



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES PROCEDENTES DE LA LAVANDERÍA  
“PROCESOS TEXTILES LLERENA” DEL CANTÓN PELILEO,  
AÑO 2015”**

Trabajo de titulación presentado por el grado académico de:

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTOR: CARLOS FERNANDO BARRERA JINEZ**

**TUTORA: ING. MARÍA FERNANDA RIVERA**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**2015**

# ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

## FACULTAD DE CIENCIAS

### ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: **“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAVANDERIA “PROCESOS TEXTILES LLERENA” DEL CANTÓN PELIELO, AÑO 2015”**, de responsabilidad del señor egresado Carlos Fernando Barrera Jinez, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Ma. Fernanda Rivera

.....

.....

**DIRECTORA DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

Dr. Marcelo Ramos

.....

.....

**MIEMBRO DEL TRABAJO  
DE TITULACION**

Yo, Carlos Fernando Barrera Jinez soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de titulación de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

---

CARLOS FERNANDO BARRERA JINEZ

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Carlos Fernando Barrera Jinez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 8 de Diciembre del 2015

Carlos Fernando Barrera Jinez

C.I. 1804375457

## DEDICATORIA

*Al ser que me dio la vida Judith, quien desde el inicio de mi carrera, confió en mí y en todo momento estuvo junto a mí, dándome las fuerzas necesarias para soportar la distancia a la cual nos encontrábamos.*

*A mi Padre, a quien le debo todo lo que soy, ya que el con su ejemplo me ha enseñado a ser un hombre de bien.*

*A Leonardo, Omar, Javier, Fabricio, Mónica, a mis tíos (as), a mis primos (as), que siempre estuvieron pendientes de mí.*

*A mis amigos que han estado junto a mí incondicionalmente Luis, Mayer, Dey, Nelson, María, Mary, Sofía, Vero.*

*A todos los docentes quienes con sus enseñanzas a largo del tiempo han ido cristalizando poco a poco, hasta llegar a cumplir una meta trazada.*

*Carlos*

## AGRADECIMIENTO

*A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.*

*A la Ing. Ma. Fernanda Rivera por su colaboración y asesoramiento en la dirección del presente trabajo.*

*Al Dr. Marcelo Ramos por su apoyo en el trabajo de titulación.*

*Al Sr. Becker Llerena, Gerente propietario de la Lavandería “Procesos Textiles Llerena” que me abrió sus puertas para poder realizar la investigación.*

*A todas las personas que forman parte de mi vida, por su amistad incondicional y por estar siempre en los momentos cuando les necesito.*

*Carlos*

## INDICE DE ABREVIATURAS

A	Área de la Bandeja (m)
a	mL de sulfato ferroso amoniacal usado para el testigo.
A <sub>b</sub>	Área de aireación de las bandejas (m <sup>2</sup> )
A <sub>s</sub>	Área de espacios entre los barrotes (m)
As	Área superficial (m)
A <sub>t</sub>	Área transversal del canal (m)
A <sub>t</sub>	Área total de aireación (m <sup>2</sup> )
A <sub>T</sub>	Altura de la torre (m)
AR	Aguas Residuales
B	Número de bandejas
b	Base del canal (m)
bg	Separación entre las barras (m)
B1	OD del inóculo control antes de la incubación, mg/l.
B2	OD del inóculo después de la incubación, mg/l.
c	Normalidad del sulfato ferroso amoniacal
C <sub>D</sub>	Coefficiente de arrastre
C <sub>e</sub>	Carga del efluente (L/hm <sup>2</sup> )
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
CO <sub>2</sub>	Anhídrido carbónico
d	Diámetro de la partícula (cm)
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)
DQO	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)
D1	OD de la muestra inmediatamente después de la preparación, mg/l.

D2	OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20 °C, mg/l.
e	Separación entre barras sugerido (m)
Es	Tampón fem, V
Ex	Muestra fem, V
F	Faraday 9,649x10 <sup>4</sup> culombios/mol
f	Relación de inóculo en la muestra con el inóculo en el control
FAFA	Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente
Fe	Hierro
g	Gravedad (cm <sup>2</sup> /s)
H	Altura del canal
<i>h</i>	Pérdida de carga
Ha	Tirante del canal (m)
HClO	Ácido Hipocloroso
Hs	Altura sugerida (m)
H <sub>2</sub> S	Sulfuro de hidrógeno
Lr	Longitud de las rejillas (m)
Mn	Manganeso
n	Coficiente de Manning
<i>n</i>	Número de barros
NaOH	Hidróxido de Sodio
OPS	Organización Panamericana de la Salud
P	Alícuota de la muestra usada en análisis
Q	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
R	Radio hidráulico (m)



Re	Número de Reynolds
RB	Relación de baño
S	Gradiente hidráulico (m/m)
s	Espesor sugerido (m)
ST	Sólidos totales (mg/L)
SDF	Sólidos Disueltos Fijos (mg/L)
SDT	Sólidos Disueltos Totales (mg/L)
SDV	Sólidos Disueltos Volátiles (mg/L)
SSF	Sólidos Suspendidos Fijos (mg/L)
SVT	Sólidos Volátiles Totales (mg/L)
SST	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)
SSV	Sólidos Suspendidos Volátiles (mg/L)
Td	Término del diámetro
To	Tiempo de retención (s)
TULSMA	Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria
TRH	Tiempo de Retención Hidráulico
TV	Término de velocidad de sedimentación
$t_e$	Tiempo de exposición (s)
v	Velocidad (m/s)
Vc	Velocidad a través de las rejillas (m/s)
Vs	Velocidad de sedimentación (cm/s)
V <sub>h</sub>	Valor de la velocidad horizontal (m/s)
$\beta$	Factor dependiente de la forma de las barras
°C	Grados Centígrados

$\rho$	Densidad
$\rho_s$	Densidad de la partícula
$\eta$	Viscosidad cinemática del agua (cm <sup>2</sup> /s)

## TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDO	PAGINAS
CERTIFICACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
INDICE DE ABREVIATURAS.....	vii
TABLA DE CONTENIDO.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xx
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>4</b>
<b>1. MARCO TEORICO.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Agua.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Aguas residuales.....</b>	<b>4</b>
<i>1.2.1 Características de las aguas residuales.....</i>	<i>5</i>
<i>1.2.2 Características físicas.....</i>	<i>5</i>
<i>1.2.3 Características químicas.....</i>	<i>6</i>
<b>1.3 Industria textil.....</b>	<b>8</b>
<b>1.4 El lavado.....</b>	<b>10</b>
<b>1.5 Procesos que se realizan en la lavandería.....</b>	<b>10</b>
<i>1.5.1 Proceso de desgomado.....</i>	<i>10</i>
<i>1.5.1.1 Desgomado por Alcalina/Oxidativa.....</i>	<i>11</i>
<i>1.5.1.2 Desgomado por Alfa Amilasa (enzimático).....</i>	<i>11</i>

<b>1.5.2</b>	<b><i>Estonado</i></b> .....	<b>11</b>
1.5.2.1	<i>Estonado con piedras</i> .....	12
1.5.2.2	<i>Estonado con enzimas</i> .....	13
1.5.2.3	<i>Estonado con piedra y enzimas</i> .....	13
<b>1.5.3</b>	<b><i>Froster</i></b> .....	<b>13</b>
<b>1.5.4</b>	<b><i>Procesos sucios</i></b> .....	<b>13</b>
1.5.4.1	<i>Proceso sucio petróleo</i> .....	14
1.5.4.2	<i>Proceso sucio en tonos oscuros</i> .....	14
1.5.4.3	<i>Proceso sucio en tonos claros</i> .....	14
<b>1.5.5</b>	<b><i>Procesos de retención</i></b> .....	<b>14</b>
1.5.5.1	<i>Neutralizado</i> .....	14
1.5.5.2	<i>Blanqueo</i> .....	15
1.5.5.3	<i>Suavizado</i> .....	15
<b>1.6</b>	<b><i>Procesos de Teñido</i></b> .....	<b>15</b>
<b>1.6.1</b>	<b><i>Colorantes más usados</i></b> .....	<b>15</b>
1.6.1.1	<i>Colorantes directos o sustantivos</i> .....	16
1.6.1.2	<i>Colorantes reactivos</i> .....	16
1.6.1.3	<i>De alta reactividad</i> .....	16
1.6.1.4	<i>De baja reactividad</i> .....	17
1.6.1.5	<i>Colorantes sulfurosos</i> .....	17
1.6.1.6	<i>Colorantes tinta</i> .....	18
<b>1.6.2</b>	<b><i>Detergentes</i></b> .....	<b>18</b>
1.6.2.1	<i>Aniónicos</i> .....	18
<b>1.6.3</b>	<b><i>Suavizantes</i></b> .....	<b>18</b>
<b>1.6.4</b>	<b><i>Relación de baño (R:B)</i></b> .....	<b>19</b>
<b>1.7</b>	<b><i>Productos químicos utilizados en la lavandería</i></b> .....	<b>19</b>
<b>1.7.1</b>	<b><i>Químicos utilizados en el desgomado</i></b> .....	<b>19</b>
<b>1.7.2</b>	<b><i>Enzimas</i></b> .....	<b>19</b>
1.7.2.1	<i>α – Amilasa</i> .....	20
1.7.2.2	<i>Catalasa</i> .....	20
1.7.2.3	<i>Lipasas</i> .....	20
1.7.2.4	<i>Celulasas</i> .....	20
<b>1.7.3</b>	<b><i>Tensoactivos</i></b> .....	<b>20</b>
1.7.3.1	<i>Tensoactivos no iónicos</i> .....	20
1.7.3.2	<i>Tensoactivos catiónicos</i> .....	20
1.7.3.3	<i>Tensoactivos aniónicos</i> .....	21

1.7.3.4	<i>Tensoactivos anfóteros</i> .....	21
<b>1.7.4</b>	<b><i>Agentes humectantes</i></b> .....	<b>21</b>
<b>1.7.5</b>	<b><i>Oxidantes</i></b> .....	<b>21</b>
1.7.5.1	<i>Hipoclorito de sodio/calcio</i> .....	21
1.7.5.2	<i>Permanganato de potasio</i> .....	21
1.7.5.3	<i>Agua oxigenada</i> .....	21
1.7.5.4	<i>Sal</i> .....	22
1.7.5.5	<i>Piedra pómez</i> .....	22
1.7.5.6	<i>Ácido acético</i> .....	22
1.7.5.7	<i>Meta bisulfito de sodio</i> .....	22
1.7.5.8	<i>Ácido fórmico</i> .....	22
<b>1.8</b>	<b><i>Tratamiento de aguas residuales</i></b> .....	<b>23</b>
<b>1.8.1</b>	<b><i>Tratamiento preliminar</i></b> .....	<b>23</b>
<b>1.8.2</b>	<b><i>Tratamientos primarios</i></b> .....	<b>24</b>
<b>1.8.3</b>	<b><i>Tratamientos secundarios</i></b> .....	<b>24</b>
<b>1.8.4</b>	<b><i>Tratamientos terciarios</i></b> .....	<b>25</b>
<b>1.8.5</b>	<b><i>Tratamiento de fangos</i></b> .....	<b>25</b>
<b>1.9</b>	<b><i>Tratamiento de aguas residuales en la industria textil</i></b> .....	<b>26</b>
<b>1.9.1</b>	<b><i>Rejillas</i></b> .....	<b>26</b>
<b>1.9.2</b>	<b><i>Desarenadores</i></b> .....	<b>30</b>
1.9.2.1	<i>De flujo horizontal</i> .....	33
1.9.2.2	<i>De flujo vertical</i> .....	33
1.9.2.3	<i>De flujo inducido</i> .....	34
<b>1.9.3</b>	<b><i>Sedimentadores</i></b> .....	<b>34</b>
1.9.3.1	<i>Sedimentación discreta</i> .....	34
1.9.3.2	<i>Sedimentación con floculación</i> .....	34
1.9.3.3	<i>Sedimentación por zonas</i> .....	35
<b>1.9.4</b>	<b><i>Aireación por bandejas</i></b> .....	<b>35</b>
<b>1.9.5</b>	<b><i>Tanque Imhoff</i></b> .....	<b>36</b>
<b>1.9.6</b>	<b><i>Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente</i></b> .....	<b>37</b>
<b>1.9.7</b>	<b><i>Lechos de secado</i></b> .....	<b>38</b>
<b>1.9.8</b>	<b><i>Ozonificación</i></b> .....	<b>38</b>
<b>1.9.9</b>	<b><i>Coagulación</i></b> .....	<b>40</b>
<b>1.9.10</b>	<b><i>Floculación</i></b> .....	<b>41</b>
<b>1.9.11</b>	<b><i>Agente antibacterial</i></b> .....	<b>41</b>
<b>1.10</b>	<b><i>Normativa Ambiental</i></b> .....	<b>42</b>

1.10.1	<i>Normativa Ambiental Nacional</i> .....	42
1.10.2	<i>Normativa Ambiental Municipal</i> .....	42
1.10.3	<b>TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA</b> .....	42
 <b>CAPITULO II</b> .....		<b>44</b>
2.	<b>PARTE EXPERIMENTAL</b> .....	<b>44</b>
2.1	<b>Localización y duración del estudio</b> .....	<b>44</b>
2.2	<b>Muestreo</b> .....	<b>44</b>
2.2.1	<i>Plan de muestreo</i> .....	<b>44</b>
2.3	<b>Metodología</b> .....	<b>45</b>
2.3.1	<i>Reconocimiento de las instalaciones de la Lavandería “Procesos Textiles Llerena”</i>	<b>45</b>
2.3.2	<i>Diagnóstico de la Lavandería “Procesos Textiles Llerena”</i> .....	<b>45</b>
2.3.3	<i>Recolección de datos</i> .....	<b>47</b>
2.3.4	<i>Prueba de Jarras</i> .....	<b>51</b>
2.3.5	<i>Métodos y Técnicas</i> .....	<b>51</b>
2.3.5.1	<i>Métodos</i> .....	<b>51</b>
2.3.5.2	<i>Técnicas</i> .....	<b>52</b>
2.3.6	<i>Innovación de los equipos para el proyecto experimental</i> .....	<b>62</b>
2.3.6.1	<i>Diseño actual</i> .....	<b>62</b>
2.3.6.2	<i>Aéreas de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Lavandería “Procesos Textiles Llerena”</i> .....	<b>63</b>
 <b>CAPITULO III</b> .....		<b>65</b>
3.	<b>REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE LA LAVANDERIA “PROCESOS TEXTILES LLERENA” DEL CANTÓN PELILEO</b> .....	<b>65</b>
3.1	<b>Cálculos</b> .....	<b>65</b>
3.1.1	<i>Cálculos para las rejillas</i> .....	<b>65</b>
3.1.2	<i>Cálculos para el desarenador</i> .....	<b>68</b>
3.1.3	<i>Cálculos para el aireador de bandejas</i> .....	<b>73</b>
3.1.4	<i>Cálculos para la dosificación de Ozono</i> .....	<b>75</b>
3.2	<b>Resultados:</b> .....	<b>76</b>
3.2.1	<i>Resultados de las rejillas:</i> .....	<b>76</b>
3.2.2	<i>Resultado del desarenador:</i> .....	<b>77</b>
3.2.3	<i>Resultado del aireador de bandejas</i> .....	<b>78</b>
3.2.4	<i>Resultados de la dosificación del ozono</i> .....	<b>79</b>

<b>3.3</b>	<b>Propuesta .....</b>	<b>80</b>
<b>3.4</b>	<b>Análisis y Discusión de resultados .....</b>	<b>81</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>83</b>
	<b>RECOMENDACIONES: .....</b>	<b>84</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Grafico 1-1</b> Diseño de los tratamientos.....	25
<b>Grafico2-1</b> Sistema de tratamientos de rejillas.....	30
<b>Grafico 3-2</b> Efluente para medir el caudal.....	45
<b>Grafico 4-2</b> Lavadora simple.....	46
<b>Grafico 5-2</b> Lavadora doble.....	47
<b>Grafico 6-2</b> Centrifuga.....	47



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1</b> Factores de Forma $\beta$ para secciones de barras.....	27
<b>Figura 2-3</b> Rejillas.....	76
<b>Figura 3-3</b> Desarenador.....	77
<b>Figura 4-3</b> Aireador de bandejas.....	78
<b>Figura 5-3</b> Dosificador de ozono.....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1</b> Categorización de las Empresas de Lavado Textil.....	9
<b>Tabla 2-1</b> Operaciones o procesos unitarios según el nivel de tratamiento de agua.....	23
<b>Tabla 3-1</b> Parámetros de referencia para el dimensionamiento de las rejilla.....	26
<b>Tabla 4-1</b> Coeficiente de rugosidad n de Manning.....	27
<b>Tabla 5-1</b> Mecanismos Actuantes que contribuyen a la eliminación de Sólidos.....	38
<b>Tabla 6-1</b> Dosificación de ozono en aguas residuales.....	40
<b>Tabla 7-1</b> Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	44
<b>Tabla 8-2</b> Medición de caudal 24-03-2015.....	48
<b>Tabla 9-2</b> Medición de caudal 25-03-2015.....	48
<b>Tabla 10-2</b> Medición de caudal 26-03-2015.....	49
<b>Tabla 11-2</b> Medición de caudal 27-03-2015.....	49
<b>Tabla 12-2</b> Medición de caudal 28-03-2015.....	50
<b>Tabla13-2</b> Medición de caudal 16-06-2015.....	50
<b>Tabla 14-2</b> Medición de caudal 17-06-2015.....	51
<b>Tabla15-2</b> Medición de caudal 18-06-2015.....	51
<b>Tabla16-2</b> Método 4500-B: Determinación de pH.....	53
<b>Tabla 17-2</b> Método 5210-B: Determinación de DBO5.....	54
<b>Tabla18-2</b> Método 5220-C: Determinación de DQO.....	56
<b>Tabla19-2</b> Método 5520-C: Determinación de Aceites y Grasas.....	57
<b>Tabla 20-2</b> Método 2540-F: Determinación de Sólidos Sedimentables.....	59
<b>Tabla 21 -2</b> Método para determinar sulfuro.....	60
<b>Tabla 22-2</b> Método para determinar tensoactivos.....	61
<b>Tabla 23-3</b> Resultados del dimensionamiento de las Rejillas.....	76

<b>Tabla 24-3</b> Resultados del dimensionamiento de Desarenador.....	77
<b>Tabla 25-3</b> Resultado del dimensionamiento de Aireador de Bandejas.....	78
<b>Tabla 26-3</b> Resultado de la dosificación de Ozono.....	79
<b>Tabla 27-3</b> Variación de parámetros.....	81

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**Anexo A.** Análisis del efluente descarga al sistema de alcantarillado. 23/03/2015

**Anexo B.** Análisis del efluente descarga al sistema de alcantarillado. 18/06/2015

**Anexo C.** Planta actual de Tratamiento de Aguas Residuales

**Anexo D.** Planta actual de Tratamiento de Aguas Residuales

**Anexo E.** Planta actual de Tratamiento de Aguas Residuales

**Anexo F.** Plano Rejillas

**Anexo G.** Plano Desarenador

**Anexo H.** Plano de Aireador de Bandejas

**Anexo I.** Plano de la dosificación del Ozono

**Anexo J.** Toma de Muestra de Agua Residual

**Anexo K.** Área de bombas de la Lavandería

**Anexo L.** Propuesta del rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales

## RESUMEN

Se rediseñó la planta de tratamiento de aguas residuales procedentes de la lavandería Procesos Textiles Llerena ubicada en el cantón Pelileo, provincia de Tungurahua, tomando como base la caracterización del agua residual, mediante método analítico. Se inició por el reconocimiento de cada uno de los procesos que se desarrollan en la lavandería, los cuales comprenden lavado y tinturado de prendas jeans, para luego realizar análisis de las aguas residuales. Para recolectar los datos se utilizó muestreo sistemático, partiendo del diseño con el cual cuenta actualmente las instalaciones de la lavandería y finalmente se describió cada etapa del tratamiento. Al caracterizar el agua residual proveniente de las etapas de Lavandería Procesos Textiles Llerena, se obtuvo como resultado: 780 mg/L de Demanda Química de Oxígeno, 507 mg/L de Demanda Bioquímica de Oxígeno, 447 mg/L sulfatos, sobre los que se trabajó con el fin de disminuir la contaminación, porque no cumplen con los límites de descarga establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental. A partir de los análisis se determinó que las operaciones requeridas para el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales deben incluir: rejillas, tanque desarenador, aireador de bandejas, y tratamiento con ozono; que aseguren que el efluente cumpla con los parámetros de acuerdo a los límites permisibles de la norma vigente del TULSMA Libro VI tabla 9. Se recomienda al jefe de operación y seguridad de la empresa se comprometan acciones hacia el cumplimiento del plan de manejo ambiental con el que cuenta la empresa.

