintorería JAV - TEX durante el Segundo Semestre del año 2012.....	92
Tabla 32. Resultados de Análisis Físico-Químico.....	92
Tabla 33. Diferentes dosificaciones del Policloruro de Aluminio al 25% (P/V). ....	111
Tabla 34. Evaluación del Tratamiento con Policloruro de Aluminio al 25% (P/V). ....	113
Tabla 35. Diferentes tiempos de residencia.....	113
Tabla 36. Detalle de Sección Transversal de canal de entrada. ....	114
Tabla 37. Resultados obtenidos para el diseño del sistema de rejillas. ....	115
Tabla 38. Resultados obtenidos para el diseño del tanque homogeneizador. ....	115
Tabla 39. Resultados obtenidos para el agitador de paletas. ....	116
Tabla 40. Resultados obtenidos para el diseño del tanque de Sedimentación Primaria. .....	117
Tabla 41. Análisis de resultados.....	119

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Ábaco de la Fórmula de Manning.....	44
Gráfico 2. Remoción de DBO y SST en Tanque de Sedimentación Primaria ...	66
Gráfico 3. Relación de producción y tiempo.....	89
Gráfico 4. Dosis Óptima de Policloruro de Aluminio.....	112
Gráfico 5. Tiempo de residencia .....	113
Gráfico 6. Dimensiones del canal.....	114
Gráfico 7. Resultados Antes del Tratamiento.....	121
Gráfico 8. Resultados Después del Tratamiento.....	122

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Muestra de Agua Residual de Lavandería y Tintorería JAV – TEX. ....	73
Foto 2. Test de Jarras Dosificación óptima de Policloruro de Aluminio.....	112
Foto 3. Secadoras.....	136
Foto 4. Sala de Máquinas .....	136
Foto 5. Área de Manualidades .....	137
Foto 6. Terminado de prendas.....	137

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama de flujo descripción del proceso operacional.....	15
---	----

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis del Laboratorio del Agua Residual Lavandería JAV-TEX ...	132
Anexo 2. Análisis del Laboratorio del Agua Residual CESTTA.....	133
Anexo 3. Análisis del agua residual luego del tratamiento Lavandería y Tintorería JAV-TEX.....	134
Anexo 4. Proceso de producción Lavandería y Tintorería JAV TEX.....	135
Anexo 5. Lavandería y Tintorería JAV - TEX .....	136
Anexo 6. Manualidades.....	137
Anexo 7. Croquis Lavandería y Tintorería JAV - TEX.....	138
Anexo8. Detalle de Costos de la Planta de Tratamiento para aguas residuales de la Lavandería y Tintorería JAV – TEX.....	139
Anexo 9. Planos Planta de Tratamiento JAV - TEX .....	141



## RESUMEN

Se diseñó la planta de tratamiento para aguas residuales de Lavandería y Tintorería JAV - TEX del cantón Pelileo, para aguas provenientes de los procesos de lavado y tinturado.

Mediante el método experimental, se empezó por el reconocimiento de los procesos desarrollados en la planta, y posteriormente realizar un diagnóstico, donde se tomó muestras y datos, para esto necesitamos de recipientes, termómetro y cronómetro, con el método deductivo partimos del diseño y terminamos describiendo cada etapa del tratamiento.

Al caracterizar el agua residual proveniente de las etapas de Lavandería y Tintorería JAV-TEX, los resultados fueron, 1200 mg/L de Demanda Química de Oxígeno, 703 mg/L de Demanda Bioquímica de Oxígeno, 2 ml/L Sólidos Sedimentales, 224 de Sólidos en suspensión, 244 Unidad Nefelométrica De *Turbidez*, 0,030 mg/L Fenoles, 1,50 mg/L Tensoactivos, que fueron analizados y tratados con el fin de disminuir la contaminación, porque no cumple con los límites de descarga establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental.

Se concluye que los parámetros analizados permitieron determinar los componentes de la planta de tratamiento, el mismo que constará de: rejillas, tanque homogeneizador, agitador de paletas, tanque sedimentador, para tener un efluente que cumpla con los parámetros de acuerdo a los límites establecidos, por la normativa vigente.

Recomiendo a la empresa tener en cuenta los estudios con respecto al ambiente que se han realizado, e implementar la planta de tratamiento, para así disminuir la contaminación que se está generando, y posteriormente hacer análisis frecuentes para verificar que el tratamiento esté marchando bien.

## SUMMARY

The treatment plant was designed for laundry and cleaning sewage JAV-TEX in Pelileo, for water from laundry and dry cleaning process.

By the experimental method, the recognition of the developed process was began in the plant; then, diagnosis was made, where the samples and data were taken, for this we need containers, thermometer and stopwatch; with the deductive method, we start from the design and we finish describing each treatment stage.

Characterizing the sewage from the laundry and dry cleaning stages JAV-TEX, the result were; Chemical Oxygen demand 1200mg/L, Biochemistry Oxygen demand 703mg/L, sedimentary solids 2ml/L, suspension solids 224, Nephelometric turbidity Unit 244, Phenols 0,031 mg/L, Surfactants 1, 50 mg/L, which were analyzed and processed in order to reduce the pollution, because they do not fulfill the discharge limit established in the Environmental Legislation Unified text.

We concluded that the analyzed standards allow determining the component of the treatment plant, which will have: grilles, homogenizer tank, paddle stirrer, sedimentary tank, in order to have an effluent that accomplishes the standards according to the established limits, by current regulations.

I recommend to the enterprise to take into account the studies related with the environment that has been done, and to implement the treatment plant, besides reducing pollution that is being generated, and then make frequently analysis to check that the treatment is in a good way.

## INTRODUCCIÓN

El cantón Pelileo también conocida como ciudad Azul por ser el mayor productor de jeans a nivel nacional está ubicado en el centro del país, posee numerosas fábricas dedicadas a la producción textil, generando trabajo y crecimiento socio económico al sector, convirtiéndose en una de las actividades productivas más destacadas del cantón, particularmente en el barrio el Tambo, según datos estadísticos el 42% de su población económicamente activa, está estrechamente relacionada a la producción de jeans.

La fabricación del jeans genera alrededor de 30000 empleos indirectos, y se calcula que produce más de un millón de prendas al mes, ya que por día se elaboran aproximadamente de 600 prendas por taller.

Al contar con más de 3500 talleres artesanales productores de jeans, las industrias dan a notar un crecimiento importante para la economía interna, pero esto acarrea graves problemas ambientales para el cantón.

La industria textil se ha convertido en un pilar muy importante en el desarrollo del Ecuador, y a su alrededor se ha construido una compleja y diversificada actividad manufacturera y de servicios como es el lavado y teñido de prendas de vestir, siendo una de las mayores consumidoras del agua total disponible, aportando también gran carga contaminante vertiéndola como desecho, que al no ser tratadas adecuadas producen impactos negativos en los cursos de aguas receptoras, por lo que antes de ser vertidas a sus cursos deben recibir algún tipo de tratamiento que modifique sus condiciones iniciales.

El sector de mayor interés desde el ámbito ambiental dentro de la cadena productiva es la fabricación y el acabado de textiles que es donde se generan la mayor cantidad de residuos que pueden resultar peligrosos de particular interés son los procesos de lavado y teñido de Jeans que involucra: desengomado, stone, teñido, fijado, suavizado, entre otros, en los que se utiliza

una gran variedad de productos químicos y colorantes que si no son utilizados correctamente, son altamente contaminantes.

La problemática ambiental dentro de la Industria Textil son las descargas con alto contenido de colorantes, temperaturas elevadas, pH básicos, DBO alto y generación de desechos peligrosos. El proceso de teñido abarca el uso de grandes cantidades de agua que contiene insumos químicos como colorantes, igualadores, dispersantes, estabilizadores de pH, entre otros.

Lavandería y Tintorería JAV-TEX, ubicada en el cantón Pelileo, provincia de Tungurahua, ha determinado como una de sus políticas ambientales la prevención de la contaminación, es por eso que constantemente se encuentra actualizando sus fórmulas empleadas en el proceso de producción con productos químicos que sean amigables con el medio ambiente y concientizando a los trabajadores acerca del consumo de agua, para lo cual brinda todo su apoyo en esta investigación.

El sector textil se puede considerar de alto impacto ambiental, y se puede catalogar como de alta significación ambiental siendo el impacto más negativo en los efluentes líquidos, siendo este un motivo suficiente para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales.

## ANTECEDENTES

Según AITE, (Asociación de Industrias Textiles del Ecuador) la industria textil en el Ecuador tiene su origen desde la época colonial, debido a la conquista y a la aparición de los obrajes, Ecuador ofrece textiles de calidad, y en los últimos años en el país se ha incrementado la producción de jeans en el Cantón Pelileo.

En el centro del país se encuentra ubicado el cantón Pelileo provincia de Tungurahua. Su extensión aproximada es de 241 ha; con una distribución del 58,8% (142Ha) que corresponde a Pelileo nuevo y el 41,9% (99Ha) correspondiente a Pelileo Grande.

Según datos del censo 2010 Pelileo es una ciudad de aproximadamente 56,573 habitantes, la actividad económica es intensa, el comercio que se desarrolla en el cantón es significativo e importante, la rama industrial más importantes es en primer lugar, la textil, confección de prendas de vestir.

Tradicionalmente el desarrollo económico del cantón estuvo emparentado a la agricultura, pero en la actualidad casi un cuarto de la población económicamente activa, se dedica a la confección y lavado de prendas de vestir, los confeccionistas se han especializado en la fabricación y tratamiento de mezclilla (tela jean), lo que ha desembocado un fuerte impacto ambiental en este sector.

La empresa JAV-TEX, se encuentra en actividad desde hace algún tiempo, comprende un área de operación extensa en el sector conocido como Pelileo Grande esta entidad se encuentra dotada de todos los servicios básicos. La planta cuenta con un adecuado abastecimiento de agua, generación y distribución de vapor, instalaciones eléctricas, etc.

El proceso productivo de la empresa JAV-TEX consiste de un gran número de operaciones unitarias. El impacto ambiental de sus efluentes líquidos es muy variado, debido a la utilización de diversas materias primas, reactivos y métodos de producción.

Según la evaluación del impacto ambiental realizado a la empresa el agua residual vertida de la lavandería y tintorería se puede encontrar, sales, almidón, peróxidos, tensoactivos, colorantes etc, que provienen de las diversas etapas el proceso general, entre ellos los principales desengomado, stone, enguaje, blanqueo, teñido y lavado, el desengomado genera alrededor del 50% del total de la DBO, la cantidad de agua que se usa es diversa esto depende del proceso y del equipamiento de la planta.

Los colorantes utilizados en los procesos de tinturado perduran en el ambiente, y los procedimientos de eliminación tradicionales no son muy útiles, ya que oxidaciones o reducciones pueden producir sustancias tóxicas. Las coloraciones fuertes que se descargan pueden eliminar procesos de fotosíntesis, por lo que su presencia debe ser controlada.

En la actualidad el agua es descargada directamente a la red de alcantarillado, sin ningún tratamiento previo, convirtiéndose en una problemática ya que muchas veces el agua es descargada con gran cantidad de colorantes y otros químicos utilizados en el proceso, debido a que estas no se fijaron adecuadamente.

## JUSTIFICACIÓN

La apreciación que hemos tenido al interior de Lavandería y Tintorería JA –V-TEX es que presenta aguas residuales con un alto índice de contaminación como sales de calcio, altos índices de materia orgánica proveniente de las fibras de algodón con tonalidades azules oscuras, colorantes directos y reactivos etc, estos desechos tienen un alto volumen si hablamos en peso diríamos que es una media tonelada al mes lo cual se considera que es muy significativo como residuos contaminantes.

Es por esto que no hemos visto obligados a diseñar una planta para el tratamiento del agua residual proveniente del proceso de producción de lavado y tinturado textil.

Es una responsabilidad para Lavandería y Tintorería JA-V-TEX el tratar el agua residual de acuerdo a las normas que exige el Ministerio del Medio Ambiente, Municipios, TULAS etc., ya que estaríamos atentando contra la preservación de los ecosistemas y las riveras de los ríos como Pachanlica, Patate, Pastaza, lo cual no tiene un valor económico cuantificable porque es más importante la vida de nuestro entorno.

Para alcanzar el verdadero bienestar de la humanidad, no se puede ignorar la estrecha vinculación entre el medio ambiente y el proceso de desarrollo. Se reconoce la necesidad de compatibilizar el continuo crecimiento económico con la equidad social, la protección y administración eficiente del medio ambiente.

De la misma forma la empresa considera el tratamiento del agua, como una de sus estrategias para mejorar la productividad e incluso incursionar en los mercados internacionales, así como mejorar la competitividad puesto que se reducirán los costos de producción y la empresa tendrá una mejor imagen ante la sociedad.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Diseñar una planta de tratamiento para aguas residuales en la Lavandería y Tintorería JAV-TEX del cantón Pelileo.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ✓ Caracterizar los parámetros físico- químico del agua residual de las etapas de proceso de la Tintorería y Lavandería JAV-TEX.
- ✓ Identificar las variables de diseño.
- ✓ Establecer el tratamiento más adecuado.
- ✓ Caracterizar el agua luego del tratamiento.
- ✓ Dimensionar la planta de tratamientos de aguas residuales.



## CAPITULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. GENERALIDADES

Un estudio realizado por la Corporación OIKOS (1998), sobre medidas de prevención de la contaminación en una fábrica textil, en la que sin duda se muestra el beneficio económico y el perjuicio ambiental, durante el estudio realizado por OIKOS se evaluaron varias oportunidades de prevención de la contaminación, que reducen la carga contaminante, disminuyeron el consumo de agua, y un ahorro económico, que beneficie a la empresas.

La empresa Vicunha Textil del Ecuador en el año 2010 elaboró un estudio preliminar para conocer la situación actual que presenta la industria de lavado textil en Pelileo, en este estudio se indica que “en la actualidad dentro del cantón de Pelileo existen 58 empresas catastradas en el Departamento de Gestión Ambiental del Gobierno Municipal de Pelileo, el criterio asumido para categorizar a las lavanderías se basa en la producción actual y/o por la capacidad instalada dentro de cada empresa.”<sup>1</sup>

**Tabla 1. Categorización de las Empresas de Lavado Textil**

<b>CATEGORIZACION</b>	<b>Nº empresas</b>	<b>Porcentajes</b>
Lavanderías grandes	19	32,8%
Lavanderías medianas	12	20,7%
Lavanderías pequeñas	23	39,7%
Lavanderías muy pequeñas	4	6,8%
<b>TOTAL</b>	<b>58</b>	

**Fuente:** Vicunha Textil, 2010

---

<sup>1</sup>VICUNHA TEXTIL., Diagnostico de las lavanderías textiles en Pelileo., 2010 Pp. 12

Las lavanderías están divididas según su producción mensual de la siguiente manera: Grandes producciones mayores a 30.000 prendas, medianas mayores a 10.000 prendas y menor a 30.000 prendas, pequeñas mayor a 3.000 prendas y menor a 10.000 prendas, muy pequeña menor a 3.000 prendas, la producción actual promedio al mes de lavado y tinturado textil de la empresas de Pelileo es de 1'022.400 prendas de diferente peso, talla, o tamaño, obteniendo un promedio en Kg de 899.712 Kg al multiplicar la producción en prendas por 0,88 Kg/prenda.

La contaminación causada por la industria de lavado y tinturado de jeans se relaciona con el crecimiento industrial de la confección del jeans, ya que seguido de la confección de un jeans es el acabado.

## **1.2. LAVANDERÍA Y TINTORERÍA JAV-TEX**

Lavandería y Tintorería JAV-TEX, fue creada hace 5 años con el nombre de CONPEL JEANS S.A. el 8 de Marzo del 2012 paso a llamarse JAV-TEX, siendo una de las Lavanderías más grandes y una de las más importantes del Cantón.

En la actualidad la empresa trabaja en 6 máquinas lavadoras frontales con una capacidad de 30Kg y 1 de una capacidad de 2Kg, 1 de capacidad de 25Kg, 1 de capacidad de 10Kg, 1 barca de torniquete de una capacidad de 130 Kg y una de 20 Kg, 2 lavadoras frontales que trabajan con PLC (Circuito Proceso Lógico) son automáticas y dos centrifugas, con una producción mensual de aproximadamente 50.000 a 70.000 prendas, se realizan alrededor de 15 operaciones.

### **1.2.1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA**

#### **✓ UBICACIÓN**

Provincia de Tungurahua, Cantón Pelileo, Parroquia Pelileo Grande, Pedro Fermín Cevallos s/n y 23.

## ✓ **SERVICIOS BÁSICOS**

**Energía:** es suministrada por la Empresa Eléctrica de Ambato S.A., siendo la demanda máxima de energía de 300KW, Voltaje 220 y 380 V.

**Acueducto:** El agua potable se utiliza para el departamento administrativo la misma que provee la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, el agua utilizada para el proceso de lavado y tinturado es agua de acequia proveniente de las vertientes naturales de la Moya.

**Telefónica:** servicio a través de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones S.A.

## ✓ **SISTEMA DE TRABAJO**

La empresa labora bajo un sistema tipo Bach o por lotes, en donde el lote inicial pasa por una serie de etapas hasta convertirse en el producto final.

### **1.3. CONCEPTOS BASICOS DE LA INDUSTRIA TEXTIL**

El sector textil abarca una gran variedad de procesos de gran complejidad, tanto que se encuentra en constante evolución por ser uno de los sectores más dinámicos dentro de las industrias a nivel mundial.

#### **1.3.1. FIBRAS TEXTILES**

“Cada uno de las hebras que, en conjunto, entran a formar parte de la estructura de los hilos y tejidos, pueden ser de origen mineral, artificial, vegetal o animal, sus características se precisan en su: elasticidad, de que tan fina sea, largo de acuerdo a su tamaño.”<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>**PINEDA, L.**, Prospectiva y vigilancia tecnológica en la cadena Fibra Textil – Confecciones., 2009., Pp.: 31

Las fibras artificiales son manufacturadas por medio de transformaciones químicas de polímeros naturales de celulosa, proteínas y otras materias primas, son creadas por el hombre, este tipo de fibras vienen desplazando a las naturales, como el algodón, dada su calidad, costo y su oportunidad en el mercado.

### **1.3.2. PROPIEDADES DE LAS FIBRAS TEXTILES**

#### **Propiedades de las fibras vegetales**

- ✓ Filamento polar con carga negativa.
- ✓ Poca resistencia a los ácidos fuertes tales como ácido sulfúrico principalmente cuando está caliente.
- ✓ Elevada absorción a la humedad.
- ✓ Elevada resistencia a la tensión y abrasión.
- ✓ Se vuelven amarillas a elevadas temperaturas.
- ✓ Resistentes al álcali.

#### **Propiedades de las fibras químicas**

- ✓ Filamentos sin carga es decir apolares
- ✓ Resistencia al calor, se funde a 250 °C.
- ✓ El tinturado es con colorantes dispersos.
- ✓ Resistentes a la tensión y abrasión.
- ✓ Baja absorción a la humedad.
- ✓ No se arruga.
- ✓ Elevada resistencia a la luz, bacterias y ácidos.
- ✓ Elevada resistencia a la termofijación y texturización.

#### **1.3.4. CONCEPTO Y TEORÍA DEL COLOR**

La sensación "color" es elaborado por el cerebro a partir de los datos emitidos por el ojo que ve un objeto iluminado, un objeto sobre el cual incide la energía que llamamos luz.

#### **1.3.5. COLORIMETRÍA TEXTIL**

Significa medir las diferencias entre el color de una muestra según la exigencia del cliente y el color que se desea alcanzar. La cuantificación del color en una solución tintórea según la cual un rayo de luz, pasa por una solución pigmentada y pierde intensidad de acuerdo a la proporción de concentración de la sustancia absorbente, esta sustancia es el colorante, así se puede determinar cuantitativamente la concentración del colorante, y comparar con el color ya existente.

#### **1.3.6. COLORANTES**

Según el libro tecnología para de la confección textil de María de Perinat los colorantes son productos capaces de dar color a las prendas textiles, estos pueden ser naturales y artificiales; en la actualidad los más utilizados en la industria textil son los colorantes artificiales casi en su totalidad, las características de los colorantes artificiales son mejores a la de los naturales, ya que su persistencia ha sido perfeccionada que en el mundo del vestido la vida del color se compara a la propia vida del tejido.

##### **1.3.6.1. COLORANTES PARA FIBRAS CELULÓSICAS**

Para este tipo de fibras existen una variada gama de colorantes que se pueden utilizar, cada uno tiene sus propias características químicas y comportamientos

en los niveles de persistencia dentro los cuales ponemos enunciar los siguientes:

- a) Colorantes directos.
- b) Colorantes reactivos.
- c) Colorantes sulfurosos (azufre).
- d) Colorantes a tina.
- e) Colorantes azoicos.

#### **1.3.6.2. COLORANTES PARA POLIÉSTER**

Se caracterizan por tener un elevado grado de dispersión, conocidos como colorantes dispersos, son compuestos orgánicos no iónicos, se aplican con un dispersante, porque son insolubles en agua.

#### **1.3.7. CONCEPTO DE TINTURA**

En pocas palabras teñir significa colorear el sustrato (mezclilla) mediante el uso de colorantes o pigmentos, los colorantes son sustancias químicas que son solubles en agua o solventes y los pigmentos se caracterizan por ser insolubles en agua y estos son aplicados en la superficie del sustrato.

#### **1.3.8. PARÁMETROS A CONTROLAR EN LOS PROCESOS DE TINTURA**

En los procesos de tinturado de prendas de vestir se controla parámetros los mismos que son fundamentales en el desarrollo de un teñido, dentro de los cuales se encuentran:

- a) **pH:** este parámetro es muy importante ya que algunos de los procesos se requieren condiciones ácidas o básicas para que el proceso de tintura se dé.
- b) **Temperatura:** es vital para que el colorante se fije de manera correcta a la prenda, ya que una desigualdad en la temperatura pueden causar problemas en la reproducibilidad de colores.
- c) **Tiempo:** los colorantes tienen su tiempo de tintura y cualquier variación de tiempo puede causar problemas como: desigualdad de tonos, disminución del colorante etc.
- d) **Sales (electrólitos):** estas favorecen a que se dé una mejor absorción y fijación de los colorantes sobre la mezclilla a tinturar.
- e) **Relación de baño:** es la relación que existe entre la cantidad de prendas a ser tinturada y la cantidad de agua que se utiliza en el proceso, un mal cálculo de esta relación puede provocar dificultades tales como: exceso de agua significa que gran cantidad del colorante no se fije en la mezclilla, poca agua provocaría que aumente la viscosidad en los baños de tintura.
- f) **Correcta adición de colorantes y productos:** la adición correcta de los productos y colorantes es importante para un inicio con calidad, el orden de adición de los productos así como el tiempo de dosificación influye en el correcto montaje del colorante de forma uniforme sobre el sustrato. La disolución de los colorantes es una de las etapas más significativas para la reproducción de los tonos, cada colorante tiene una forma de disolver y depende de las especificaciones técnicas que dan los proveedores del producto, como son: la cantidad de agua a utilizar, temperatura de disolución, velocidad de mezclado, si debe ser lenta o rápida etc.

### 1.3.9. TINTURA DE FIBRAS CELULÓSICAS CON COLORANTES DIRECTOS

“La disolución del colorante se puede hacer con agua caliente, varios colorantes negros necesitan que se les añada una pequeña cantidad de carbonato de sodio la cantidad de agua debe ser de acuerdo a la cantidad de colorante y la solubilidad.”<sup>3</sup>

**Tabla 2. Componente de una Tintura con Colorantes Directos**

<b>Producto</b>	<b>Función</b>
<b>Sal (sulfato o cloruro sódico)</b>	Montaje del colorante en la fibra
<b>Igualadores</b>	Mejora la igualación o migración del color, en ciertas tinturas no hay necesidad de usarlos.
<b>Soda ash- carbonato de sodio</b>	Aumenta el rendimiento y la solubilidad de ciertos negros directos.
<b>Dispersante</b>	Mejora la solubilidad del colorante, mantiene la dureza del baño en dispersión.

**Fuente:** Ennoblecimiento textil en la práctica, marzo (2009).

### 1.3.10. TINTURA DE FIBRAS CELULÓSICAS CON COLORANTES REACTIVOS

Los colorantes reactivos se impregnan en las fibras de forma similar a los directos, la sal sirve de auxiliar para que el colorante se fije a la fibra, el

---

<sup>3</sup>**BOLAÑOS, R.**, Propuesta de recuperación del Agua Residual Proveniente del Industria Textil., 2010., Pp.43.



colorante reactivo produce una reacción química con la fibra en un medio alcalina logrando que este quede impregnado en el algodón.

Existen varias clases de este colorante y cada uno tiene su propio proceso, tiempo, temperatura, entre otras características.

**Tabla 3. Componentes de una tintura con colorantes reactivos.**

<b>PRODUCTO</b>	<b>FUNCIÓN</b>
<b>Sal (sulfato o cloruro sódico)</b>	Montaje del colorante en la fibra
<b>Álcali (sosa caustica o soda ash – carbonato de sodio)</b>	Fijación del colorante
<b>Lubricantes</b>	Mejoran la acomodación de la tela en las máquinas y evita que las fases del sustrato se peguen.
<b>Antiespumantes</b>	Evita que la tela se enrosque
<b>Secuestrantes</b>	Reduce la dureza
<b>Agente de jabonado</b>	Usado en los baños después de la tintura para la remoción del colorante no fijado.

**Fuente:** Ennoblecimiento textil en la práctica, marzo (2009).

### **1.3.11. TINTURA DE POLIÉSTER**

El poliéster no tiene carga eléctrica, no reacciona químicamente con el colorante, para este tipo de fibras fueron creados los colorantes dispersos, que no presentan carga eléctrica, estos se impregnan sobre la fibra cuando el baño de tinturación empieza a calentar y la fibra empieza a abrirse permitiendo la entrada del colorante, al permanecer la tintura por un tiempo determinado a una determinada temperatura, el colorante será esparcido en la fibra, la tintura de poliéster se producen a temperaturas de hasta 130 °C, que con la ayuda de

carriers que sirven como agentes para acelerar la fijación el proceso se lleva a cabo en medio ácido a un pH de 5.5.

**Tabla 4. Componentes de una tintura con colorantes dispersos**

<b>PRODUCTO</b>	<b>FUNCIÓN</b>
<b>Dispersante</b>	Distribución uniforme del colorante en el baño.
<b>Igualador</b>	Uniformidad del colorante en la fibra
<b>Carrier</b>	Acelera el montaje de colorante, indispensable en tinturas debajo de 120°C.
<b>Ácido Acético o fórmico</b>	Protege el colorante evitando su destrucción.
<b>Sulfato de Amonio</b>	Garantiza la estabilidad del pH, en todo el proceso.

**Fuente:** Ennoblecimiento textil en la práctica, marzo (2009).

### 1.3.12. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO OPERACIONAL.

La mezclilla es un conjunto de polímeros naturales de tipo celulósica de mucha resistencia debido a su duro ligamento de cruce, lo que le da la cualidad de proceso poco flexible, se elaboran a partir de materias primas naturales.

“Los procesos de producción de la industria textil se caracterizan por gastar grandes cantidades, colorantes, productos químicos y agua, y también por causar contaminación.”<sup>4</sup>

Estas prendas recurren a una serie de tratamientos con el fin de lograr un producto con mejores características al original, entre estas tenemos:

<sup>4</sup>**BOTERO, L.**, Industria textil y medio ambiente., Colombia Textil., v. 32. Pp. 49

### **a) SUBPROCESO DESENGOMADO**

El desengomado consiste en limpiar la tela de impurezas químicas aprestantes que pueda contener. El desengomado puede ser detergente o enzimático para ello se puede utilizar enzimas neutras, tensoactivos no iónicos, lubricante, humectantes o sulfato de sodio, el proceso se realiza durante 10 minutos a una temperatura de 60°C, una cantidad de agua que dependerá de la cantidad de prendas a desengomar con un pH aproximado de 10.

### **b) SUBPROCESO DE STONE**

El proceso consiste en someter a la tela a un lavado con piedra pómez, las piedras rozan la superficie de la tela mecánicamente logrando que la tela consiga una apariencia de tela gastada. En este proceso se utiliza detergente de tipo no iónico junto con enzimas de tipo celulosa y  $\alpha$  amilasa. Estas enzimas son capaces de degradar la celulosa, consiguiendo que el tono original de la prenda desaparezca, cuando se utiliza enzimas es importante el control de la temperatura y el pH, pues las enzimas ejercen su acción a un pH que oscila entre 4.5 a 7 dependiendo de su naturaleza y a una temperatura de 50°C (temperatura óptima).

Existe otro tipo de lavado como es el caso del lavado con piedra pómez – hipoclorito de calcio  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  y piedra pómez – permanganato de Potasio  $\text{K}_2\text{MnO}_4$  (frostado).

### **Ston 1, 1 ½, 2**

Las operaciones que se desarrollan son el prelavado, stoneado, lavado durante el cual se eliminan sustancias desagradables con la adición de carbonato de sodio y detergente, abrillantado dando brillo a la prenda, con la ayuda de la

soda caustica, peróxido y por último el suavizado que permite dar una textura suave a la prenda.

### **Ston 2 ½, 3 Y 4**

Se utiliza un agente blanqueador, Cloro que ayuda al bajado de tono con el fin de obtener prendas con tonalidades claras, como adicional al bajado de tono se debe realizar un neutralizado con el fin de neutralizar el cloro intervienen químicos como el meta bisulfito de sodio y ácido oxálico.

### **Super Stones**

A más del prelavado, stoneado, lavado, abrillantado y suavizado interviene el bajado ecológico con soda caustica y como reductor la dextrosa anhidra que permite obtener tonos de prendas de jeans claros dependiendo de los porcentajes de utilización, acidulado en el cual se obtiene el pH óptimo para la siguiente operación de la prenda que se lo hace con ácido fórmico.

## **c) SUBPROCESO DE BLANQUEO**

Las telas crudas, especialmente las concentradas como la mezclilla (jean), contienen la mayoría de veces suciedad que no son revueltos por los procesos de lavado, el blanqueamiento de la prenda se logra por una reducción de la suciedad.

“La mayoría de las empresas que realizan el sub proceso de blanqueo utilizan el peróxido de hidrogeno ( $H_2O_2$ ), que es el principal blanqueador, aunque con menor frecuencia también se usan el hipoclorito de sodio ( $NaClO$ ) o clorito de sodio ( $NaClO_2$ ).”<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup>**FUNDES.**, Guía de Buenas Prácticas para el Sector Textiles., 2009., Pp. 15

#### **d) SUBPROCESO DE ENJUAGUE**

Permite retirar los productos químicos adicionados de los procesos anteriores con una cantidad necesaria de agua.

#### **e) SUBPROCESO DE NEUTRALIZADO**

La coloración amarillenta de las prendas en el caso de la utilización de cloro y manchas de color violeta en el caso de permanganato hace necesaria la adición de compuestos neutralizantes como el metabisulfito de sodio, ácido oxálico, ácido fórmico, entre otros, cuya acción es convertir estos excedentes químicos en formas inactivas.

#### **f) SUBPROCESO DE TEÑIDO Y FIJADO**

Es el subproceso que mayor contaminación causa debido a que no solo se requiere el uso de colorantes y químicos, sino también otros productos como sulfuro, sal, que son considerados como auxiliares del tinturado. Estos productos incrementan las propiedades del producto terminado, y mejorando considerablemente la calidad de la tintura.

Es importante controlar el pH, que se logra con una solución buffer y agentes oxidantes, agentes humectantes que son fundamentales para un perfecto tinturado, los agentes igualantes facilitan una distribución uniforme del colorante sobre el textil, para obtener tonalidades e intensidades de coloración uniformes.

El proceso de teñido se realiza a una temperatura de 86 °C durante el lapso de 20 minutos.

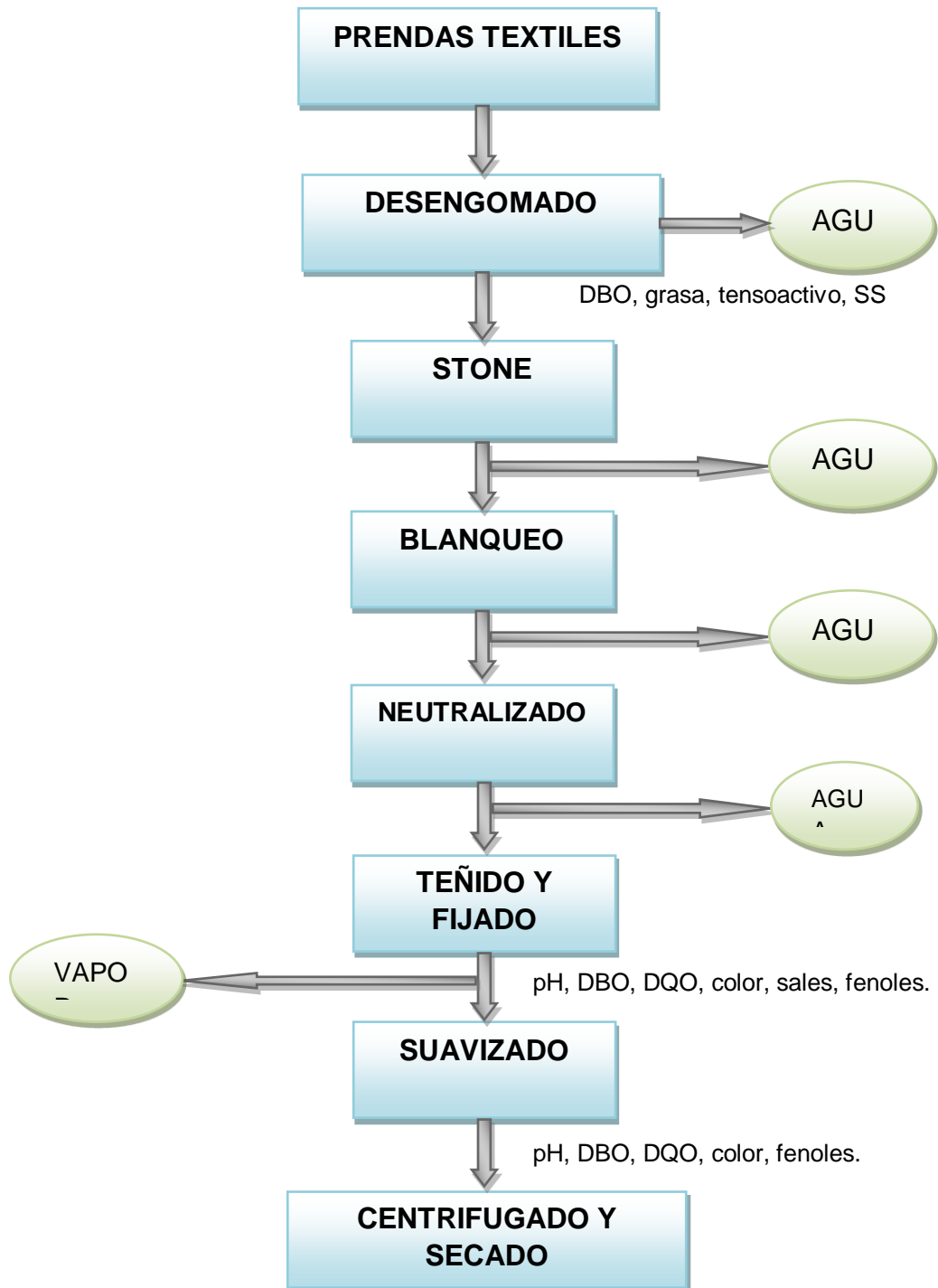
#### **g) SUBPROCESO DE SUAVIZADO**

Este proceso consiste en dar a la prenda una textura reluciente y suave por medio de químicos suavizantes y ácido fórmico durante 10 minutos a una temperatura de 30 °C.

#### **h) CENTRIFUGADO Y SECADO**

Es utilizado para eliminar el exceso de agua. Es decir ajustar la humedad de las prendas para un mejor empleo y distribución.

**Ilustración 1. Diagrama de flujo descripción del proceso operacional**



**Fuente:** Mariela Paredes

### 1.3.13. EVALUACION CUALITATIVA DE LOS PRODUCTOS QUIMICOS UTILIZADOS EN EL PROCESO OPERACIONAL

Los productos químicos pueden ser divididos en los siguientes subgrupos:

- ✓ **Productos químicos básicos:** álcalis que se utilizan para lavado tales como sales, hipoclorito, peróxido, agentes oxido-reductores y solventes orgánicos.
- ✓ **Surfactantes:** sirven para el lavado, son agentes tensoactivos catiónicos, aniónicos y no iónicos.
- ✓ **Colorantes y blanqueadores ópticos:** comprenden colorantes reactivos, dispersos, ácidos entre otros.
- ✓ **Agentes de teñido:** entre ellos están carrier, agentes inhibidores, agentes de pre- tratamiento de teñido, agentes equalizantes y retardantes de los colorantes.
- ✓ **Agentes de pre - tratamiento:** suavizantes y agentes antiestéticos, apresto, repelente de agua, aceite y suciedad, agentes antiarrugas.
- ✓ **Aditivos químicos:** almidones, enzimas y agentes inhibidores.

En los procesos de desengomado, lavado y teñido de jeans, se utiliza una gran cantidad de productos químicos, para estimar su potencialidad de contaminación, es preciso conocer el comportamiento de los químicos empleados y sus posibles consecuencias ambientales para el ser humano y el ambiente.

### 1.3.14. AGENTES DE DESENGOMADO

Agentes que eliminan las sustancias engomantes como son el almidón y sus derivados, carboximetilcelulosa, alcohol de polivinilo, acetato de polivinilo,



polímeros acrílicos y poliésteres solubles. Son completamente biodegradables y no tienen ningún efecto tóxico, sin tomar en cuenta el aumento considerable de la demanda bioquímica de oxígeno que demanda su degradación.

La disposición final de residuos sólidos se realizará en coordinación con los responsables de la planta y en los lugares de disposición final establecidos previamente por la autoridad ambiental competente.

### **1.3.15. ENZIMAS**

Los procesos catalizados por enzimas deben ser amigables con el medio ambiente, ya que los enzimas son biodegradables, actúan sobre moléculas específicas y se activan bajo condiciones blandas. Entre estas tenemos:

- ✓  **$\alpha$  - AMILASAS:** Se utilizan en los detergentes para eliminar las manchas que contiene el almidón, induce a la coagulación del almidón al hidrolizarlo. Se adhieren a las superficies textiles y actúan como pegamento para los compuestos de almidón.
  
- ✓ **CELULASAS:** Es recomendable seleccionar entre básicas para su empleo junto con los detergentes.

La temperatura óptima de estas enzimas es de 50 °C durante 60 minutos.

### **1.3.16. TENSO ACTIVOS**

Los surfactantes o tensoactivos contienen excelentes propiedades de dispersión y emulsificación. Este evita el manchado y la redeposición de colorante suspendido en el baño de abrasión. Los surfactantes más utilizados son los no-iónico biodegradable, por su alto poder humectante y detergente en

procesos de desengomado, y limpieza. Es un buen agente de suspensión para índigo y colorantes sulfurosos. Genera tonos más limpios y brillantes cuando se aplica en el baño de limpieza después de abrasión. La toxicidad de los tensoactivos es baja.

La utilización de tensoactivos fosfatados causa una eutrofización de las aguas superficiales, como el fósforo es el elemento limitante del crecimiento de la flora en las aguas, los fosfatos actúan como un abono que estimula el crecimiento excesivo de las algas y otras plantas acuáticas. La degradación de esta biomasa causa una demanda bioquímica de oxígeno alta, la consecuencia inmediata es la reducción del oxígeno disuelto en el agua, necesaria para la vida acuática.

#### **1.3.17. LUBRICANTES TEXTILES**

Los lubricantes textiles son polímero acrílico de tacto suave utilizado como ligante en procesos de teñido de prendas con pigmentos. Es compatible con auxiliares catiónicos. Los lubricantes de tipo no-iónico evitan la formación de rayas en las prendas durante el desengomado. La dosificación correcta de este producto dentro del proceso no alterará el ambiente pues se espera un impacto negativo.

#### **1.3.18. AGENTES HUMECTANTES**

Se utiliza generalmente agente de humedecido aniónico recomendado para varias aplicaciones de desengomado así como de baños específicos finales de rápida acción.

### 1.3.19. OXIDANTES

- ✓ **Hipoclorito de Sodio y/o Calcio.**- Hipoclorito de sodio (NaOCl) se utiliza para la desinfección del agua, blanqueamiento, eliminación de olores entre otros.

El cloro es muy reactivo, por lo que oxida o clora a las demás sustancias presentes en las aguas residuales, formando generalmente compuestos organoclorados debido a la reacción con las fibras de la tela o los colorantes, compuestos que tienen un impacto ambiental significativo sobre el medio ambiente si no son tratados previo su disposición.

- ✓ **Permanganato de potasio.**- Por sus propiedades desinfectantes, en grandes concentraciones puede afectar a los microorganismos acuáticos y del suelo. El permanganato en el ambiente puede reaccionar transformándose a dióxido de Manganeso  $MnO_2$ , o al ión  $Mn^{2+}$ , El dióxido de manganeso es insoluble y por tal no representa ningún impacto ambiental, pero el ión manganeso tiene propiedades teratogénicas y neurológicas.

- ✓ **Agua Oxigenada ( $H_2O_2$ ):** Es el oxidante más suave, debido a su alta conversión a agua y oxígeno. Es un líquido transparente, incoloro, miscible en agua en todas proporciones Respetuoso con el medio ambiente. No forma subproductos. Es utilizado en el desengomado, blanqueo y tintura.

### 1.3.20. NEGRO SULFUROSO.

El negro sulfuroso tiene una toxicidad significativamente más alta que otros tipos de colorantes, como por ejemplo los colorantes directos o los reactivos.

### **1.3.21. ABRILLANTADORES OPTICOS**

Los abrillantadores ópticos utilizados en los procesos son del tipo etilbenzénico, que muestran una toxicidad baja. Se adhieren fácilmente al lodo, son muy resistentes a una degradación microbiológica, pero en la presencia de luz visible cambian lentamente a una forma oxidable y biodegradable.

### **1.3.22. SUAVIZANTES**

Los suavizantes se dividen según la naturaleza del componente activo, en los grupos que se detallan a continuación: a) no-iónicos mismos que tienen una carga neutra b) catiónicos que tienen carga positiva c) reactivos, reactivo con celulosa. d) aniónico con carga negativa; e) anfotéricos cuya polaridad depende del pH de su entorno f) pseudocatiónicos que contienen suavizante catiónico con mínima cantidad de suavizante no-iónico.

Estos suavizantes catiónicos aparecen en 1930, cuando se descubrió que varios tipos de compuestos catiónicos, como auxiliares de tintura, detergentes y germicidas, eran sustantivos para las fibras textiles, en especial el algodón, siendo empleados inicialmente para mejorar la solidez al lavado de los colorantes directos aplicados a la celulosa.

En la actualidad los suavizantes catiónicos prevalecen en el mercado sobre los otros suavizantes por las siguientes razones:

- a) Proveen un alto grado de suavidad por peso adicionadas en bajas concentraciones.
- b) Para casi todas las fibras y de fácil aplicación, transmitiendo un acabado perdurable.
- c) Suministra un tacto característico y apreciado.
- d) Aumenta la resistencia a la rotura, desgarro y abrasión del tejido.

### **1.3.23. SULFURO DE SODIO**

El ión sulfuro en sus dos formas  $S^{2-}$  y  $HS^-$  y en su forma gaseosa  $H_2S$ , disuelto en el agua es altamente contaminante para la vida acuática, igual efecto tiene para los humanos al ser ingeridos estos compuestos, sea por ingestión digestiva o inhalada. En aguas con un contenido alto de oxígeno, el sulfuro es oxidado para dar sulfatos, que son considerados no tóxicos, ni impactantes al ambiente.

Igual análisis puede ser efectuado para el sulfuro de hidrógeno, cuando se forma de la reacción del sulfuro de sodio o sus soluciones con ácidos en el desarrollo de los procesos.

### **1.3.24. METABISULFITO DE SODIO**

No tiene una toxicidad muy alta, al igual que el sulfuro puede ser oxidado a sulfato o reducido a sulfuro, con los mismos efectos anotados anteriormente, bajo condiciones ácidas, es decir en aguas con un pH menor a 7, emerge a óxido de azufre  $SO_2$  que es un gas irritante y daña directamente la salud humana.

### **1.3.25. ACIDO ACÉTICO**

Los vapores de este ácido pueden formar explosiones al contacto con el aire, provocando un incendio, de manera directa o por fuga de hidrógeno. El ácido acético glacial y el ácido acético concentrado producen inflamaciones en la piel y producen enrojecimiento, quemaduras químicas y ampollas. Los vapores de ácido acético tienen una acción irritante en las mucosas, sobre todo en la conjuntiva, la rinofaringe y el tracto respiratorio superior.

### **1.3.26. ACIDO FÓRMICO**

Puede producir graves lesiones en la piel, los ojos y las mucosas, principalmente en personas sensibles al formaldehído, no se han registrado efectos crónicos o retardados. El ácido fórmico es un líquido inflamable y sus vapores forman mezclas inflamables y explosivas con el aire.

### **1.3.27. SODA CÁUSTICA**

Es posible optimizar los ciclos de producción cuando se emplea Soda Cáustica, para re-utilizarlos en varios baños, puede recuperarla empleando evaporadores y filtros para reanudarla al proceso.

### **1.3.28. SALES**

Con el fin de agotar los baños de tinturado, se debe suministrar sal, no se recomienda sal común (NaCl), ya que tiene muchas impurezas, se debe usar sulfato sódico ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ).

En la tintura por agotamiento con una concentración de sal que sobrepase de 100 g/L, la sal puede ser recuperada.

### **1.3.29. COLORANTES DIRECTOS**

En su mayoría los colorantes directos, pueden descomponerse en el proceso de teñido, en las aguas residuales en el medio ambiente o durante el uso de la tela teñida bajo condiciones aeróbicas, la degradación de los colorantes casi no

tiene lugar pero bajo condiciones anaeróbicas, la degradación es más fácil y completa, se deben utilizar colorantes biodegradables, con el propósito que los efluentes sean fáciles de tratar.

Para un buen proceso de teñido, es importante un proceso anterior de limpieza de impurezas, la velocidad de fijación de un colorante al principio de un teñido se reduce empleando igualantes, disminuyendo la temperatura o ambas medidas a la vez, aunque es preferible que sea la temperatura.

#### **1.4. AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales o servidas con aquellas que han sido usadas en la actividad económica o industrial.

“La generación de aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana. El tratamiento y disposición apropiada de las aguas residuales supone el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas; de su significado y de sus efectos principales sobre la fuerza receptora.”<sup>6</sup>

##### **1.4.1. FUENTES DE AGUAS RESIDUALES.**

Se llaman aguas residuales domésticas(ARD) los líquidos provenientes de las viviendas, edificios comerciales e institucionales, aguas residuales municipales /los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población posteriormente tratados en una planta de tratamiento municipal, y aguas residuales industriales las aguas residuales que provienen de las descargas de industrias de manufactura, aguas negras provenientes de provenientes de inodoros, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales y aguas grises a las provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, aportantes

---

<sup>6</sup>ROMERO , J., Tratamiento de aguas residuales., 2002., Pp. 17

de **DBO**, sólidos suspendidos, fósforo, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros.

#### **1.4.2. CARÁCTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales son únicas en sus características, los parámetros de contaminación deben evaluarse en el laboratorio para cada tipo de agua residual.

Caracterizar el agua residual proveniente de la industria textil no es tarea sencilla ya que dicha industria consta de una gran variedad de procesos y la intervención de productos químicos y colorantes.

##### **1.4.2.1. CARACTERÍSTICAS DE TIPO FÍSICAS**

Se pondrá especial atención en ciertos parámetros de los cuales podemos mencionar los siguientes:

- ✓ **Temperatura:** Su efecto en otras propiedades es importante ya que esta contribuye a la aceleración de las reacciones químicas, reduce la solubilidad de los gases e incrementa los olores y sabores.
- ✓ **Olor:** Se debe al arrastre muchas fibras orgánicas por obvias razones el agua presenta esta propiedad.
- ✓ **Color:** debe ser incolora.
- ✓ **Turbidez:** Es debido a la existencia de sólidos coloides dando al agua una apariencia brumosa ya que contiene muchos residuos industriales.
- ✓ **Sólidos:** los sólidos se pueden encontrar presentes en suspensión o en solución.
- ✓ **Conductividad eléctrica:** Dependen de las sales disueltas y para soluciones diluidas es aproximadamente proporcional al contenido de sólidos totales disueltos.



### 1.4.2.2. CARACTERÍSTICAS DE TIPO QUÍMICAS

Son de carácter más específico y son más útiles para evaluar las propiedades de una muestra.

- ✓ **pH:** Mide el grado de acidez o alcalinidad que contiene una muestra y su escala de medición es de 0 a 14 en donde 7 representa neutralidad, debajo de este valor representa acidez y arriba de 7 representa alcalinidad. El pH controla muchas reacciones químicas y su carácter ácido o básico son indeseables debido a que provocan corrosión y presentan dificultades en su tratamiento. Reuniendo todas las descargas a la salida de todos los procesos textiles en la mayoría de los casos presentan un pH de 7-9.
- ✓ **Alcalinidad:** Se debe a la presencia de carbonatos  $\text{CO}_3^{2-}$ , bicarbonatos  $\text{HCO}_3^-$ , o hidróxido  $\text{OH}^-$ , para abastecer de agua en varios casos se hace a través de la explotación de aguas subterráneas por medio de pozos, por lo que presenta una alcalinidad natural, en el proceso productivo es necesario que el agua no exceda los valores de bicarbonato de sodio ya que pueden reaccionar con algunos colorantes y causando dificultades en el proceso de tintura, para ello se usa secuestrantes metálicos, la alcalinidad es útil en las aguas residuales ya que proporciona un amortiguamiento para resistir los cambios de pH.
- ✓ **Acidez:** Debido a la gran cantidad de desechos industriales es probable encontrarnos con algún tipo de acidez mineral por debajo de 4,5 unidades de pH.
- ✓ **Dureza:** Es consecuencia de la presencia de iones metálicos de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  y es la causa de la mayoría de las incrustaciones en los sistemas de calentamiento y enfriamiento.

- ✓ **Demanda de oxígeno:** Los compuestos orgánicos se oxidan oxidar química o biológicamente para obtener productos mucho más estables relativamente inertes como CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), NO<sub>3</sub> (Nitratos), H<sub>2</sub>O (Agua).
- a) **DBO:** Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para que puedan descomponer la materia orgánica.
- b) **DQO:** Es la cantidad de oxígeno necesaria para producir la oxidación química fuerte de sustancias de origen inorgánico y orgánico presentes en el agua.

### 1.4.2.3. CARACTERÍSTICAS DE TIPO BIOLÓGICAS

Dependen de la carga orgánica y la cantidad de microorganismos presentes en el agua y se necesita una evaluación previa para no utilizar esta carga al proceso productivo.

**Tabla 5. Efectos indeseables de las aguas residuales**

CONTAMINANTE	EFEECTO
<b>Materia orgánica biodegradable</b>	Desoxigenación del agua, muerte de peces, olores indeseables.
<b>Materia suspendida</b>	Deposición en los hechos de los ríos; si es orgánica se descompone y flota mediante el empuje de los gases, cubre el fondo e interfiere con la reproducción de los peces o trastorna la cadena alimenticia.
<b>Sustancias corrosivas, cianuros, metales, fenoles</b>	Extinción de peces, y vida acuática, destrucción de bacterias, interrupción de la autpurificación.

<p><b>Microorganismos patógenos</b></p>	<p>Las ARD pueden transportar organismos patógenos, los residuos de curtiembre ántrax.</p>
<p><b>Sustancias que causan turbiedad, temperatura, color, olor.</b></p>	<p>El incremento de temperatura afecta a los peces; el color, olor, y turbiedad hacen estéticamente inaceptable el agua para uso público.</p>
<p><b>Sustancias o factores que trastornan el equilibrio biológico.</b></p>	<p>Pueden causar crecimiento excesivo de hongos y plantas acuáticas, las cuales alteran el ecosistema acuático, causan olores, etcétera.</p>
<p><b>Constituyentes minerales</b></p>	<p>Aumentan la dureza, limitan los usos industriales, sin tratamiento especial, incrementan el contenido de sólidos disueltos a niveles perjudiciales para los peces o la vegetación, contribuyen a la eutrofización del agua.</p>

Fuente: ROMERO. J., Tratamiento de aguas residuales., 2002., Pp. 24

**Tabla 6. Contaminantes de importancia en aguas residuales**

CONTAMINANTE	PARÁMETRO TÍPICO DE MEDIDA	IMPACTO AMBIENTAL
<p><b>Materia orgánica biodegradable</b></p>	<p>DBO, DQO</p>	<p>Desoxigenación del agua, generación de olores indeseables.</p>

<b>Materia suspendida</b>	SST, SSV	Causa turbiedad en el agua, deposita lodos.
<b>Patógenos</b>	CF	Hace el agua insegura para consumo y recreación.
<b>Amoniaco</b>	$\text{NH}_4^+$ - N	Desoxigena el agua, es tóxico para organismos acuáticos y puede estimular el crecimiento de algas.
<b>Fósforo</b>	Ortofosfatos	
<b>Materiales tóxicos</b>	Como cada material tóxico específico.	Puede estimular el crecimiento de algas. Peligroso para la vida vegetal y animal.
<b>Sales inorgánicas</b>	SDT	Limita los usos agrícolas e industriales del agua.
<b>Energía térmica</b>	Temperatura	Reduce la concentración de saturación de oxígeno en el agua acelera el crecimiento de organismos acuáticos.
<b>Iones hidrogeno</b>	pH	Riesgo potencial para organismos acuáticos.

Fuente: ROMERO, J., Tratamiento de aguas residuales., 2002.,Pp. 25

### 1.4.3. AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA INDUSTRIA TEXTIL

“Aproximadamente de los 200.000 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% pertenecen a industrias textiles, la cual luego de los procesos se encuentra muy contaminada, de los productos químicos usados aproximadamente el 90%, es vertido como desecho después de cumplir su labor.”<sup>7</sup>

El agua es la una de las materias primas más importantes dentro del proceso de tinturado y lavado de prendas de vestir, ya que esta se utiliza desde el inicio hasta el final del proceso.