Palabras claves:

<REDISEÑO DE OPERACIONES>, <CARACTERIZACION DEL EFLUENTE>, <DESCARGA DEL EFLUENTE>, <ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES>, <LIMITES PERMISIBLES>, <EFLUENTE>, <LAVANDERIA TEXTILES LLERENA>, <PELILEO [CANTÓN]>

## **ABSTRACT**

The treatment plant waste water from the laundry “Procesos Textiles Llerena” was redesigned in the canton Pelileo, in the province of Tungurahua, based on the characterize of waste water. Through analytical method. It began for the recognition of each of the processes that develop in the laundry, which include washing and dyed clothing jean, then perform analysis of wastewater. Systematic sampling was used to replace data, starting from the design with which currently have the facilities of the laundry and finally every stage of the treatment was described. To characterize residual water from the stage of laundry textile processes Llerena, it was obtained as a result: 780mg/L of Chemical Oxygen Demand, 507 mg/L Biochemical Oxygen Demand, 447 mg/L sulfate, on which work was done in order to reduce pollution, because they do not comply with the established discharge limits in Unified Environmental Legislation Text. From wastewater should include: grids, sand trap tank, aerator trays and ozone treatment; to ensure that the tributary meets the parameters according the permissible limits of the existing standard of TULSMA Book VI Table 9. It is recommended that the head of operation and security of the company will involve actions toward the fulfillment of the plan of environmental handling with which the company has.

### Key words

<REDESIGN OF OPERATION>, <CHARACTERIZATION OF THE EFFLUENT>, <THE EFFLUENT DISCHARGE>, <ANALYSIS OF WASTEWATER>, <PERMISSIBLE LIMITS>, <EFFLUENT>, <PROCESOS TEXTILES LLERENA LAUNDRY>, <PELILEO CANTON>.

## **INTRODUCCIÓN**

La industria textil en la actualidad ha aportado al desarrollo a nivel nacional, que ha construido una diversificada actividad manufacturera y de servicios como lo es el lavado y teñido de prendas de vestir; lo cual ha venido generando un aporte considerado de contaminantes en el recurso agua, que al no recibir el tratamiento adecuado, generan impactos ambientales negativos en los cursos receptores, es por ello que antes de ser vertidas al sistema de alcantarillado deben recibir tratamiento que reduzca sus condiciones de carga contaminante.

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

Pelileo es un cantón localizado en el centro de la Región Interandina de Ecuador. Tiene una población de 56.573 habitantes según el Censo de 2010, y forma parte de la Provincia del Tungurahua.

El cantón se caracteriza por su importante desarrollo económico entorno a la industria textil dedicada a la confección y al lavado de jeans, convirtiéndose en una de las actividades productivas más destacadas. Datos estadísticos indican que el 42% de la población está relacionada a la producción de jeans.

La lavandería "Procesos Textiles Llerena" se encuentra ubicada en el barrio Darío Guevara del cantón Pelileo. Se dedica al lavado y tinturado de prendas del tipo jean. Dentro de sus actividades genera aguas residuales, las cuales son conducidas al sistema de efluentes, este último fue diseñado para obtener remoción de contaminantes.

## **ANTECEDENTES**

La Lavandería "Procesos Textiles Llerena" presenta aguas residuales con un alto índice de contaminación por sulfatos, fenoles, tensoactivos, sólidos sedimentables y además materia orgánica proveniente de las fibras de algodón con tonalidades azules oscuras, colorantes directos y reactivos etc. Estos desechos se generan en alto volumen. En peso, se produce media tonelada al mes, lo cual se considera una significativa generación de residuos contaminantes.

En la actualidad la planta de tratamiento de aguas residuales de la Lavandería "Procesos Textiles Llerena" cuenta con dos desarenadores, un tanque homogenizador, un sedimentador, un tanque de procesamiento y dos tanques para secar lodos.

En vista de que la planta de tratamiento actual no es eficiente surge la necesidad de hacer un rediseño para cumplir con los parámetros que exige la normativa vigente.

Se han realizado estudios anteriores, como es el caso de la empresa Cactomer IN., ubicada en la parroquia Bolívar del Cantón Pelileo, que involucró la optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales. Trabajo realizado en el año 2014, por Javier Porras

Así mismo se tiene referencia de una optimización del sistema de tratamiento de efluentes generados en la lavandería y tintorería de jeans Corpotex, realizada en el año 2014 Patricia Zurita.

También se realizó un diseño de la planta de tratamiento para aguas residuales de la Lavandería y tintorería Jav-tex del cantón Pelileo, en el año 2014 por Mariela Paredes.

Todas estas investigaciones se realizaron para dar solución a los problemas ambientales vinculados a los efluentes producidos por la industria textil.



## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Rediseñar la planta de tratamiento de aguas residuales procedentes de la Lavandería “Procesos Textiles Llerena del Cantón Pelileo año 2015” en busca de que esta genere una mejora en los parámetros de calidad según lo establecido en el TULSMA.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Caracterizar el agua residual que va a ser tratada, en parámetros físicos, químicos, caudal, identificando las variables del proceso que se encuentran fuera del límite permisible de acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización
- Definir operaciones y procesos adecuados para la mejora de los parámetros, según la normativa vigente
- Determinar la mejora obtenida en los diferentes parámetros de las aguas de descarga, de implementarse el rediseño propuesto

## **CAPITULO I**

### **1. MARCO TEORICO**

#### **1.1 Agua**

El agua es la molécula más abundante, y también la más importante; la vida tal como se conoce en el planeta Tierra se desarrolla siempre en medio acuoso. Incluso en los seres no acuáticos el medio interno es esencialmente hídrico. De hecho, la búsqueda de vida en otros planetas está supeditada a la determinación de presencia de agua. (Soler, 2015)

#### **1.2 Aguas residuales**

Se entiende por aguas residuales a aquellos líquidos que han sido manipulados en las diferentes actividades de una ciudad y estas a su vez pueden ser comerciales, domésticas, industriales, etc. Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Aguas residuales municipales.- Estas comprenden los líquidos vertidos por el sistema de alcantarillado de una población.
- Aguas residuales industriales.- Son aquellas provenientes de las descargas de las diferentes tipos de industrias en las cuales se utiliza al agua como materia prima. contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales.
- Aguas residuales domésticas o aguas negras: Conocidas ya que contienen heces y orina humanas, del aseo personal y de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.
- Aguas blancas: pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, éstas pueden de evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración.
- Aguas residuales agrícolas: procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales.

### *1.2.1 Características de las aguas residuales*

Toda el agua residual se produce en la etapa final, las plantas de procesamiento textil emplean una amplia variedad de tintes y otros compuestos químicos, colorantes y otros acabados auxiliares. Muchos de estos no permanecen en el producto textil final sino que son desechados después de cumplir con un uso específico.

Muchos de estos agentes químicos empleados en la industria textil son considerados tóxicos y peligrosos

### *1.2.2 Características físicas*

Las aguas residuales presentan las siguientes características:

**Sólidos:** El agua residual contiene una complejidad en material sólido que va desde hilachas hasta material coloidales. Antes de una caracterización de sólidos en el agua se remueve

- Sólidos Totales (ST): estos solidos es la suma de los sólidos suspendidos y disueltos.
- Sólidos volátiles totales (SVT): son a los que se les volatiza e incinera cuando los sólidos totales se calcina.
- Sólidos fijos totales (SFT): son aquellos que permanecen después de incinerar los ST.
- Sólidos suspendidos totales (SST): son aquellos que tienen un tamaños nominal aproximado de 1.58  $\mu\text{m}$ .
- Sólidos suspendidos volátiles (SSV): son los que se volatilizan e incineran cuando los sólidos suspendidos totales sean calcinados.
- Sólidos suspendidos fijos (SSF): residuo remanente después de calcinar SST.
- Sólidos disueltos totales (SDT) (ST-SST): Los SDT comprende coloides que son de tamaño 0.001 a 1 $\mu\text{m}$  y sólidos disueltos.
- Sólidos disueltos volátiles (SDV) (SVT-SST): son aquellos que pueden ser volatilizados e incinerados cuando los SDT son calcinados.
- Sólidos disueltos fijos (SDF): es el resto que queda una vez calcinado los SDT.
- Sólidos sedimentables: sólidos suspendidos, expresados como mililitros por litro, que se sedimentan por fuera de la suspensión dentro de un periodo específico.

**Turbidez:** es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión; puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas,

entre otras arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos.

**Color:** el color en aguas residuales se ve acusado por sólidos suspendidos, material coloidal y por sustancias en solución, es así que se diferencia en color aparente y verdadero, el primero se debe a los sólidos suspendidos y el segundo se debe a las sustancias disueltas y coloidales.

**Olor:** el olor de un agua residual fresca es inofensivo, pero cuando hay una gran degradación biológica bajo condiciones anaerobias se desprenden compuestos malolientes como es el sulfuro de hidrógeno, indol, eskatol y mercaptanos. Debido al olor que desprende el agua residual se exige un cuidado especial en el diseño de instalaciones de tratamiento, a fin de evitar condiciones que generen la aparición de malos olores.

**Temperatura:** este parámetro es muy importante ya que muchos de los sistemas de tratamiento incluyen procesos biológicos, afectando directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la temperatura varía según la región, región fría de 7 a 18°C y en regiones cálidas de 13 a 30°C la temperatura para el desarrollo bacteriano en rangos de 25 a 35°C, esto servirá para que actúen sobre la materia orgánica.

**Densidad, gravedad específica y peso específico:** la densidad del agua residual se define como su masa por unidad de volumen, es importante a la hora de establecer la formación potencial de corrientes de densidad en sedimentadores, humedales artificiales y otras unidades de tratamiento, en algunas ocasiones se emplea la gravedad específica en lugar de la densidad y esto se debe a que ambas dependen de la temperatura y de la concentración de los sólidos totales. Mientras al peso específico se lo define como su peso por unidad de volumen.

**Conductividad:** la conductividad es la capacidad de una solución para conducir corriente eléctrica. Por lo tanto el valor de la medida de la conductividad es usada como parámetro sustituto de la concentración de sólidos disueltos totales. La unidad de la conductividad en el sistema internacional milisiemens por metro (mS/m)

### ***1.2.3 Características químicas***

Las características químicas de las aguas residuales vienen definidas por sus componentes orgánicos, inorgánicos y gaseosos.

**Componentes Orgánicos:** pueden ser de origen vegetal o animal, aunque cada vez y con mayor frecuencia, las aguas servidas también contienen compuestos orgánicos sintéticos

**Aceites y Grasas:** provocar problemas tanto en la red de alcantarillado como en las plantas de tratamiento. Si no se elimina el contenido de grasa antes del vertido del agua residual, puede interferir con los organismos existentes en las aguas superficiales y crear películas y acumulaciones de materia flotante desagradables, impidiendo en determinadas ocasiones la relación de actividades como la fotosíntesis, respiración y transpiración.

Junto a las grasas y aceites en las aguas servidas aparecen pequeñas cantidades de moléculas orgánicas sintéticas, destacan los agentes tensoactivos. Los agentes están formados por moléculas de gran tamaño, ligeramente solubles en agua. Son responsables de la aparición de espumas en las plantas de tratamiento y en la superficie de los cuerpos receptores de agua de los vertidos.

**Componentes Inorgánicos:** se incluyen a todos los sólidos de origen generalmente mineral como las sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas y ciertos compuestos como sulfatos, carbonatos, etc., que pueden sufrir algunas transformaciones (fenómeno de óxido-reducción y otros).

Los componentes inorgánicos de las aguas residuales son importantes para establecer y controlar la calidad de agua.

**Componente Gaseosa:** de las aguas residuales contienen gases en diferentes concentraciones, entre los que destacan:

- Oxígeno Disuelto: es fundamental para la respiración de los organismos anaerobios presentes en el agua residual. El control de este gas a lo largo del tiempo, suministra una serie de datos fundamentales para el conocimiento del estado del agua residual.
- Ácido sulfhídrico: es un gas que se forma en un medio anaerobio por la descomposición de ciertas sustancias orgánicas e inorgánicas que contienen azufre. Su presencia se manifiesta fundamentalmente de los compuestos orgánicos de las aguas residuales.
- Metano: se forma en la descomposición anaerobia de la materia orgánica, apareciendo sobre todo en cierto tipo de estaciones depuradoras, donde se llevan a cabo procesos de estabilización de fangos activos, vía anaerobia, ofreciendo algunas posibilidades de aprovechamiento como combustibles.
- Otros gases: se trata principalmente de gases mal olientes, como ácidos grasos volátiles, escatol y otros derivados del nitrógeno.

**DQO:** Se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas residuales como naturales, el equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse se mide utilizando un fuerte agente químico oxidante en medio ácido.

**DBO<sub>5</sub>:** El parámetro de polución orgánica más utilizado y aplicable a las aguas residuales y superficiales es la DBO a los cinco días, es la medida de oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia orgánica y sirve para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.

**pH:** La concentración del ión hidrógeno es un importante parámetro de calidad tanto de las aguas naturales como de las residuales, el intervalo de concentración idóneo es muy estrecho y crítico con un rango permisible de 5 a 9.

**Cloruro de sodio:** Comúnmente conocido como sal, es utilizado en la industria textil como fijador en las tonalidades de los colores.

**Cloruros:** Otra fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales, en lugares donde la dureza del agua es elevada, los ablandadores del agua aportarán grandes cantidades de cloruros.

**Dureza:** La dureza presenta una medida de la cantidad de metales alcalinotérreos en el agua, fundamentalmente Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) provenientes de la disolución de rocas y minerales. Es una medida, por tanto, del estado de mineralización del agua. La dureza está relacionada con el pH y la alcalinidad; depende de ambo

**Cloro Activo:** Parte del cloro libre que está en forma de ácido hipocloroso. Es la forma del cloro más activa para la desinfección y su concentración depende del valor del pH del agua.

**Fosforo Total:** los fosfatos y compuestos de fósforo se encuentran en las aguas naturales en pequeñas concentraciones. Los compuestos de fosforo que se encuentran en las aguas residuales o que se vierten directamente a las aguas superficiales provienen de fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento; excreciones humanas y animales; y detergentes y productos de limpieza. La carga de fósforo total se compone de ortofosfato + polifosfato + compuestos de fósforo orgánico, siendo normalmente la proporción de ortofosfato la más elevada.

**Nitritos-Nitratos:** la presencia de nitritos en el agua es indicativa de contaminación de carácter fecal reciente, cabe resaltar que el nitrito se halla en un estado de oxidación intermedio entre el amoniaco y el nitrato.

### 1.3 Industria textil

La industria textil comprende varios procesos de gran complejidad, por lo que el sector textil se encuentra en constante transformación para obtener mejores resultados en la calidad del producto.

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.” (Vicunha Textil., 2010 Pp. 12)

**Tabla 1- 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

Las industrias textiles son contaminantes en términos de volumen y de 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.” (Daneshvar, A., 2005: pp. 122)

“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.”(Castaño, E. 1998:pp. 170)

Los textiles son considerados como productos de consumo masivo debido a que son utilizados para diferentes usos de acuerdo a la calidad y a su aplicación.

El crecimiento de la industria de la confección de jeans se genera por la implantación de nuevas empresas pequeñas, este crecimiento de productividad también ha generado un crecimiento en el sector de lavanderías y tintorerías de jeans, en donde el factor común actualmente es la agrupación de accionistas o grupos familiares que invierten poniéndose sus propias empresas con el objeto de bajar costos en el precio del producto final con mayor beneficios económicos.

Actualmente existen 53 lavanderías de jeans que existen en el sector de Pelileo. En Tungurahua el consumo de textiles para la confección es ligeramente superior al promedio de los demás

provincias, tanto la parte de la confección textil como la industria de lavado y teñido de jeans tienen debilidades por corregir y fortalezas por aprovechar.