La tintorería comprende el mayor consumo de agua dentro de todos los procesos que constituyen la industria textil, esto se evidencia en la mayoría de empresas textiles en el mundo, es por eso que el agua es un recurso valioso que se debe administrar y cuidar con responsabilidad.

La descarga al sistema alcantarillado de la ciudad está limitada, sin previo tratamiento, ya que los residuos contaminantes tóxicos contenidos en ella causan daños en la vida acuática donde son finalmente descargadas. La industria textil está en la obligación de tratar las aguas residuales parcial o completamente en su fuente, por ello, este trabajo tiene como principal objetivo, a través de prueba de laboratorio y en planta de tratamiento, obtener agua tratada, libre de color producido por los colorantes, agentes orgánicos disueltos entre otros.

---

<sup>7</sup>CASTAÑO, E., - Otros., Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de textiles FARO LTDA., Colombia., 1998., Pp. 170

Las aguas residuales del proceso de tinturado de la lavandería y tintorería, contiene fibras textiles, tintes reactivos, que no se fijan en las fibras y que representan alrededor del 20% y 30% del tinte aplicado, estos son los responsables del color azul del agua, contienen también tintes auxiliares, sustancias orgánicas, que son causantes del alto nivel de DBO y DQO de las descargas líquidas. (8)

Los procesos de tinturado es uno de los que más carga contaminante aporta en la industria textil, puesto a que provocan coloración de las aguas, esta coloración tiene un impacto negativo sobre la fuente de agua que las recepta, estas aguas cambian de color con frecuencia ya que los tintes varían según los requerimientos de los clientes.

Las industrias textiles son contaminantes en términos de volumen y la complejidad de sus descargas, cada uno de los procesos que se realizan generan aguas residuales con características variables, “las aguas residuales textiles se caracterizan por tener pH que varía de acuerdo al proceso, altos valores de DQO, DBO, altos niveles de color, turbiedad, una alta concentración de sólidos suspendidos y descargas a altas temperaturas.”<sup>8</sup>

**Tabla 7. Clasificación general de los contaminantes de las ARI textiles**

CLASIFICACIÓN	EFECTOS CONTAMINANTES
<p>Materias en suspensión: (Residuos minerales, fibras, sustancias insolubles...).</p> <p>Son relativamente escasas en los efluentes textiles excepto en los</p>	<p>Las materias disueltas se depositan lentamente sobre los cursos de agua, si el depósito es importante afecta la vida acuática.</p>

<sup>8</sup>DANESHVAR, A., Decoloración de soluciones de colorantes básicos por electrocoagulación., 2005., Pp.,122

lavaderos de lana.	
Materias flotantes: Aceites, grasas y espumas	Disminuyen el crecimiento de la flora acuática al impedir la penetración de la luz. Los aceites en particular son tóxicos y perturban la aireación de los cuerpos acuáticos y destruyen la vegetación. La industria textil sólo genera grasas y aceites de forma importante en el lavado de la lana y en los procesos de estampación en los que intervienen pastas de petróleo. Los tensoactivos son de uso generalizado y en concentraciones bajas (1 - 3 mg/L) son suficientes para producir espuma al verter el agua incluso después de un proceso de depuración.
Impurezas disueltas: Son los contaminantes presentes en las ARI textiles de mayor importancia, entre estos se encuentran: ácidos, álcalis, reductores, oxidantes, colorantes y un sin número de productos auxiliares todos ellos solubles en agua.	Los reductores y la materia orgánica disuelta consumen el oxígeno. Algunos de los productos contaminantes disueltos pueden ser además tóxicos, como los derivados fenólicos, transportadores de tintura, cromo, grasa, aceites, metales pesados, etc.

**Fuente:** CRESPI, M., Otros., Industria textil: depuración biológica o físico química., Pp., 75

Cada etapa aporta en la totalidad de la carga contaminante y por lo tanto en la composición de las aguas residuales.

“El aporte a la carga contaminante de los procesos de tinturado es considerable y esto depende del tipo de colorante utilizado en la tintura, por lo general se

presentan bajas cantidades de sólidos suspendidos y altas cantidades de DQO y DBO.”<sup>9</sup>

**Tabla 8. Carga contaminante que aportan los colorantes.**

<b>Colorante</b>	<b>Litros de agua por Kg. de Tela</b>	<b>DQO (ppm)</b>	<b>Sólidos totales (ST)</b>
<b>Reactivos</b>	74-210	150-400	2400-8200
<b>Directos</b>	14-53	440-1200	220-14000
<b>Sulfurosos</b>	24-212	22-3600	4200-14100
<b>Tinas</b>	8-160	250-3000	1700-7400

**Fuente: RODRIGUEZ, O. – Otros.,** Alternativas para el tratamiento de aguas residuales en tintorerías textiles., 1997., Pp. 150.

## **1.5. TRATAMIENTO DE EFLUENTES.**

“El tratamiento del agua residual anterior a su evacuación al medio ambiente, tiene como objetivo eliminar los contaminantes los más económicamente posible, los vertimientos de líquidos industriales deterioran significativamente el medio ambiente por la alta concentración de contaminantes y su peligrosidad.”<sup>10</sup>

### **1.5.1. CLASIFICACIÓN DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES**

Los contaminantes presentes en aguas residuales pueden eliminarse con procesos químicos, físicos y/o biológicos.

---

<sup>9</sup>**OROZCO, A.,** Industria textil de Colombia: Consideraciones básicas., 1995., Pp. 62.

<sup>10</sup>**MERCADO, I.,** La electrocoagulación, una nueva alternativa para el tratamiento de aguas residuales., 2005., Pp.72.



Hay 3 tipos de procesos de tratamiento:

- ✓ **Procesos físicos:** Predominan la acción de fuerzas físicas y se llaman operaciones físicas unitarias, entre estas se encuentran el desbaste, mezclado, floculación, sedimentación, flotación, transferencia de gases y filtración.
- ✓ **Procesos químicos:** La eliminación de los contaminantes se obtiene con la adición de productos químicos, se conocen como procesos químicos unitarios tales como, la precipitación, adsorción y la desinfección son procesos convencionales en el tratamiento de aguas residuales.
- ✓ **Procesos biológicos:** Su tratamiento de eliminación de contaminantes se lleva a cabo con acción biológica.

Los procesos y operaciones unitarias se coordinan y complementan para dar lugar a cuatro niveles de tratamiento que son: pre tratamiento, tratamientos primarios, tratamientos secundarios y tratamientos terciarios.

#### **1.5.1.1. PRETRATAMIENTOS**

Es un proceso de eliminación de los componentes de las aguas residuales esto quiere decir que se separa del agua residual por operaciones físicas o mecánicas, la mayor cantidad de materiales que por su naturaleza (grasas y aceites) o su tamaño (ramas, palos), pueden provocar dificultades en los tratamientos consecutivos.

Su propósito es adecuar el agua residual para los tratamientos posteriores, remover materiales que puedan obstaculizar con los equipos y procesos de tratamiento de aguas y reducir la acumulación de materiales.

### **1.5.1.2. TRATAMIENTOS PRIMARIOS**

Aquí se elimina una fracción de los sólidos suspendidos, coloides y materia orgánica del agua residual, son precedentes de los tratamientos secundarios y estos no remueven microorganismos ni material soluble.

Si las aguas residuales han sido previamente tratadas mediante tratamientos preliminares y primarios (físicos o físico-químicos) y no se ha logrado disminuir una proporción notable de contaminación orgánica, es necesario someter estas aguas a tratamientos donde la acción de los microorganismos transforman la materia orgánica en material estable e inofensivo a las fuentes que las receptan.

### **1.5.1.3. TRATAMIENTOS SECUNDARIOS**

Está fundamentalmente orientado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables. Aunque a menudo se incluye la desinfección como parte del tratamiento secundario. Se define el tratamiento secundario convencional como la combinación de diferentes procesos normalmente empleados para la eliminación de estos constituyentes, e incluye el tratamiento biológico con fangos activados, reactores de lecho fijo, los sistemas de lagunaje y la sedimentación.

### **1.5.1.4. TRATAMIENTOS TERCARIOS**

Estos tratamientos se ocupan de obtener una calidad excelente en el efluente, es por ello se usan en casos especiales estas aguas pueden ser utilizadas en gran variedad de fines entre los que se encuentra la reutilización.

Es el nivel de tratamiento necesario para la eliminación de constituyentes de las aguas residuales que merecen particular atención como nutriente,

compuestos tóxicos, excesos de materia orgánica o de sólidos suspendidos, iones y sólidos disueltos.

**Tabla 9. Operaciones o procesos unitarios según el nivel de tratamiento de aguas.**

<b>TIPO DE TRATAMIENTO</b>	<b>OPERACIONES O PROCESOS UNITARIOS</b>
<b>Preliminares</b>	Dilaceración, desbaste, filtración, flotación, remoción por gravedad, tanque Imhoff, filtración por membrana, remoción de grasas y aceites, tamizado grueso y fino, y microtamizado.
<b>Primarios</b>	Tamizado, sedimentación primaria.
<b>Secundarios</b>	Lodos activados, reactores de lecho fijo, sistemas de lagunaje, sedimentación secundaria, desinfección.
<b>Terciarios</b>	Coagulación química, floculación, sedimentación seguida de filtración y carbón activado. Intercambio iónico, osmosis inversa, electrocoagulación.

**Fuente: CRITES, R. - Otros.,** Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 2001., Pp. 782.

Algunos de los criterios importantes para la selección de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales se observan en la Tabla 10.

**Tabla 10. Criterios para seleccionar sistemas de tratamiento de aguas residuales.**

✓ El sistema debe ser simple en su operación, mantenimiento y control, ya que una buena operación no debe depender de la presencia de operadores e ingenieros experimentados.	✓ La flexibilidad del proceso debe ser alta con respecto a la escala a la cual es aplicada, debe prepararse para las posibilidades de ampliación y mejoramiento de la eficiencia.
✓ El sistema no debe provocar malos olores y problemas de	✓ El requerimiento de área debe ser bajo, en especial cuando no

salud.	está disponible y/o el precio es alto.
✓ El número de etapas requeridas para el proceso deben ser las mínimas posibles.	✓ El sistema debe ofrecer buenas posibilidades para recuperar subproductos útiles en irrigación y ✓ fertilización.
✓ El sistema deber ser estable a interrupciones en la alimentación.	✓ Es recomendable disponer de la capacitación suficiente en el manejo del sistema.
✓ El tiempo de vida del sistema debe ser largo.	✓ El sistema no debe tener ningún problema con la disposición de lodos.

**Fuente:** MERCADO, I., La electrocoagulación, una nueva alternativa para el tratamiento de aguas residuales., 2005., Pp.26.

**Tabla 11. Operaciones y procesos unitarios y sistemas de tratamiento utilizados para eliminar la mayoría de los contaminantes presentes en el agua residual.**

<b>CONTAMINANTE</b>	<b>SISTEMA DE TRATAMIENTO, OPERACIÓN Ó PROCESO UNITARIO</b>
<b>Sólidos en suspensión</b>	Desbaste y dilaceración, desarenado, sedimentación, filtración, flotación, adición de polímeros, sistemas naturales (tratamiento de evacuación al terreno), coagulación/sedimentación.
<b>Materia orgánica Biodegradable</b>	Variantes de fangos activados, película fija: filtros percoladores y biodiscos, variantes de lagunaje, filtración

	intermitente en arena, sistemas físico – químicos, sistemas naturaleza.
<b>Compuestos orgánicos volátiles</b>	Arrastre por aire, tratamiento de gases, absorción en carbón.
<b>Patógenos</b>	Cloración, hipó cloración, cloruro de bromo, ozonación, radiación UV, sistemas naturales.
<b>Nutrientes:</b>	
<b>Nitrógeno</b>	Variantes de sistemas de cultivo en suspensión con nitrificación y desnitrificación, variantes de sistemas de película fija con nitrificación y desnitrificación, arrastre de amoníaco, intercambio iónico, coloración al breakpoint, sistemas naturales.
<b>Fósforo</b>	Adición de sales metálicas, coagulación y sedimentación con cal, eliminación biológica del fósforo, eliminación biológica – química del fósforo, sistemas naturales.
<b>Nitrógeno y fósforo</b>	Eliminación biológica de nutrientes.
<b>Materia orgánica refractaria</b>	Adsorción en carbón, ozonación terciaria, sistemas naturales.
<b>Metales pesados</b>	Precipitación química, intercambio iónico, sistemas de tratamiento por evacuación al terreno.
<b>Sólidos disueltos orgánicos</b>	Intercambio iónico, osmosis inversa, electrodiálisis.

**Fuente:** METCALF& EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 144-145.

### 1.5.1.5. TRATAMIENTO DE LODOS

El lodo que se extrae de los procesos de tratamiento de aguas residuales son líquidos o líquidos – semisólidos con contenido de sólido que aproximadamente representan el 0,25 y el 12% en peso, siendo el mayor volumen eliminado durante los tratamientos, está formado por sustancias que son desagradables de las aguas que no son tratadas.

“Uno de los principales problemas en el tratamiento de aguas residuales es el relacionado con el tratamiento y disposición de lodos. En los tanques de sedimentación se producen grandes volúmenes de lodos con grandes contenidos de agua; su deshidratación y disposición final pueden representar un alto porcentaje del costo del tratamiento de agua.”<sup>11</sup>

Una reducción mayoritaria de lodos es necesaria antes que estos se espesen, la parte líquido de los lodos tiene que secarse consiguiendo un lodo seco y poroso. La deshidratación puede producirse de manera natural, durante un largo periodo de tiempo.

Para que se dé una deshidratación efectiva, el tamaño y firmeza de las acumulaciones del lodo son importantes, y así el lodo permanezca poroso durante la compresión, para ello se utilizan floculantes para alcanzar mayores cantidad de materia seca en las máquinas de deshidratación y deben ser coordinados con el lodo.

Para elegir el proceso más adecuado de deshidratación es importante considerar las condiciones limitantes tales como: cantidad, estructura del lodo, disposición, regulaciones, disponibilidad, personal, etc.

---

<sup>11</sup>ROMERO, J., Tratamiento de aguas residuales., 2002., Pp. 757

## 1.5.2. PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN LAVANDERÍAS Y TINTORERÍAS.

Es usual que las bombas de alimentación de agua hacia la planta de tratamiento queden obstruidas por pedazos de tela, envases plásticos, palos y otros materiales cuya presencia reduce el caudal de entrada y la eficiencia del tratamiento, es por ello que los procedimientos de tratamiento tienen como propósito proteger los equipos para asegurar un procedimiento continuo y eficaz.

### 1.5.2.1. CALCULO DEL CONSUMO DE AGUA

Para poder calcular la cantidad de agua residual generada en el proceso se debe multiplicar la cantidad de agua consumida por prenda por la cantidad de prendas procesadas en el día.

$$Q = \frac{L}{\text{prenda}} * \# \text{ de prendas procesadas} \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde:

Q= Caudal (L o m<sup>3</sup>)

$\frac{L}{\text{prenda}}$  = Indicador

### 1.5.2.2. REJILLA



**Fuente:** CRITES, R. - Otros., Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 2001., Pp. 246.

**Figura 1. Pretratamiento con Rejillas**

“El primer paso en el tratamiento del agua residual consiste en la separación de sólidos gruesos. El procedimiento más habitual se basa en hacer pasar el agua residual a través de rejillas, suelen tener aberturas libres entre barras de 15mm o mayores”<sup>12</sup>, “se utilizan para proteger bombas, válvulas, tuberías y otros elementos, contra posibles daños ocasionados por objetos de gran tamaño como trapos, palos.”<sup>13</sup>

De acuerdo con el método de limpieza, las rejillas se clasifican como de limpieza manual o de limpieza mecánica pueden estar en función a la separación entre barras finas o gruesas, también de acuerdo a la inclinación de la reja: horizontales, verticales, inclinadas y curvas. Las características de ambos tipos se comparan en la Tabla 12.

**Tabla 12. Información típica para el proyecto de rejillas de barras de limpieza manual y mecánica.**

<b>CARÁCTERÍSTICAS</b>	<b>Unidad</b>	<b>LIMPIEZA MANUAL</b>	<b>LIMPIEZA MECÁNICA</b>
<b>Tamaño de la barra:</b>			
<b>Anchura</b>	mm	5-15	5-15
<b>Profundidad</b>	mm	25-37.5	25-37.5
<b>Separación entre barras</b>	mm	25-50	15-75
<b>Pendiente en relación a la vertical.</b>	Grados	25-50	50-82.5
<b>Velocidad de aproximación</b>	m/s	0,3 – 0,6	0,3 – 0,9
<b>Pérdida de carga admisible</b>	mm	150	150

**Fuente:** METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 510

<sup>12</sup>METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 509

<sup>13</sup>CRITES, R. - Otros., Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 2001., Pp. 246.



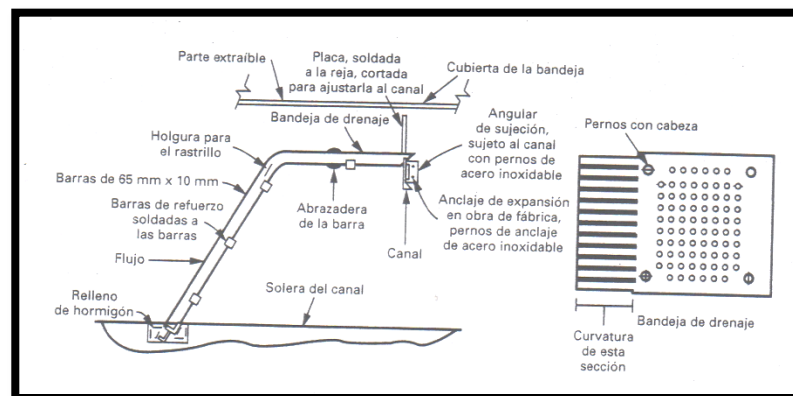
### 1.5.2.2.1. REJILLAS DE LIMPIEZA MANUAL

Las rejillas según la distancia entre barrotes, se pueden clasificar en rejillas gruesas (50-100 mm entre barrotes) y rejillas finas (3-10 mm entre barrotes). Normalmente las rejillas finas, van siempre precedidas por una rejilla gruesa.

Es necesario retirar cada cierto tiempo el material sólido acumulado, ya que la pérdida de carga aumenta a medida que se presenta una mayor obturación; para la disposición de los sólidos extraídos se debe contar con una bandeja de drenaje en la parte superior de la rejilla.

“Las barras que conforman la rejilla llegan a tener máximo 10 mm de anchura por 50 mm de profundidad, se considera propicio un canal recto y perpendicular a la reja, de manera que se consiga una distribución uniforme de los sólidos en el flujo y en la reja.”<sup>14</sup>

La velocidad de aproximación debe ser de 0,45 m/s para que haya una mayor superficie de contacto del agua con la rejilla.



Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 511

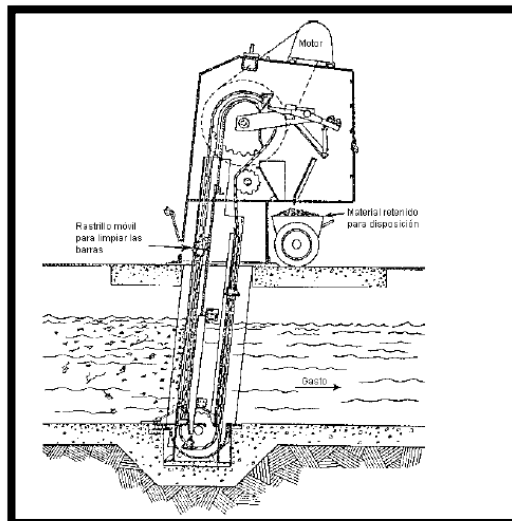
Figura 2. Rejillas de Limpieza Manual Típica

<sup>14</sup>METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 510

### 1.5.2.2.2. REJILLAS DE LIMPIEZA MECÁNICA

Su objetivo es reducir los problemas de explotación y mantenimiento y aumentar las posibilidades de separación de residuos, tienen inclinaciones de 60 a 90° la activación de limpieza puede ser programada o por un electro nivel antes de la rejilla. Los diseños actuales incluyen la utilización de materiales resistentes a la corrosión como el acero inoxidable o materiales plásticos.

“Emplean cadenas sin fin, cables o mecanismos con ruedas dentadas reciprocantes, que mueven un rastrillo empleado para remover los residuos acumulados por la rejilla.”<sup>15</sup>



**Fuente:** VALDEZ, E., Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de las aguas residuales., Unidad 2.3

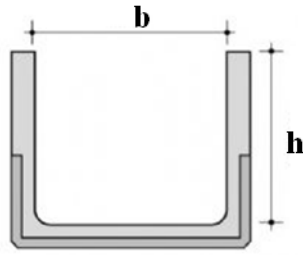
**Figura 3. Disposición de Rejillas de Limpieza Manual**

### 1.5.2.2.3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL CANAL

Para el diseño de las rejillas es necesario conocer las dimensiones del canal en donde van a ser dispuestas.

<sup>15</sup>CRITES, R. - Otros., Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 2001., Pp. 246.

### a) SECCIÓN DEL CANAL



Fuente: Mariela Paredes  
Figura 4. Sección del Canal

### b) ÁREA DEL CANAL

$$A = b * h \quad \text{Ec.2}$$

Dónde:

A= Área del canal (m<sup>2</sup>)

b= Base del canal (m)

h = Altura del canal hasta el nivel de agua (m)

### c) RADIO HIDRÁULICO

$$R = \frac{b*h}{b+2*h} \quad \text{Ec.3}$$

Es necesario calcular la velocidad a la que se transporta el agua residual hacia el proceso de tratamiento, mediante la ecuación de Manning:

$$v = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} \quad \text{Ec.4}$$

Dónde:

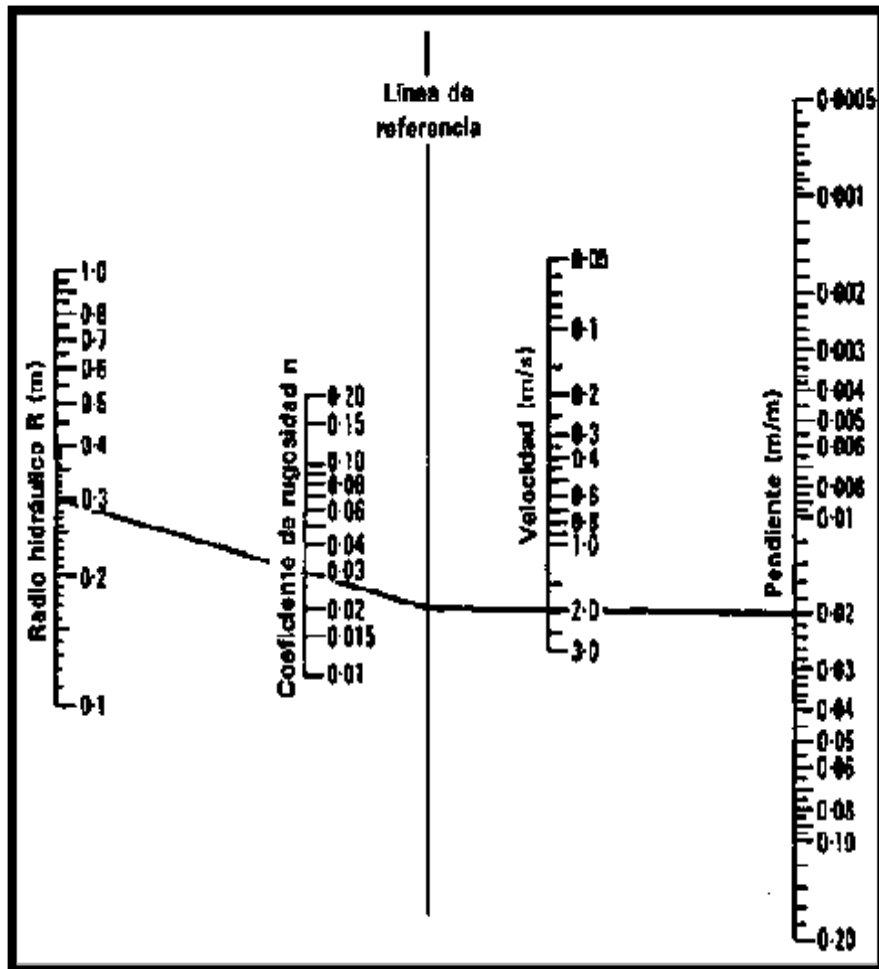
$v$  = Velocidad (m/s)

$n$  = Coeficiente de Manning (0,014 para canales de cemento no pulido)

$R$  = Radio hidráulico (m)

$S$  = Gradiente hidráulico (m/m) 0,0005

También se la puede determinar mediante el Abaco de la Fórmula de Manning:



Fuente: Juan, M., Ingeniería de Ríos Pp. 85

Gráfico 1. Ábaco de la Fórmula de Manning

#### 1.5.2.2.4. CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA REJILLAS

Se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

##### d) ÁREA ENTRE BARRAS.

Se puede determinar la siguiente ecuación:

$$A_L = \frac{Q}{v_{RL}} \quad \text{Ec.5}$$

Dónde:

$A_L$  = Área libre entre barras ( $m^2$ )

$Q$  = Caudal ( $m^3/s$ )

$v_{RL}$  = Velocidad de aproximación (m/s)

##### e) ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL FLUJO

Se toma en consideración la siguiente ecuación

$$A_f = \frac{A_L(a+t)}{a} \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde:

$A_f$  = Área de flujo ( $m^2$ )

$A_L$  = Área entre barras ( $m^2$ )

$a$  = Separación entre barras (m)

$t$  = Espesor máximo de las barras (m)

##### f) NÚMERO DE BARRAS

Para determinar el número de barras se puede usar la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} = \frac{b-a}{a+t} \quad \text{Ec.7}$$

Dónde:

b = Ancho del canal (m)

a = Separación entre barras (m)

t = Espesor máximo de las barras (m)

### **g) LONGITUD SUMERGIDA DE LA REJILLA**

Se requiere conocer el nivel máximo de agua, usando la siguiente ecuación:

$$d_{\max} = \frac{Q}{V_{RL} \cdot b} \quad \text{Ec. 8}$$

Para la longitud tenemos:

$$L_s = \frac{d_{\max}}{\text{sen}\delta} \quad \text{Ec.9}$$

Dónde:

$d_{\max}$  = Nivel máximo de agua (m)

$V_{RL}$  = Velocidad de aproximación (m/s)

b = Ancho del canal (m)

$\delta$  = Grado de inclinación de las barras

### **h) PÉRDIDA DE CARGA**

Las pérdidas de carga a través de las rejillas dependen de la frecuencia con la que se limpian y de la cantidad de material basto que llevan las aguas. El cálculo de la pérdida de carga para una rejilla se puede estimar por medio de la siguiente ecuación propuesta por Kirschmer (1926):

$$h_C = \beta \left(\frac{t}{a}\right)^{4/3} \frac{v^2}{2g} \text{Sen}\delta$$

Ec. 10

Dónde:

$h_C$  = Pérdida de carga, pies (m)

$t$  = Espesor máximo de las barras (m)

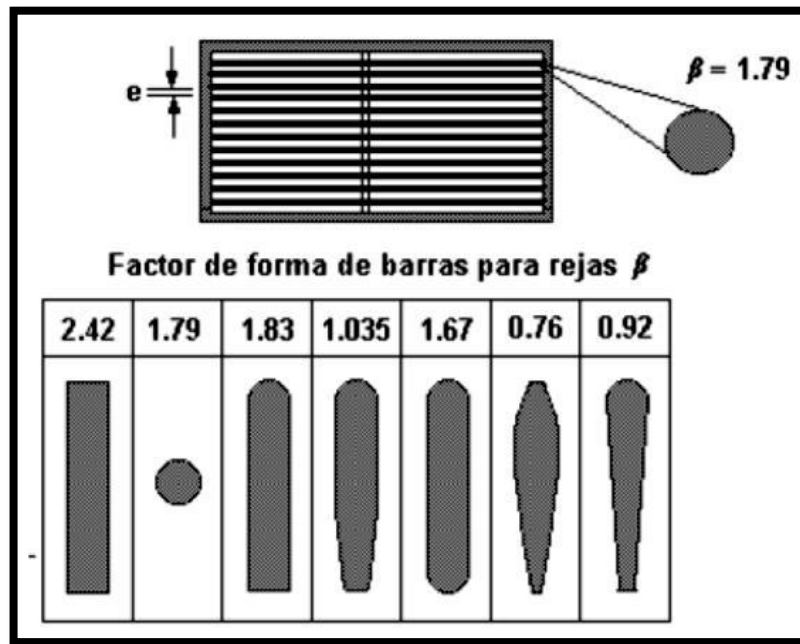
$a$  = Separación entre barras (m)

$\frac{v^2}{2g}$  =Carga de velocidad antes de la reja (m)

$\delta$  = Ángulo de inclinación de las barras

$\beta$  =Factor dependiente de la forma de la barra

$g$  = aceleración de la gravedad, ( $m^2/s$ )



**Fuente:** VALDEZ, E., Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de las aguas residuales., Unidad 2.3

**Figura 5. Factores de forma  $\beta$  para secciones de barras**

**Tabla 13. Coeficiente de rugosidad  $\eta$  de Manning**

MATERIAL	N	RUGOSIDAD $\kappa$ (MM)
CANALES ARTIFICIALES		
Vidrio	0,010	0,3
Latón	0,011	0,6
Acero liso	0,012	1,0
Acero pintado	0,014	2,4
Acero ribeteado	0,015	3,7
Cemento pulido	0,012	1,6
Cemento no pulido	0,014	2,4
Madera cepillada	0,012	1,0
Teja de arcilla	0,014	2,4
Enladrillado	0,015	3,7
Asfáltico	0,016	5,4
Metal ondulado	0,022	37
Mampostería de cascotes	0,025	80

**Fuente: CRITES, R. - Otros.,** Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 2001. Pp. 782

### 1.5.2.3. HOMOGENIZACIÓN

La homogenización o igualamiento consiste en amortiguar las variaciones del caudal para logra un caudal aproximadamente constante. Tiene entre otros, los siguientes propósitos:

- ✓ Superar los problemas operacionales causados por las variaciones del pH.
- ✓ Proveer un control adecuado de pH.
- ✓ Permitir descargar caudales muy variables al alcantarillado municipal.

“El igualamiento tiene las siguientes ventajas: mejora la tratabilidad del agua residual, diluye sustancias inhibidoras, estabiliza el pH, mejora la eficiencia por lo tanto la calidad del efluente, con tratamiento químico hace más fácil la



dosificación de los reactivos y mejora la confiabilidad y rendimiento del proceso”<sup>16</sup>

### 1.5.2.3.1. TANQUES DE HOMOGENIZACIÓN

Los tanques de homogenización requieren generalmente mezcla, para asegurar un igualamiento adecuado y para prevenir asentamiento de sólidos sedimentables en el tanque.

Puede ser de profundidad variable, para proveer un caudal constante, o de volumen constante y efluente igual al afluente, cuando el propósito es igualar características del afluente, como su acidez, alcalinidad y pH, para optimizar tratamiento químico o biológico posterior

El volumen del depósito depende del caudal vertido y del régimen de trabajo. En general se ha de calcular un volumen al menos igual al caudal diario vertido. Es importante que en esta operación no sedimenten materiales en suspensión. Es por ello que, se han de mantener las aguas residuales en agitación.

#### a) AREA DEL HOMOGENIZADOR

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{Q}{C_s} \quad \text{Ec. 11}$$

Dónde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/h)

C<sub>s</sub> =Carga superficial (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*día)

---

<sup>16</sup>ROMERO, J., Tratamiento de aguas residuales., 2002., Pp. 305

## **b) DIÁMETRO DEL TANQUE HOMOGENEIZADOR**

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}} \quad \text{Ec. 14}$$

Dónde:

$\emptyset$  = diámetro (m)

$A$  = Área del sedimentador

$\pi$  = Número irracional (3,1416)

## **c) RADIO DEL TANQUE HOMOGENEIZADOR**

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad \text{Ec. 15}$$

$r$  = Radio (m)

$A$  = Área (m<sup>2</sup>)

## **d) VOLUMEN DEL HOMOGENEIZADOR**

Determinamos mediante la siguiente ecuación:

$$V = Ah \quad \text{Ec. 16}$$

Dónde:

$V$  = Volumen del tanque (m<sup>3</sup>)

$A$  = Altura del tanque (m)

### e) NÚMERO DE DEFLECTORES

Son 4, dispuestos verticalmente en las paredes del tanque, desde el fondo y sobresaliendo por encima del nivel del líquido.

### f) ANCHO DE LOS DEFLECTORES

Podemos calcular mediante la siguiente ecuación:

$$W_b = \frac{1}{10} \text{ del } \emptyset \text{ tanque} \quad \text{Ec. 17}$$

Dónde:

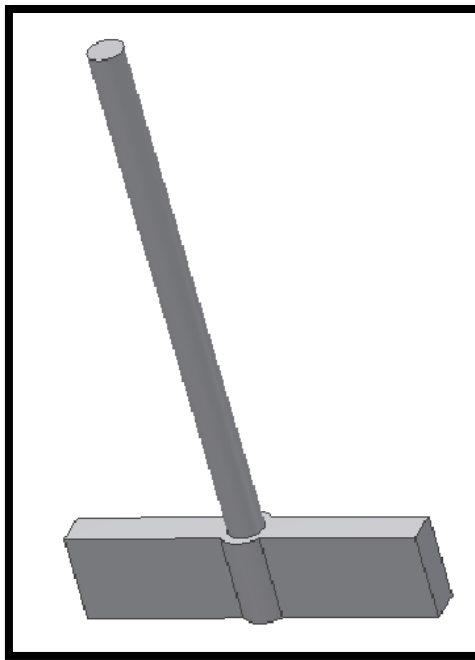
$W_b$  = Ancho de los deflectores (m)

## 1.5.2.4. MEZCLA

La mezcla es una operación unitaria de gran importancia en el diseño y operación de plantas de tratamiento de agua residual. La mezcla de tratamiento se realiza con miras ha: 1) la mezcla completa de aditivos químicos, b) mezcla de fluidos en reactores y tanques de almacenamiento y 3) floculación.

### 1.5.2.4.1. AGITADORES DE PALETAS.

Se basan en una o más series de brazos instalados sobre un eje vertical, cada serie puede llevar dos, tres o más paletas, que entran en contacto con el líquido de manera frontal, se emplean frecuentemente por la simplicidad con que se puede cambiar su longitud y número de paletas, cabe indicar que también se pueden construir de diversos materiales y tamaños distintos.



Fuente: ERAZO, P., Diseño y construcción de mezcladora industrial., 2011., Pp. 22

**Figura 6. Agitador de Paletas**

**a) DIAMETRO DEL IMPULSOR**

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$d_i = \frac{1}{3} \text{ del } \emptyset \text{ tanque} \quad \text{Ec. 18}$$

Dónde:

$d_i$  = Diámetro del impulsor (m)

**b) ALTURA DEL IMPULSOR RESPECTO DEL FONDO**

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H_i = d_i \quad \text{Ec. 19}$$

Dónde:

$H_i$  =Altura del impulsor respecto del fondo (m)

### c) ANCHO DE LAS PALAS DEL IMPULSOR

Lo obtenemos de la siguiente ecuación:

$$q = \frac{1}{5} \text{ del } d_i \quad \text{Ec. 20}$$

Dónde:

q = Ancho de las paletas (m)

### d) LONGITUD DE LAS PALAS DEL IMPULSOR

$$l = \frac{1}{4} \text{ del } d_i \quad \text{Ec.21}$$

Dónde:

l = Longitud de las palas (m)

### e) LONGITUD DE LAS PALAS DEL IMPULSOR MONTADAS EN EL DISCO CENTRAL

La podemos obtener mediante la siguiente ecuación:

$$l_{DC} = \frac{1}{2} \quad \text{Ec. 22}$$

Dónde:

$l_{DC}$  = Longitud de las palas montadas en el disco central.(m)

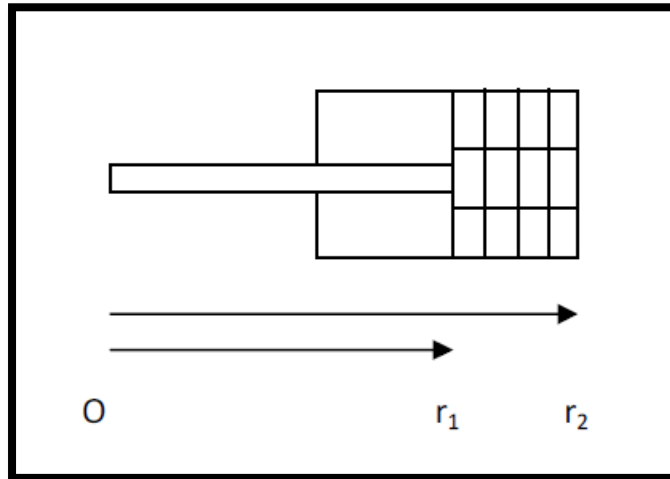
### f) DIAMETRO DEL DISCO CENTRAL

La podemos determinar mediante la siguiente ecuación:

$$s = \frac{1}{4} \text{ del } \emptyset \text{ tanque} \quad \text{Ec. 23}$$

### g) ESPESOR DE LAS PALAS

Se determina mediante la siguiente ecuación:



**Fuente:** ERAZO, P., Diseño y construcción de mezcladora industrial., 2011., Pp. 89

**Figura 7. Paleta de agitador de paletas planas**

Para determinar el espesor de la paleta se considera la fuerza que ejerce el fluido sobre la parte trazada de la paleta. (Figura 7), esa fuerza se determina mediante la siguiente ecuación:

$$F_D = \frac{C_D A \rho v_p^2}{2} \quad \text{Ec. 24}$$

Dónde:

$F_D$  = Fuerza de resistencia del fluido sobre las paletas (N)

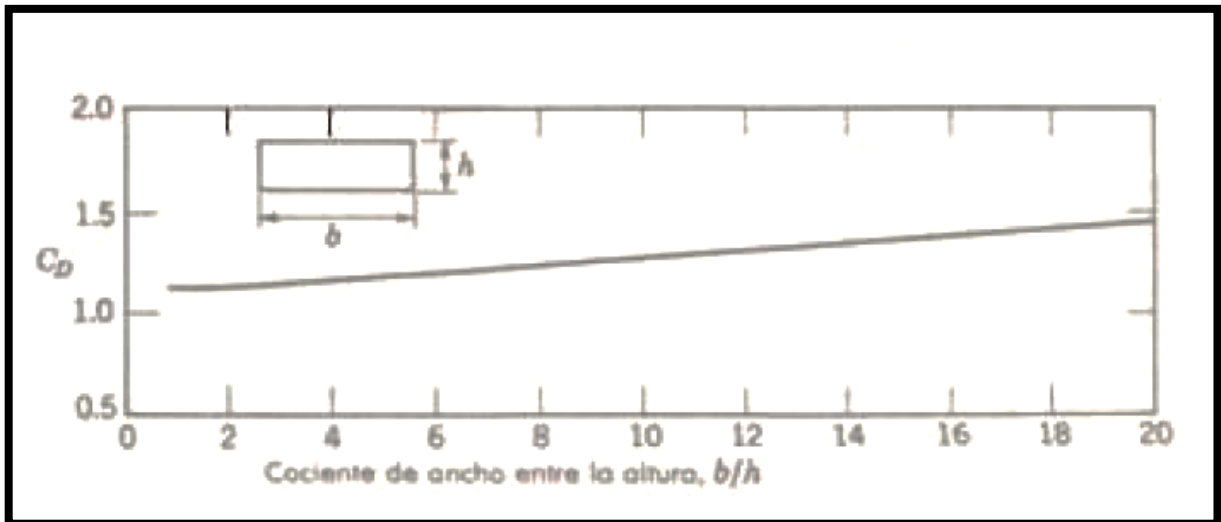
$C_D$  = Coeficiente de resistencia al avance de las paletas, está en función de las dimensiones de la paleta.

$A$  = Sección transversal de las paletas ( $m^2$ ) (área raspada de la paleta)

$\rho$  = Densidad del fluido ( $kg/m^3$ )

$v_p$  = Velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido. (m/s)

Para determinar  $C_D$ , se debe calcular la relación entre el ancho y la altura de la paleta. Usando la Figura. 8



Fuente: FOX A., Introducción a la Mecánica de Fluidos., 1989., Pp. 427

Figura 8.  $C_D$  vs Cociente de ancho entre la altura.

En vista que el impulsor gira con velocidad angular constante ( $\omega$ ), la velocidad lineal varía con respecto al radio, por lo que se utiliza la siguiente ecuación:

$$F_D = \frac{C_D \rho (\omega^2 r^2) (l * r)}{2} \quad \text{Ec. 25}$$

Dónde:

$l$  = Largo de las paletas (m)

$\omega$  = RPM

$r$  = Radio del impulsor (m)

A la Ec. 25 se multiplica a ambos lados por  $dr$  e integrando los límites  $r_1$  y  $r_2$  de la figura 7 en donde se obtiene el valor del momento con respecto al punto  $O'$  por lo que se tiene:

$$\int_{r_1}^{r_2} F_D dr = \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{2} C_D \rho (\omega^2 r^2) (l * r) dr \quad \text{Ec. 26}$$

$$M_{O'} = \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{2} C_D \rho (\omega^2 r^2) (l * r) dr \quad \text{Ec. 27}$$

Se reemplaza este momento en la fórmula de la flexión, hay que tomar en cuenta su resistencia a la fluencia del acero inoxidable AISI 304 es  $S_y = 241$  MPa y se considera un factor de seguridad  $n=2$  por lo tanto:

$$S_y = \frac{n M_{o'} e}{I} \quad \text{Ec. 28}$$

Dónde:

I = Inercia

$M_O'$  = Momento con respecto al punto O

e = Espesor (m)

n = Factor de seguridad

$S_y$  = Fluencia del acero inoxidable AISI 304

$$S_y = \frac{nM_O' \frac{e}{2}}{\frac{1 \cdot e^3}{12}} \quad \text{Ec. 29}$$

$$e = \sqrt{\frac{6nM_O'}{S_y l}} \quad \text{Ec. 30}$$

Dónde:

l = Largo de la paleta (m)

#### 1.5.2.4.2. POTENCIA DISIPADA DE LA MEZCLA.

Cuanto mayor sea la energía suministrada en un fluido mayor será la turbulencia generada y por lo tanto, la mezcla resultante será mucho mejor. La potencia disipada por unidad de volumen del líquido en la mezcla puede servir como parámetro para medir la eficiencia en la operación, Camp y Stein (1943) estudiaron la formación y efectos de velocidad en diferentes clases de tanques desarrollando la siguiente ecuación:

$$P = G^2 * \mu * V \quad \text{Ec.31}$$

Dónde:

P =Potencia necesaria (W)

G = Gradiente medio de velocidad (1/s ) Tabla 14.

$\mu$  = Viscosidad dinámica ( $N \cdot s/m^2$ )

V = Volumen del tanque ( $m^3$ )



**Tabla 14. Valores usuales de gradiente de velocidad (g) y tiempos de retención de los procesos de tratamiento de agua residual.**

<b>PROCESO</b>	<b>TIEMPO DE RETENCIÓN</b>	<b>VALORES DE G, s<sup>-1</sup></b>
<b>Mezcla: operaciones comunes en la mezcla rápida del agua residual</b>	10 – 30 s	500 – 1500
<b>Mezcla rápida para un contacto inicial y de reactivos químicos</b>	≤ 1 s	1500 – 6000
<b>Mezcla rápida de reactivos químicos en procesos de filtración por contacto</b>	< 1 s	2500 – 7500
<b>Floculación: procesos comunes de floculación empleados en el tratamiento de agua residual</b>	30 – 60 min	50 – 100
<b>Floculación en procesos de filtración directa</b>	2 – 10 min	25 – 150
<b>Floculación en procesos de filtración por contacto</b>	2 – 5 min	25 – 200

**Fuente:** CRITES, R. - Otros., Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 2001.

Para operaciones comunes en la mezcla rápida del agua residual el tiempo de retención hidráulico comprende entre 10 – 30 segundos, y los valores del gradiente medio de velocidad (G) oscilan entre 500 – 1500.

El área requerida de las paletas se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$A = \frac{2*P}{C_D*\rho*v^3} \quad \text{Ec. 32}$$

Dónde:

A = Área de la sección transversal de las paletas (m<sup>2</sup>)

P = Potencia necesaria (W)

C<sub>D</sub> = Coeficiente de resistencia al avance de las paletas.

ρ = Densidad del Fluido (Kg/m<sup>3</sup>)

v = Velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido (m/s), en general se asumen valores entre 0,6 y 0,75.

#### 1.5.2.5. SEDIMENTACIÓN

Gran cantidad de impurezas presentes en el agua se encuentran en forma de material suspendido; por lo general las partículas son mucho más densas que el líquido circundante, donde se da la sedimentación, en el caso del agua residual textil se trata de partículas demasiado pequeñas, de baja densidad y de forma coloidal debido a la gran cantidad de colorantes que no quedaron fijados en la mezclilla.

“Se usa para la remoción de arenas en unidades de pre tratamiento, de sólidos suspendidos totales en sedimentadores primarios, de flóculos biológicos en sedimentadores de lodo activado y de flóculos químicos formados en el proceso de coagulación con agentes químicos.”<sup>17</sup>El objetivo es remover rápidamente los residuos sólidos sedimentables y material flotante para así disminuir la concentración de sólidos suspendidos.

---

<sup>17</sup>CRITES, R. - Otros., Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 2001. Pp. 269

El proceso consiste en reducir la velocidad de flujo del agua, cuando pasa por un estanque, de esta manera, los sólidos en suspensión sedimentan de acuerdo a las diferentes densidades.

#### **1.5.2.5.1. TANQUES DE SEDIMENTACIÓN**

La sedimentación primaria puede llevarse a cabo en tanques rectangulares alargados o en tanques circulares, los sedimentadores primarios, diseñados y operados pacientemente, remueven entre 50% y 70% de sólidos suspendidos y entre 25% y 40% de DBO<sub>5</sub>

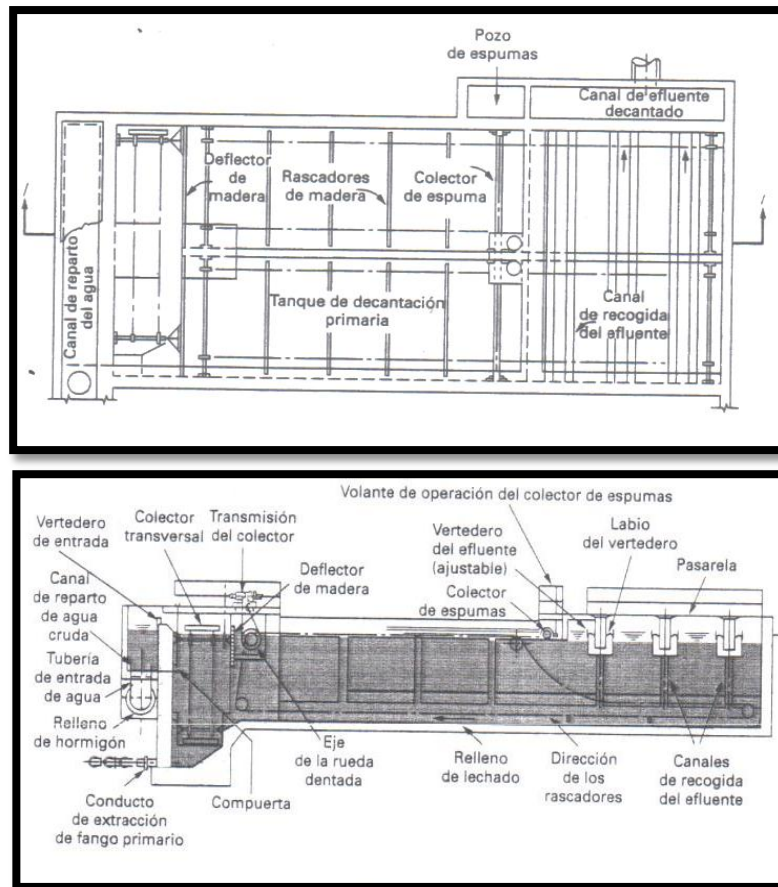
##### **a) TANQUES RECTANGULARES**

En los sedimentadores horizontales prevalece el flujo horizontal, cuentan con sistemas para recolección de lodo sedimentado, los mismos que pueden ser, barredores con cadenas o de puente móvil.

Estos tanques deben incorporar sistemas de rascado de fangos con rascadores accionados por cadenas o con puentes de traslación, y suelen consistir en una doble cadena cerrada que puede ser de aleación de acero, metálica o termoplástica. Sujetos a las cadenas, a intervalos regulares de aproximadamente 3m, se colocan tablonces de madera o de fibra de vidrio, que se extiende por toda la anchura del tanque.

En el caso de plantas pequeñas, los sólidos se sedimentan en el tanque se arrastran a unos cuencos de recogida del fango, mientras que en las plantas grandes, se arrastran a unos canales de fondo transversales.

Las espumas se suelen recoger en el extremo de salida de los tanques rectangulares por medio de los rascadores que hacen su camino de retorno por la superficie del líquido. La espuma se arrastra mediante los rascadores hasta un punto en el que se retiene por medio de unos deflectores para su extracción.



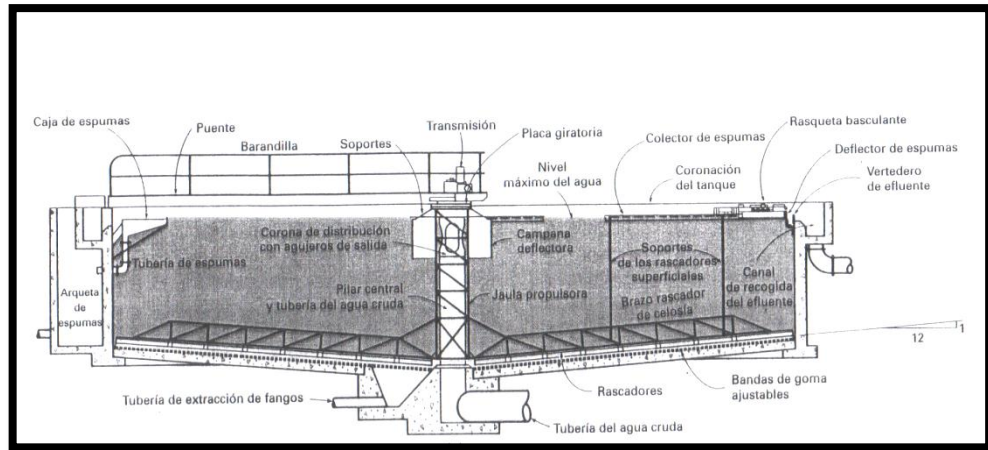
Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 545

**Figura 9. Tanque Rectangular de decantación primaria**

## b) TANQUES CIRCULARES

Son las más usadas en las plantas de tratamiento, ya que se puede lograr una buena remoción de lodos, que es mediante rastras para tanques con diámetros menores a 15m mientras que para grandes cantidades de lodo se usa succionadores. “El sistema de flujo es radial para conseguir este sistema el agua residual a decantar se introduce por el centro o por la periferie del tanque, siendo el más usado donde el agua se transporta hacia el centro, el agua pasa por una campana circular diseñada para distribuir el flujo de manera uniforme en todas las direcciones, la campana tiene un diámetro de entre el 15 y 20 por 100 del diámetro total del tanque, con una profundidad que varía entre 1 y 2,5 m.”<sup>18</sup>

<sup>18</sup> METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 550-551



Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 548

Figura 10. Tanque circular de decantación primaria de alimentación primaria

### 1.5.2.5.2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Los criterios de diseño de los tanques de sedimentación primaria se presentan en el Tabla 15.

Tabla 15. Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria.

CARACTERÍSTICAS	INTERVALO	TÍPICO
Sedimentación primaria		
Tiempo de retención, h	1.5-2.5	2
Carga superficial, $m^3/m^2 \cdot día$		
A caudal medio	30-50	40
A caudal punta	80-120	100
Carga sobre vertedero, $m^3/m \cdot día$	125-500	250
Sedimentación primaria con adición del lodo activado en exceso:		
Tiempo de retención, h	1.5-2.5	2
Carga superficial, $m^3/m^2 \cdot día$		
A caudal medio	24-32	28
A caudal punta	48-70	60
Carga sobre vertedero, $m^3/m \cdot día$	125-500	250

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 542

**Tabla 16. Información usual para diseño de sedimentadores rectangulares y circulares en el tratamiento primario.**

PARÁMETRO	UNIDAD	INTERVALO	VALOR USUAL
<b>Rectangular</b>			
Profundidad	m	3 – 4,5	3,6
Longitud	m	15 - 90	25 -40
Ancho*	m	3 -25	5 – 10
Velocidad del barredor	m/s	0,6 – 1,2	0,9
<b>Circular</b>			
Profundidad	m	3 – 4,5	3,6
Longitud	m	3 - 60	12 - 45
Pendiente de la solera	mm/m	6,25 -16	8
Velocidad de los rascadores	(r/min)	0,02 – 0,05	0,03

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 544

#### a) CARGA DE SUPERFICIE

Los tanques de sedimentación se suelen dimensionar en función de la carga de superficie, expresada en  $m^3/m^2$ . La adopción de una carga de superficie adecuada depende del tipo de suspensión que se deba sedimentar. La Tabla 15 presenta información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria.