El fortalecimiento de la confección textil permitió a su vez el desarrollo de la industria de lavado textil. En principio eran pocas las empresas que se dedicaban al proceso de lavado y teñido de prendas jeans, pero a medida que la industria de la confección de jeans avanzó también lo hizo la industria de lavado textil a pesar del bajón de la producción que se tuvo en el año 2008 cuando el país importó 101 millones de dólares en ropa extranjera, provocando una reducción en las ventas del producto nacional por la sobreoferta extranjera.

## **1.4 El lavado**

En 1780 Robinsón de Lancashire diseña y patenta una máquina para lavar y escurrir la ropa.

“Dos años después el inglés Henry Siedger logra construir una máquina para lavar, hecha de madera y con forma de tinaja; ésta debía ser impulsada a mano valiéndose de una manivela. Transcurre un largo tiempo sin que esta máquina sufra cambios sustanciales importantes, hasta que en 1901, el norteamericano Alva Fisher inventa la primera lavadora eléctrica, acoplando a uno de los modelos existentes un motor eléctrico que impulsa un tambor de acero, además, posee un mecanismo automático que invierte el sentido de giro de vez en cuando para que la ropa no se apelmace.”(Albia y Ligña, 2009: pp.2-3).

## **1.5 Procesos que se realizan en la lavandería**

### ***1.5.1 Proceso de desgomado***

Tratamiento previo (desgomado y suavizado): “Con el objeto de eliminar la película cerinosa natural, la goma o apresto que recubre a la fibra de algodón e impurezas adheridas, es necesario tratarlos con un detergente sintético en una solución altamente alcalina a una temperatura adecuada y por un tiempo predeterminado”(Albia y Ligña, 2009: p.7).

Este paso se realiza antes del blanqueo óptico para el caso de procesos enzimáticos con piedra o sin piedra, con la aplicación de enzimas obtenidas de la fermentación de un moho no patógeno, el cual sirve como coadyuvante tecnológico en el acabado de los géneros (En los procesos pueden ser telas o prendas ya confeccionadas). A continuación se muestra los parámetros que rigen este proceso:

- Antiquiebre 1 gramo/litro



- Alfa amilaza 0,3%
- Humectante 0,2 gramo/litro
- Tiempo 15 min
- Temperatura 60° C
- Dos enjuagues
- Relación de baño RB: 1:2

Existen dos tipos de desgomado o desalmidonado:

- Desgomado por Alcalina / oxidativa
- Desgomado por Alfa Amilasa (enzimático)

#### *1.5.1.1 Desgomado por Alcalina/Oxidativa*

“Es un proceso que consiste en quitar el almidón por impacto alcalino y por oxidación. Este tipo de desalmidonado utiliza una mezcla de productos tales como: detergente, humectante, álcalis, peróxido y estabilizador, bajo acción del tiempo y de la temperatura. Se trabaja normalmente a una temperatura de 80° C y un tiempo promedio de 20 min. ” (Albia y Ligña, 2009: p.8).

#### *1.5.1.2 Desgomado por Alfa Amilasa (enzimático)*

“El proceso consiste en retirar el almidón a través de una reacción química, es decir, se rompe la estructura química del almidón por digestión enzimática, formando pequeñas cadenas de materias solubles como: dextrina, maltosas y azúcares. Existen en el mercado mezclas sinérgicas de enzimas, aditivos y humectantes, de modo que se facilita el proceso. ” (Albia y Ligña, 2009: p.8).

#### **1.5.2 Estonado**

“El estonado es la pérdida homogénea de color en la superficie de la ropa, que se identifica por la aparición de puntos blancos, el contraste que se observa es un indicador de la intensidad del lavado.

Este proceso se aplica para dar un aspecto de envejecimiento a la ropa o piezas confeccionadas, se obtiene con el uso de piedras. Actualmente el estonado se emplea en todos los procesos de envejecimiento, sean físicos o químicos.” (Albia y Ligña, 2009: p.10).

Se puede obtener el estonado de las siguientes maneras:

- Estonado con piedras
- Estonado con enzimas
- Estonado con piedras y enzimas

#### *1.5.2.1 Estonado con piedras*

“Se fundamenta en la pura abrasividad, para esto se utiliza Piedra Cinasita, el proceso cuenta con largos períodos de aplicación La abrasividad sobre la superficie del tejido lleva a una liberación de pequeñas fibrillas, que dan al tejido la suavidad conocida como peletización o piel de durazno.

A pesar del excelente aspecto de la pieza lavada, la principal desventaja de las piedras es la depreciación de las máquinas, que periódicamente necesitan de reparos o cambio de tambor y una mayor cantidad de mano de obra para sacar las piedras del área de trabajo que, en muchos casos pueden venir contaminadas con materiales impropios y metales agregados a ellas, los que dañan el tejido o dificultan la acción de los productos químicos que se utilizan durante el proceso.

Actualmente existen otros tipos de productos que amplían la abrasividad en el baño, pudiendo ser químicos o minerales de baja granulación, en algunos casos con la posibilidad de recuperación, disminuyendo los contaminantes sólidos en los líquidos y los costos, ellos pueden ser útiles también en tejidos finos.

Cuando se utiliza piedras se debe tener cuidado con el tipo de tejido y partes de la pieza a ser enjuagadas. El tipo de piedra que se utilice es muy importante, pues cuanto menor es el espesor del tejido mayor es la posibilidad de formar agujeros o roturas de hilos.

Las piedras tienen diversos pesos (densidad) y con puntas rígidas facilitando así la perforación del tejido”. (Albia y Ligña, 2009: p.10-11).

### *1.5.2.2 Estonado con enzimas*

“Se basa en la utilización de enzimas biológicas del tipo celulasa. La enzima ataca la superficie de los hilos de algodón, lo que genera que el colorante se escame. El aspecto es obtenido en períodos cortos de tiempo.

Las enzimas más usadas son las ácidas, que tienen una acción muy fuerte sobre el algodón, y, para obtener un lavado (estonado) se requiere de un período de entre 30 a 60 minutos.

Las enzimas ácidas del tipo celulasa producen una re deposición de las partículas de índigo liberadas en la superficie del tejido.

Las enzimas neutras (son taponadas) no son tan activas, por lo que se requiere períodos mayores para el proceso y dosis superiores para obtener una apariencia semejante a los de las enzimas ácidas, pero la re deposición del índigo es relativamente baja, se reducen las cantidades de enjuagues con relación a la enzima ácida.

Al utilizar enzimas se debe controlar parámetros como: temperatura y pH del agua, además se debe evitar el calentamiento con vapor directo.” (Albia y Ligña, 2009: p.11-12).

### *1.5.2.3 Estonado con piedra y enzimas*

Se utiliza el efecto de estonado enzimático con abrasividad de las piedras, proporcionando alto efecto de envejecimiento en tiempos más cortos.

### **1.5.3 Froster**

Similar al proceso de negro tinturado, sin embargo en este proceso se incrementa dos operaciones unitarias como son el frosteado que consiste en un baño en seco de la prenda jeans con piedra pómez que a su vez contiene soluciones de permanganato.

### **1.5.4 Procesos sucios**

Dentro de estos procesos encontraremos:

#### *1.5.4.1 Proceso sucio petróleo*

El cual tiene la particularidad de que luego del desgome se realiza el tinturado con tinta directa. A continuación se realiza el fijado que es una operación unitaria que consiste en la retención del color a la prenda mediante un enlace covalente que forma el fijador, luego de estas operaciones se realiza el estoneado, abrillantado y suavizado.

#### *1.5.4.2 Proceso sucio en tonos oscuros*

Corresponde al proceso en el cual luego de las operaciones unitarias como son el desgome, estoneado, lavado, directamente se realiza el tinturado con colorantes directos, fijado y suavizado.

#### *1.5.4.3 Proceso sucio en tonos claros*

Mientras que este proceso a más de tener el desgome, estoneado, se realiza un bajado de tono ecológico con sosa caustica y dextrosa que permite que las prendas jeans obtengan tonos claros, luego se realiza el acidulado, tinturado, fijado, y suavizado.

### **1.5.5 Procesos de retención**

Mediante la utilización de resinas termoestables que, siendo atomizadas, se ligan a la tela mezclilla para preservar su característica original, además hay otro proceso similar al desgomado prelavado con la diferencia que a más de los productos químicos que se añade en el prelavado y /o desgomado se le adiciona fijador y sal, que ayude a retener el color natural índigo de la prenda jeans.

#### *1.5.5.1 Neutralizado*

“Consiste en devolver a la prenda su pH normal al que se encuentra antes del proceso, para lo cual se usa ácido para recuperar este pH, bajo los siguientes parámetros: ” (Albia y Ligña, 2009: p.13).

- Ácido 1gramo/litro
- Tiempo 10 min
- Temperatura 50° C
- Enjuagues

### *1.5.5.2 Blanqueo*

“Consiste en resaltar los puntos blancos causados por las enzimas en el proceso de estonado, sirve para avivar la fibra (opaco), se controla los siguientes parámetros, en este proceso se utiliza al jeans y a la gabardina.” (Albia y Ligña, 2009: p.14).

- Carbonato 2 gramos/ litro
- Blanqueador óptico: 0,3%
- Peróxido de hidrogeno: 4 gramos/ litro
- Tiempo 15 min
- Temperatura 60° C
- Dos enjuagues

### *1.5.5.3 Suavizado*

“Proceso fundamental para mejorar la apariencia y al tacto, trabaja con temperaturas de cerca de 40°C.” (Albia y Ligña, 2009: p.14).

## **1.6 Procesos de Teñido**

### *1.6.1 Colorantes más usados*

“El añil fue utilizado en las culturas prehispánicas, ya que de sus hojas y tallos se obtuvo un color azul oscuro, para teñirlas fibras de algodón, empleadas en la confección de mantos, túnicas, taparrabos, etc.” (Albia y Ligña, 2009: p.14).

El añil es la más versátil de todas las tinturas naturales.

La naturaleza física y química del algodón permite que se pueda tinturar con las siguientes clases de colorantes:

- Colorantes directos o sustantivos
- Colorantes reactivos
- Colorantes sulfurosos
- Colorantes a la tinta

Cada uno de estos tiene sus características especiales de solidez, brillantez, tonalidad, tinturación, economía y aplicación.

### *1.6.1.1 Colorantes directos o sustantivos*

“Cuando se trata de teñir con tonos claros o pasteles y las solidez requeridas no son exigentes, se tintura los tejidos de algodón con colorantes de este tipo.

En sí el proceso se realiza a temperaturas medias, suministrando electrolitos de carga, con el propósito de agotar el baño.

Al final del tiempo fijado se añade agentes químicos (fijadores) que elevan el grado de solidez.

La principal característica de este tipo de colorantes, es su fácil aplicación a las fibras textiles, pues es un colorante soluble y de afinidad para con la fibra celulósica. ” (Albia y Ligña, 2009: p.15).

En la lavandería se usa los siguientes parámetros:

- RB: 1:2
- Sal 20 gramos/litro
- Colorante 1 a 2 %
- Tiempo 30 min
- Temperatura 60° C
- Tres enjuagues de 5 min c/u

### *1.6.1.2 Colorantes reactivos*

“Son aquellos que forman enlaces covalentes con las fibras celulósicas lo que le conduce a índices de solides más altos, lo que los convierte en colorantes más vivos y brillantes en comparación con los demás de su clase.

En este tipo de colorantes los tiempos de teñido aumentan en relación con los tiempos de teñido de los colorantes directos así como también aumenta el costo. Estos se pueden sub-clasificar en colorantes de alta y baja reactividad. ” (Albia y Ligña, 2009: pp.15-16).

### *1.6.1.3 De alta reactividad*

Este tipo de colorantes reaccionan fácilmente con las fibras, es decir, no necesitan condiciones especiales o fuertes (alta temperatura, etc.) para la reacción.

#### *1.6.1.4 De baja reactividad*

Necesitan de condiciones especiales (medio fuertemente alcalino y temperaturas más elevadas) para reaccionar con las fibras.

En la empresa objeto de estudio se siguen los siguientes parámetros de proceso:

- RB: 1:2
- Humectante 0,3%
- Sal 90 gramos/ litro
- Carbonato 20 gramos/ litro
- Colorante reactivo 1 a 10%
- Tiempo 60 min
- Temperatura 80° C
- Tres enjuagues

#### *1.6.1.5 Colorantes sulfurosos*

Se utiliza como base el sulfuro de sodio, por el hecho de trabajarlos con sulfuro contaminan al ambiente, a la salud de los trabajadores y operarios, pero relativamente baratos y buenos para dar tonalidades fuertes, éste proceso se realiza bajo los siguientes parámetros:

- RB: 1:2
- Humectante 0,3 %
- Sulfuro 2 gramos/litro
- Carbonato 4 gramos/litro
- Colorante sulfuroso 8 gramos/segundo
- Sulfuro 1,8 por el total del colorante
- Sal 20 gramos / litro
- Tiempo 60 min
- Temperatura 80° C

Cuatro enjuagues: neutralizado, porque el sulfuro es muy alcalino, y luego un lavado reductivo que consiste en quitar el colorante que la fibra no absorbió. Posteriormente se realizan dos enjuagues para eliminar residuos de reactivos.

#### *1.6.1.6 Colorantes tinta*

Son colorantes insoluble en agua, se transforman en leuco derivados solubles en agua, mediante reducción en medio alcalinos, recibe también el nombre de colorantes a la cuba.

#### *1.6.2 Detergentes*

Tienen por finalidad humectar, eliminar suciedad, emulsificar, evitar re-deposición de residuos, etc. Generalmente son los dodecil benceno sulfonados.

##### *1.6.2.1 Aniónicos*

Los más utilizados en los procesos textiles, pues actúan como detergentes, dispersantes, humectantes, igualantes de colorantes directos, a la tina, dispersos y algunos colorantes ácidos. Los principales tensoactivos aniónicos usados son:

- Sulfonados
- Sulfosuccinatos
- Sulfatados
- Carboximetilados
- Fosfatados

#### *1.6.3 Suavizantes*

“La gran mayoría de productos utilizados para el proceso de suavizado presentan características similares a las de un detergente. Su clasificación se basa en las características de la parte hidrófila. Debido al carácter iónico de gran parte de los suavizantes, conviene tener cuidado con posibles incompatibilidades con relación a otros productos.

El caso más frecuente son los suavizantes catiónicos, incompatibles con productos aniónicos y que ocasionan frecuentemente el amarillecer de los blancos ópticos. Conviene advertir también que la presencia de suavizantes sobre el tejido amplía el peligro de amarillecer durante el planchado.

La mayor parte de los suavizantes disminuye la hidrofiliidad del tejido, lo que puede ser un grave inconveniente (caso de las toallas que no absorben humedad). Son generalmente subdivididos en:” (Albia y Ligña, 2009: p.18).



- Grasos, Aniónicos, No Aniónicos, Catiónicos y Anfóteros.
- Polietileno.
- Siliconas: en la forma de emulsiones o microemulsiones.

#### **1.6.4 Relación de baño (R:B)**

“Factor importante en el momento del lavado y del teñido es verificar el volumen de baño adecuado para trabajarse en cada fase del proceso.

Se llama relación de baño, a la relación entre el peso de la ropa seca y el volumen de agua; por ejemplo si la relación de baño R: B es 1:10, eso significa que por un (1) kilo de ropa seca se debe utilizar 10 (diez) litros de agua.

Para cada etapa del proceso de lavado y de teñido existe una relación de baño R: B, a fin de obtenerse un mejor rendimiento de los productos y permitirse la reproductibilidad de los colores. ” (Albia y Ligña, 2009: p.18).

### **1.7 Productos químicos utilizados en la lavandería**

En los diferentes procesos que se realiza al momento de desengomado, lavado y teñido de jeans, se manipula 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.

#### **1.7.1 Químicos utilizados en el desgomado**

Los químicos que se utilizan en este proceso son sustancias que tienen la capacidad de eliminar almidón y sus derivados.

Estos productos no causan ningún efecto nocivo al ambiente, ya que son biodegradables.

#### **1.7.2 Enzimas**

Las enzimas que se utilizan en el proceso de teñido son necesarias para limpiar la superficie del material, reducir las pilosidades y mejorar la suavidad.

#### *1.7.2.1 $\alpha$ – Amilasa*

El proceso de desengomado convencional puede ser realizado por hidrólisis (ruptura del almidón en presencia de agua), donde los productos textiles son tratados con ácido, álcalis o agentes oxidantes.

#### *1.7.2.2 Catalasa*

Es utilizada para descomponer en oxígeno y agua el peróxido de hidrogeno, después del blanqueo de las fibras de algodón. Su empleo ayuda a la disminución de productos químicos, energía y agua.

#### *1.7.2.3 Lipasas*

Enzimas de ayudan a degradar lípidos y son usados junto con las amilasas, para desengrasado de los diferentes tipos de fibras.

#### *1.7.2.4 Celulasas*

Estas están compuestas por celulosa, ayudan a degradar las fibras de la superficie haciendo que los tejidos sean más lisos y blandos.

### **1.7.3 Tensoactivos**

Estos productos tienen la característica de dispersión y emulsificación. Su presencia hace que las prendas sean susceptibles a mancharse.

#### *1.7.3.1 Tensoactivos no iónicos*

Poseen la facilidad de disolverse fácilmente en agua caliente o fría formando soluciones estables, se pueden combinar con agentes no iónicos, aniónicos, y catiónicos.

#### *1.7.3.2 Tensoactivos catiónicos*

Este tipo de tensoactivos son utilizados específicamente en los acabados de la industria textil como suavizantes y aditivos.

#### *1.7.3.3 Tensoactivos aniónicos*

Es el grupo de tensoactivos más utilizado, y son los que forman parte de la mayoría de formulaciones detergentes.

#### *1.7.3.4 Tensoactivos anfóteros*

Se comportan como tensoactivos aniónicos, catiónicos o neutros, en función del pH.

### **1.7.4 Agentes humectantes**

Productos aniónicos son utilizados para el proceso de desengomado.

### **1.7.5 Oxidantes**

#### *1.7.5.1 Hipoclorito de sodio/calcio*

Compuesto utilizado para la desinfección de las aguas residuales, blanqueamiento y eliminación de olores. Debido a que el cloro es reactivo, llega a oxidar a las demás sustancias que se encuentran en las aguas residuales, lo que forma organoclorados.

#### *1.7.5.2 Permanganato de potasio*

Posee propiedades desinfectantes, son poderosos agentes de oxidación. Puede afectar a los microorganismos acuáticos y al suelo. El ion  $Mn^{2+}$ , tiene propiedades teratogénicas y neurológicas.