El área del sedimentador, en base a la carga superficial, mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{Q}{C_s} \quad \text{Ec. 33}$$

Dónde:

A = Área ( $m^2$ )

$Q$  = Caudal a tratar en el sedimentador primario ( $m^3/h$ )

$C_s$  = Carga superficial ( $m^3/ m^2*d$ )

## b) VOLUMEN DEL SEDIMENTADOR

El volumen es la magnitud física que expresa la extensión de un cuerpo en sus tres dimensiones largo, ancho y altura.

$$V = L * a * h \quad \text{Ec. 34}$$

Dónde:

$V$  = Volumen del sedimentador ( $m^3$ )

$L$  = Largo (m)

$a$  = Ancho (m)

$h$  = Altura (m)

Para poder determinar el volumen del sedimentador se debe utilizar la siguiente ecuación para determinar primero el área.

$$A = L * a \quad \text{Ec. 35}$$

Dónde:

$A$  = Área del sedimentador ( $m^2$ )

$L$  = Largo (m)

$a$  = Ancho (m)

Aplicando una relación largo-ancho 1: 2, se tiene:

$$L = 2 * a \quad \text{Ec.36}$$

Para determinar el ancho tenemos:

$$a = \sqrt{\frac{A}{2}} \quad \text{Ec.37}$$

### c) TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO

Se considera al tiempo que una partícula demoraría en recorrer la longitud del sedimentador en sentido horizontal desde el momento de su entrada al sistema.

$$\text{Trh} = \frac{V}{Q} \quad \text{Ec. 38}$$

Dónde:

Trh = Tiempo de retención hidráulico en h.

Q = Caudal a tratar en m<sup>3</sup>/h

V = Volumen en m<sup>3</sup>

Si no es posible obtener el tiempo de retención mediante el cálculo se pueden utilizar los siguientes tiempos de retención:

**Tabla 17. Tiempo de retención.**

Decantación Primaria	Velocidad a caudal máximo		
	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Tiempo de retención para caudal medio	1,5	2	3
Tiempo de retención para caudal máximo	1	1,5	2

**Fuente:** Manual de depuración Uralita., Pp. 96

### d) VELOCIDAD DE ARRASTRE

La velocidad de arrastre es importante en las operaciones de sedimentación. Las fuerzas actúan sobre las partículas de sedimentación son causadas por la fricción del agua que fluye sobre las mismas. En los tanques de sedimentación, las velocidades horizontales deben mantener a niveles bajos de modo que las



partículas no sean arrastradas desde el fondo del tanque. La velocidad crítica viene dada por la ecuación desarrollada por Camp a partir de estudios realizados por Shiedls.

$$V_H = \left( \frac{8k(s-1)gd}{f} \right)^{1/2} \quad \text{Ec. 39}$$

$V_H$  = velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de partículas.  
(m/s)

$k$  = constante que depende del tipo de material arrastrado. (0,05)

$s$  = peso específico de las partículas. (1,25)

$g$  = aceleración de la gravedad. (9,8 m/s<sup>2</sup>)

$d$  = diámetro de las partículas. 100µm

$f$  = factor de fricción de Darcy-Weisbach. (0,025)

La velocidad de arrastre se compara con la velocidad horizontal, la cual se calcula a partir de la ecuación:

$$V_h = \frac{Q}{A} \quad \text{Ec. 40}$$

Dónde:

$V_h$  = velocidad horizontal (m/s)

$Q$  = caudal (m<sup>3</sup>/s)

$A$  = área del sedimentador rectangular (m<sup>2</sup>)

### **e) REMOCION DE DBO<sub>5</sub> Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS**

La eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub> y sólidos suspendidos, está en función de la concentración del afluente y del tiempo de retención.

$$R = \frac{Trh}{a+bTrh} \quad \text{Ec. 41}$$

Dónde:

R= Porcentaje de remoción esperado

Trh= Tiempo nominal de retención

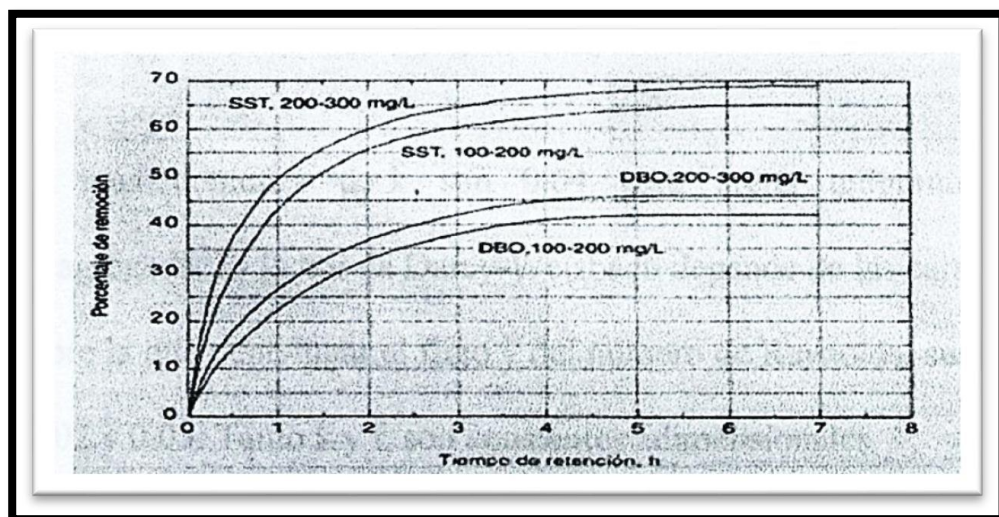
a,b= Constantes empíricas

**Tabla 18. Valores de las constantes empíricas, a y b a 20°C.**

Variable	a,h	b
DBO	0,018	0,02
SST	0,0075	0,014

**Fuente:** CRITES, R., Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 2001.

Pp. 304



**Fuente:** Metcalf & Eddy, 1996.

**Gráfico 2. Remoción de DBO y SST en Tanque de Sedimentación Primaria**

### 1.5.2.5.3. COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

“Los procesos de coagulación y de floculación se emplean para extraer del agua los sólidos que en ella se encuentran suspendidos siempre que su

rapidez natural de asentamiento sea demasiado baja para proporcionar clarificación efectiva.”<sup>19</sup>

**Coagulación:** consiste en una desestabilización de las partículas coloidales, que tiene lugar al introducir un producto químico capaz de descargar los coloides y así dar lugar a una agregación de los mismos que permita su sedimentación.

**Floculación:** Consiste en la aglomeración de los coloides descargados, favorecida por un proceso de agitación mecánica lenta, con la adición de productos químicos floculantes. Estos productos, estimulan la coagulación, aumentando la velocidad de formación, la cohesión y la densidad de los flóculos.

Entre los diversos productos coagulantes existentes, los más utilizados en el caso de las aguas residuales de lavanderías y tintorerías son:

- ✓ Sulfato ferroso:  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  (pH óptimo de utilización: 8,5-11)
- ✓ Cloruro férrico:  $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  (pH: óptimo de utilización 4-11)
- ✓ Sulfato de aluminio:  $\text{Al}_2(\text{SO}_4) \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$  (pH óptimo de utilización: 5,5-8)
- ✓ Policloruro de aluminio.

Las cantidades a utilizar, se calcularon mediante ensayos previos con el “jar test”, se pueden indicar unas cifras de hasta aproximadamente 500 mg/L, caso de las sales de hierro y de hasta 200 mg/L, caso de las sales de aluminio.

Las sales de aluminio, tienen un alto poder de decoloración sobre las aguas residuales pero, el inconveniente del precio y que dan una mayor cantidad de fangos.

La disolución de los floculantes, es difícil, ya que las disoluciones, incluso muy

---

<sup>19</sup>**DANIEL, F.**, Manual del Agua: Su Tratamiento y Aplicación., 1ª. Ed., McGraw Hill., 1989., Pp. 8.

diluidas, son muy viscosas.

En general se acostumbran a preparar soluciones madre de una concentración de 5-10 g/L que se mantienen en agitación muy lenta (velocidad de las palas del agitador mecánico de 2-5 m/s), hasta 2 horas. Estos productos son muy sensibles a la degradación mecánica producida por ejemplo, por una agitación intensa.

### **Floculación con Policloruro de Aluminio**

El tratamiento de agua con Policloruro de Aluminio produce flóculos de gran tamaño, sumamente homogéneos. Para aguas floculadas se puede suponer que los sólidos suspendidos, son aproximadamente iguales a turbiedad. Está alistado como coagulantes proveniente de sales de aluminio junto con el tradicional sulfato de aluminio. Sin embargo, tiene algunas ventajas frente a este:

- ✓ Potencia considerable de coagulación.
- ✓ Disminución de la turbidez final en el proceso.
- ✓ Velocidad considerable de coagulación y floculación.
- ✓ Se reduce el consumo de álcalis.
- ✓ Gasto mínimo de coagulante (principalmente a altas turbideces).
- ✓ No contribuye con aluminio disuelto al agua.
- ✓ Eliminación de color.
- ✓ Reduce el carbono orgánico total (TOC).
- ✓ Efectividad en un amplio rango de pH.
- ✓ Equivalente rendimiento con distintas temperaturas.

La decantación, tiene por objetivo la separación de las partículas en suspensión, por diferencia de densidad, de forma que las partículas más pesadas que el agua son separadas por la acción de la gravedad. Bien sean fácilmente sedimentables por sí mismas o bien las que pueden sedimentar como resultado de una coagulación.

Los sólidos en suspensión, se recogen como resultado de ésta operación, como fangos, más o menos concentrados, denominados fangos primarios, que se separan de las aguas residuales depuradas.

**Tabla 19. Cargas de superficie recomendadas para diversas suspensiones químicas.**

Suspensión	Carga de superficie (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d)	
	Intervalo	Caudal punta
<b>Flóculo de alúmina</b>	25 – 50	50
<b>Flóculo de hierro</b>	25 – 50	50
<b>Flóculo de sal</b>	30 – 60	60
<b>Agua residual cruda</b>	25 – 50	50

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 557

## 1.6. NORMATIVA AMBIENTAL

El Marco Legal Ambiental está compuesto por la normativa ambiental nacional y la normativa ambiental del cantón.

### 1.6.1. NORMATIVA AMBIENTAL NACIONAL

En el Art. 264 y 415 se menciona acerca del tratamiento de aguas residuales, obligando a un adecuado manejo de desechos líquidos de manera que no sea perjudicial para otras redes de agua, logrando mantener un ambiente sano conservando la calidad del agua Art. 276.

### **1.6.2. NORMATIVA AMBIENTAL MUNICIPAL**

- ✓ **Ordenanza para la Protección de la calidad ambiental en lo relativo a la contaminación por desechos no domésticos generados por fuentes fijas del cantón Pelileo.**

Publicada en el Registro Oficial N° 730 del Lunes 23 de Diciembre del 2002

- ✓ **Ordenanza que reglamenta el Plan Físico y de Ordenamiento urbano de la ciudad de San Pedro de Pelileo.**

Publicada en el Registro Oficial N° 347 del viernes 1 de septiembre del 2006.

### **1.6.3. LEY ORGÁNICA DE SALUD**

Libro II Salud y seguridad ambiental, Art. 95. La autoridad sanitaria nacional en coordinación con el Ministerio del Ambiente, establecerán las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana.

Titulo Único, Capítulo II, Art. 103, Se prohíbe a toda persona natural o jurídica depositar aguas residuales y servidas, sin el tratamiento apropiado, conforme lo disponga en el reglamento correspondiente, en ríos, mares, canales, lagunas etc. Art. 104. Todo establecimiento industrial, comercial o de servicios tiene la obligación de instalar sistemas de tratamiento de aguas contaminadas y residuos tóxicos que se produzcan por efecto de sus actividades.

### **1.6.4. TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULAS)**

En la tabla 20 se encuentran los límites de descarga de efluentes al alcantarillado público, los cuales son la base para la caracterización físico-química de la muestra compuesta.

**Tabla 20. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.**

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
<b>Aceites y grasas</b>	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
<b>Caudal máximo</b>		l/s	1,5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días).</b>	DBO <sub>5</sub>	mg/l	250
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	D.Q.O.	mg/l	500
<b>Temperatura</b>	°C		
<b>Tensoactivos</b>	Sustancias activas al azul de metileno		<40 2,0
<b>Fenoles</b>			0,2
<b>Potencial de Hidrogeno</b>	pH		5-9
<b>Sólidos suspendidos totales</b>		mg/l	220
<b>Sólidos Sedimentales</b>		mg/l	20

**Fuente:** TULAS., Libro VI., Anexo 1., Tabla 11., Pp. 326 -328

## CAPITULO II

### 2. PARTE EXPERIMENTAL

#### 2.4. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL ESTUDIO.

La presente investigación fue realizada en las etapas de proceso de Stone y Tinturado, de la Lavandería y Tintorería JAV – TEX. Esta agua proviene de los distintos procesos que corresponden a esta etapa. Se estudió esta agua durante los meses de noviembre y diciembre del 2012, ya que se considera que son los meses que mayor descarga de efluentes genera, a la muestra se le realizó el análisis de cada uno de los parámetros característicos de aguas residuales. Así como también un caudal máximo por descarga diaria.

Posteriormente se trabajó en el proceso de resultados y diseño de los sistemas mediante los cálculos de ingeniería para la realización el respectivo tratamiento.

#### 2.5. MUESTREO

##### 2.5.1. PLAN DE MUESTREO

Se tomaron dos muestras por semana una para análisis en el laboratorio y la otra para tratamiento y comparación de resultados, varios parámetros físicos como son el caudal, temperatura, pH, fueron medidos en el sitio de muestreo.

El volumen de muestra para análisis fue de 3000 mL.

##### 2.5.2. SISTEMA DE TOMA DE MUESTRAS.

**Etiquetado:** Se realizó el etiquetado a cada una de las muestras en el que se registró: número de muestra, nombre del responsable, la fecha, hora y lugar del proceso donde se tomó la muestra. Así como el pH y la temperatura del agua

**Tipos de envase para análisis físico – químico:** Se usó envases de plástico (polietileno, propileno) con capacidad para 6 litros, los envases estaban perfectamente limpios y enjuagados varias veces con la muestra que se toma,



para la limpieza del recipiente no se usó productos detergentes, pues pueden permanecer restos que falseen los resultados de los análisis.

El transporte de las muestras se realizó en un cooler portátil con hielo, para su conservación y se llevó al laboratorio para su respectivo análisis de los parámetros destinados para aguas residuales de lavanderías y tintorerías.



**Foto 1. Muestra de Agua Residual de Lavandería y Tintorería JAV – TEX.**

**Fuente:** Mariela Paredes

## **2.6. METODOLOGÍA**

### **2.6.1. RECONOCIMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE LA LAVANDERÍA Y TINTORERÍA JAV- TEX**

Para iniciar con la investigación se realizó el debido reconocimiento de las instalaciones de la Lavandería y Tintorería, mediante un recorrido y explicación por el Gerente de producción en cada una de las operaciones correspondientes al proceso de lavado y tinturado de jeans.

Posteriormente se realizó los diagramas de flujo para los diversos procesos, conociendo las entradas como: agua y productos químicos empleados en cada

una de las operaciones, para determinar los desechos generados como los efluentes líquidos y los contaminantes contenidos.

## **2.6.2. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL**

Para la determinación del caudal se realizó mediante el seguimiento de la empresa durante los días de mayor producción, por lo que se determinó la cantidad de prendas procesadas en un día multiplicando por la cantidad de agua usada por prenda, para lo cual se tomó en cuenta la capacidad de las 12 máquinas existentes en la Empresa, encontrando el caudal máximo por día.

## **2.6.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS**

### **2.6.3.1. MÉTODOS**

#### **a) INDUCTIVO**

Por inducción se entiende la acción de extraer, en este caso comprende la recolección de las muestras, la caracterización de la misma y las pruebas de tratabilidad, para determinar los cálculos de ingeniería los cuales van a ser el punto de partida en el diseño y dimensionamiento del sistema de tratamiento.

#### **b) DEDUCTIVO**

En forma general se dispone de propuestas de sistemas de tratamientos de aguas residuales industriales, pero es de conocimiento que su diseño está en función de la forma de procesamiento del lavado y tinturado, compuestos químicos, volumen de agua, etc.

Entonces por medio de dicha información se va a realizar la caracterización de las aguas residuales, medición del caudal y así diseñar la planta de tratamiento de aguas residuales para la Lavandería y Tintorería JAV – TEX.

### **c) EXPERIMENTAL**

Se basa su estudio a nivel de laboratorio, en donde se mide los parámetros para agua residual proveniente de lavanderías y tintorerías como son pH, temperatura, aceites y grasas, DBO, DQO, sólidos sedimentales, sólidos suspendidos totales, tensoactivos, fenoles y color, para así encontrar las condiciones óptimas para el dimensionamiento de la planta de tratamiento para aguas residuales de la Lavandería y Tintorería JAV - TEX.

#### **2.6.3.2. TÉCNICAS**

**Tabla 21. Método 4500-B: Determinación de pH.**

Fundamento	Objetivos	Materiales	Procedimiento	Cálculos
<p>El principio básico de la determinación electrométrica del pH es la medida de la actividad de los iones hidrogeno por mediciones potenciométricas utilizando un electrodo patrón de hidrogeno y otro de referencia.</p>	<p>La medida del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas en el análisis químico del agua. Prácticamente todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual dependen del pH.</p>	<p>Para lo cual necesitamos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Medidor de pH</li> <li>✓ Electrodo de referencia</li> <li>✓ Vaso de precipitación</li> <li>✓ Agitador</li> <li>✓ Cámara de flujo</li> </ul>	<p>Norma Técnica INEN 973</p> <p><b>Preparación general:</b></p> <p>Calíbrese el sistema de electrodos frente a las soluciones tampón estándar o con un pH conocido. Tomar un cantidad de agua en un vaso de precipitación agítese, mida el pH.</p>	<p>La escala operativa del pH se utilizapara medir el pH de la muestra y se define como:</p> $pH_b = pH \text{ asignado al tampon}$ $pH_a = pH_b = \frac{F(E_x - E_s)}{2,303RT}$ <p><math>pH_x = pH</math> de la muestra medido potenciométricamente</p> <p>F= Faraday <math>9,649 \times 10^4</math> culombios/mol</p> <p><math>E_x =</math> muestra fem, V</p> <p><math>E_s =</math> tampón fem, V</p> <p>R= constante de los gases <math>8,314 \text{ julio}/(\text{mol} \cdot ^\circ\text{K})</math></p> <p>T= temperatura absoluta <math>^\circ\text{K}</math></p>

**Fuente:** Métodos normalizados para análisis de aguas residuales y potables

**Tabla 22. Método 5520-C: Determinación de Aceites y Grasas.**

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>Los aceites y grasas disueltas se extraen de las aguas por contacto íntimo con diversos disolventes orgánicos.</p> <p>Objetivo Obtener la cantidad de aceites y grasas contenidas en el agua residual que puedan ocasionar mal olor y se requieran de un tratamiento.</p>	<p>Embudo de separación, con llave</p>	<p>✓ Agua Residual. ✓ Ácido sulfúrico ✓ Éter de petróleo, con punto de ebullición de 35-60 C.</p>	<p>Verter 1 L de la muestra en el embudo de separación.</p> <p>✓ Se acidula la muestra con 5 mL de ácido sulfúrico por litro. ✓ Lavar el frasco de la muestra con 15 mL de éter de petróleo y agregar los lavados al embudo. ✓ Adicionar 25 mL adicionales de éter al embudo y agitar por 2 min. ✓ Se deja separar la capa etérea y se vierte la porción acuosa de la muestra a un recipiente. ✓ Se regresa la muestra al embudo de separación, se lava el recipiente con 15 mL de</p>	<p>Si se conoce que el éter de petróleo no deja ningún residuo, el aumento de peso del matraz tarado se deberá a la presencia de aceite y grasa de la muestra de agua.</p> <p>La cantidad de aceites y grasas se determina mediante:</p> $\frac{mg}{L} \text{ de aceite} - \text{grasa} = \frac{(A - B) * 1000}{mL \text{ muestra}}$ <p>Dónde : A= la ganancia total del peso B= peso del matraz tarado menos el residuo calculado.</p>

			<p>éter agregar el lavado y un volumen adicional de 25 mL de éter al embudo de separación y se agita por 2 min.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Se deja separar la capa etérea y se desecha la porción acuosa.</li><li>✓ En baño maría se destilan los extractos, se vaporiza, se enfría en el desecador y se pesa</li></ul>	
--	--	--	--	--

**Fuente:** Métodos normalizados para análisis de aguas residuales y potables

**Tabla 23. Método 5210-B: Determinación de DBO<sub>5</sub>.**

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>La muestra de agua es incubada por cinco días a 20 C en la obscuridad, el progreso de la descomposición o estabilización de la materia orgánica en el agua se refleja en un lento agotamiento del oxígeno disuelto durante el periodo de incubación.</p> <p>Objetivo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocer la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable.</li> <li>- Determinar la carga contaminante del agua residual analizada.</li> <li>- Conocer la eficiencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frascos de incubación de 250-300 mL de capacidad.</li> <li>- Incubadora de aire o baño maría.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Agua destilada</li> <li>✓ Solución amortiguadora de fosfato.</li> <li>✓ Solución de sulfato de magnesio.</li> <li>✓ Solución de cloruro de calcio.</li> <li>✓ Solución de cloruro férrico.</li> <li>✓ Solución de sulfito de sodio 0,025 N.</li> <li>✓ Inóculo.</li> </ul>	<p>Norma Técnica INEN 1202 Aguas. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Preparación del agua de dilución.</li> <li>✓ Inoculación, adición de una población adecuada de microorganismos, para que oxiden la materia orgánica biodegradable.</li> <li>✓ Pretratamiento, tratamientos específicos según la muestra a analizar.</li> <li>✓ Dilución, de acuerdo a la</li> </ul>	<p>Cuando el agua de dilución no ha sido inoculada:</p> $DBO, mg/l = \frac{D_1 - D_2}{P}$ <p>Cuando el agua de dilución ha sido inoculada:</p> $DBO, mg/l = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)f}{P}$ <p>D<sub>1</sub>= OD de la muestra inmediatamente después de la preparación, mg/l.  D<sub>2</sub>= OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20 °C, mg/l.  P= Alícuota de la muestra usada en análisis.  B<sub>1</sub>= OD del inóculo control antes de la incubación, mg/l.  B<sub>2</sub>= OD del inóculo después de la incubación, mg/l.  f= relación de inóculo en la muestra con el inóculo en el control = (% de inóculo en D<sub>1</sub>) (% de inóculo B<sub>1</sub>)</p>

<p>del sistema de tratamiento aplicado.</p>			<p>muestra.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Determinación del OD.</li> <li>✓ Incubación, por cinco días a 20 C.</li> <li>✓ Corrección por el inóculo.</li> <li>✓ Control del agua por dilución.</li> </ul>	
---	--	--	---	--

**Fuente:** Métodos normalizados para análisis de aguas residuales y potables



**Tabla 24. Método 5220-C: Determinación de DQO.**

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>Una muestra se somete a reflujo con una solución de dicromato de potasio en medio ácido al 50%, y el exceso de bicromato se titula con sulfato ferroso amoniacal. La cantidad de materia orgánica oxidable es proporcional al bicarbonato de potasio que se consume.</p> <p>Objetivo Determinar la cantidad de compuestos oxidables presentes en el agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aparato de reflujo</li> <li>✓ Probeta graduada</li> <li>✓ Vaso de precipitación</li> <li>✓ Pipetas volumétricas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bicarbonato de potasio.</li> <li>✓ Ácido sulfúrico.</li> <li>✓ Solución valorada de sulfato ferroso amoniacal 0,25 N.</li> <li>✓ Indicador de ferroín</li> <li>✓ Sulfato de plata en cristales</li> </ul>	<p>Norma Técnica INEN 1203 Aguas. Demanda Química de Oxígeno (DQO)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Poner 50 mL de muestra en el matraz esférico, junto con 25 mL de bicarbonato de potasio.</li> <li>✓ Luego, con cuidado adicionar 75 mL de ácido sulfúrico, mezclando después de cada adición.</li> <li>✓ Fijar el matraz al refrigerante y</li> </ul>	<p>Se determina a partir de la siguiente ecuación:</p> $DQO, \frac{mg}{L} = \frac{(a - b)N * 8000}{mL \text{ muestra}} - d$ <p>Siendo: DQO: demanda química de oxígeno al bicromato. a = mL de sulfato ferroso amoniacal usado para el testigo. a = mL de sulfato ferroso amoniacal usado para la muestra. c = Normalidad del sulfato ferroso amoniacal d = Corrección por Cl = mg/L de Cl × 0,23</p>

			<p>someter la mezcla a 2 horas de reflujo.</p> <p>✓ Diluir la mezcla a unos 350 mL y titular el exceso de bicarbonato con sulfato ferroso amoniacal valorado.</p>	
--	--	--	---	--

**Fuente:** Métodos normalizados para análisis de aguas residuales y potables

**Tabla 25. Método 2540–F: Determinación de Sólidos Sedimentables.**

Fundamento	Objetivo	Materiales	Procedimiento	Cálculos
<p>Indica la cantidad de sólidos que pueden sedimentarse a partir de un volumen dado de muestra en un tiempo determinado.</p> <p>Los sólidos sedimentables de las aguas de superficie y salinas así como los residuos domésticos e industriales pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (ml/L) o de un peso (mg/L)</p>	<p>Conocer la cantidad de sólidos que pueden ser eliminados en el tratamiento primario de las aguas residuales.</p>	<p>Para lo cual necesitamos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Placas de evaporación</li> <li>✓ Capsulas de Porcelana</li> <li>✓ Platino</li> <li>✓ Vaso alto de sílice</li> <li>✓ Mufla</li> <li>✓ Baño de vapor</li> <li>✓ Desecador</li> <li>✓ Balanza analítica</li> </ul>	<p><b>Volumétrico:</b></p> <p>Llénese un icono Imhoff hasta la marca con la muestra deje sedimentar durante 45 min removiendo constantemente con una varilla.</p> <p><b>Gravimétrico:</b></p> <p>Determinar los sólidos totales en suspensión de una muestra bien mezclada.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vierta una muestra en un vaso de precipitación , dejamos reposar la muestra</li> </ul>	<p>Para la determinación de los sólidos suspendidos se utiliza:</p> $\text{mgSS}/\text{L} = \text{mg de STSuspensión}/\text{L} - \text{mgSNS}/\text{L}$ <p>Dónde:</p> <p>SS=sólidos sedimentables</p> <p>STS=sólidos totales en suspensión</p> <p>SNS=sólidos no sedimentables</p>

			durante 1 hora sin remover el material sedimentable o flotante extraiga 250 ml desde el centro del recipiente en un punto a medio camino entre las superficies del material sedimentado y del liquido	
--	--	--	--	--

**Fuente:** Métodos normalizados para análisis de aguas residuales y potables

**Tabla 26. Método 2540-D: Determinación de Sólidos Suspendidos Totales**

Fundamento	Objetivo	Materiales	Procedimiento	Cálculos
<p>Los sólidos en suspensión se determinan por diferencia de peso de un filtrado por el cual se hace pasar la muestra.</p>	<p>Establecer la cantidad de sólidos a ser tratados en tratamiento secundario. ✓</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cápsulas de porcelana</li> <li>✓ Tubos de centrifugadora</li> <li>✓ Desecador</li> <li>✓ Estufa de secado (103-105C)</li> <li>✓ Balanza analítica</li> <li>✓ Papel filtro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Poner en la estufa la cápsula limpia, llevar al desecador por y pesar antes de usarla.</li> <li>✓ Filtrar un volumen determinado de la mezcla.</li> <li>✓ Lavar la mezcla con agua destilada.</li> <li>✓ Colocar el filtro en una cápsula y secarlo en la estufa a 103-105 C por 1 hora.</li> <li>✓ Poner en el desecador para que se enfríe.</li> <li>✓ Pesar las cápsulas.</li> </ul>	<p>Para la determinación de los sólidos totales utilizamos:</p> $mg^{ST}/L = \frac{(A - B) * 1000}{volumen\ de\ muestra\ mL}$ <p>Dónde:                      A = peso del residuo seco + cápsula mg                      B = peso de la placa en mg</p>

**Fuente:** Métodos normalizados para análisis de aguas residuales y potables

**Tabla 27. Método 5540-C: Determinación de Tensoactivos.**

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>El método está basado en la destilación de los fenoles y la subsecuente reacción de estos con 4-amino antipirina a un pH de 10 en presencia de ferricianuro de potasio formando compuestos de color amarillo intenso a rojo los cuales son extraídos de la disolución acuosa con cloroformo midiendo su absorbancia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Balanza analítica</li> <li>✓ Equipo de destilación</li> <li>✓ Potenciómetro de laboratorio</li> <li>✓ Espectrómetro</li> <li>✓ Papel filtro</li> <li>✓ Embudos de separación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Agua Residual</li> </ul>	<p>Tomar 500 mL de la muestra ajustar el pH a 4 con una disolución de ácido fosfórico utilizando el indicador naranja de metilo y colocar el aparato de destilación, destilar la muestra, detener la destilación, cuando la muestra deje de hervir adicionar 500 mL de destilado total.</p>	<p>Para calcular los fenoles se utiliza la siguiente ecuación de la curva de calibración</p> $Y = mx + b$ <p>Para la concentración:</p> $\frac{\text{ugfenol}}{L} = \frac{A}{B}$ <p>Dónde:</p> <p>A = microgramos de fenol determinada en la curva</p> <p>B = mL de la muestra original</p>

**Fuente:** Métodos normalizados para análisis de aguas residuales y potables

**Tabla 28. Determinación de Turbidez.**

<b>Fundamento</b>	<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Cálculos</b>
Determinación de la turbidez	✓ Turbidímetro ✓ Pipeta	✓ Agua Residual	Colocar en la celda el agua obtenida en la prueba de jarras Colocar la celda en el Turbidímetro Leer directamente el valor según la escala deseada (0-1, 0-10, 0-100, 0-1000) NTU	Lectura directa

**Fuente:** Métodos Normalizados para Análisis de Aguas Residuales y Potables

## **2.7. DATOS EXPERIMENTALES**

### **2.7.1. DIAGNÓSTICO**

En la Lavandería y Tintorería JAV-TEX del cantón Pelileo se procesan en promedio alrededor de 50.000 a 70.000 prendas al mes, sin contar con ningún tratamiento para las aguas residuales, que allí son generadas.

Durante el procesamiento diaria de lavado y tinturado de jeans se generan una gran cantidad de residuos líquidos tanto líquido como sólidos es así que se consume una enormes cantidades de agua durante las diversas etapas del proceso, donde se generan la mayor cantidad de residuos y especialmente residuos peligrosos, de particular interés son los procesos de lavado y teñido de Jeans que involucra: desengomado, stone, tenido, fijado, suavizado, entre otros, en lo que se utiliza una gran variedad de soluciones y colorantes potencialmente contaminantes si no son utilizados adecuadamente.

En los efluentes se pueden encontrar sales, almidón, peróxidos, tensoactivos, enzimas, colorantes, metales y otros compuestos orgánicos de variada estructura, que provienen de las distintas etapas del proceso global. En general, los contaminantes del agua de descarga provienen principalmente del desengomado (15 %), stone y enjuague (20 %) del blanqueo, teñido y lavado (65 %).

El mayor aporte de la carga orgánica proviene de la etapa del desengomado que aporta alrededor de 50 % del total de la DBO, La cantidad de agua empleada en los procesos varía en forma considerable, dependiendo del proceso específico y del equipamiento utilizado por la planta. Por ejemplo, en el teñido con colorantes dispersos, se utilizan entre 100 y 150litros de agua por kilogramo de producto.

Siendo ésta la realidad de la empresa, se propondrá una planta de tratamiento de aguas residuales para disminuir el grado de contaminación.



## 2.7.2. DATOS

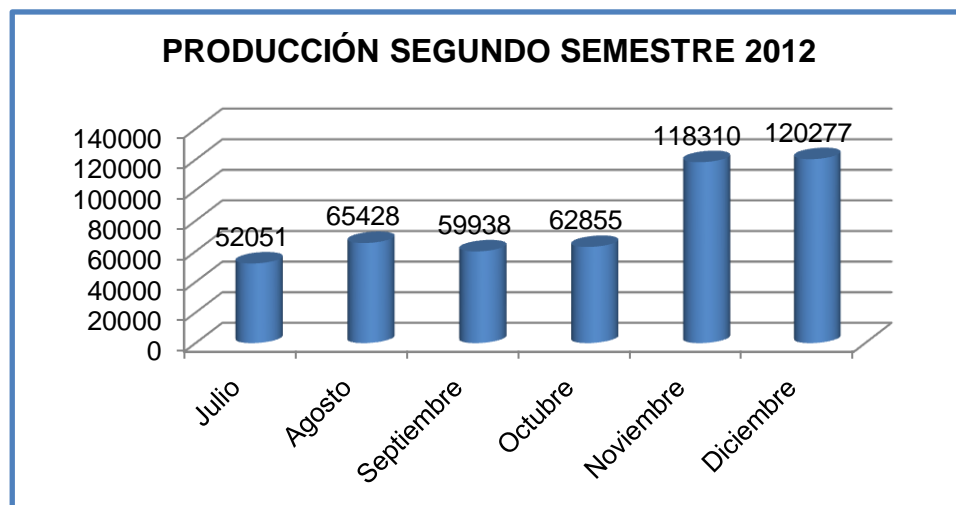
### Descripción de la Producción por procesos del año 2012 de la empresa.

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de Producción del año 2012.

**Tabla 29. Producción del año 2012 de la Lavandería y Tintorería JAV- TEX**

MES	PRODUCCION DE PRENDAS 2012
Julio	52051
Agosto	65428
Septiembre	59938
Octubre	62855
Noviembre	118310
Diciembre	120277

**Fuente:** Mariela Paredes



**Fuente:** Mariela Paredes

**Gráfico 3. Relación de producción y tiempo.**

Lavandería y Tintorería JAV – TEX tiene una mayor producción durante los meses de noviembre y diciembre se la llama temporada alta debido a la gran demanda de jeans por festividades, es en esta temporada donde mayor demanda de agua y mayor contaminación existe.

Desglosando esta producción por procesos tenemos.

**Tabla 30. Producción por procesos del año 2012 de la Lavandería y Tintorería JAV – TEX**

PROCESOS		PRODUCCION SEGUNDO SEMESTRE 2012						TOTALES
		JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTIBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
<b>STONE 1-2</b>	Prendas grandes	3451	3503	3517	3956	8795	6532	56321
	Prendas pequeñas	5365	3392	2486	2376	6984	5964	
<b>STONE 3</b>	Prendas grandes	4689	5687	2496	2596	5707	6095	44994
	Prendas pequeñas	2963	1896	1356	1374	5684	4451	
<b>SUPER STONE 1-2</b>	Prendas grandes	2962	3289	2347	1093	5276	4429	37331
	Prendas pequeñas	1685	2587	3388	1697	4986	3592	
<b>SUPER STONE 3</b>	Prendas grandes	5956	2674	3154	2099	4265	3966	36735
	Prendas pequeñas	963	1968	2048	2056	3641	3945	
<b>DESENGOMADOS</b>	Prendas grandes	1736	3972	4301	3956	3568	4281	41452
	Prendas pequeñas	853	2824	2711	2774	6253	4223	
<b>TINTURADOS NEGROS</b>	Prendas grandes	2596	1051	2623	3968	3685	5874	33176
	Prendas pequeñas	1446	1661	1061	2987	2829	3395	
<b>TINTURADOS ATP</b>	Prendas grandes	2689	1276	1105	2596	5965	3512	27413
	Prendas pequeñas	906	1968	2686	1259	2186	3954	
<b>FROSTER</b>	Prendas grandes	1245	2840	1168	1986	2563	2965	29683
	Prendas pequeñas	465	1732	2424	2045	6533	3717	

<b>MEGA SUCIOS</b>	Prendas grandes	2652	1424	2517	1586	2093	3642	26818
	Prendas pequeñas	358	1754	2351	1540	3203	3698	
<b>SUCIOS</b>	Prendas grandes	586	3964	1533	1988	3248	2698	28470
	Prendas pequeñas	886	2390	1841	2998	2352	3986	
<b>SAMBLAS</b>	Prendas grandes	669	1095	885	1399	2455	4045	27500
	Prendas pequeñas	1392	2096	1975	2698	3518	5273	
<b>ESPONJADOS</b>	Prendas grandes	694	1694	1535	1472	2460	4698	24800
	Prendas pequeñas	536	1684	2067	1368	3445	3147	
<b>MANUALIDADES + ESP.</b>	Prendas grandes	2374	1277	1571	2579	4986	3993	31856
	Prendas pequeñas	986	988	1230	3968	3936	3968	
<b>MANUALIDADES + SUCIOS</b>	Prendas grandes	682	2163	2176	1296	3626	4986	32310
	Prendas pequeñas	2955	2579	1386	1145	4068	5248	
<b>TOTALES</b>		<b>52051</b>	<b>65428</b>	<b>59938</b>	<b>62855</b>	<b>118310</b>	<b>120277</b>	<b>478859</b>

La cantidad de agua para los procesos productivos del año 2012 (segundo semestre) se calcula de acuerdo a la siguiente tabla.

**Fuente:** Mariela Paredes

**Tabla 31. Cantidad de agua consumida por la Lavandería y Tintorería JAV - TEX durante el Segundo Semestre del año 2012.**

<b>PROCESOS</b>	<b>PRODUCCION (Prendas)</b>	<b>Litros de agua/Prenda</b>	<b>Total de agua consumida (L)</b>
Stone 1-2-3	101315	81,25	8.231.844
Súper Stone 1-2-3	74066	70,85	5.247.576
Desgomados	41452	17	704.684
Tinturados Negros	33176	50,7	1.682.023
Tinturados ATP	27413	21,7	594.862
Froster	29683	81	2.404.323
Mega Sucios	26818	69,55	1.865.192
Sucios	28470	*62,4	1.776.528
Sam Blas	27500	69,55	1.912.625
Esponjados	24800	69,55	1.724.840
Manualidades + Esponjado	31856	69,55	2.215.585
Manualidades + Sucio	32310	*62,4	2.016.144
<b>TOTAL</b>	<b>478859</b>		<b>30.376.226</b>

\*Es el promedio de consumos de agua para tonos claros y oscuros  
Fuente: Mariela Paredes

**Tabla 32. Resultados de Análisis Físico-Químico.**

<b>Determinaciones</b>	<b>Unidades</b>	<b>*Método</b>	<b>**Límites permisibles</b>	<b>Resultados</b>
pH	Und.	4500-B	5-9	8,98
Conductividad	μSiem/cm	2510-B	-	5390
Turbiedad	UNT	2130-B	5	244
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	1200

<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	mg/L	5210-B	250	703
<b>Color</b>	Und.Co/Pt	2120-C	-	1528
<b>Sólidos en Suspensión</b>	mg/L	2540-D	220	224
<b>Sólidos Sedimentales</b>	mg/L	2540-B	20	2
<b>Grasas y Aceites</b>	mg/L	5520-B	100	19
<b>Fenoles</b>	mg/L	5530-C	0,2	0,030
<b>Tensoactivos</b>	mg/L	5540-C	2,0	1,50

\* Métodos Normalizados, APHA, AWWA, WPCF 17ed.

\*\*TULAS TABLA 11. Límites de descarga al alcantarillado público.

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias ESPOCH

Las muestras fueron tomadas en el punto de descarga al alcantarillado público el día 22 de Febrero del 2013 a las 8:00 am.

En la tabla 32 se encuentran los resultados de los análisis físico – químicos de las aguas residuales de la Lavandería y Tintorería JAV-TEX, los cuales al comparar con los parámetros expuestos en la tabla 20 se observa que se encuentran fuera del límite máximo permisible.

## CAPITULO III

### 3. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES DE LA LAVANDERÍA Y TINTORERIA JAV-TEX DEL CANTON PELILEO.

#### 3.1. CÁLCULOS.

##### 3.1.1. CAUDAL

Para el dimensionamiento de la planta de tratamientos se necesitamos conocer la cantidad de agua que se utiliza para procesar cada prenda sacando un promedio de agua de los distintos procesos que se realizan en la planta, para aquello realizamos un seguimiento de los distintos procesos los días jueves y viernes que son los días de mayor producción el resultado es que se consume aproximadamente 61 L/por prenda, se tomó en cuenta la capacidad de las máquinas que procesan las prendas.

##### 3.1.2. CONSUMO DE AGUA.

Para poder determinar la cantidad de agua generada en el proceso se calcula en base a la ecuación 1.

$$Q = \frac{L}{\text{prenda}} * \# \text{ de prendas procesadas}$$

$$Q = 61\text{lt} * 3395\text{prendas}$$

$$Q = 207095 \frac{\text{Lt}}{\text{prendas día}}$$

$$Q = 207,095 \text{ m}^3/\text{día}$$

Caudal máximo en un día considerando que Lavandería y Tintorería JAV TEX no tiene planificado incrementar la maquinaria a futuro.

### 3.1.3. CÁLCULO DEL ÁREA DEL CANAL

Las dimensiones del canal son:

$b = 0,42$  m ancho de la rejilla

$h = 0,55$  m

Se calcula con la ecuación 2:

$$A = b * h$$

$$A = 0,42 \text{ m} * 0,55\text{m}$$

$$A = 0,231 \text{ m}^2$$

Posteriormente se calcula el radio hidráulico en base a la ecuación 3:

$$R = \frac{b * h}{b + 2h}$$

$$R = \frac{0,42\text{m} * 0,55\text{m}}{0,42 + 2 * (0,55\text{m})}$$

$$R = 0,151 \text{ m}$$

Cálculo de la velocidad a la que se transporta el fluido usando una pendiente de 0,0005 en base a la ecuación 4, también podemos determinar la velocidad de aproximación del fluido hacia la reja mediante el ábaco de la fórmula de Manning, donde se une  $R = 0,151$  y  $\eta = 0,0014$  (tabla 13) y se proyecta la línea de referencia. Se une el punto situado en la línea de referencia con la pendiente = 0,0005. La intersección de la escala de velocidad da  $v = 0,45$  m/s.

$n =$  Coeficiente de Manning (0,014 para canales de hormigón) Tabla 13.

$R = 0,151$  m

$$S = 0,0005$$

$$v_{RL} = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

$$v_{RL} = \frac{1}{0,014} * 0,151^{2/3} * 0,0005^{1/2}$$

$$v_{RL} = 0,45 \text{ m/s}$$

### 3.1.4. CÁLCULOS PARA LAS REJILLAS

Se toman los datos de la tabla 12:

$$Q = 0,0024 \text{ m}^3/\text{s}$$

Separación entre barras:  $a = 25 \text{ mm}$

Pendiente con relación a la vertical  $65^\circ$

Velocidad de aproximación  $v_{RL} = 0,45 \text{ m/s}$

Pérdidas de carga admisible =  $150 \text{ mm}$

Espesor de la barra  $5 \text{ mm}$

Tipo de barra  $\beta = 1,79$  (valor para forma circular)

- ✓ **Cálculo del área entre barras:** con los datos se determina en base a la ecuación 5:

$$A_L = \frac{Q}{v_{RL}}$$

$$A_L = \frac{0,0024 \text{ m}^3/\text{s}}{0,45 \text{ m/s}}$$

$$A_L = 0,0053 \text{ m}^2$$



$A_L$  = Área libre entre barras ( $m^2$ )

$Q$  = Caudal ( $m^3/s$ )

$v_{RL}$  = Velocidad de aproximación ( $m/s$ )

- ✓ **Cálculo del área de la sección transversal del flujo:** Se calcula en base a la ecuación 6:

$$A_f = \frac{A_L(a + t)}{a}$$

$$A_f = \frac{0,0053 (0,025 + 0,005)}{0,025}$$

$$A_f = 0,00636 m^2$$

$A_f$  = Área de flujo ( $m^2$ )

$A_L$  = Área entre barras ( $m^2$ )

$a$  = Separación entre barras (m)

$t$  = Espesor máximo de las barras (m)

- ✓ **Cálculo del número de barras:** Se calcula en base a la ecuación 7:

$$N^\circ = \frac{b - a}{a + t}$$

$$N^\circ = \frac{0,42 - 0,025}{0,025 + 0,005}$$

$$N^\circ = 13 \text{ rejas}$$

$b$  = Ancho del canal (m)

$a$  = Separación entre barras (m)

$t$  = Espesor máximo de las barras (m)

✓ **Cálculo de la longitud sumergida de la rejilla:**

Determinamos el nivel máximo de agua, usando la ecuación 8:

$$d_{\max} = \frac{Q}{V_{RL} * b}$$
$$d_{\max} = \frac{0,0024}{0,45 * 0,42}$$
$$d_{\max} = 0,0126 \text{ m}$$

Con el valor máximo del agua se calcula la longitud sumergida de la rejilla, usando la ecuación 9:

$$L_s = \frac{d_{\max}}{\text{sen}\delta}$$
$$L_s = \frac{0,0126}{\text{sen}65}$$
$$L_s = 0,014 \text{ m}$$

$d_{\max}$  = Nivel máximo de agua (m)

$V_{RL}$  = Velocidad de aproximación (m/s)

$b$  = Ancho del canal (m)

$\delta$  = Grado de inclinación de las barras

✓ **Cálculo de pérdidas de carga en la rejilla:**

A través de la ecuación 10:

$$h_c = \beta \left( \frac{t}{a} \right)^{4/3} \frac{v^2}{2g} \text{Sen}\delta$$
$$h_c = 1,79 \left( \frac{0,005}{0,025} \right)^{4/3} \frac{0,45^2}{2 * 9,8} \text{Sen}65$$
$$h_c = 0,00197 \text{ m}$$

$h_c$  = Pérdida de carga, pies (m)

$t$  = Espesor máximo de las barras (m)

$a$  = Separación entre barras (m)

$\frac{v^2}{2g}$  =Carga de velocidad antes de la reja (m)

$\delta$  = Ángulo de inclinación de las barras

$\beta$  =Factor dependiente de la forma de la barra

$g$  = aceleración de la gravedad, ( $m^2/s$ )

Cumple con la tabla 12 las pérdidas de carga admisibles no deben pasar de 15 cm. Por lo tanto cuando genere una obstrucción del paso de influente a través de las rejillas deberán ser limpiadas; debido a que, puede generar una reducción de la velocidad del flujo del agua y por lo tanto una aglomeración de volumen en el canal de entrada.

### 3.1.5. CÁLCULOS PARA EL HOMOGENEIZADOR

#### ✓ Cálculo de área del homogeneizador:

A través de la ecuación 11:

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

Dónde:

$Q$  = Caudal ( $m^3/h$ )

$C_s$  =Carga superficial ( $m^3/m^2 \cdot día$ ) para caudal máximo  $100 m^3/m^2 \cdot día$  Tabla 15.

$$A = \frac{207,095 \text{ m}^3/\text{día}}{100 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}}$$

$$A = 2,07 \text{ m}^2$$

✓ **Cálculo del diámetro del tanque homogeneizador**

Se determina en base a la ecuación 14:

$$\phi = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}}$$

$$\phi = \sqrt{4 * \frac{2,07 \text{ m}^2}{3,1416}}$$

$$\phi = 1,62 \text{ m}$$

Dónde:

$\phi$  = diámetro (m)

A = Área del sedimentador

$\pi$  = Número irracional (3,1416)

✓ **Cálculo del radio del tanque homogeneizador**

Se calcula con la ecuación 15:

$$r = \sqrt{\frac{2,07 \text{ m}^2}{3,1416}}$$

$$r = 0.81 \text{ m}$$

r = Radio (m)

A = Área (m<sup>2</sup>)

✓ **Cálculo del volumen del homogeneizador**

Asumimos la altura del tanque que es de 3 m por medio de la ecuación 16.

$$V = Ah$$

$$V = 2,07 \text{ m}^2 * 3\text{m}$$

$$V = 6,21\text{m}^3$$

Dónde:

$V =$  Volumen del tanque ( $m^3$ )

$A =$  Altura del tanque (3m)

✓ **Número de deflectores**

Son 4, dispuestos verticalmente en las paredes del tanque, desde el fondo y sobresaliendo por encima del nivel del líquido.

✓ **Cálculo del ancho de los deflectores.**

Podemos calcular mediante la ecuación 17:

$$W_b = \frac{1}{10} \text{ del } \emptyset \text{ tanque}$$

$$W_b = \frac{1,62 \text{ m}}{10}$$

$$W_b = 0,162 \text{ m}$$

Dónde:

$W_b =$  Ancho de los deflectores (m)

### 3.1.6. CALCULOS PARA EL AGITADOR DE PALETAS.

✓ **Cálculo del diámetro del impulsor**

Se determina a partir de la ecuación 18.

$$d_i = \frac{1}{3} \text{ del } \emptyset \text{ tanque}$$

$$d_i = \frac{1,62 \text{ m}}{3}$$

$$d_i = 0,54 \text{ m}$$

Dónde:

$d_i =$  Diámetro del impulsor (m)

✓ **Cálculo de la altura del impulsor respecto del fondo**

A través de la ecuación 19:

$$H_i = d_i$$
$$H_i = 0,54 \text{ m}$$

$H_i$  = Altura del impulsor respecto del fondo (m)

✓ **Cálculo del ancho de las palas del impulsor**

Lo obtenemos mediante la ecuación 20:

$$q = \frac{1}{5} \text{ del } d_i$$
$$q = \frac{0,54}{5}$$
$$q = 0,108 \text{ m}$$

✓ **Cálculo de la longitud de las palas del impulsor**

A través de la ecuación 21:

$$l = \frac{1}{4} \text{ del } d_i$$
$$l = \frac{0,54 \text{ m}}{4}$$
$$l = 0,135 \text{ m}$$

Dónde:

$l$  = Longitud de las palas (m)

✓ **Cálculo de la longitud de las palas del impulsor montadas en el disco central.**

A través de la ecuación 22:

$$l_{DC} = \frac{1}{2}$$

$$l_{DC} = \frac{0,135 \text{ m}}{2}$$

$$l_{DC} = 0,0675 \text{ m}$$

$l_{DC}$  = Longitud de las palas montadas en el disco central.(m)

#### ✓ Cálculo del diámetro del disco central

La podemos determinar mediante la ecuación 23:

$$s = \frac{1}{4} \text{ del } \emptyset \text{ tanque}$$

$$s = \frac{1,62 \text{ m}}{4}$$

$$s = 0,405 \text{ m}$$

#### ✓ Cálculo de espesor de las paletas

Ya que el impulsor gira con velocidad angular constante ( $\omega$ ), la velocidad lineal varía con respecto al radio, por lo que partimos de la ecuación 25.

$$F_D = \frac{C_D \rho (\omega^2 r^2) (q * r)}{2}$$

Dónde:

$q$  =Ancho de las paletas (m)

A la Ec. 25 multiplicamos a ambos lados por  $dr$  e integrando los límites  $r_1$  y  $r_2$  (Figura 5) en donde se obtiene el valor del momento con respecto al punto  $O'$  por lo que se tiene:

Según la figura 5 los valores de  $r_1$  y  $r_2$  serán:

$$r_1 = 0,27 - (0,132)$$

$$r_1 = 0.204 \text{ m}$$

$$r_2 = 0.27 \text{ m}$$

Para determinar  $C_D$  (Figura 6)

$$l = 0,135 \text{ m}$$

$$q = 0,108 \text{ m}$$

$$C_D = 1,2$$

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

$$\omega = 900 \text{ RPM}$$

$$\int_{r_1}^{r_2} F_D dr = \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{2} C_D \rho (\omega^2 r^2) (q * r) dr$$

$$M_{O'} = \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{2} C_D \rho (\omega^2 r^2) (q * r) dr$$

$$M_{O'} = \frac{1}{2} (C_D) (\rho) (\omega)^2 (q) \int_{0,204}^{0,27} (r^3) dr$$

$$M_{O'} = 4,700 \text{ Nm}$$

Este  $M_{O'}$  lo reemplazamos en la ecuación 28:

$$S_y = \frac{n M_{O'} \frac{e}{2}}{I}$$

$$S_y = \frac{(2)(4,7) \frac{e}{2}}{\frac{0,108 * e^3}{12}}$$

$$e = \sqrt{\frac{6 * 2 * 4,7 \text{ Nm}}{(241 * 10^6 \text{ Pa}) * 0,108 \text{ m}}}$$

$$e = 0,00147 \text{ m}$$

$$e = 1,47 \text{ mm}$$

Dónde:

$$I = \text{Inercia} = I = \frac{q * e^3}{12}$$

$M_{O'}$  = Momento con respecto al punto O



e = Espesor

n = Factor de seguridad 2

$S_y$  = Fluencia del acero inoxidable AISI 304 = 241 MPa.

Por la fácil adquisición en el mercado ecuatoriano se asume un espesor de 3 mm

✓ **Cálculo de la potencia disipada de la mezcla.**

Calculamos a través de la ecuación 31.

$$P = G^2 * \mu * V$$

Dónde:

P = Potencia necesaria (W)

G = Gradiente medio de velocidad (1/S)  $700 \text{ s}^{-1}$

$\mu$  = Viscosidad dinámica ( $\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$ ) a  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  =  $0,653 * 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$

V = Volumen del tanque ( $\text{m}^3$ ) ( $6,21 \text{ m}^3$ )

$$P = \left(\frac{700}{\text{S}}\right)^2 * \left(0,653 * 10^{-3} \frac{\text{N} * \text{s}}{\text{m}^2}\right) (6,21 \text{ m}^3)$$

$$P = 1987,01 \text{ W}$$

$$P = 1,98 \text{ kW}$$

$$1 \text{ Hp} = 0,736 \text{ Kw}$$

$$P = 1,98 \text{ kW} * \frac{1 \text{ Hp}}{0,736 \text{ Kw}} = 2,69 \text{ Hp}$$

Por ende:

La potencia del motor es: 2,69 Hp por lo que se adquiere uno de 2,5 Hp de fácil acceso en el mercado.

✓ **Cálculo del área requerida de las paletas**

Se determina a partir de la ecuación 32:

$$A = \frac{2 * P}{C_D * \rho * v^3}$$

$$A = \frac{2 * 202,75 \frac{\text{Kgf}}{\text{s}}}{1,2 * 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * (0,7 * 25,44 \text{ m/s})^3}$$

$$A = 0,00006 \text{ m}^2$$

Dónde:

A = Área de la sección transversal de las paletas (m<sup>2</sup>)

P = Potencia necesaria (W)

C<sub>D</sub> = Coeficiente de resistencia al avance de las paletas.

ρ = Densidad del Fluido (Kg/m<sup>3</sup>)

v = Velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido (m/s), en general se asumen valores entre 0,6 y 0,75 veces la velocidad tangencial de las paletas.