#### *1.7.5.3 Agua oxigenada*

Conocido como uno de los oxidantes más suaves, ya que presenta una alta conversión al agua y oxígeno. Es un líquido miscible en agua en todas las proporciones. Utilizado en el desengomado, blanqueo y tintura.

#### *1.7.5.4 Sal*

La sal se utiliza dentro de la industria del teñido para la fijación de colores en prendas de vestir y que su color perdure más tiempo.

#### *1.7.5.5 Piedra pómez*

La piedra pómez es una materia prima mineral de origen volcánico, está compuesta de sílice y alúmina. Es una roca con alta porosidad, ligera, eficaz, aislante térmico.

#### *1.7.5.6 Ácido acético*

Utilizado para fijar los colores dentro de la industria del teñido. Se debe tener precaución con los vapores de este ácido, pueden formar explosiones al contacto con el aire, provocando un incendio, de manera directa o por fuga de hidrógeno.

#### *1.7.5.7 Meta bisulfito de sodio*

Es un compuesto inorgánico que tiene una gran variedad de propiedades químicas de gran utilidad para propósitos industriales. En condiciones ácidas, emerge a óxido de azufre que es perjudicial para la salud humana.

#### *1.7.5.8 Ácido fórmico*

Es uno de los ácidos orgánicos más simples que se puede encontrar. Es un líquido inflamable, forma mezclas que pueden llegar a ser y explosivas con el aire.

## 1.8 Tratamiento de aguas residuales

En los tratamientos de aguas residuales se da una serie de procesos los cuales pueden ser físicos, químicos y biológicos que tienen como propósito eliminar los contaminantes que se encuentran en las aguas residuales.

El tratamiento del agua residual es básicamente una serie de procesos y operaciones para hacer que la misma sea aceptable para un uso posterior. El proceso de depuración consiste en remover o reducir contaminantes en el agua hasta alcanzar niveles apropiados. (Han, 2012. p. 78)

“La composición de las aguas residuales suele ser muy variable, pues depende de muchos factores. Entre los distintos elementos que contienen las aguas residuales urbanas, está la materia orgánica, procedente principalmente de las aguas residuales domésticas, estos compuestos son de naturaleza reductora, por lo que consumirán oxígeno”. (Osorio, y otros, 2010.p.2).

**Tabla 2-1** 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.

### 1.8.1 *Tratamiento preliminar*

En la etapa preliminar se lleva a cabo con el fin de cumplir estas funciones:

- Medir y regular el caudal que ingresa a la planta.
- Extraer los sólidos grandes.

“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. ” (Romero, 2002: p.17).

### ***1.8.2 Tratamientos primarios***

Este tipo de tratamiento tiene como objetivo principal eliminar los sólidos en suspensión a través de un proceso de sedimentación simple por efecto de la gravedad, o a su vez con la ayuda de coagulantes y floculantes.

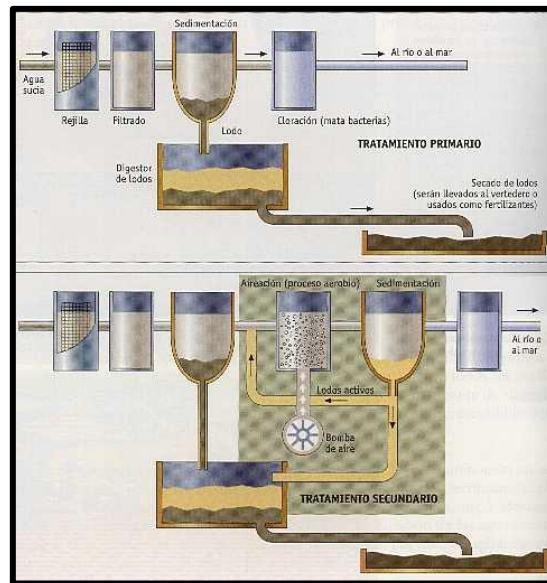
Las estructuras que se encargan de esta función son los tanques sedimentadores primarios, que frecuentemente están diseñados para precipitar las partículas que tienen tasas de sedimentación de 0.3 a 0.7 mm/s. y cuentan con un periodo de retención de 1 a 2 h, y la profundidad del tanque varía entre 2 a 5 m.

Gracias a este proceso se logra eliminar por precipitación alrededor de 60 a 70 % de los sólidos en suspensión.

### ***1.8.3 Tratamientos secundarios***

Los tratamientos secundarios tienen como fin eliminar la materia orgánica en disolución y en estado coloidal mediante procesos de oxidación de naturaleza biológica seguidos de sedimentación.

En este proceso biológico participan los microorganismos presentes en las aguas residuales, estos microorganismos son principalmente bacterias, que se alimentan de los sólidos en suspensión y en estado coloidal debido a esto producen degradación en anhídrido carbónico y agua, lo cual origina una biomasa bacteriana que se precipita en el sedimentador secundario.



**Grafico 1- 1** Diseño de los tratamientos

**Fuente:** Depuración de vertidos

#### **1.8.4** *Tratamientos terciarios*

El tratamiento terciario tiene como objetivo suprimir ciertos contaminantes específicos presentes en las aguas residuales tales como los fosfatos que provienen del uso de detergentes y cuya descarga en curso de agua favorece la eutrofización.

Generalmente este tipo de tratamiento se utiliza cuando en las etapas anteriores no se ha logrado eliminar la carga contaminante, estos tratamientos implican procesos más específicos los cuales conllevan a un costo elevado.

#### **1.8.5** *Tratamiento de fangos*

Durante las etapas primarias y secundarias se generan fangos, estos contienen gran cantidad de agua, microorganismos patógenos y contaminantes orgánicos e inorgánicos. Por tal motivo se ha desarrollado métodos para el tratamiento de los fangos entre ellos están: digestión aerobia, digestión anaerobia, compostaje, tratamiento físico con el propósito de destruir los microorganismos patógenos y poder eliminar por completo la humedad. Los fangos producidos por la actividad de la Empresa son secados, almacenados y entregados al GAD municipal, quien los destina al relleno sanitario, por ello no son abordados en el presente trabajo.

## 1.9 Tratamiento de aguas residuales en la industria textil

### 1.9.1 Rejillas

“Es el primer paso del tratamiento, está destinado a separar los materiales gruesos y flotantes que son transportados en el Agua Residual, tales como trapos, papeles y plásticos.” (Templeton, et al., 2011 p. 20)

“Las rejillas es la operación utilizada para separar material grueso del agua, mediante el paso de ella por una criba o una rejilla. En la cual la rejilla puede ser de cualquier material agujerado ordenadamente.” (Romero, 2002: p.287).

Las más utilizadas son rejillas de limpieza manual. Estas se instalan con inclinaciones de entre 30 a 60 grados con respecto al plano horizontal y con una superficie plana y agujereada en la parte superior que permita su escurrimiento.

La velocidad del flujo de las aguas residuales (AR) a través de las rejillas es comúnmente de 0.5 a 0.9 m/s, de manera que los sólidos gruesos no sean forzados a atravesar las rejillas, pero tampoco exista asentamiento de los mismos.

El objetivo de este proceso es proteger a las bombas y otros equipos electromecánicos y prevenir atascamientos. Por tal motivo es la primera operación que se efectúa en el proceso de tratamiento de aguas residuales.

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 3-1

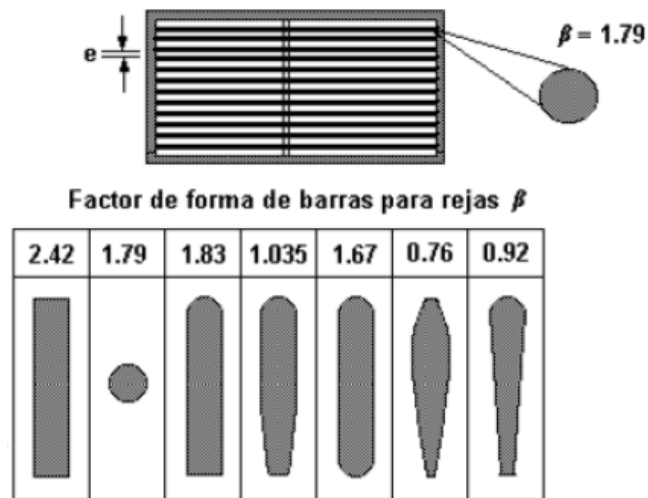
**Tabla 3-1** Parámetros de referencia para el dimensionamiento de las rejillas.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>Unidad</b>	<b>LIMPIEZA MANUAL</b>	<b>LIMPIEZA MECÁNICA</b>
<b>Tamaño de la barra:</b>	mm	5-15	5-15
<b>Anchura</b>	mm	25-37.5	25-37.5
<b>Profundidad</b>			
<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



La siguiente figura muestra el factor de forma de las barras



**Figura 1- 1** Factores de forma  $\beta$  para secciones de barras.

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

**Tabla 4-1** Coeficiente de rugosidad  $n$  de Manning

MATERIAL	N	RUGOSIDAD K (MM)
<b>CANALES ARTIFICIALES</b>		
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

*Ecuaciones para el dimensionamiento de las rejillas:*

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

Ec. 1

$$v = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

v= Velocidad (m/s)

n= Coeficiente de Manning

R= Radio hidráulico (m)

S= Gradiente hidráulico (m/m) 0.0005

*Para encontrar el área del canal:*

Ec. 2

$$A_t = \frac{Q}{v}$$

Dónde:

A<sub>t</sub>= Area transversal del canal (m)

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

v= Velocidad (m/s)

*Tirante en el canal*

Ec. 3

$$Ha = \frac{At}{b}$$

Dónde:

A<sub>t</sub>= Área transversal del canal (m<sup>2</sup>)

b= Base del canal (m)

*Altura total del canal*

Ec. 4

$$H = Ha + Hs$$

Dónde:

Ha= Tirante del canal

Hs= Altura sugerida

*Longitud de la barra de las rejillas*

Ec. 5

$$Lr = \frac{H}{\text{Sen}\alpha}$$

Dónde:

H= Altura total del canal

*Separación entre barras*

Ec. 6

$$bg = \left(\frac{b-e}{s+e} + 1\right)e$$

Dónde:

b= base del canal

s= espesor sugerido (13mm o 0.013m)

e= separación entre barras sugerido (42mm o 0.042m)

*Velocidad a través de las rejillas*

Ec. 7

$$Vc = \frac{Qp}{As}$$

Dónde:

Q= Caudal

As= Área de espacios entre las barras

*Número de barros*

Ec. 8

$$n = \frac{bg}{e} - 1$$

Dónde:

bg = separación entre las barras

e= separación entre barras sugerido (42mm o 0.042m)

$$h = \beta \left(\frac{S}{e}\right)^{4/3} \left(\frac{v^2}{2g}\right) \text{sen } \theta$$

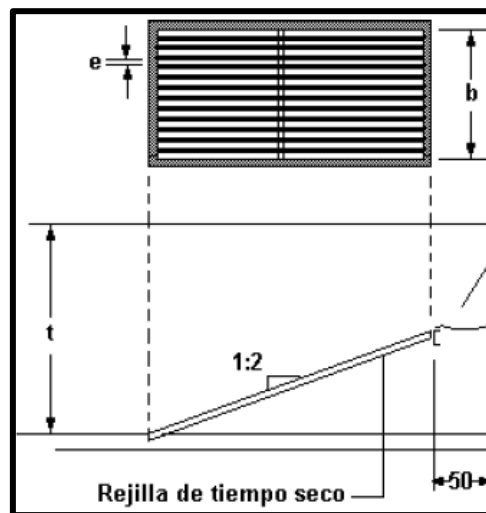
Dónde:

$\beta$  = Factor dependiente de la forma de las barras

$b$  = Ancho del canal

$s$  = Espesor de las barras

$(v^2/2g)$  = Carga de velocidad antes de la reja



**Grafico 2-1** Sistema de tratamiento de Rejillas

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

### 1.9.2 Desarenadores

Los desarenadores, se usan principalmente para remover arena, grava, partículas u otro material sólido pesado el cual tenga una velocidad de asentamiento o peso específico bastante mayor que el de los sólidos orgánicos degradables que se encuentran en las aguas residuales.

“Los desarenadores protegen el equipo mecánico del desgaste normal y reducen la formación de depósitos pesados en tuberías, canales y conductos. Además minimiza la frecuencia requerida de la limpieza.”(Romero, 2009, p.293)

Se diseñan para separar del agua partículas minerales de hasta 0.2 mm de diámetro; sin embargo, existen restos de alimentos que tienen diámetro grande, con velocidad de sedimentación semejante a la de la arena, por lo que el material extraído del desarenador contiene partículas orgánicas y debe manejarse adecuadamente para prevenir o atenuar el mal olor.

*Consideraciones de diseño del desarenador*

- Se determina la velocidad de sedimentación, utilizamos la ley de Stokes.

Ec. 10

$$V_s = \frac{1}{18} g \left( \frac{\rho_s - 1}{\eta} \right) d^2$$

Dónde:

$V_s$ =Velocidad de sedimentación (cm/s)

$d$ =Diámetro de la partícula (cm)

$\eta$ = Viscosidad cinemática del agua (cm<sup>2</sup>/s)

$\rho$ = Densidad

- Se comprueba el número de Reynolds :

Ec. 11

$$Re = \frac{V_s * d}{\eta}$$

$Re = 5,762 > 0,5$ ; por lo tanto, no se encuentra en la zona de la ley de Stokes.

Dónde:

$V_s$ : Velocidad de sedimentación (cm/s)

$d$ : Diámetro de la partícula (cm)

$\eta$ : Viscosidad cinemática del agua (cm<sup>2</sup>/s)

- Término del diámetro:

Ec. 12

$$Td = \left( \frac{g(\rho_s - 1)}{\eta^2} \right)^{1/3} d$$

Dónde:

g= Gravedad (cm2/s)

$\rho_s$ = Densidad de la partícula

$\eta$ : Viscosidad cinemática del agua (cm2/s)

- Término de la velocidad de sedimentación:

Ec. 13

$$TV = (g(\rho_s - 1)\eta)^{1/3}$$

Dónde:

g= Gravedad (cm2/s)

$\rho_s$ = Densidad de la partícula

$\eta$ : Viscosidad cinemática del agua (cm2/s)

- El coeficiente de arrastre:

Ec. 14

$$C_D = \left( \frac{24}{R} \right) + \left( \frac{3}{\sqrt{R}} \right) + 0,34$$

Dónde:

R= Constante de Allen

- Velocidad de sedimentación

Ec. 15

$$Vs = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{C_D} (\rho_s - 1) * d}$$

- Área superficial

Ec. 16

$$A_s = \left( \frac{Q \cdot \text{coefic segur}}{V_s} \right)$$

- Valor de la velocidad horizontal

Ec. 17

$$V_h = \frac{Q}{A_T}$$

- Tiempo de retención

Ec. 18

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

- Altura del ángulo de inclinación

Ec. 19

$$h = \text{Tg}35^\circ * L$$

Los desarenadores se clasifican en:

#### *1.9.2.1 De flujo horizontal*

Es el más común, ya que está constituido por un ensanchamiento en la sección del canal de pretratamiento. Permite la reducción de la velocidad de corriente a valores inferiores a los 20-30 cm. *Inconveniente:* la velocidad horizontal de circulación sufre variaciones por ser función del caudal.

#### *1.9.2.2 De flujo vertical*

El funcionamiento se realiza a sección llena velocidad ascensional del agua menor a la caída de los granos de arena. Permite la reducción de la velocidad de corriente a valores inferiores a los 20-30 cm. Inconveniente respecto al horizontal: mayor profundidad (problemas en terrenos de baja cota)

### *1.9.2.3 De flujo inducido*

El aire inyectado provoca una rotación del líquido. Lo anterior crea una velocidad constante de barrido de fondo perpendicular a la velocidad de paso. Así ésta puede variar sin provocar inconvenientes. La extracción de arena se realiza mecánicamente.

El aire inyectado, por su efecto de agitación, favorece la separación de las materias orgánicas y cede una cantidad de oxígeno a la masa de agua, ayudando a mantener las condiciones aeróbicas.

### *1.9.3 Sedimentadores*

La sedimentación se utiliza en los tratamientos de aguas residuales para separar los sólidos en suspensión.

La eliminación de las materias por sedimentación presentes en las aguas residuales es de naturaleza pegajosa y flocculan en forma natural.

Las operaciones de sedimentación primaria son esencialmente del Tipo 2 sin la adición de coagulantes químicos ni operaciones de mezclado mecánico y floculación.

El material orgánico es ligeramente más pesado que el agua y se sedimenta lentamente, normalmente en el intervalo de 1 a 2.5 m/h. Los materiales orgánicos más ligeros, principalmente grasas y aceites, flotan en la superficie.

Existen diferentes tipos de sedimentación:

#### *1.9.3.1 Sedimentación discreta*

Las partículas que se depositan, se somete a un proceso de coalescencia con otras partículas. En este caso, las propiedades físicas de las partículas no cambian durante el proceso.

#### *1.9.3.2 Sedimentación con floculación*

La aglomeración de las partículas va acompañada de cambios en la densidad y en la velocidad de precipitación. Esta sedimentación se lleva a cabo en los sedimentadores primarios.



### 1.9.3.3 Sedimentación por zonas

Las partículas forman una especie de manta que sedimenta como una masa total, presentando una interfase distinta con la fase líquida.

### 1.9.4 Aireación por bandejas

La aireación es un proceso en el cual el agua a ser tratada está expuesta en contacto íntimo con el aire con el objetivo de modificar las concentraciones de sustancias que se encuentran en ella.

Este tipo de aireador comprende una serie de bandejas equipadas con ranuras, fondos perforados sobre los cuales se distribuye el agua y se deja caer sobre un tanque receptor en la base.

Generalmente se emplea de tres a nueve bandejas, y el espacio entre bandeja es de 30 a 75cm. La altura de la torre suele ser de 2 a 3 m.

Ventajas del sistema de aireación por bandejas:

- Transferir oxígeno al agua y aumentar con ello el oxígeno disuelto.
- Disminuir la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
- Disminuir la concentración de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S).
- Disminuir los tensoactivos.
- Oxidar hierro (Fe) y manganeso (Mn)
- Remover compuestos orgánicos volátiles (COV), productores de olores y sabores provenientes normalmente de aguas o acuíferos subterráneos.