### 3.1.7. CALCULOS PARA EL SEDIMENTADOR

Lo primero que se debe calcular es el área superficial necesaria, a partir de la ecuación 33. Dado que el caudal de diseño es de 207,095 m<sup>3</sup>/día y asumiendo un valor de carga de superficie (CS) de 100 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día (tabla 14) para caudal punta se calcula el área superficial necesaria:

#### ✓ Cálculo del área superficial del sedimentador primario

Por medio de la ecuación 33:

$$Q = 207,095 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$A = \frac{Q}{C_S}$$

$$A = \frac{207,095 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{100 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}}$$

$$A = 2,07 \text{ m}^2$$

Dónde:

$A = \text{Área (m}^2\text{)}$

$Q = \text{Caudal a tratar en el sedimentador primario (m}^3\text{/día)}$

$C_s = \text{Carga superficial (m}^3\text{/ m}^2\text{*d)}$  Tabla 15.

✓ **Cálculo del ancho del sedimentador**

A través de la ecuación 37.

$$a = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$a = \sqrt{\frac{2,07 \text{ m}^2}{2}}$$

$$a = 1,11 \text{ m}$$

Por lo tanto el largo será por medio de la ecuación 36:

$$l = 2 * a$$

$$l = 2 (1,11\text{m})$$

$$l = 2,22 \text{ m}$$

La nueva carga superficial será:

El área la determinamos mediante la Ec. 35

$$A = L * a$$

$$A = 2,27\text{m} * 1,11\text{m}$$

$$A = 2,46 \text{ m}^2$$

$$CS = \frac{Q}{A}$$

$$CS = \frac{207,095 \frac{m^3}{día}}{2,46 m^2}$$

$$CS = 84,022 m^3/m^2/día$$

✓ **Cálculo del volumen del sedimentador.**

Proponiendo una profundidad de 3 m se calcula el volumen del tanque a partir de la ecuación 34.

$$V = l * a * h$$

$$V = 2,22 m * 1,11m * 3 m$$

$$V = 5,55 m^3$$

Dónde:

V = Volumen del sedimentador (m<sup>3</sup>)

L = Largo (m)

a = Ancho (m)

h = Altura (m)

✓ **Cálculo del tiempo de retención hidráulico**

En base al caudal que se va a tratar en el sedimentador primario y el volumen del sedimentador, establecido en la ecuación 38:

$$Trh = \frac{V}{Q}$$

$$Trh = \frac{5,55 m^3}{8,63 \frac{m^3}{h}}$$

$$Trh = 0,64 h$$

Dónde:

Trh = Tiempo de retención hidráulico en h.

Q = Caudal a tratar en m<sup>3</sup>/h

V = Volumen en m<sup>3</sup>

✓ **Cálculo de la velocidad de arrastre**

Determinamos mediante la ecuación 39:

V<sub>H</sub> = velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de partículas.  
(m/s)

k = constante que depende del tipo de material arrastrado. (0,05)

s = peso específico de las partículas. (1,25)

g = aceleración de la gravedad. (9,8 m/s<sup>2</sup>)

d = diámetro de las partículas. 100µm

f = factor de fricción de Darcy-Weisbach. (0,025)

$$V_H = \left( \frac{8k(s-1)gd}{f} \right)^{1/2}$$
$$V_H = \left( \frac{8 * 0,05(1,25 - 1)(9,8 \text{ m/s}^2) * (100 * 10^{-6} \text{ m})}{0,025} \right)^{1/2}$$
$$V_H = 0,0626 \text{ m/s}$$

Esta velocidad de arrastre se compara con la velocidad horizontal, la cual se calcula a partir de la ecuación 40:

$$V_h = \frac{Q}{A}$$
$$V_h = \frac{0,0024 \text{ m}^3/\text{s}}{2,46 \text{ m}^2}$$

$$V_h = 0,000975 \text{ m/s}$$

$V_h$  = Velocidad horizontal (m/s)

Q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

A = área del sedimentador rectangular (m<sup>2</sup>)

La velocidad horizontal, es considerablemente menor que la velocidad de arrastre. Por lo tanto, el material sedimentado no será re- suspendido.

### ✓ Cálculo del porcentaje de remoción

El porcentaje de remoción DBO5 y sólidos suspendidos, obtenido en el sedimentador primario, se calcula usando la ecuación 41:

Para el porcentaje de remoción de DBO5 se parte de la ecuación 41, usando valores de la tabla 18.

$$R_{DBO} = \frac{Trh}{a + bTrh}$$

$$R_{DBO} = \frac{0,64 \text{ h}}{0,018 + (0,02 * 0,64 \text{ h})}$$

$$R_{DBO} = 20,77 \%$$

Para el porcentaje de remoción de SST tenemos:

$$R_{SST} = \frac{Trh}{a + bTrh}$$

$$R_{SST} = \frac{0,64 \text{ h}}{0,0075 + (0,014 * 0,64 \text{ h})}$$

$$R_{SST} = 38,88 \%$$

Dónde:

R= Porcentaje de remoción esperado

Trh= Tiempo nominal de retención

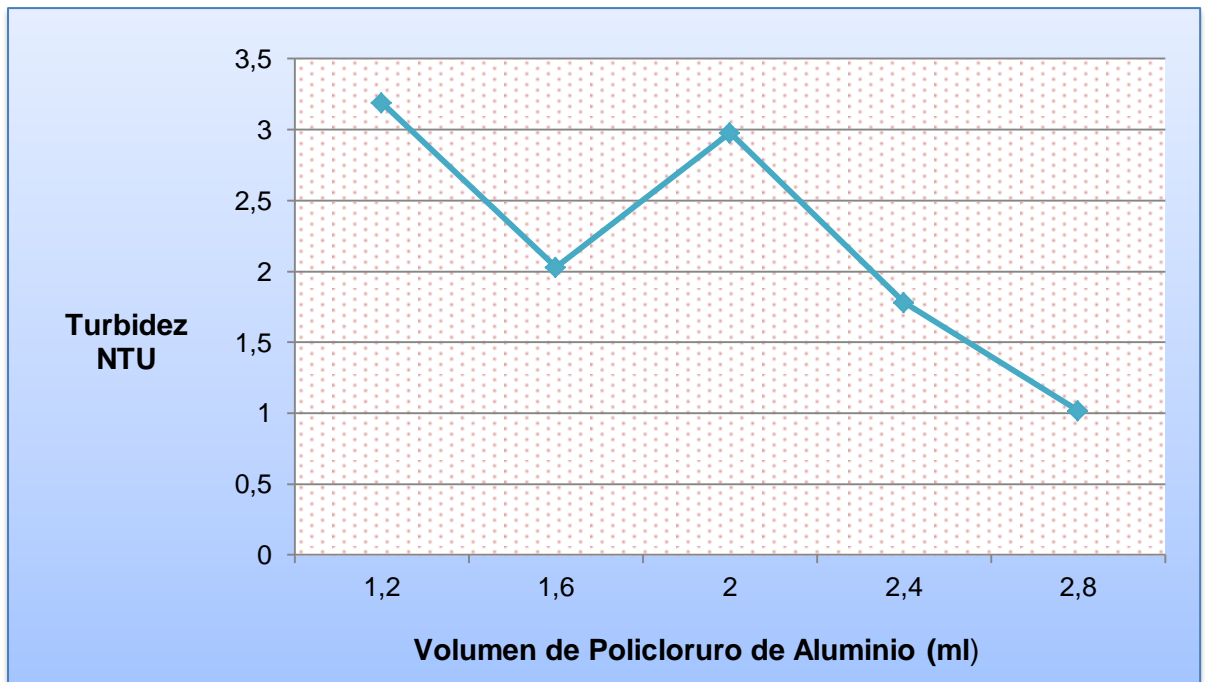
a, b= Constantes empíricas. Tabla 18

### 3.1.8. DOSIFICACION IDEAL DE POLICLORURO DE ALUMINIO AL 25%(P/V)

Tabla 33. Diferentes dosificaciones del Policloruro de Aluminio al 25% (P/V).

# DE JARRA CON CAPACIDAD DE 500mL	pH DEL AGUA RESIDUAL	DOSIS DE SOLUCIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO AL 25% (P/V) mg/L	pH DEL AGUA TRATADA	TURBIDEZ (NTU)	TIEMPO (MIN)	CONDUCTIVIDAD ( $\mu$ Siems/cm)	COLOR Pt/Co
1	7,42	600	6,83	3,19	40	4,83	178
2	7,42	800	6,27	2,03	40	5,09	102
3	7,42	1000	6,23	2,98	40	5,11	122
4	7,42	1200	6,29	1,78	40	5,00	103
5	<b>7,42</b>	<b>1400</b>	<b>6,22</b>	<b>1,02</b>	<b>40</b>	<b>5,03</b>	<b>77</b>

Fuente: Mariela Paredes



Fuente: Mariela Paredes

**Gráfico 4. Dosis Óptima de Policloruro de Aluminio.**

La dosis óptima de Policloruro de aluminio es de 1400 ppm (mg/l) con una turbidez del 1,02NTU y un tiempo de agitación homogéneo de 20 segundos seguida de un tiempo de reposo de 40 minutos.



Fuente: Mariela Paredes

**Foto 2. Test de Jarras Dosificación óptima de Policloruro de Aluminio**



**Tabla 34. Evaluación del Tratamiento con Policloruro de Aluminio al 25% (P/V).**

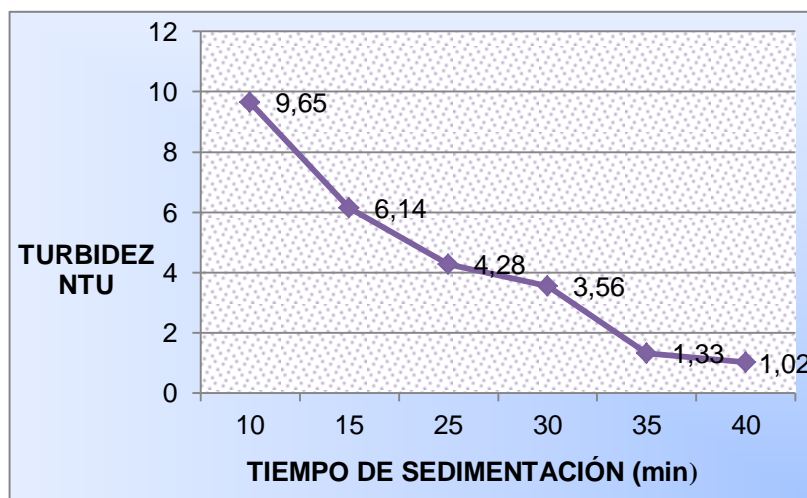
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Dosis	mg/L	1400
Tiempo de Sedimentación	min	40
Turbidez Inicial	UNT	244
Turbidez Final	UNT	1,02
pH Inicial	-	7,42
pH Final	-	6,22
% de Eficiencia	%	99,6

Fuente: Mariela Paredes

**Tabla 35. Diferentes tiempos de residencia.**

TIEMPO	TURBIEDAD (NTU)
10	9,65
15	6,14
25	4,28
30	3,56
35	1,33
40	<b>1,02</b>

Fuente: Mariela Paredes



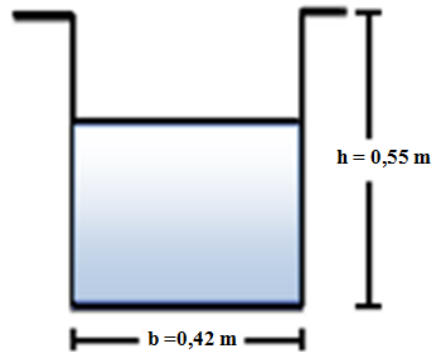
Fuente: Mariela Paredes

**Gráfico 5. Tiempo de residencia**

### 3.2. RESULTADOS

#### 3.2.1. CANAL DE AGUAS RESIDUALES

Las dimensiones del canal tendrán una 0,42 m de base, 0,55 m de altura.



Fuente: Mariela Paredes

Tabla 36. Detalle **Gráfico 6. Dimensiones del canal de entrada.**

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Acho	m	0,42
Altura	m	0,55
Área	m <sup>2</sup>	0,231
Radio hidráulico	m	0,151

Fuente: Mariela Paredes

#### 3.2.2. REJILLAS

Luego de considerar cada uno de los criterios de diseño de rejillas se ha optado por elegir rejillas de limpieza manual, mediante la colocación de las rejillas se pretende la mayor cantidad de sólidos gruesos, cuyas dimensiones se detallan a continuación:

**Tabla 37. Resultados obtenidos para el diseño del sistema de rejillas.**

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Caudal	m <sup>3</sup> /s	0,0024
Área de las rejillas	m <sup>2</sup>	0,25
Separación entre barras	m	0,025
Área entre barras	m <sup>2</sup>	0,0053
Área sección transversal del flujo	m <sup>2</sup>	0,00636
Nivel máximo del agua	m	0,126
Longitud sumergida de la rejilla	m	0,014
Velocidad de aproximación del fluido hacia la reja	m/s	0,45
Pérdidas de carga en la rejilla	m	0,00197
N° Barras	-	13
Tipo de barras circular	-	0,179

**Fuente:** Mariela Paredes

### 3.2.3. HOMOGENEIZADOR

Se opta por un homogeneizador circular el mismo, con su implementación se pretende obtener un caudal constante y una mezcla homogénea, su dimensionamiento se detalla a continuación:

**Tabla 38. Resultados obtenidos para el diseño del tanque homogeneizador.**

PARÁMETRO	UNID.	VALOR
Volumen	m <sup>3</sup>	6,21
Área	m <sup>2</sup>	2,07
Altura	m	3
Diámetro	m	1,62
Radio	m	0,81

**Fuente:** Mariela Paredes

Para obtener la mezcla homogénea en el tanque homogeneizador se instalará un agitador de paletas cuyo dimensionamiento se detalla a continuación:

**Tabla 39. Resultados obtenidos para el agitador de paletas.**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
Potencia disipada de la mezcla	W	1987,01
Área de la sección transversal requerida de las paletas	m <sup>2</sup>	0,00006
Diámetro del impulsor	m	0,54
Altura del impulsor respecto del fondo del tanque homogeneizador	m	0,54
Ancho de las paletas del impulsor	m	0,108
Longitud de las paletas del impulsor	m	0,135
Longitud de las paletas del impulsor montadas en el disco central	m	0,0675
Número de deflectores	-	4
Ancho de los deflectores	m	0,162
Diámetro del disco central	m	0,405
Espesor teórico	mm	1,47
Espesor comercial	mm	3
Número de paletas	-	2

**Fuente:** Mariela Paredes

### 3.2.4. SEDIMENTADOR PRIMARIO

El sedimentador primario que se implementará será rectangular y su dimensionamiento se detalla a continuación:

**Tabla 40. Resultados obtenidos para el diseño del tanque de Sedimentación Primaria.**

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Volumen	m <sup>3</sup>	5,55
Carga superficial	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día	84,022
Tiempo de retención	h	0,64
Velocidad de arrastre	m/s	0,0626
Velocidad horizontal	m/s	0,000975
Remoción de DBO	%	20,77
Remoción de SST	%	38,88
Altura	m	3
Largo	m	2,22
Ancho	m	1,11

**Fuente:** Mariela Paredes

### 3.3. PROPUESTA

Para poder tratar el tipo de efluentes generado por Lavandería y Tintorería JAV TEX en sus diferentes procesos, se propuso el Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales con el propósito de disminuir la carga contaminante, y de esta manera el agua pueda cumplir con los niveles establecidos por el TULAS, anexo VI, tabla 20.

Para lo cual se propone la siguiente Planta de Tratamiento, la cual se detalla a continuación:

- ✓ La recolección del agua residual que proviene del proceso de Lavado y Tinturado de prendas jeans, la cual pasa por un canal en cuyo tramo se instala un sistema de rejillas de limpieza manual, Las rejillas constan de 13 barras, con una separación entre barras de 2,5 cm, diseñadas con el fin de retener la mayor cantidad de sólidos posibles provenientes del procesos tales como restos piedra pómez que se utilizan para los procesos de stone, restos de tela, palos, fundas plásticas, botellas etc.
  
- ✓ Posteriormente el agua residual pasa a un tanque de homogeneización en donde el agua residual proveniente de los diversos procesos de tintura se mezcla, diseñado para una capacidad de 6,21 m<sup>3</sup>, una altura de 3 m, un diámetro de 1,62m, donde se implementa un agitador de paletas que requiere de una potencia de 1987,01 W, constaran de dos paletas planas cuya área de la sección transversal es de 0,00006m<sup>2</sup>, el diámetro del impulsador del agitador será de 0,54 m, la altura del impulsor respecto del fondo del tanque homogeneizador 0,54 m, ancho de las paletas del impulsor 0,108 m, longitud de las paletas del impulsor 0,135 m, diámetro del impulsor de las paletas es de 3 mm.
  
- ✓ El agua homogeneizada pasará al tanque de sedimentación primaria por gravedad, el tanque de sedimentación primaria es rectangular que tiene las siguientes dimensiones 2,22 m de largo (2 m), 1,11 m de ancho (1 m), 3 m de profundidad, diseñado para una capacidad de 5,55 m<sup>3</sup>, donde se tratará el agua con Policloruro de Aluminio a una concentración del 25% (P/V), la dosificación será de 1400 mg/l y un tiempo de residencia de 40 min, obteniendo una efectividad de 99,6%, el cual pretende remover el 20,77 % de DBO y el 38,88 % de SST, y de esta manera cumplir con los límites de descarga establecidos en el TULAS, Tabla 20.

### 3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de análisis detallados en la Tabla 32 tales como pH, conductividad, turbiedad, DBO, DQO, color, Sólidos en suspensión, sólidos sedimentables, grasas y aceites se realizaron en el Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias ESPOCH, los ensayos de Fenoles y Tensoactivos, se realizaron en el “Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental CESTTA”, con muestras de agua residual original provenientes de los distintos procesos de lavado y tinturado de prendas de vestir.

**Tabla 41. Análisis de resultados.**

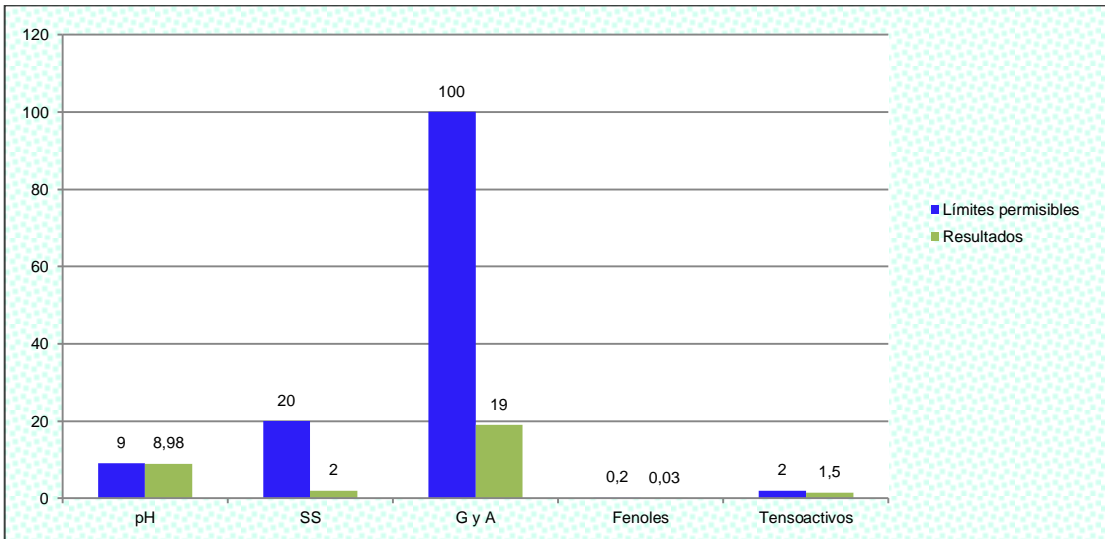
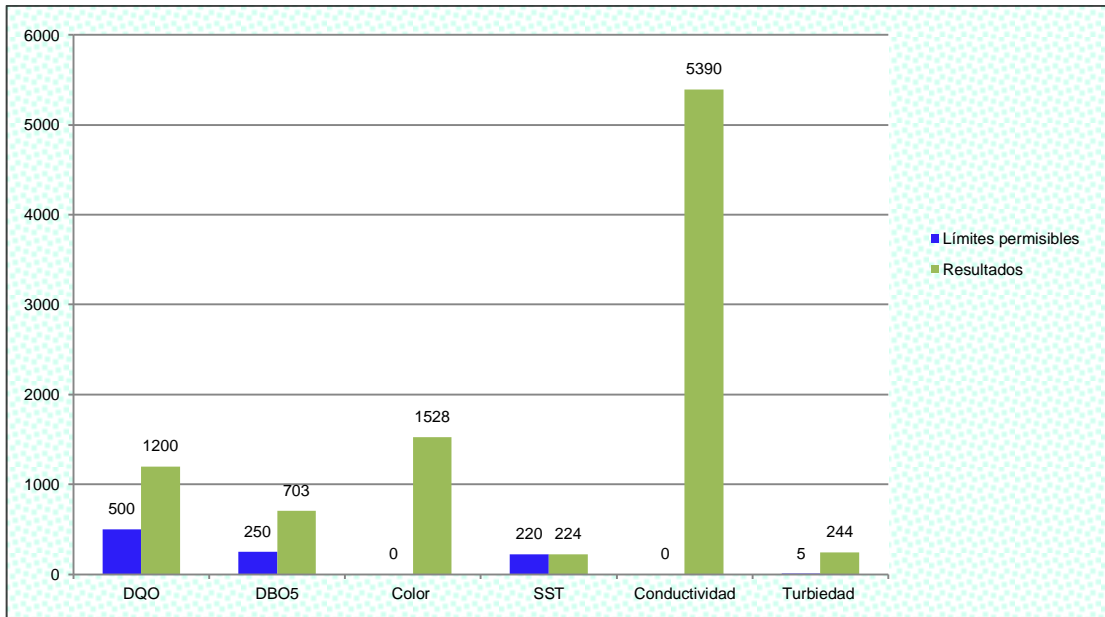
PARÁMETRO	UNIDAD	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO	**Límites permisibles	% EFI.
<b>pH</b>	Und.	8,98	6,91	5-9	-
<b>DQO</b>	mg/L	1200	107	500	<b>91</b>
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/L	703	56	250	<b>92</b>
<b>Color</b>	Und. Co/Pt	1528	93	-	<b>99,9</b>
<b>Sólidos Suspendidos T.</b>	mg/L	224	< 50	220	<b>78</b>
<b>Sólidos Sedimentables</b>	mL/L	2	0,1	20	<b>95</b>
<b>Grasas y Aceites</b>	mg/L	19	2,3	100	<b>88</b>
<b>Fenoles</b>	mg/L	0,030	<0,02	0,2	<b>99</b>
<b>Tensoactivos</b>	mg/L	1,50	0,50	2,0	<b>67</b>
<b>Conductividad</b>	μSiems/cm	5390	5,03	-	<b>99,9</b>
<b>Turbiedad</b>	<b>UNT</b>	<b>244</b>	<b>1,02</b>	<b>5</b>	<b>99,6</b>

Fuente: Mariela Paredes

Según los análisis de agua residual de Lavandería y Tintorería JAV TEX antes y después del tratamiento, cuyos resultados se exponen en la Tabla 41, se puede indicar que como resultado del tratamiento con Policloruro de aluminio al 25%, se obtuvo una remoción del DQO del 91%, DBO<sub>5</sub>92%, el color en porcentaje de reducción de 99,9%, SST en un 78%, Sólidos sedimentables en un 95%, grasas y aceites una reducción del 88%, conductividad una reducción del 99,9%, turbiedad en un 99,6%, para los fenoles una remoción de un 99%, tensoactivos en un 67% cabe indicar que estos dos últimos en los análisis de la muestra sin tratar se encontraban dentro de los límites permisibles pero con el tratamiento su porcentaje de remoción es mucho menor.

Obteniéndose de esta manera un agua tratada que puede ser descargada al alcantarillado público, puesto que cumple con los límites de descarga establecidos en el TULAS, establecidos en la Tabla 20.

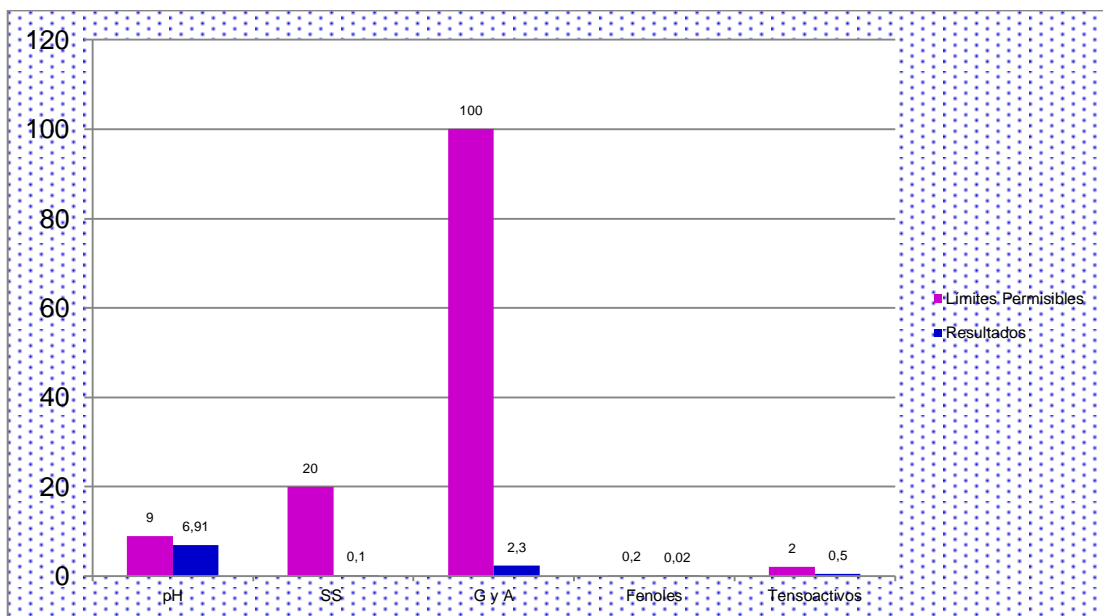
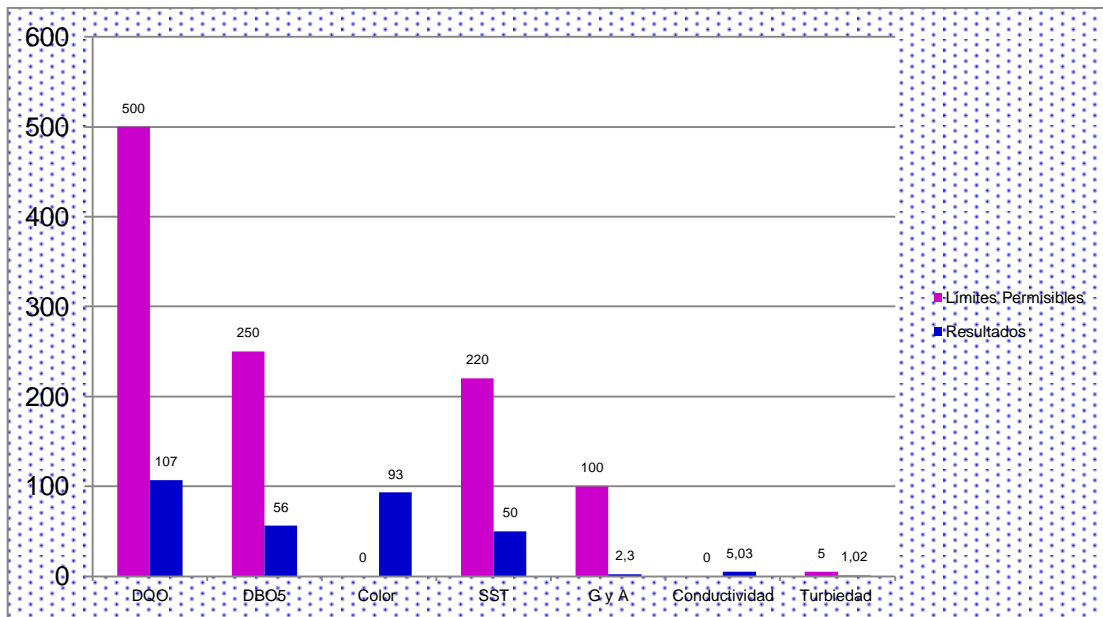




**Fuente:** Mariela Paredes

**Gráfico 7. Resultados Antes del Tratamiento**

Como podemos observar en el grafico los parámetros se encuentran fuera del límite permisible por lo que es necesario un tratamiento previo a su descarga al alcantarillado público.