*Consideraciones de diseño para el aireador de bandejas*

- Área total de aireación :

Ec. 20

$$A_t = \frac{Q}{C_e}$$

Dónde:

A<sub>t</sub>= Área total de aireación (m<sup>2</sup>)

Q= Caudal (L/h)

$C_e$ = Carga del efluente (L/hm<sup>2</sup>)

- Numero de bandejas:

Ec. 21

$$B = \frac{A_t}{A_b}$$

Dónde:

B= Numero de bandejas

$A_t$ = Área total de aireación (m<sup>2</sup>)

$A_b$ = Área de aireación de las bandejas (m<sup>2</sup>)

- Tiempo de exposición:

Ec. 22

$$t_e = \sqrt{\frac{2 * A_T * B}{g}}$$

Dónde:

B= Numero de bandejas

$A_T$ = Altura de la torre (m)

g= Gravedad

- Área de la Bandeja

Ec. 23

$$A = \frac{A_t}{2}$$

### **1.9.5 Tanque Imhoff**

Es un tanque en el que la depuración se da en dos fases, la sedimentación y la digestión, la primera ocurre en el compartimiento superior del mismo, y la digestión y acumulación de lodos se da en la parte inferior.

“Este sistema es un tipo de tratamiento anaerobio el cual consta de dos pisos. El tanque consta de un compartimiento inferior para digestión de los sólidos sedimentados y de una cámara superior de sedimentación.

Entre las ventajas que presenta el tanque Imhoff tenemos:

- Simple de operar
- No requiere personal técnico especializado
- La operación consiste en remover diariamente la espuma y en descargarla sobre la zona de ventilación.” (Romero, 2002: p.683).

### **1.9.6 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente**

Este tipo de filtros son tratamientos secundarios generalmente precedidos por sedimentadores, fosas sépticas, tanques Imhoff o digestores, y son utilizados para complementar la remoción de DBO<sub>5</sub> y sólidos. La característica principal de un FAFA, es que dispone de medio granular de soporte, el cual cumple con la función de retener los sólidos y proveer una superficie sobre la cual proliferen diferentes poblaciones bacterianas, beneficiando al proceso anaerobio de oxidación de contaminantes. El parámetro que más afecta al funcionamiento del filtro es el tamaño del medio granular, este afecta tanto a la pérdida de carga en la circulación del agua residual, como a la eliminación de sólidos.

El principio físico de su operación radica en el sentido ascendente del flujo, pues el agua ingresa al filtro desde abajo y el proceso de llenado lo lleva a atravesar el medio filtrante en forma ascendente. Dentro del estrato, la eliminación de sólidos en suspensión se da en un complejo proceso que involucra diversos mecanismos.

**Tabla 5-1** Mecanismos Actuantes que contribuyen a la eliminación de Sólidos

<b>Mecanismo</b>	<b>Descripción</b>
Retención mecánica	Las Partículas con diámetro mayor al de los poros, son retenidas.
Sedimentación.	Partículas que sedimentan sobre el medio filtrante.
Impacto	Las partículas pesadas no seguirán la dirección de corriente de flujo
Adhesión	Partículas floculantes llegan a adherirse a la superficie del medio filtrante.

<p>Adsorción química</p> <p>a.) Enlace</p> <p>b.) Interacción química</p>	<p>Una vez que una partícula ha entrado en contacto con la superficie del medio filtrante, o con otras partículas, uno o más de estos medios es el responsable de su retención.</p>
<p>Adsorción Física</p> <p>a.) Fuerzas electrostáticas</p> <p>b.) F. Electrocinéticas</p> <p>c.) F. de Van der Waals</p>	
<p>Floculación</p>	<p>Partículas mayores alcanzan a las de menor diámetro, se juntan con estas y forman partículas de diámetros mayores, las cuales se eliminan por cualquiera de los mecanismos anteriores.</p>
<p>Crecimiento Biológico</p>	<p>La formación de Biopelícula alrededor de la superficie del medio de soporte, también contribuye a la eliminación de sólidos en suspensión, ya que reduce el tamaño de los poros y favorece la eliminación de partículas por los mecanismos antes mencionados</p>

Fuente: METCALF & EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización. 3a. ed. Madrid-España, McGraw-Hill, 1995.

### **1.9.7 Lechos de secado**

“El método más utilizado para secar los lodos procedentes de pequeñas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, es el secado de lodos con aire sobre lechos de arena. Estos cuentan con la ventaja de ser fáciles de operar, tienen buena eficiencia en la deshidratación y su bajo costo” (Crites, 2001, p.198).

### **1.9.8 Ozonificación**

El tratamiento con ozono se encuentra en los Procesos de Oxidación Avanzada (AOPs), lo que implica los procesos de oxidación que generan radicales hidroxilo en cantidades necesarias para interaccionar con los compuestos orgánicos de las aguas residuales.

La molécula de ozono es una forma alotrópica triatómica del oxígeno termodinámicamente inestable, descomponiéndose espontáneamente a oxígeno. Es un oxidante fuerte, segundo después de los radicales hidroxilo libres, capaz de participar en numerosas reacciones químicas con sustancias inorgánicas y orgánicas.

Las reacciones con ozono se pueden producir por dos mecanismos: las reacciones directas son reacciones son muy selectivas, atacando a dobles enlaces y algunos grupos funcionales; y las reacciones indirectas son consecuencia de la acción de los radicales hidroxilos resultantes de la descomposición del ozono en el agua.

En resumen, podemos concluir que el ozono, en el tratamiento de agua en general, tiene las siguientes ventajas:

- Elimina el color causado por el hierro o manganeso o la materia carbonosa, los sabores y olores debido a la presencia de materia orgánica.
- Reduce la turbiedad, el contenido en sólidos en suspensión y las demandas químicas (DQO) y biológicas (DBO) de oxígeno.
- El ozono es un poderoso desinfectante. No sólo mata las bacterias patógenas sino que, además, inactiva los virus y otros microorganismos que no son sensibles a la desinfección ordinaria con cloro.
- Si no hay posterior re contaminación, el ozono residual es suficiente para efectuar una desinfección común.
- El ozono puede ser detectado por el hombre mucho antes de que llegue al nivel tóxico.
- No produce en el agua aumento en el contenido de sales inorgánicas ni subproductos nocivos.
- En definitiva, podemos afirmar que el ozono realiza las siguientes funciones en el agua:
  - Degradación de sustancias orgánicas. Desinfección.
  - Inactividad de los virus. Mejora sustancial de sabores y olores.
  - Eliminación de colores extraños. Eliminación de sales de hierro y manganeso.
  - Floculación de materias en suspensión. Eliminación de sustancias tóxicas.

Desventajas

- El ozono es altamente corrosivo y tóxico.
- El coste inicial del equipamiento es alto, y los generadores requieren mucha energía.
- El ozono debe ser generado “in situ” por problemas en el almacenamiento y transporte.

- La vida media del ozono en el sistema de distribución es de 25 minutos a temperatura ambiente, con lo que la ozonización no asegura la limpieza del agua potable, siendo necesario añadir cloro.
- Son necesarios filtros activados para la eliminación de carbono orgánico biodegradable.

**Tabla 6-1** Dosificación de ozono en aguas residuales.

Características	
Ozono	Producción máxima de ozono: 19g/h a partir de aire atmosférico. El sistema de alimentación es de baja y alta presión. Caudal 1.2m <sup>3</sup> /h Dosis: 5.2 mg/L a 7.6 mg/L Tiempo de retención del agua-dosis de O <sub>3</sub> : 14 min

**Fuente:** <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/contenido/capitulo16.html>

### **1.9.9 Coagulación**

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.”(Daniel, F, 1989., p. 8)

Este tipo de tratamiento consiste en una desestabilización de las partículas coloidales presentes en el agua residual, que al introducir el producto químico es capaz de degradar y de esta manera da lugar a una agregación de los mismos para que permita su sedimentación.

El coagulante que vamos a utilizar en la lavandería es el policloruro de aluminio.

Características del policloruro de aluminio:

- Forma más rápido los flóculos.
- Tiempos cortos para reaccionar y sedimentar.
- Versátil para tratar aguas de variada turbiedad, alcalinidad y contenido de materia orgánica.
- Presenta un mejor efecto de coagulación en aguas aun en temperaturas < 10 °C.
- Deja menor aluminio residual.
- Mejora en la remoción de turbidez.
- Mejora la remoción del color.
- Menor turbidez en la filtración.

- Reducción de lodos de un 25-75%
- Menor costo de operación

El policloruro de aluminio, o PAC, es un nuevo tipo de coagulante de polímero inorgánico altamente eficiente, es un material hidrolizado entre  $\text{AlCl}_3$  y  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , y es una polimerización formada a través de la reticulación del hidroxilo. La fórmula es:  $\text{Al}_2(\text{OH})_3\text{Cl}_3$

El PAC es soluble en el agua, cuenta con una fuerte capacidad de adsorción de la reticulación. Durante el proceso de hidrólisis, está acompañado por una serie de cambios físicos y químicos como la electroquímica, la condensación, la adsorción, la precipitación y etc. Los productos se utilizan principalmente en la purificación del agua potable y el tratamiento de aguas residuales industriales, tales como los materiales radiactivos, los materiales altamente tóxicos como los materiales pesados que contienen el plomo ( $\text{Pb}^{++}$ ), el cromo ( $\text{Cr}^{+++}$ ) y las aguas residuales que contienen el flúor (F). Además, el PAC también tiene una amplia gama de usos en términos de fundición de precisión, la fabricación de papel, la fabricación de cuero, etc.

Al tratar con agua potable, si es líquido generalmente se añade la cantidad de PAC de  $5\text{-}30\text{g}/\text{m}^3$ , si es sólido se añade la cantidad de PAC de  $1\text{-}15\text{g}/\text{m}^3$ . Al hacer el tratamiento de aguas residuales domésticas y aguas residuales industriales, si es líquido se añade la cantidad de  $20\text{-}100\text{g}/\text{m}^3$ , si es sólido se añade la dosificación de  $10\text{-}50\text{g}/\text{m}^3$ . Al utilizarlo, deben respetar los indicadores como COD, PH, SS y etc., además mediante las pruebas para determinar la dosificación apropiada que se debe utilizar

### ***1.9.10 Floculación***

Es un proceso químico por el cual se añade sustancias floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta manera su decantación y posterior filtrado.

El floculante que se va a utilizar en la Lavandería Procesos Textiles Llerena es la Poliacrilamida.

Características del Poliacrilamida:

- Existencia de grupos que permiten la adsorción de grupos ionizados negativamente.
- Ayuda al proceso de coagulación.

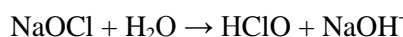
### ***1.9.11 Agente antibacterial***

Para ayudar al proceso en el tratamiento de aguas residuales se consideró utilizar como agente antibacterial el hipoclorito de sodio.

- El hipoclorito de sodio es una solución de color ligero amarillento.
- Neutraliza el gas sulfuro y amonio.
- Prevención en la formación de algas.

Reacción que se produce en las aguas residuales

Mediante la adición de hipoclorito de sodio en el agua, se genera ácido hipocloroso (HClO):



## **1.10 Normativa Ambiental**

En el contexto del marco legal está regulado por la normativa ambiental nacional y la normativa ambiental del cantón.

### ***1.10.1 Normativa Ambiental Nacional***

En el Art. 264 y 415 se indica 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.

### ***1.10.2 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.

### ***1.10.3 TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA***

En la tabla 9 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 7-1** 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>	DBO5	mg/l	250
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	D.Q.O.		500
<b>Temperatura</b>	°C		<40
<b>Tensoactivos</b>	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
<b>Fenoles</b>			0,2
<b>Potencial de Hidrogeno</b>	pH	mg/l	5-9
<b>Sólidos suspendidos totales</b>		mg/l	220
<b>Sólidos Sedimentables</b>			20

Fuente: TULSMA., Libro VI., Anexo 1., Tabla 9., Pp. 326 -328

## CAPITULO II

### 2. PARTE EXPERIMENTAL

#### 2.1 Localización y duración del estudio

El presente estudio fue realizado en la etapas de proceso de Stone y Tinturado, de la Lavandería “Procesos Textiles Llerena”. El agua residual proviene de los distintos procesos que se realizan en la lavandería. Se estudió el agua en los meses de marzo y junio del 2015, se realizó el análisis de las aguas residuales para determinar las condiciones de la misma.

Con los resultados obtenidos se trabajó en el diseño de los sistemas mediante cálculos de ingeniería para la definición de los tratamientos de aguas residuales pertinentes.

#### 2.2 Muestreo

##### 2.2.1 *Plan de muestreo*

Para los análisis de las aguas residuales, las muestras fueron recogidas en meses diferentes para observar la variación de los parámetros y poder comparar los resultados, para luego seleccionar las operaciones que necesitaba la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa. Las muestras fueron tomadas en el intervalo de 5 días de trabajo, 2 muestreos diarios durante la última semana de marzo y la primera semana de junio.

El volumen de muestra tomada en cada caso fue de 2000 mL



**Grafico 3-2** Efluente para medir el caudal

**Realizado por:** Barrera. C, 2015

## 2.3 Metodología

### 2.3.1 *Reconocimiento de las instalaciones de la Lavandería “Procesos Textiles Llerena”*

Para realizar la investigación se realizó el reconocimiento de las instalaciones de la Lavandería “Procesos Textiles Llerena”, mediante el recorrido y explicación del Gerente propietario en cada una de las operaciones correspondientes a los procesos de lavado y tinturado de jeans.

### 2.3.2 *Diagnóstico de la Lavandería “Procesos Textiles Llerena”*

La Lavandería “Procesos Textiles Llerena” para los procesos de lavado y tinturado de prendas de vestir en jeans, opera con 9 lavadoras las cuales 7 son simples y 2 son dobles; 5 secadoras y 2 centrífugas que se encuentran funcionando actualmente.

El agua que se utiliza se abastece a través de un tanquero.



**Grafico 4- 1** Lavadora simple

**Realizado por:** Barrera. C, 2015



**Grafico 5- 2 Lavadora doble**

**Realizado por:** Barrera. C, 2015



**Grafico 6-2 Centrífuga**

**Realizado por:** Barrera. C, 2015

### 2.3.3 *Recolección de datos*

Se tomaron datos para obtener el caudal con el cual se realizó el diseño. Los datos fueron recolectados durante una semana de trabajo:

**Tabla 8-2** Medición de caudal 24-03-2015

<b>L</b>	<b>s</b>
1.2	42.8
1	36.2
1.1	35.4
1.3	43.2
1.1	35.2
1.1	35.1
1.2	42.5
1.3	43
1	36
1.2	41.9

**Realizado por:** Barrera. C, 2015

**Tabla 9- 1** Medición de caudal 25-03-2015

<b>L</b>	<b>s</b>
1.3	43.2
1.5	45
1.6	45.8
1.4	44.2
1.5	45.1
1.5	45
1.3	43.1
1.4	44.3
1.3	43.1
1.3	43.1

**Realizado por:** Barrera. C, 2015

**Tabla 10-2** Medición de caudal 26-03-2015

<b>L</b>	<b>s</b>
2.1	1.3
2.3	1.5
2	1
2.5	1.8
2.3	1.6
2.1	1.4
2	1.1
2.2	1.3
2.5	1.7
2.3	1.5

**Realizado por:** Barrera. C, 2015

**Tabla11-2** Medición de caudal 27-03-2015

<b>L</b>	<b>s</b>
3	1.3
3.1	1.5
3	1.2
3.1	1.4
3	1.1
3.4	1.8
3.2	1.5
3	1.1
3	1
3	1.2

**Realizado por:** Barrera. C, 2015

**Tabla 12-2** Medición de caudal 28-03-2015

<b>L</b>	<b>s</b>
2	1
2.5	1.8
2.3	1.5
2.2	1.3
2.5	1.7
2.1	1.4
2	1.1
2.3	1.5
2.1	1.3
2.3	1.6

**Realizado por:** Barrera. C, 2015

**Tabla 13-2** Medición de caudal 16-06-2015

<b>L</b>	<b>s</b>
2.3	1.5
2	1
2.1	1.3
2.5	1.8
2.3	1.6
2.5	1.8
2.3	1.6
2.1	1.4
2	1.1
2.3	1.5

**Realizado por:** Barrera. C, 2015

**Tabla 14-2** Medición de caudal 17-06-2015

<b>L</b>	<b>s</b>
1.4	44.2
1.5	45.1
1.5	45
1.3	43.1
1.3	43.1
1.3	43.1
1.4	44.3
1.5	45
1.6	45.8
1.3	43.2

**Realizado por:** Barrera. C, 2015

**Tabla 15-2** Medición de caudal 17-06-2015

<b>L</b>	<b>s</b>
2	1
2.1	1.3
2.5	1.8
2.3	1.5
2.3	1.6
2.1	1.4
2	1.1
2.3	1.6
2.5	1.8
2.3	1.6

**Realizado por:** Barrera. C, 2015



### **2.3.4 Prueba de Jarras**

Se realizó la prueba de jarras para determinar las dosis con mayor efectividad de coagulante para un tipo de agua residual específica. Al realizar esta prueba se obtuvo como resultado concentraciones óptimas en 3.40g/L de coagulante (Policloruro) y de floculante 1.7g/L de (Poliacrilamida).

La dosificación para el PAC va a ser de 750g

$$\frac{750\text{g}}{220\text{L}} = 3.40\text{g/L}$$

La dosificación para la poliacrilamida es de 350g

$$\frac{350\text{g}}{220\text{L}} = 1.70\text{g/L}$$

La dosificación del coagulante y floculante se va a disolver en el tanque con un volumen de 220L.

### **2.3.5 Métodos y Técnicas**

#### **2.3.5.1 Métodos**

##### **I. Inductivo**

Se refiere a la acción de extraer conclusiones generales a partir de datos particulares. En la presente investigación se basó en información de muestras recolectadas, cuya caracterización permitió definir el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Lavandería.

##### **II. Deductivo**

Las propuestas para el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales fueron en función de las operaciones que se realizan en la Lavandería, el uso de los químicos, el volumen de agua que se utiliza, etc.

##### **III. Experimental**

Este método aportó de manera indirecta, mediante los análisis de laboratorio de las aguas residuales, que midieron parámetros físico – químico, como pH, temperatura, aceites y grasas, DBO, DQO, sólidos sedimentales, sólidos suspendidos totales, tensoactivos, fenoles y color,

cuyos resultados aportaron en la definición de las condiciones óptimas para el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

#### *2.3.5.2 Técnicas*

Ver página siguiente

**Tabla 16-2** Método 4500-B: Determinación de pH.

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>El principio básico de la determinación electrométrica del pH es la medida de la actividad de los iones hidrógeno 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, para determinar los iones de hidrogeno que se encuentran presentes en las aguas residuales.</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  <b>Preparación general:</b>                      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 utiliza para medir el pH de la muestra y se define como:</p> $pH_b = pH \text{ asigando al tampon}$ $pH_a = pH_b = \frac{F(E_x - E_s)}{2.303RT}$ <p>pH<sub>x</sub>=pH de la muestra medido potencio métricamente                      F= Faraday 9,649x104 culombios/mol                      E<sub>x</sub>= muestra fem, V                      E<sub>s</sub>= tampón fem, V                      R= constante de los gases 8,314julio/(mol.°K)                      T= temperatura absoluta °K</p>

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

**Tabla 17-2 Método 5210-B: Determinación de DBO5**

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<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 del sistema de tratamiento aplicado.</li> </ul>	<p>Frascos de incubación de 250-300 mL de capacidad.</p> <p>- Incubadora de aire o baño maría</p>	<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>• Inoculo</li> </ul>	<p>Norma Técnica INEN 1202 Aguas. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO 5)</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 muestra.</li> <li>• Determinación del OD.</li> <li>• Incubación, por cinco</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> $DBO, mg/l = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)}{P}$ <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>

			días a 20 C. <ul style="list-style-type: none"><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 18-2** Método 5220-C: Determinación de DQO.

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<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 someter la mezcla a 2 horas de reflujo.</li> <li>• Diluir la mezcla a unos 350 mL y titular el exceso de bicarbonato con sulfato ferroso amoniacal valorado.</li> </ul>	<p>Se determina a partir de la siguiente ecuación:</p> $DQO, \frac{mg}{l} = \frac{(a - b)N * 8000}{ml\ muestra} - d$ <p>Siendo: DQO: demanda química de oxígeno al bicromato. a = mL de sulfato ferroso amoniacal usado para el testigo. c = Normalidad del sulfato ferroso amoniacal d = Corrección por Cl = mg/L de Cl × 0,23</p>

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

**Tabla 19-2** Método 5520-C: Determinación de Aceites y Grasas

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>Los aceites y grasas disueltas se extraen de las aguas por contacto íntimo con diversos disolventes orgánicos.</p> <p>Objetivo</p> <p>Obtener la cantidad de aceites y grasas con tenidas en el agua residual que puedan ocasionar mal olor y se requieran de un tratamiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Embudo de separación, con llave</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agua Residual.</li> <li>Ácido sulfúrico</li> <li>Éter de petróleo, con punto de ebullición de 35-60 C.</li> </ul>	<p>Verter 1 L de la muestra en el embudo de separación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se acidula la muestra con 5 mL de ácido sulfúrico por litro.</li> <li>Lavar el frasco de la muestra con 15 mL de éter de petróleo y agregar los lavados al embudo.</li> <li>Adicionar 25 mL adicionales de éter al embudo y agitar por 2 min.</li> <li>Se deja separar la capa etérea y se vierte la porción acuosa de la muestra a un recipiente.</li> <li>Se regresa la muestra al embudo de</li> </ul>	<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> $\frac{mg}{L} \text{ de aceite - grasa} = \frac{(A - B) * 1000}{mL \text{ muestra}}$ <p>Dónde :</p> <p>A= la ganancia total del peso</p> <p>B= peso del matraz tarado menos el residuo calculado</p>

			<p>separación, se lava el recipiente con 15 mL de 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 20-2** Método 2540–F: Determinación de Sólidos Sedimentables

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<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>• Vaso alto de sílice</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Platino</li> <li>• Mufla</li> <li>• Baño de vapor</li> <li>• Desecador</li> <li>• Balanza analítica</li> </ul>	<p><b>Volumétrico:</b> 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> 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 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</li> </ul>	<p>Para la determinación de los sólidos suspendidos se utiliza:</p> $\text{mgSS/L} = \text{mg de STS}_{\text{suspension/L}} - \text{mgSNS/L}$ <p>Dónde: SS=sólidos sedimentables STS=sólidos totales en suspensión SNS=sólidos no sedimentables</p>

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

**Tabla 21- 2** Método para determinar sulfuros.

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVO	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>La combinación del azufre con un metal derivado del ácido sulfhídrico su olor característico es a huevo podrido y es toxico</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pipetas de 5ml</li> <li>• Vaso de 100 mL</li> <li>• Varilla de Agitación</li> <li>• Equipo para titular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solución patrón de Yodo de sodio(0,025N)</li> <li>• Cloruro de hidrogeno (6N)</li> <li>• Solución de almidón</li> </ul>	<p>Colocar 25 mL de muestra en un vaso de precipitación, colocar 5mL de HCl y 5 mL de solución patrón de yodo simultáneamente (color amarillo), titular con tiosulfato (color amarillo pálido), agregar solución de almidón (color azul), titular con tiosulfato hasta transparencia y anotar volumen.</p>	$\frac{((5 \cdot 0.025)(V_{\text{tio}} \cdot 0.025) \cdot 16000)}{2,5}$

**Fuente:** Métodos Normalizados. APHA 4500.

**Tabla 22-2** Método para determinar tensoactivos.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVO	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>Compuestos orgánicos que reducen la tensión de la superficie del agua, por lo que se incorporan a los productos limpiadores</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Embudos de</li> <li>• decantación</li> <li>• Espectrofotómetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solución Stock LAS</li> <li>• LAS solución estándar</li> <li>• Solución indicadora de fenolftaleína, alcohólico.</li> <li>• El hidróxido de sodio, NaOH, 1N</li> <li>• El ácido sulfúrico, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1N y 6N.</li> <li>• El cloroformo, CHCl<sub>3</sub></li> <li>• Reactivo azul de metileno</li> <li>• El metanol, CH<sub>3</sub>OH.</li> <li>• El peróxido de hidrógeno, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 30%.</li> <li>• La lana de vidrio: Pre-extracto con CHCl<sub>3</sub> para eliminar interferencias.</li> <li>• Agua, grado reactivo, MBAS libre.</li> </ul>	<p>Preparar la curva de calibración inicial que consiste en cinco estándares mínimos, preparar una serie de embudos de separación para un reactivo de normas en blanco y seleccionados. Poner en los embudos la solución estándar LAS, agregar suficiente agua para llevar el volumen total de 100 mL en cada embudo de separación. Tratar a cada estándar como se describe: Combine todos los extractos de CHCl<sub>3</sub> en el segundo embudo de separación. Añadir 50 mL de solución de lavado y agitar vigorosamente durante 30 s. Las emulsiones no se forman en esta etapa. Deje que se asiente, remolino, luego, extraiga la capa de CHCl<sub>3</sub> a través de un embudo que contiene un tapón de lana de vidrio en un matraz aforado de 100 mL; filtrado debe ser claro. Extraer la solución de lavado dos veces con 10 mL de CHCl<sub>3</sub> todos y añadir al matraz a través de la lana de vidrio. Enjuague la lana de vidrio y el embudo con CHCl<sub>3</sub>. Juntar los lavajes en matraz aforado, enrasar con CHCl<sub>3</sub>, y mezclar bien. Trazar una curva de calibración de absorbancia vs microgramos de LAS tomado, especificando el peso molecular de LAS utilizado. Tamaño de la muestra: Para el análisis directo de aguas y aguas residuales, seleccione un volumen de muestra sobre la base de la concentración esperada de MBAS.</p>	$\frac{mg\ MBAS\ L}{ug\ LAS\ aparente\ mL\ muestra\ original}$

## **2.3.6 Innovación de los equipos para el proyecto experimental**

### *2.3.6.1 Diseño actual*

Los procesos que se desarrollan dentro de la lavandería es el lavado, blanqueo, tinturado y acabado de las prendas de jeans. Los cuales utilizan sustancias químicas que incluyen colorantes dispersos, colorantes reactivos, colorantes al azufre, detergentes, neutralizante, secuestrante, agentes anti quiebre, blanqueadores químicos, entre otros por lo cual genera residuos que se eliminan en el efluente.

El sistema de tratamiento de aguas residuales en la actualidad comprende minimizar los agentes contaminantes que están presentes en las descargas del área de producción. Los agentes a eliminarse son de dos tipos: sustancias inorgánicas sólidas suspendidas, y sustancias orgánicas disueltas/suspendidas y para ello se aplicarán diferentes procesos físicos y químicos, la integración de los cuales permitirá obtener aguas residuales aptas para ser descargadas cumpliendo las normas vigentes.

Los procesos a utilizarse son: enfriamiento de los líquidos industriales, macro desbaste de tejidos suspendidos, equalización de los efluentes, desinfección, decoloración, neutralización, coagulación, floculación, precipitación, sedimentación, eliminación de los lodos, filtración, adsorción de las sustancias orgánicas en estructuras porosas activadas, aireación/oxigenación controlada, concentración y secado de los lodos para su posterior eliminación.

Los efluentes industriales procedentes del proceso de la lavandería pueden ser de carácter ácido o básico dependiente del tipo de tela o hilo que se procese (poliéster o algodón). Se generarán aguas residuales de tintorería con color y aguas de enjuague sin color. La temperatura del efluente de las autoclaves será en el orden de los 60°C.

En la sección de tintorería cuenta con el sistema de recolección y drenaje de las aguas residuales con canales de concreto y trampas de sólidos las cuales funcionarán bajo dos criterios: precipitación y desbaste: las fibras pesadas se sedimentarán en la primera sección de la trampa y las livianas podrán ser retenidas en las rejillas plásticas o metálicas de acero inoxidable propuestas. El operador periódicamente deberá inspeccionar la rejilla y limpiarla, de tal manera que ésta permita pasar sin ninguna dificultad el agua, libre de fibras textiles. Las aguas residuales son conducidas mediante tuberías hasta la cisterna de almacenamiento.

### 2.3.6.2 Áreas de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Lavandería “Procesos Textiles Llerena”

- Desarenadores

En la planta existe 2 desarenadores:

El primer desarenador cuenta con las siguientes dimensiones: 1 m ancho \* 3 m largo\* 0.2.m profundidad

El segundo desarenador cuenta con las siguientes dimensiones: 2 m ancho \* 2.5 m largo\* 0.2.m profundidad

- Tanque homogenizador:

El tanque es de 550L para la mezcla rápida del producto químico y proceso de floculación y coagulación.

- Sedimentadores

El primer sedimentador cuenta con las siguientes medidas: 0.90m ancho \*3.5m de largo \* 1.70m profundidad= 5.35m<sup>3</sup>de agua de almacenamiento.

- Área del tanque coagulador-floculador

El tanque tiene las siguientes medidas: 8.2m ancho \* 3.5m largo \*1.70m profundidad = 48.79m<sup>3</sup> de agua de almacenamiento

- Área del tanque de descarga o cámara de filtrado (Salida del efluente).

Para la descarga el tanque tiene las siguientes medidas: 1.50m ancho\* 2.50m largo\*1.50 profundidad = 5.62m<sup>3</sup> de agua de almacenamiento

- Área total de la planta para procesamiento del Agua Industrial:

3.5m ancho \* 10.00m de largo \* 1.70 altura = 59.5m<sup>3</sup> de agua sedimentable industriales

- Área del secador de lodos 1

3.5m ancho \* 5.00m de largo \* 0.90altura

- Área del secador de lodos 2

4.5m ancho \* 5.00m de largo \* 1.00altura

Los secadores de lodos están diseñados para filtración de las aguas industriales las mismas que regresaran al inicio de la planta de acuerdo a procedimientos de tratabilidad, así mismo las capacidades de dichos secadores abastecen a la generación de la cantidad de lodos el cual se lo ha calculado en un 23% del total de agua que ingresa.

## CAPITULO III

### 3. REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE LA LAVANDERIA “PROCESOS TEXTILES LLERENA” DEL CANTÓN PELILEO

#### 3.1 Cálculos

##### 3.1.1 Cálculos para las rejillas

Cálculo de la velocidad a la que se transporta el fluido usando una pendiente de 0,0005 en base a la ecuación 1, también podemos determinar la velocidad de aproximación del fluido hacia la reja mediante el ábaco de la fórmula de Manning, donde se use  $R = 0,151$  y  $\eta = 0,0014$  (tabla 4-1) 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)

$R = 0.151$ m

$S = 0.0005$

- Cálculo para encontrar la velocidad. Ec. 1

Datos:

$Q = 0.00142$  m<sup>3</sup>/s

Tipo de limpieza: manual

Velocidad: 0.3 -0.6 m/s

Ancho del canal sugerida=0.4 m

Angulo  $\alpha = 60^\circ$

$e$ = separación entre barras sugerido (0.042m)

$s$ = espesor sugerido (0.013m)

$H_s$ = altura sugerida (0.5m)

Tipo de barras= circulares

Coeficiente de perdidas= 1.79

$g$ = gravedad (9.8m/s)

$$v = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$v = \frac{1}{0.014} * 0.151m^{\frac{2}{3}} * 0.0005^{\frac{1}{2}}$$

$$v = 0.15m/s$$

- Para encontrar el área del canal. Ec. 2

$$A_t = \frac{Q}{v}$$

$$A_t = \frac{0.0014m^3}{0.15 m/s}$$

$$A_t = 0.009m^2$$

- Tirante en el canal. Ec. 3

$$H_a = \frac{A_t}{b}$$

$$H_a = \frac{0.009m^2}{0.4m}$$

$$H_a = 0.022m$$

- Altura total del canal. Ec. 4

$$H = H_a + H_s$$

$$H = 0.022m + 0.4m$$

$$H = 0.45m$$

- Longitud de la barra de las rejillas. Ec. 5

$$L_r = \frac{H}{\text{Sen}\alpha}$$

$$L_r = \frac{0.52m}{\text{Sen}60}$$

$$L_r = 0.5 m$$



- Separación entre barras. Ec. 6

$$bg = \left( \frac{0.4m - 0.042m}{0.013m + 0.042m} + 1 \right) 0.042m$$

$$bg = 0.042m$$

- Velocidad a través de las rejillas. Ec. 7

$$V_c = \frac{Q}{A_s}$$

$$V_c = \frac{0.0014m^3/s}{0.23m^2}$$

$$V_c = 0.006m/s$$

- Numero de barrotes. Ec. 8

$$n = \frac{0.03}{0.042}$$

$$n = 7$$

- Perdida de carga. Ec. 9

$$h = \beta \left( \frac{S}{e} \right)^{4/3} \left( \frac{V^2}{2g} \right) \text{sen } \theta$$

$$h = 1.79 \left( \frac{0.013m}{0.042m} \right)^{4/3} \left( \frac{(0.15m/s)^2}{2 * 9.8m/s^2} \right) \text{sen } 60$$

$$h = 0.0011m$$

### 3.1.2 Cálculos para el desarenador

Datos para el dimensionamiento del desarenador

Q= 1.429 L/s

Densidad de la partícula= 0.02cm

Temperatura = 16 °C

Viscosidad cinemática= 0.0111680 cm<sup>2</sup>/s

- Se determina la velocidad de sedimentación, utilizamos la ley de Stokes. Ec. 10

$$V_s = \frac{1}{18} g \left( \frac{\rho_s - 1}{\eta} \right) d^2$$

$$V_s = \frac{1}{18} \left( 980 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right) \left( \frac{2,65 - 1}{0,0111680 \text{cm}^2/\text{s}} \right) (0,02 \text{ cm})^2$$

$$V_s = 3.218 \text{cm/s}$$

- Se comprueba el número de Reynolds: Ec. 11

$$\text{Re} = \frac{V_s * d}{\eta}$$

$$\text{Re} = \frac{\frac{3,218 \text{cm}}{\text{s}} * 0,02 \text{cm}}{0,0111680 \text{cm}^2/\text{s}}$$

$$\text{Re} = 5.76$$

Re= 5.76 > 0,5; por lo tanto, no se encuentra en la zona de la ley de Stokes.