Fuente: Mariela Paredes

**Gráfico 8. Resultados Después del Tratamiento**

En el gráfico podemos observar como luego del tratamiento con Policloruro de Aluminio al 25% notamos que los valores disminuyen considerablemente cumpliendo de esta manera con los límites establecidos del TULAS Tabla 20.

### 3.5. DISCUSIÓN

Mediante el trabajo de investigación realizado para el agua residual generada en los distintos procesos de lavado y tinturado de prendas de vestir de Lavandería y Tintorería JAV – TEX del cantón Pelileo, se ha llegado a obtener los resultados buscados de los parámetros característicos del agua residual que se precisaba disminuir, para que dicha agua pueda ser descargada al alcantarillado público cumpliendo así con los límites de descarga establecidos en el TULAS, Tabla 20

El objetivo principal fue determinar, analizar y dar una solución al agua residual, para esto se realizó ensayos de jarras con los cuales se logró determinar la dosis y pH óptimo de floculante a utilizar (Policloruro de Aluminio). Con todo esto se puede decir, que como resultado del tratamiento del Agua residual proveniente de las diferentes etapas, se obtuvo una eficiencia de reducción del DQO del 91%, y el 78% de sólidos en suspensión. El diseño tiene un desempeño y efectividad del 90,94% en todo su sistema.

En cuanto a los beneficios de la medida se puede establecer que el diseño del sistema de tratamiento de agua residual para Lavandería y Tintorería JAV TEX, posee básicamente beneficios ambientales ya que desde el punto de vista económico los sistemas de tratamiento de agua residual destinadas a minimizar y/o evitar la generación de residuos, no conllevan beneficios por lo contrario representan gastos de ahí la importancia de agotar las posibilidades de implementar medidas de producción más limpias.

En si los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio podríamos decir que son favorables puesto que el propósito final era diseñar un sistema que permita restablecer las condiciones iniciales para que la misma pueda ser descargada sin ningún problema al alcantarillado público contribuyendo así con nuestro medio ambiente.

## CAPITULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

- ✓ Al caracterizar el agua residual proveniente de los diferentes procesos de Lavandería y Tintorería JAV TEX, los resultados fueron, 1200 mg/L de DQO, 703 mg/L de DBO<sub>5</sub>, 224 mg/L Sólidos en suspensión, 224 mg/L, Sólidos sedimentales 2 mL/L, 244 NTU de Turbiedad, 5390  $\mu$ Siems/cm, fenoles, 0,030 mg/L, tensoactivos 1,50 mg/L los cuales fueron analizados y tratados con el fin de bajar el nivel de contaminación, puesto que no cumple con los límites de descarga establecidos en el TULAS, Tabla 20.
- ✓ El sistema de tratamiento de agua residual consiste de un tanque homogeneizador con capacidad para 6,21 m<sup>3</sup>, accionado por un agitador de paletas, que requiere de una potencia de 1987,01 W, dos paletas planas cuyo diámetro del impulsador del agitador será de 0,54 m, la altura del impulsor respecto del fondo del tanque homogeneizador 0,54 m, ancho de las paletas del impulsor 0,108 m, longitud de las paletas del impulsor 0,135 m, diámetro del impulsor de las paletas es de 3 mm, y de un tanque de sedimentación primaria con capacidad para 5,55 m<sup>3</sup>, en el cual se va a añadir floculante, en este caso Policloruro de Aluminio al 25% (P/V), para la mitigación de la contaminación del agua residual, llegando a ser la dosis óptima de floculante 1400 (mg/L) a un pH de 6,22. Cabe recalcar que el sistema funciona por gravedad.
- ✓ El tiempo de retención para la floculación es de 40 minutos, se considera ideal este tiempo puesto que a partir del mismo, la turbiedad se mantiene constante y de esta forma se evita alargar innecesariamente dicho tiempo, con el fin de agitar el tratamiento propuesto.

- ✓ Se puede indicar, que como resultado del tratamiento del agua residual proveniente del proceso de lavado y tinturado de prendas de vestir, tiene una eficiencia global del 90,94%, obteniéndose de esta manera un agua tratada que puede ser descargada al alcantarillado público, puesto que cumple con los límites de descarga establecidos en el TULAS, Tabla 20.
  
- ✓ En la actualidad, sobre una base puramente teórica, es imposible predecir la dosis óptima de coagulante para un agua dada, en consecuencia, la dosis y condiciones típicas adecuadas para lograr la coagulación deben ser determinadas empíricamente para cada tipo de agua, principalmente por ensayos de floculación.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

- ✓ En lo posible evitar botar desperdicios (fundas de químicos utilizados, botellas plásticas, etc.) en la canalización, especialmente retirar de manera constante la piedra pómez que comúnmente se concentra en gran cantidad.
  
- ✓ Limpiar el sistema de rejillas después de cada descarga del efluente, para de esta manera evitar las pérdidas por cargas.
  
- ✓ Realizar mediciones de caudal constantes, para así contar con un caudal igual o similar al caudal empleado en el diseño del sistema de tratamiento.

- ✓ Preparar las soluciones de Policloruro de Aluminio al 25% (P/V) el día en que se va a realizar la floculación y evitar al mínimo guardarlas y volverlas a reutilizar.
  
- ✓ Hacer análisis frecuentes al agua tratada para verificar que el tratamiento está marchando bien y que los contaminantes están siendo minimizados y sobretodo que se está cumpliendo con lo establecido en el TULAS, Tabla 20.
  
- ✓ La empresa debe considerar un tratamiento para los lodos que puede ser: Estabilización para reducir la presencia de patógenos, eliminar los olores desagradables, espesado para aumentar la fracción sólida de los lodos, y reducir el costo de los tratamientos posteriores, desinfección para eliminar los patógenos. Cuando la composición química de los lodos no permite su reutilización en la agricultura, deberá ser dispuesto en rellenos sanitarios adecuadamente preparados para ello, caso contrario podrían ser utilizados como fertilizantes, ya que esta actividad se viene realizando desde hace décadas, porque el lodo actúa como acondicionador del suelo y facilitar el transporte de los nutrientes, aumentar la retención de agua y mejorar la aptitud del suelo para el cultivo. En el caso de lavanderías y tintorerías el tipo de fertilizantes será inorgánico debido a la presencia de colorantes y agentes de tenido etc, que pueden ser utilizados para nutrir suelos áridos, aumentando de esta manera su vegetación en los bosques, pero para esto el lodo es analizado, luego de ser desestabilizado, para ello se puede optar por el almacenamiento a largo plazo construyendo unas fosas de lodos donde se depositaran y se secan, para su posterior utilización como fertilizante.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **BOTERO, L.**, Industria textil y medio ambiente., 1ª. ed., Bogotá Colombia., Editores Técnicos Asociados., 2000., Pp. 49 - 56.
2. **CRITES, R. - Otros.**, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 2ª. ed., Bogotá – Colombia., Mc Graw – Hill Interamericana., 2001., Pp. 241 -337; 782.
3. **DANESHVAR, A.**, Decoloración de soluciones de colorantes Básicos por electrocoagulación., 1ª ed., Bogotá - Colombia., Editores Asociados Técnicos., 2005., Pp., 122.
4. **DANIEL, F.**, Manual del Agua: Su Tratamiento y Aplicación., 1ª. ed., Madrid - España., Mc Graw Hill., 1989., Pp. 8.
5. **FOX, R.**, Introducción a la Mecánica de Fluidos., 1ª. ed., México México., Mc Graw – Hill., 1989., Pp. 427.
6. **MERCADO, I.**, La electrocoagulación, una nueva alternativa para el Tratamiento de aguas residuales., 1ª. ed., Editores Asociados Técnicos., Bogotá - Colombia., 2005., Pp. 26; 72.

- 7. METCALF & EDDY.**, Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento Vertido y Reutilización., 3ª. ed., Madrid – España., Mc Graw – Hill Interamericana., 1995., Pp. 508 – 515; 538 – 551.
- 8. ROMERO, J.**, Tratamiento de aguas residuales., 2ª ed., Bogotá – Colombia., 2002., Pp. 17; 24 – 25; 305; 757.
- 9. RODRIGUEZ, O. – Otros.**, Alternativas para el tratamiento de aguas Residuales en tintorerías textiles., 2ª ed., Madrid - España., Academia Books International., 1997., Pp. 150.
- 10. NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DESCARGAD DE EFLUENTES: RECURSO AGUA.**, Libro XI., Quito – Ecuador., 2012., Pp., 321-328.
- 11. BOLAÑOS, R.**, Propuesta de recuperación del Agua Residual Proveniente del Industria Textil., Facultad de Ingeniería y Arquitectura., Universidad de El Salvador., San Salvador – El Salvador., **TESIS.**, 2010., Pp. 32; 40 – 51.
- 12. ERAZO, P.**, Diseño y construcción de mezcladora industrial., Tesis Ing. Mecánico., Guayaquil., Facultad de Ingeniería Mecánica., Escuela Superior Politécnica del Litoral., Guayaquil – Ecuador., **TESIS.**, 2011., Pp. 22; 89.



- 13. LÓPEZ, O.**, Determinación de medidas de producción más limpia para la optimización del uso de energía térmica y consumo de agua en la industria de lavado de jeans Chelos Pelileo., Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos., Universidad Técnica de Ambato., Ambato - Ecuador., **TESIS.**, 2012., Pp. 4; 8; 16 – 18.
- 14. CASTAÑO, E. - Otros.**, Revista Científica., Diseño de la planta de Tratamiento de aguas residuales de textiles FARO LTDA., Medellín - Colombia., 1998., Pp. 170.
- 15. CRESPI, M. - Otros.**, Revista Científica., Industria textil: Depuración biológica o físico química., Bogotá - Colombia., 1987., v. 2. Pp., 75 - 90.
- 16. CHATTOPADHYAY, A. - Otros.**, Revista Científica., Reutilización de Colorantes reactivos para el teñido de tela., Bogotá – Colombia., 2006., Pp. 77-83.
- 17. FUNDES.**, Revista Científica., Guía de Buenas Prácticas para el Sector Textiles., Bogotá - Colombia., 2009., Pp. 8; 15 – 16; 47.
- 18. LÓPEZ, O.**, Revista Científica., Registro de Lavadoras de Jeans de Pelileo., Pelileo – Ecuador., 2010., Pp. 2-8.

- 19. OROZCO, A.**, Revista Científica., Industria textil de Colombia: Consideraciones básicas., Bogotá – Colombia., 1995., Pp. 62.
- 20. PERINAT, M.**, Revista Científica., Tecnología de la Confección Textil., Bogotá - Colombia., 2000., Pp. 161 – 162.
- 21. PINEDA, L.**, Revista Científica., Prospectiva y vigilancia Tecnológica en la cadena Fibra Textil – Confecciones., Bogotá - Colombia., 2009., Pp., 31.
- 22. ROSERO, R.**, Revista Científica., Evaluación del impacto Ambiental Compel Jeans., Pelileo – Ecuador., 2008., Pp. 3; 8 – 25.
- 23. VICUNHA TEXTIL.**, Revista Científica., Diagnostico de las Lavanderías Textiles en Pelileo., Quito - Ecuador., 2010., Pp. 12

## **BIBLIOGRAFIA DEL INTERNET**

### **24. MEZCLADORES.**

[http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualll/ma2\\_cap2.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualll/ma2_cap2.pdf)

2013 – 02 – 21

### **25. AGITACIÓN Y MEZCLA**

<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r94935.PDF>

2013 – 02 - 21

## Anexo 1. Análisis del Laboratorio del Agua Residual Lavandería JAV-TEX

# ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS  
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703    Telefax: 2998 200 ext 332    Riobamba - Ecuador

### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Mariela Paredes

Fecha de Análisis: 22 de febrero del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 6 de marzo del 2013

Tipo de muestras: Agua residual Industria de lavado y tintorería de Tela Jean

Localidad: Pelileo

Código LAT/25-13

### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	8.98
Conductividad	µSiems/cm	2510-B		5390
Turbiedad	UNT	2130-B		244
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	1200
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	703
Color	Und. Co/Pt	2120-C		1528
Sólidos en Suspensión	mg/L	2540-D	220	224
Sólidos en Sedimentables	mL/L	2540-B	20	2
Grasas y Aceites	mg/L	5520-B	100	19

\*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

\*\*TULAS TABLA 11. Límites de descarga al alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente:



Dra. Gina Álvarez R.  
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
Análisis previo al tratamiento	Certificado    Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA	LÁMINA	ESCALA
	Por aprobar    Para informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	04/06/13	01	1:1
	Aprobado    Por calificar	Mariela Paredes			

## Anexo 2. Análisis del Laboratorio del Agua Residual CESTTA

 <b>LABCESTTA</b> Tecnología & Soluciones SGC	<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b> Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 <b>oae</b> Organismo de Acreditación Ecuador ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008
---	--	---

**INFORME DE ENSAYO No:** 220  
**ST:** 13 - 099 ANÁLISIS DE AGUAS

**Nombre Peticionario:** JAVTEX  
**Atn.** Jaime Balladares  
**Dirección:** Pelileo - Av. Pedro Fermín Cevallos  
 02 de Marzo del 2013

**FECHA:** 2013 / 02 / 22 - 12:40  
**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2013 / 02 / 22 08:00  
**FECHA DE MUESTREO:** 2013 / 02 / 22 - 2013 / 02 / 02  
**FECHA DE ANÁLISIS:** Agua Residual  
**TIPO DE MUESTRA:** LAB-A 231-13  
**CÓDIGO LABCESTTA:** NA  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** Tanque Ecuализador  
**PUNTO DE MUESTREO:** Físico - Químico  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Mariela Paredes  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:**



**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Fenoles	PEE/LABCESTTA/14 APHA 5530 C	mg/L	0.030	0,2	±32%
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 APHA 5540 C	mg/L	1.50	2,0	±15%

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en refrigeración.
- Resultados comparados con límites permisibles Tabla 11 TULAS.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**


 Dr. Mauricio Álvarez RESPONSABLE TÉCNICO	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB - CESTTA ESPOCH	 Dra. Nancy Veloz M. JEFE DE LABORATORIO
--	---	--

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.

Página 1 de 1  
 Edición 1

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
Análisis previo al tratamiento	Certificado	Por eliminar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>	<b>FECHA</b>	<b>LÁMINA</b>
	Por aprobar	Para informar	<b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>	04/06/13	02
	Aprobado	Por calificar	Mariela Paredes	1:1	<b>ESCALA</b>


### Anexo 3. Análisis del agua residual luego del tratamiento Lavandería y Tintorería JAV-TEX



**LABCESTTA**  
Tecnología & Soluciones  
SGC

**LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN**

Panamericana Sur Km. 1 1/2  
Teléfono: (03) 2998232  
ESPOCH  
FACULTAD DE CIENCIAS  
RIOBAMBA - ECUADOR



**oae**  
Organismo de Acreditación Ecuador  
ENSAYOS  
No OAE LE 2C 06-008

**INFORME DE ENSAYO N°:** 0790

**ST:** 12 - 0394 ANALISIS DE AGUAS

**Nombre Peticionario:** JAVTEX

**Atm:** Seta, Mariela Paredes

**Dirección:** Polileo Grande

**FECHA:** 12 de Abril del 2013

**NUMERO DE MUESTRAS:** 1

**FECHA Y HORA DE RECEPCION EN LAB:** 2013/04/05-16:30

**FECHA DE MUESTREO:** 2013/04/05-09:00

**FECHA DE ANALISIS:** 2013/04/05-2013/04/12

**TIPO DE MUESTRA:** Descarga

**CODIGO LAB-CESTTA:** LAB-A 1198-12

**CODIGO DE LA MUESTRA:** N.A.

**PUNTO DE MUESTREO:** Descarga de Proceso

**ANÁLISIS SOLICITADO:** Físico - Químico

**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Ing. Ghinson Guevara

**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANALISIS:** T max.: 25.0 °C. T min.: 15.0 °C.

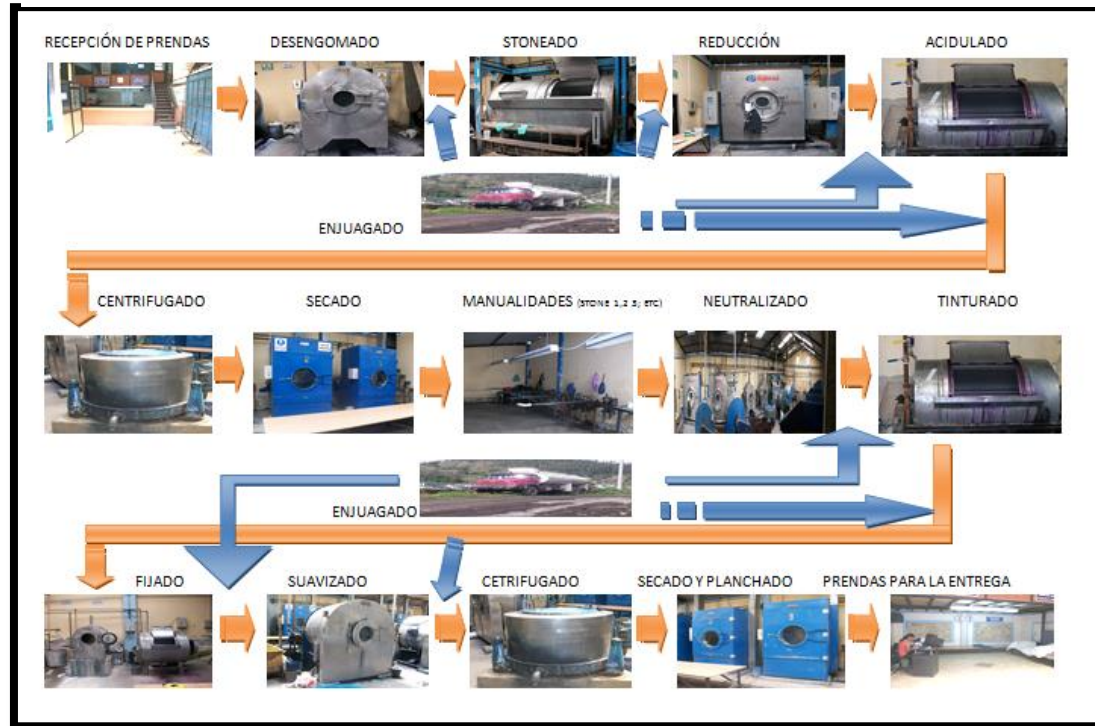
**RESULTADOS ANALITICOS:**

PARÁMETROS	METODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial de Hidrogeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500 H <sup>+</sup>	----	6,91	5-9	±0,10
*Sólidos Sedimentales	PEE/LABCESTTA/56 APHA 2540 F	ml/L	0,1	20	-
*Temperatura	PEE/LABCESTTA/04 APHA 2550 B	°C	32	<-40	-
*Caudal	PEE/LABCESTTA/164	l/seg	1,825	1,5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado	-
Temoactivos	PEE/LABCESTTA/44 APHA 5540 C	mg/L	0,50	2,0	±7%
Fenoles	PEE/LABCESTTA/14 APHA 5530 C	mg/L	<-0,02	0,2	±16%
*Color Real	PEE/LABCESTTA/61 APHA2120-C	Unidades de Color	93	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	56	250	±15%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/19 APHA 4500 S <sup>+</sup>	mg/L	107	500	±3%
Sólidos Suspendedos Totales	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	0,165	1,0	-
*Aceites y Grasas	PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B	mg/L	2,3	100	±27%

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Página 1 de 2  
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados Edición 1  
MC01-14

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales					
Análisis después del tratamiento	Certificado	Por eliminar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>	<b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>	Mariela Paredes			
	Por aprobar	Para informar				<b>FECHA</b>	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>
	Aprobado	Por calificar				04/06/13	03	1:1

### Anexo 4. Proceso de producción Lavandería y Tintorería JAV TEX



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
PROCESO DE PRODUCCIÓN JAV TEX	Certificado	Por eliminar	FECHA		
	Por aprobar	Para informar	LÁMINA		
	Aprobado	Por calificar	04/06/13	05	1:100
		FACULTAD DE CIENCIAS			
		ESCUELA DE ING. QUÍMICA			
		Mariela Paredes			

**Anexo 5. Lavandería y Tintorería JAV - TEX**



**Foto 3. Secadoras**



**Foto 4. Sala de Máquinas**

<p><b>NOTAS</b></p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p>	<p>Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales</p>		
<p><b>INSTALACIONES LAVANDERIA Y TINTORERÍA JAV-TEX</b></p>	<p>Certificado      Por eliminar</p>	<p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p>	<p>FECHA</p>	<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>
	<p>Por aprobar      Para informar</p>	<p><b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b></p>	<p>04/06/13</p>	<p>06</p>	<p>1:100</p>
	<p>Aprobado      Por calificar</p>	<p>Mariela Paredes</p>			



## Anexo 6. Manualidades



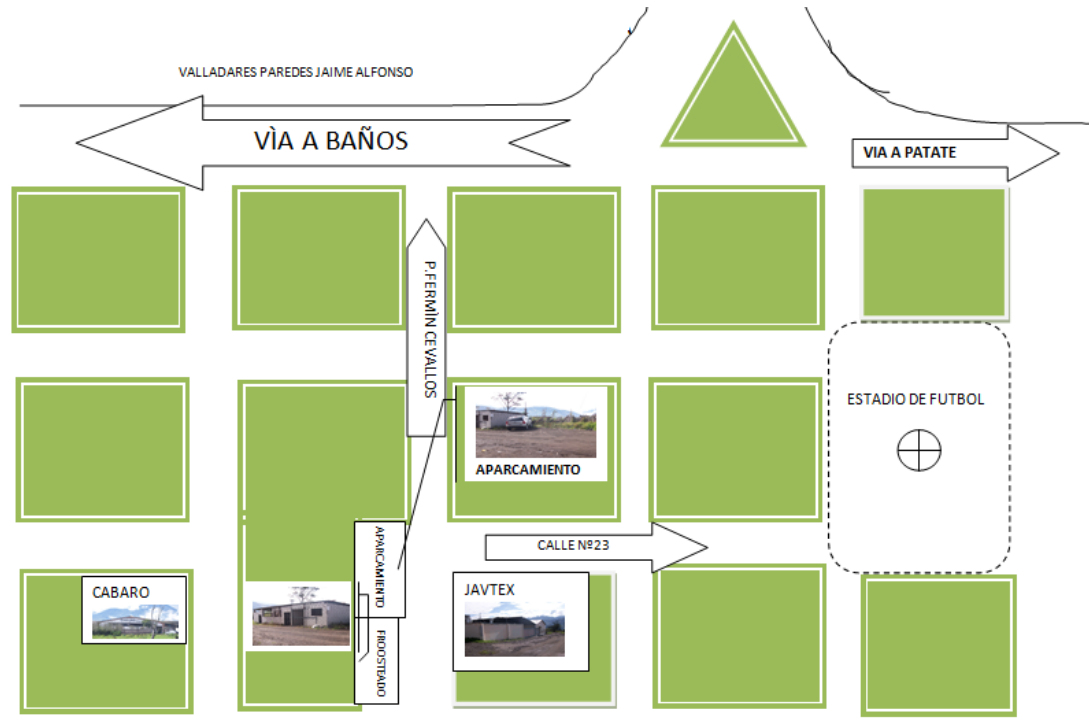
Foto 5. Área de Manualidades



Foto 6. Terminado de prendas

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
MANUALIDADES JAV TEX	Certificado	Por eliminar	FECHA	LÁMINA	ESCALA
	Por aprobar	Para informar	04/06/13	07	1:100
	Aprobado	Por calificar	Mariela Paredes		

### Anexo 7. Croquis Lavandería y Tintorería JAV - TEX



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
CROQUIS JAV TEX	Certificado	Por eliminar	FECHA		
	Por aprobar	Para informar	LÁMINA		
	Aprobado	Por calificar	04/06/13	08	ESCALA 1:100
		FACULTAD DE CIENCIAS			
		ESCUELA DE ING. QUÍMICA			
		Mariela Paredes			

**Anexo8. Detalle de Costos de la Planta de Tratamiento para aguas residuales de la Lavandería y Tintorería JAV – TEX**

**EQUIPOS**

**REJILLAS**

<b>UNIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO \$</b>
<b>3</b>	Rejillas manuales construidas con varillas de acero inoxidable 0,231 m <sup>2</sup>	75
<b>TOTAL</b>		225

**TANQUE HOMOGENEIZADOR**

<b>UNIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO \$</b>
<b>8</b>	Planchas de 304 (para aguas residuales)acero inoxidable 3mm de espesor área del tanque 2,07 m <sup>2</sup>	950
<b>TOTAL</b>		7600

**TANQUE SEDIMENTADOR**

<b>UNIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO \$</b>
<b>1</b>	Tanque sedimentador de hormigón de 2,07 m <sup>2</sup>	1000
<b>TOTAL</b>		1000

### ACCESORIOS

UNIDAD	DETALLE	COSTO \$
1	Válvulas de compuerta	80
1	Bomba de dosificación para baja densidad 30 L/h	700
1	Bomba de sistema autosebante 3Hp	850
1	Motoreductor Motobox Motor SIEMENS	1200
1	Paletas de agitación	300
<b>TOTAL</b>		<b>3130</b>

### MANO DE OBRA

UNIDAD	DETALLE	COSTO \$
1	Construcción de las rejillas	225
1	Tanque homogeneizador	7600
1	Tanque sedimentador primario hormigón	1000
1	Gastos varios	1000
<b>TOTAL</b>		<b>9825</b>

Costo promedio de la implementación de la planta de tratamiento: **21780 dólares**

## Anexo 9. Planos Planta de Tratamiento JAV – TEX