- Término del diámetro. Ec. 12

$$Td = \left( \frac{g(\rho_s - 1)}{\eta^2} \right)^{1/3} d$$

$$Td = \left( \frac{980 \text{cm/s}^2 * (2,65 - 1)}{\left( \frac{0,0111680 \text{cm}^2}{\text{s}} \right)^2} \right)^{1/3} 0,02 \text{cm}$$

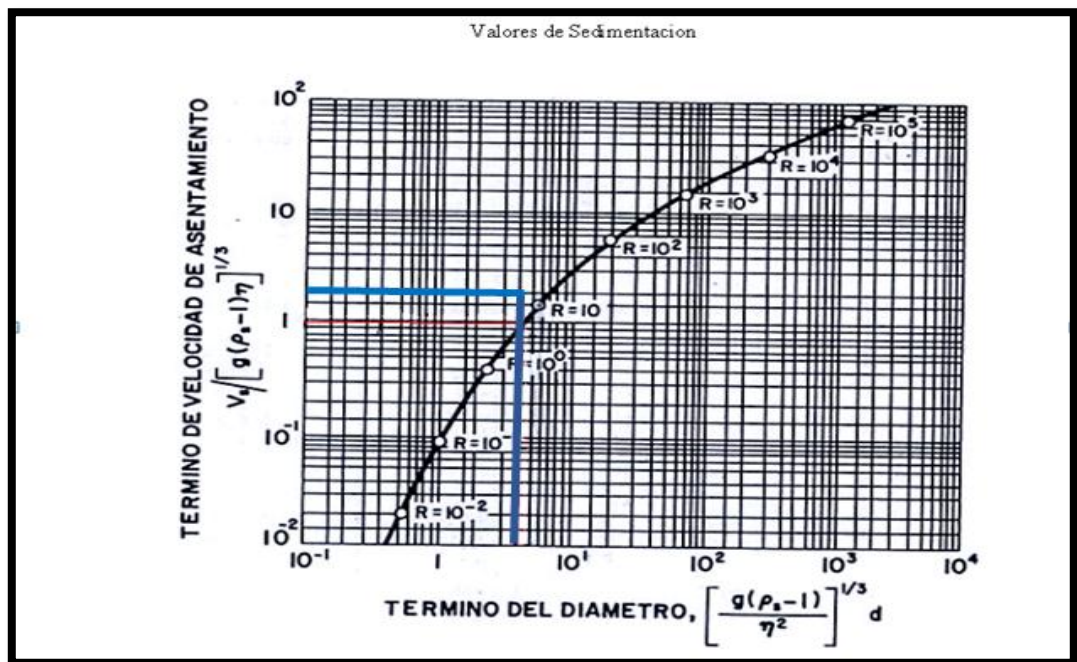
$$Td = 4.70$$

- Término de la velocidad de sedimentación: Ec. 13

$$(g(\rho_s - 1)\eta)^{\frac{1}{3}}$$

$$\left(\frac{980\text{cm}}{\text{s}^2} (2,65 - 1) \frac{0,0111680\text{cm}^2}{\text{s}}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$=2,62$$



Se encuentra dentro de la zona de transición de Allen

- Determinamos el coeficiente de arrastre. Ec. 14

$$C_D = \left(\frac{24}{R}\right) + \left(\frac{3}{\sqrt{R}}\right) + 0,34$$

$$C_D = \left(\frac{24}{10}\right) + \left(\frac{3}{\sqrt{10}}\right) + 0,34$$

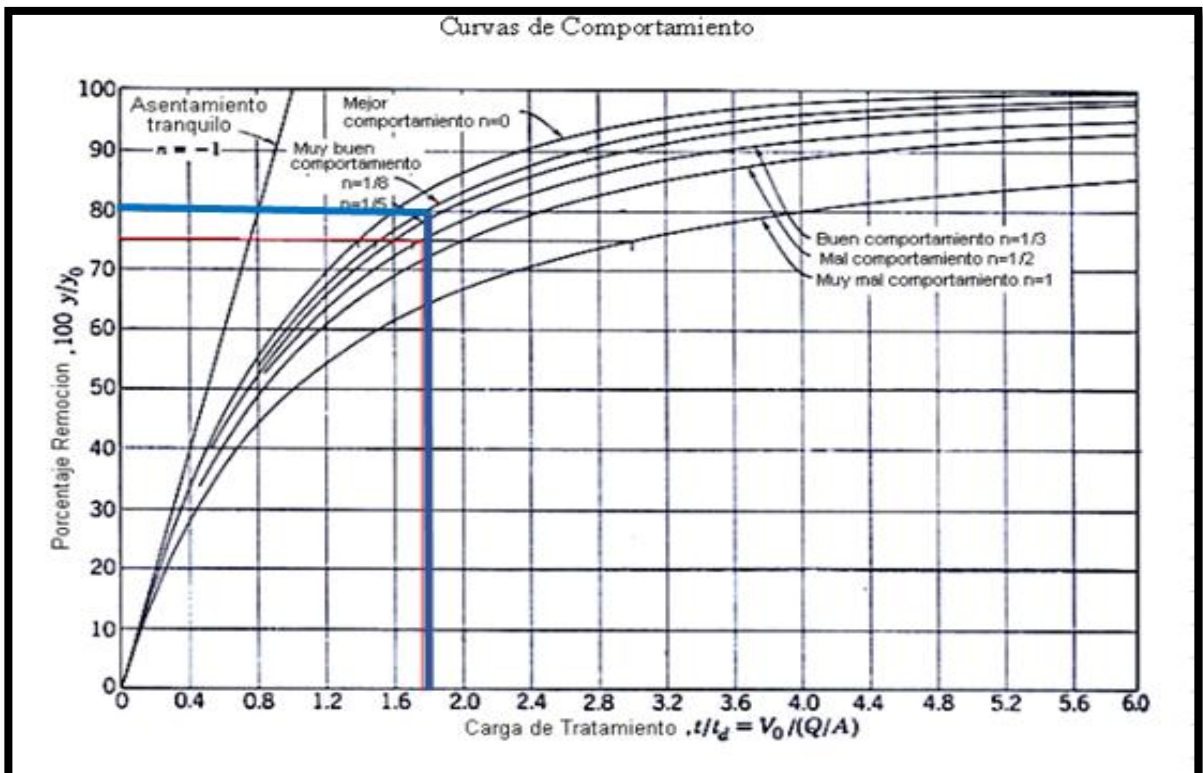
$$C_D = 3,689$$

- Velocidad de sedimentación. Ec. 15

$$V_s = \sqrt{\left(\frac{4}{3}\right) * \frac{g}{C_D} (\rho_s - 1) * d}$$

$$V_s = \sqrt{\left(\frac{4}{3}\right) * \frac{980\text{cm}}{s^2} (2,65 - 1) * 0,02\text{cm}}$$

$$V_s = 3,419 \text{ cm/s}$$



Si tenemos una eficiencia del 80%, de acuerdo con la gráfica 3 se adopta un coeficiente de seguridad igual a 1,8.

- El área superficial. Ec. 16

$$A_s = \left(\frac{Q * \text{coefic segur}}{V_s}\right)$$

$$As = \left( \frac{1429 \text{ cm}^3/\text{s} * 1,8}{3,419 \text{ cm/s}} \right)$$

$$As = 752.32 \text{ cm}^2$$

- Luego a partir del área determinamos los valores de:

Largo L = 5 m

Ancho B=0,50 m

De esta forma la relación entre

L/B= 10, cumpliéndose el parámetro de la OPS

- Asumimos una profundidad

H=0,3 m

- Luego determinamos el valor de la velocidad horizontal. Ec. 17

$$V_h = \frac{Q}{A_T}$$

$$V_h = \frac{100 * 1.429 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{0,50 \text{ m}^2 * 0,3 \text{ m}^2}$$

$$V_h = 0.952 \text{ m/s}$$

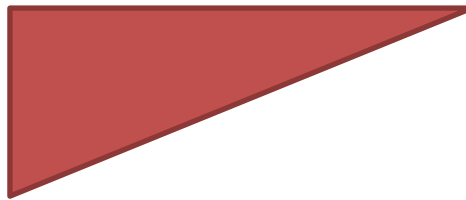
- Determinamos el tiempo de retención. Ec. 18

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

$$T_0 = \frac{(5m * 0,50m * 0,3m)}{1.429 * 10^{-3} m^3/s}$$

$$T_0 = 524.85 \text{ s}$$

- Asumimos un ángulo de inclinación de  $35^\circ$
- Calculamos la altura del ángulo de inclinación. Ec. 19



$$\text{Tg}35^\circ = \frac{h}{L}$$

$$h = \text{Tg}35^\circ * L$$

$$h = \text{Tg}35^\circ * 5 \text{ m}$$

$$h = 3,5 \text{ m}$$

### 3.1.3 Cálculos para el aireador de bandejas

Datos para el dimensionamiento del aireador de bandejas:

$$Q = 5144.4 \text{ L/h}$$

$$\text{Carga del efluente} = 620 \text{ L/hm}^2$$

$$\text{Separación entre las bandejas} = 0.75 \text{ m}$$

- Encontramos el área total de aireación. Ec. 20

$$A_t = \frac{Q}{C_e}$$

$$A_t = \frac{5144.4 \text{ L}}{\frac{620 \text{ L}}{\text{hm}^2}}$$

$$A_t = 8.3 \text{ m}^2$$

- Calculamos el número de bandejas. Ec. 21

$$B = \frac{A_t}{A_b}$$

$$B = \frac{8.3 \text{ m}^2}{1.69 \text{ m}^2}$$

$$B = 5$$

- Encontramos el tiempo de exposición: Ec. 22

$$t_e = \sqrt{\frac{2 * A_T * B}{g}}$$

$$t_e = \sqrt{\frac{2 * 3m * 5}{\frac{9.8m}{s^2}}}$$

$$t_e = 1.7s$$

- Encontramos el área de cada bandeja: Ec. 23

$$A = \frac{A_t}{2}$$

$$A = \frac{8.3m^2}{2}$$

$$A = 4.15m$$

Entonces nos da como resultado:

Largo de la Bandeja= 2m

Ancho de la Bandeja= 2.1



### 3.1.4 Cálculos para la dosificación de Ozono

Tenemos un caudal de  $Q = 5.14 \text{ m}^3/\text{h}$ , con este valor encontramos la dosificación necesaria de ozono: Tabla 1-6

$$5.14 \text{ m}^3/\text{h} \left| \begin{array}{l} 5.2 \text{ mg/L} \\ \hline 1.2 \text{ m}^3/\text{h} \end{array} \right. = 22.27 \text{ mg/L de O}_3$$

Entonces luego de este cálculo encontramos que necesitamos una concentración de  $22.27 \text{ mg/L}$  de  $\text{O}_3$ , en un tiempo de retención de 14 minutos.

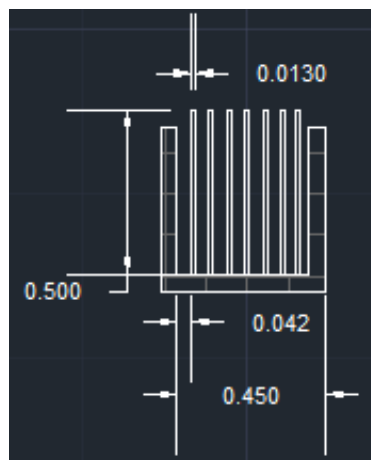
### 3.2 Resultados:

#### 3.2.1 Resultados de las rejillas:

**Tabla 23-3** Resultados del dimensionamiento de las Rejillas.

Parámetro	Medida	Unidad
Caudal	0.0014	m <sup>3</sup> /s
Base del canal	0.5	m
Altura del canal	0.5	m
Separación entre las barras	0.042	m
Espesor de las barras	0.013	m
Coefficiente de las barras	1.79	
Gravedad	9.8	m/s <sup>2</sup>
Velocidad por la ecuación de Mannig	0.15	m/s
Área del canal	0.009	m
Tirante del canal	0.018	m
Altura del canal	0.4	m
Longitud de las barras	0.5	m
Velocidad a través de las rejillas	0.006	m/s
Número de barrotes	7	
Perdida de carga	0.0011	m

**Realizado por:** Barrera. C, 2015



**Figura 2-3** Rejillas

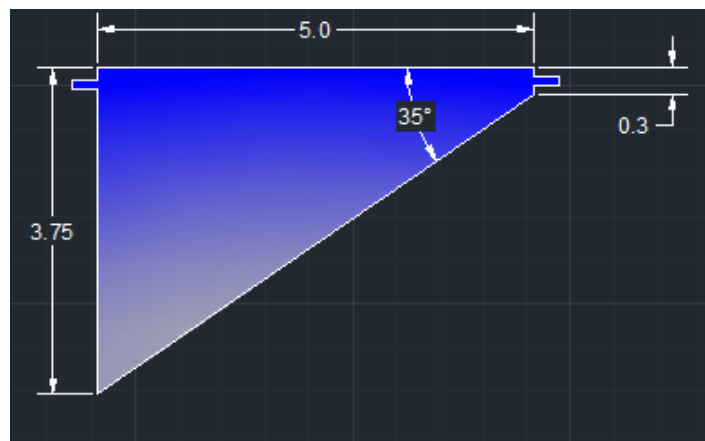
**Realizado por:** Barrera. C, 2015

### 3.2.2 Resultado del desarenador:

**Tabla 24-3** Resultados del dimensionamiento de Desarenador.

Parámetro	Medida	Unidad
Densidad de la partícula	0.02	cm
Viscosidad cinemática	0.0111680	cm <sup>2</sup> /s
Termino del diámetro	4.70	cm
Velocidad	2.62	cm/s
Coefficiente de arrastre	3.689	
Velocidad de sedimentación	3.419	cm/s
Área superficial	752.32	cm <sup>2</sup>
Largo del desarenador	5	m
Ancho del desarenador	0.50	m
Profundidad	0.3	m
Velocidad horizontal	0.952	m/s
Tiempo de retención	524.85	s
Angulo de inclinación	35	°
Altura del ángulo	3.5	m

Realizado por: Barrera. C, 2015



**Figura 3- 3** Desarenador

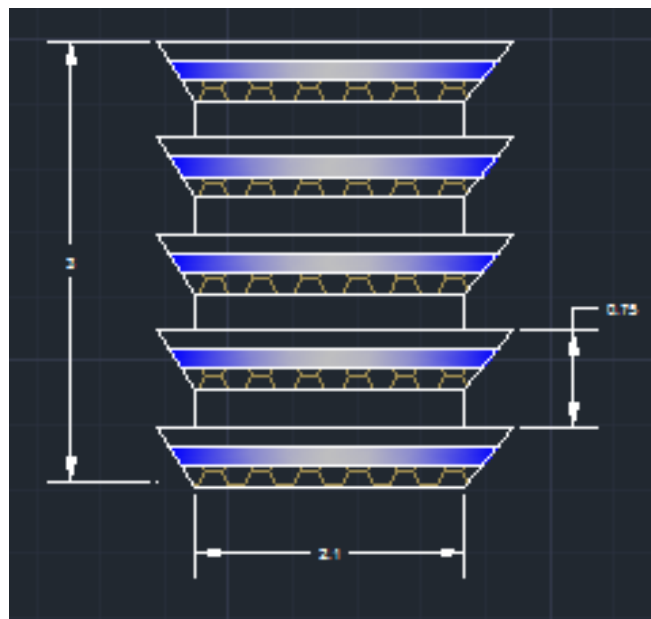
Realizado por: Barrera. C, 2015

### 3.2.3 Resultado del aireador de bandejas

**Tabla 25- 1** Resultado del dimensionamiento de Aireador de Bandejas.

Parámetro	Medida	Unidad
Caudal	5144.4	L/h
Área total de aireación	3	m
Número de bandejas	5	
Tiempo de exposición	1.7	s

Realizado por: Barrera. C, 2015



**Figura 4- 1** Aireador de Bandejas

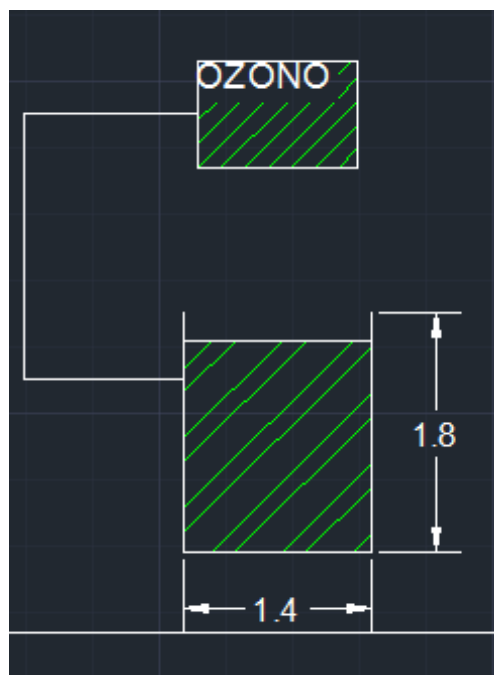
Realizado por: Barrera. C, 2015

### 3.2.4 Resultados de la dosificación del ozono

**Tabla 26-3** Resultado de la dosificación de Ozono.

Parámetro	Medida	Unidad
Caudal	5.14	m <sup>3</sup> /h
Ozono	22.27	mg/L

Realizado por: Barrera. C, 2015



**Figura 5-3** Dosificador de ozono

Realizado por: Barrera. C, 2015

### 3.3 Propuesta

La propuesta para la Lavandería Procesos Textiles Llerena Ubicada en el cantón Pelileo dirigida por el Sr. Becker Llerena consiste con la implementación de los respectivos procesos unitarios que se describen a continuación:

- El caudal actual supera la capacidad de las rejillas, por lo que se rediseñaron hacia un sistema de rejillas el cual consta: con una inclinación de  $60^\circ$ , la separación entre cada barrote es de 0.042m, el espesor de cada barra es de 0.013, el ancho del canal es de 0.5m, número 7 de barrotos que se necesita para el canal son 7 y cada barrote tendrá una longitud de 0.5m, con el fin de atrapar los sólidos de mayor espesor. Se rediseñó las rejillas ya que no abastece el diseño actual para el caudal con el que se está trabajando en la planta.
- Se va a utilizar el tanque reservorio actualmente disponible, que cuenta con una capacidad de  $59.5 \text{ m}^3$ , para el almacenamiento del agua residual a tratar. Este tanque va a recibir el suministro de coagulante y floculante, con una dosificación de 3.40 g/L de coagulante (Policloruro) y de floculante 1.7g/L de floculante (Poliacrilamida),
- Para recoger los lodos con mayor facilidad se rediseño el desarenador con un volumen de 750 L, necesario para retener las partículas con una densidad de 0.02cm, el largo del sedimentador será de 5m, ancho de 0.50m, y el ángulo de inclinación para recoger los lodos es de  $35^\circ$ . Se consideró el rediseño del desarenador puesto que el actual no se encuentra operando con la inclinación óptima para recoger los lodos y por tal motivo la materia orgánica sigue presente en el agua.
- Con el propósito de oxigenar el agua residual y eliminar ácido sulfúrico, olor, se dimensionó el aireador de bandejas hacia uno que opere en régimen de proceso continuo con 5 bandejas, cada bandeja cuenta con ancho de 2.1m, 2m de largo, y la separación entre cada bandeja será de 0.75m.
- Para mejorar la calidad del agua residual y que ésta cumpla los parámetros establecidos en el Libro VI del TULSMA, Tabla 9, referente a descargas de agua residual al sistema de alcantarillado, se propone una dosificación de ozono de 22.27mg/L en un tanque de capacidad es de 1500L.

### 3.4 Análisis y Discusión de resultados

Operaciones requeridas:

Para el correcto tratamiento de las aguas residuales se necesita:

- Rejillas
- Tanque de almacenamiento
- Desarenador
- Aireador de Bandejas
- Tanque para la dosificación de ozono.

Operaciones a redimensionar:

- Rejillas
- Desarenador

Operaciones a eliminar:

- Sedimentadores.

Con la implementación del rediseño, se espera que haya las siguientes variaciones en los parámetros:

**Tabla 27-3** Variación de parámetros

Parámetro	Variación	Operación
DBO	Reducción	Desarenador disminuirá la cantidad de materia orgánica ya que se van a precipitar y se van a evacuar al secador de lodos.
DQO		
Sólidos totales	Reducción	Se van a precipitar en el tanque de almacenamiento con la ayuda del Policloruro de aluminio y Poliacrilamida.
Sulfuros y sulfatos	Reducción	Van a disminuir la concentración, en el aireador

		de bandejas debido a la oxigenación
Tensoactivos	Eliminación	Con ayuda del ozono y el uso de detergentes biodegradables se va a eliminar la presencia de espumas en las aguas residuales.
Temperatura	Reducción	Al momento en que el agua entra en contacto con el aireador de bandejas, va a disminuir la temperatura.

**Realizado por:** Barrera. C, 2015



## CONCLUSIONES

- El agua residual proveniente de la Lavandería Procesos Textiles Llerena, presenta los siguientes parámetros de caracterización 780 mg/L de DQO, 507 mg/L de DBO5, 447 mg/L de Sulfatos, 36 mg/L, Sólidos suspendidos totales, 0,49 mg/L de tensoactivos.
- Los parámetros que se encuentran dentro de los límites permisibles para la descarga detallados en el TULSMA, Libro VI, anexo 1, tabla 9 son: hierro, cromo, aceites y grasas, fenoles, bario, cadmio, selenio, cobre y zinc y cumplen con los límites permisibles al sistema de alcantarillado establecido por el TULSMA.
- Fue necesario el rediseño del sistema de rejillas, desarenador.
- El análisis de datos resaltó la necesidad de implementar las operaciones de aireamiento de bandejas y tratamiento con ozono al agua residual para asegurar el cumplimiento de los límites permisibles.

## RECOMENDACIONES

- Implementar limpieza del sistema de rejillas después de cada descarga del efluente, para de esta manera evitar las pérdidas por cargas y posterior obstaculización del sistema por las fibras de algodón.
- Evitar desechar la piedra pómez y cualquier tipo de desperdicios en la canalización.
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo que asegure el estado óptimo de los equipos existentes en la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Procurar el uso de componentes y químicos biodegradables para facilitar el tratamiento de las aguas residuales.
- Capacitar con frecuencia al personal de producción de la planta de tratamiento de aguas residuales con el objetivo de mantener en buenas condiciones a la planta de tratamiento.

## **BIBLIOGRAFIA:**

**Albia, L, & Ligña J.** *Diseño, simulación y maqueta de una lavadora vertical de 400 kilogramos para el proceso de reducción y posterior tenido del índigo.* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2009. pp. 2-3-7-8-10-11-12-13-14-15-16-17-18.

**Alvarado, T.** *Diseño de un sistema de tratamiento de Agua Residual para la parroquia Bilbao.* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 20014. pp. 21-22-23.

**CASTAÑO, E.** - Otros., Revista Científica., Diseño de la planta de Tratamiento de aguas residuales de textiles FARO LTDA., Medellín - Colombia., 1998., Pp. 170.

**CRITES, Ron & TCHOBANOGLIOUS, Geoge.** Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Bogotá-Colombia, McGraw-Hill, 2001. pp. 246-782

**CARACTERÍSTICAS DEL POLICLORURO DE ALUMINIO.** [En línea]. 2015-09-22  
Disponble en:  
<http://www.zbdzchem.com/Poly-Aluminium-Chloride.html>

**DANESHVAR, A.,** Decoloración de soluciones de colorantes Básicos por electrocoagulación., 1a ed., Bogotá - Colombia., Editores Asociados Técnicos., 2005., pp., 122.

**DANIEL, F.,** Manual del Agua: Su Tratamiento y Aplicación., 1ª.ed., Madrid - España., Mc Graw Hill., 1989., Pp. 8.

**FERRERO, José.** Depuración Biológica de las Aguas Residuales. Madrid-España, Alhambra, 1974. pp. 10.

**Guerrero, H.** *Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Pilahuín, cantón Ambato.* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 20014. pp. 2-3-4-15

**HAN, Dawei.** Concise Environmental Engineering. Bristol-Inglaterra. Bookboon, 2012. pp. 78.

**METCALF & EDDY.,** Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento Vertido y Reutilización., 3ª. ed., Madrid – España., Mc Graw – Hill Interamericana., 1995., Pp. 510.

**OSORIO, Francisco, & otros.** Tratamiento de Aguas Para la Eliminación de Microorganismos y Agentes Contaminantes. Madrid-España. Díaz de Santos. 2010. pp. 2.

**Porras, J.** *Optimización de la planta de tratamiento de aguas Residuales para la empresa Cactomer I.N ubicada en la Parroquia bolívar del cantón Pelileo*". (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.20014. pp 69-70-71.

**ROMERO, J.,** Tratamiento de aguas residuales., 2ª ed., Bogotá – Colombia., 2002., Pp. 17-287-288-293-683.

**Soler, Juan Diego.** 2015. *Agua en Marte, un paso hacia el hallazgo de vida extraterrestre.* El Tiempo. [En línea] 28 de 09 de 2015. [Citado el: 30 de 11 de 2015.]  
[http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/marte-nasa-confirma-presencia-de-agua-liquida-en-la-superficie/16389622.](http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/marte-nasa-confirma-presencia-de-agua-liquida-en-la-superficie/16389622)

**TEMPLETON, Michael. & BUTLER, David.** Introduction to Wastewater Treatment. Exeter-Inglaterra. BookBoon. 2011. pp. 20.


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

**VICUNHA TEXTIL.,** Revista Científica., Diagnostico de las Lavanderías Textiles en Pelileo., Quito - Ecuador., 2010., pp.12


**Zurita, P.** *Optimización Del Sistema De Tratamiento De Efluentes Generados En La Lavandería Y Tintorería De Jeans Corpotex.* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.20014. pp 7-8-9.

# ANEXOS

## Anexo A. Análisis del efluente descarga al sistema de alcantarillado. 23/03/2015



“Contribuimos a la protección ambiental con análisis de laboratorio confiables”  
www.lacquanalisis.com



**LABORATORIO DE ENSAYOS**  
N° OAE LE C 11-010

### INFORME DE RESULTADOS

**Versión:** 7  
**Pág.** 1 de 1  
**Código:** REG TEC 018  
**Fecha formato:** 26/03/2014  
**NUMERO DE INFORME:**  
LACQUA 15-1069

**DATOS DEL CLIENTE**

CLIENTE:	PROCESOS TEXTILES LLERENA
REPRESENTANTE:	Sr. Becker Llerena
DIRECCION:	Pelileo Grande
TELEFONO:	03 2871806
CELULAR:	09 89829061
e - mail:	beckerllerena1968@hotmail.com

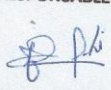
<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>	<b>HUMEDAD (%):</b> 51,5	<b>TEM. AMBIENTE(°C):</b> 23
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Agua residual descarga final lavado de jeans	
<b>RESPONSABLE MUESTREO:</b>	Lacquanalisis	
<b>TIPO DE TOMA DE MUESTRA:</b>	Puntual	
<b>FECHA DE ANALISIS:</b>	Desde el 23 de Marzo al 10 de Abril del 2015	
<b>FECHA EMISION DE INFORME:</b>	10 de Abril del 2015	
<b>FECHA TOMA DE MUESTRA:</b> 20 de Marzo del 2015		

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

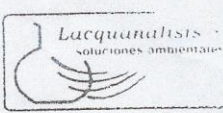
PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX <sup>#</sup>	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Caudal de descarga**	l/s	1,429	1,5 veces el caudal promedio del sistema de alcantarillado	SEGÚN CONDICIONES DEL SISTEMA	----
DQO	mg/l	780	500	PRO TEC 014 / APHA 5220 C	± 14,1 %
DBO5**	mg/l	507	250	PRO TEC 030 / APHA 5220 B	----
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	36	220	PRO TEC 029 / APHA 2540 D	± 8,38 %
Sulfuros	mg/l	1,112	1,0	PRO TEC 042 / APHA 4500 S E	± 4,74 %
Sulfatos*	mg/l	447	400,0	PRO TEC 026 / HACH 8051	± 13,00 %
Hierro**	mg/l	0,03	25,0	PRO TEC 020 / APHA 3500-Fe D	----
Cromo Total*	mg/l	0,71	-----	PRO TEC 040 / APHA 3111 B	± 10,31 %
pH	UpH	6,98	5 a 9	PRO TEC 011/APHA 4500 H+B	± 0,95 %
Aceites y Grasas***	mg/l	<11,8	70	PEAGSEN12	----
Detergentes***	mg/l	0,49	2,0	PEAGSEN10	----
Fenoles***	mg/l	<0,05	0,2	PEAGSEN11	----
Bario***	mg/l	<0,050	5,0	PA - 22.00	----
Cadmio***	mg/l	0,020	0,02	PA - 07.00	----
Selenio***	mg/l	<0,0001	0,5	Interno	----
Cobre	mg/l	0,08	1,0	PRO TEC 032/ HACH 8506	± 19,60 %
Zinc***	mg/l	<0,05	10	PA -19.00	----

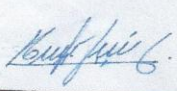
<sup>#</sup> Norma de Referencia:TULSMA LIBRO VI ANEXO 1 Tabla 9  
<sup>\*</sup> Parámetro acreditado  
<sup>\*\*</sup> Parámetro acreditado fuera del alcance  
<sup>\*\*\*</sup> Parámetro No acreditado  
<sup>\*\*\*\*</sup> Parámetro lab. Subcontratado Acreditado: Certificado: N° OAE LE 2C 09-007- N° OAE LE 2C 05-005

**PERSONAL RESPONSABLE:**



Ing. Andrea Tirado  
**ANALISTA**





Dr. Harold Jiménez  
**DIRECTOR TECNICO**

El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Dirección: Edificio Plaza Ficoa, local 202, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo  
 Teléfono Móvil: 09-5363620 . info@lacquanalisis.com  
 Ambato, Ecuador - Sud América

**Anexo B. Análisis del efluente descarga al sistema de alcantarillado. 18/06/2015**



**CÓDIGO: 358-14**

Análisis solicitado por: Sr. Fernando Barrera  
Fecha de Análisis: 18 de junio del 2015  
Fecha de Entrega de Resultados: 24 de junio del 2015  
Tipo de muestras: Agua residual de lavandería  
Localidad: Pelileo. Barrio Tambo

**Análisis Químico**

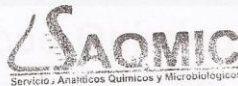
Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	8000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	500	5600
Sólidos Totales	mg/L	2-80-B	1600	6920
pH	Unid	4-106-B	---	7.87
Aceites y grasas	mg/L	5-52-D	70	143.3
Sulfatos	mg/L	4-229-A	400	210
Sulfuros	mg/L	4-215-B	1.0	240

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

\*\*TULAS TABLA 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R

Dra. Fabiola Villa

**Anexo C.** Planta actual de tratamiento de aguas residuales

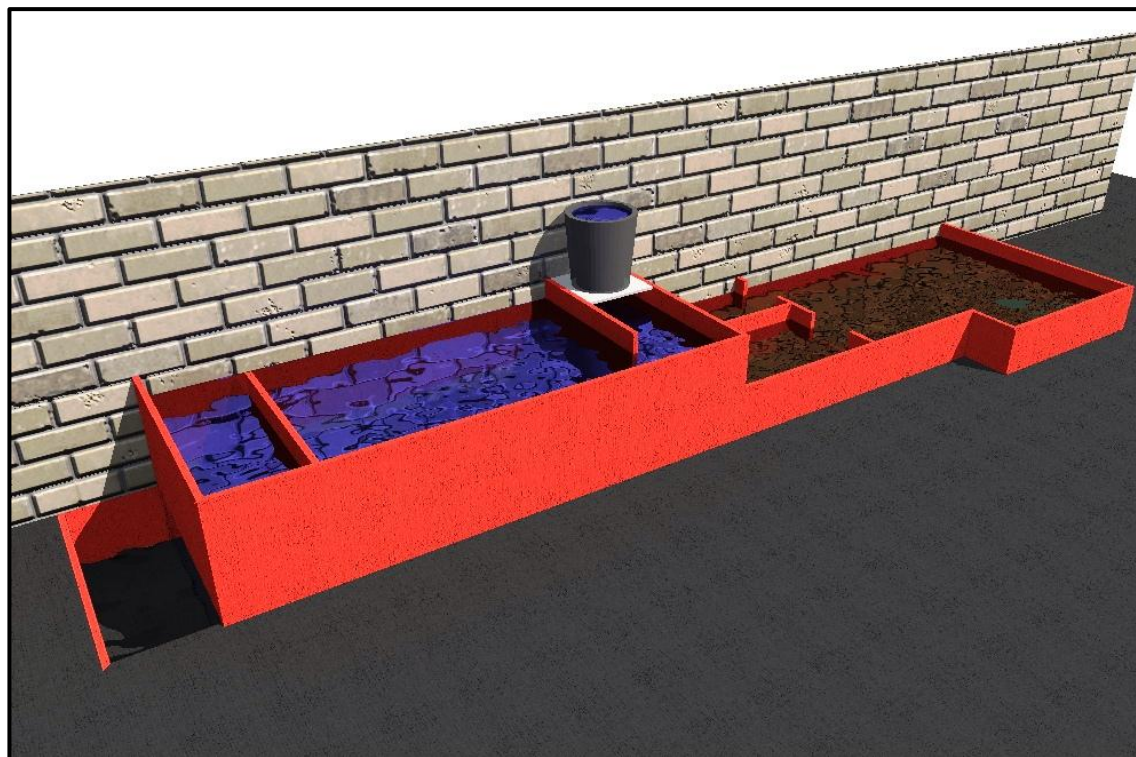


**Anexo C.** Planta actual de Tratamiento de Aguas Residuales





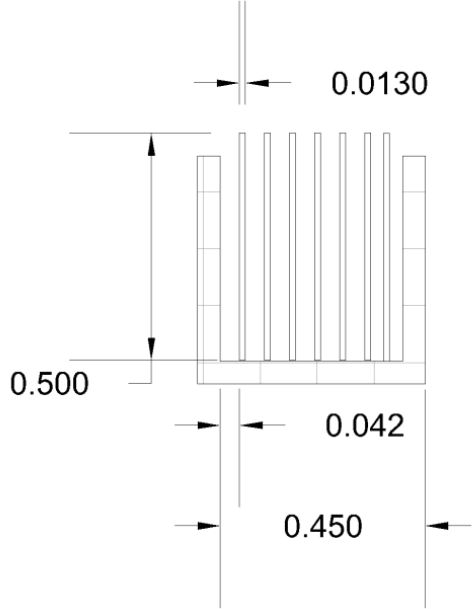
**Anexo D.** Planta actual de Tratamiento de Aguas Residuales



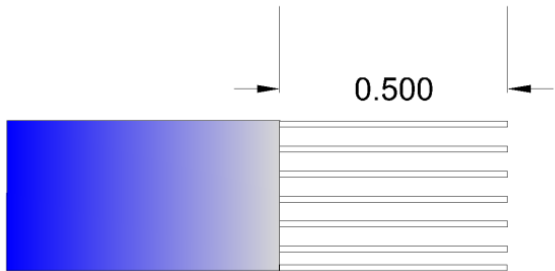
Anexo F. Plano de rejillas


# Rejillas

## Vista Planta

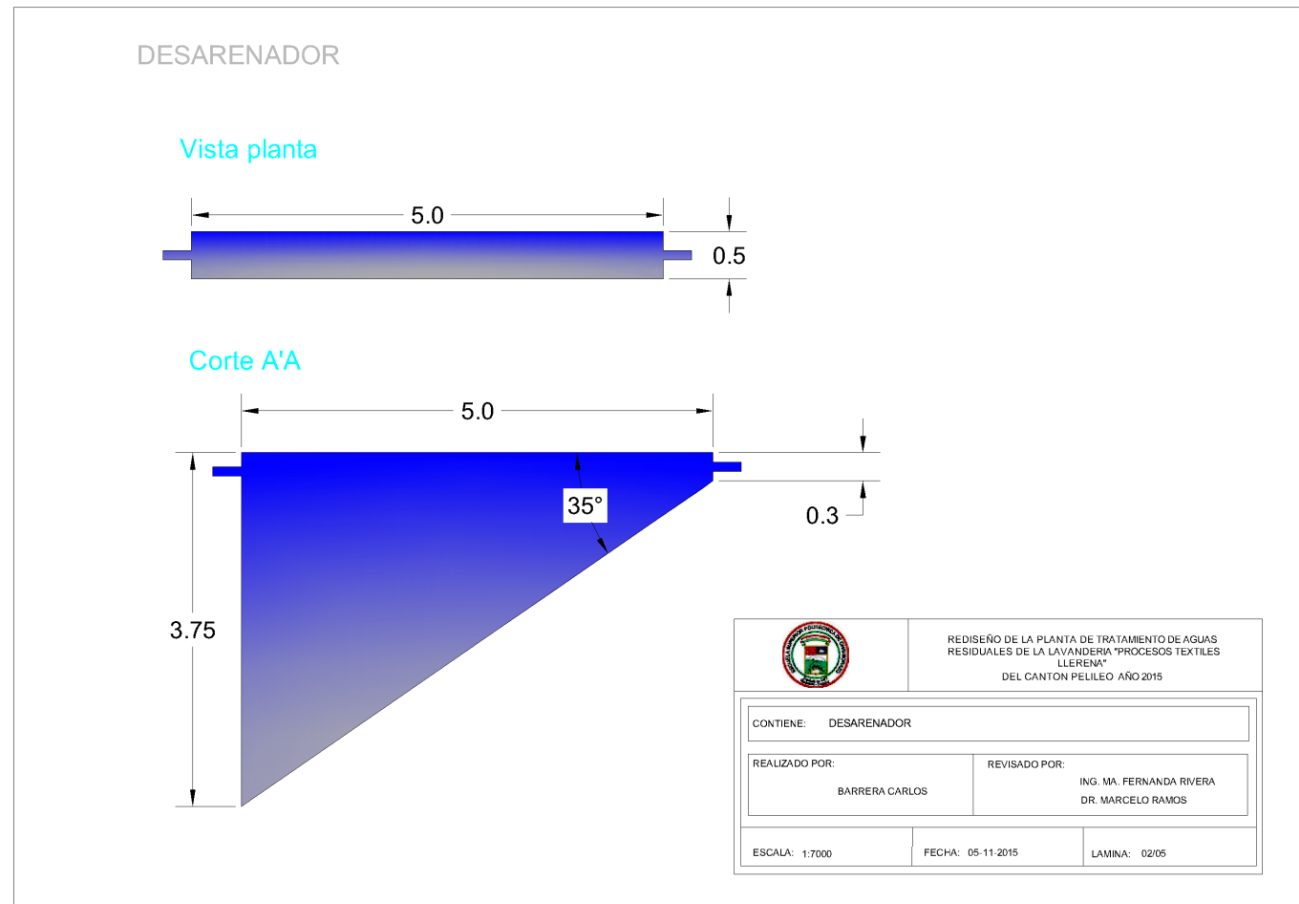


## Corte A'A

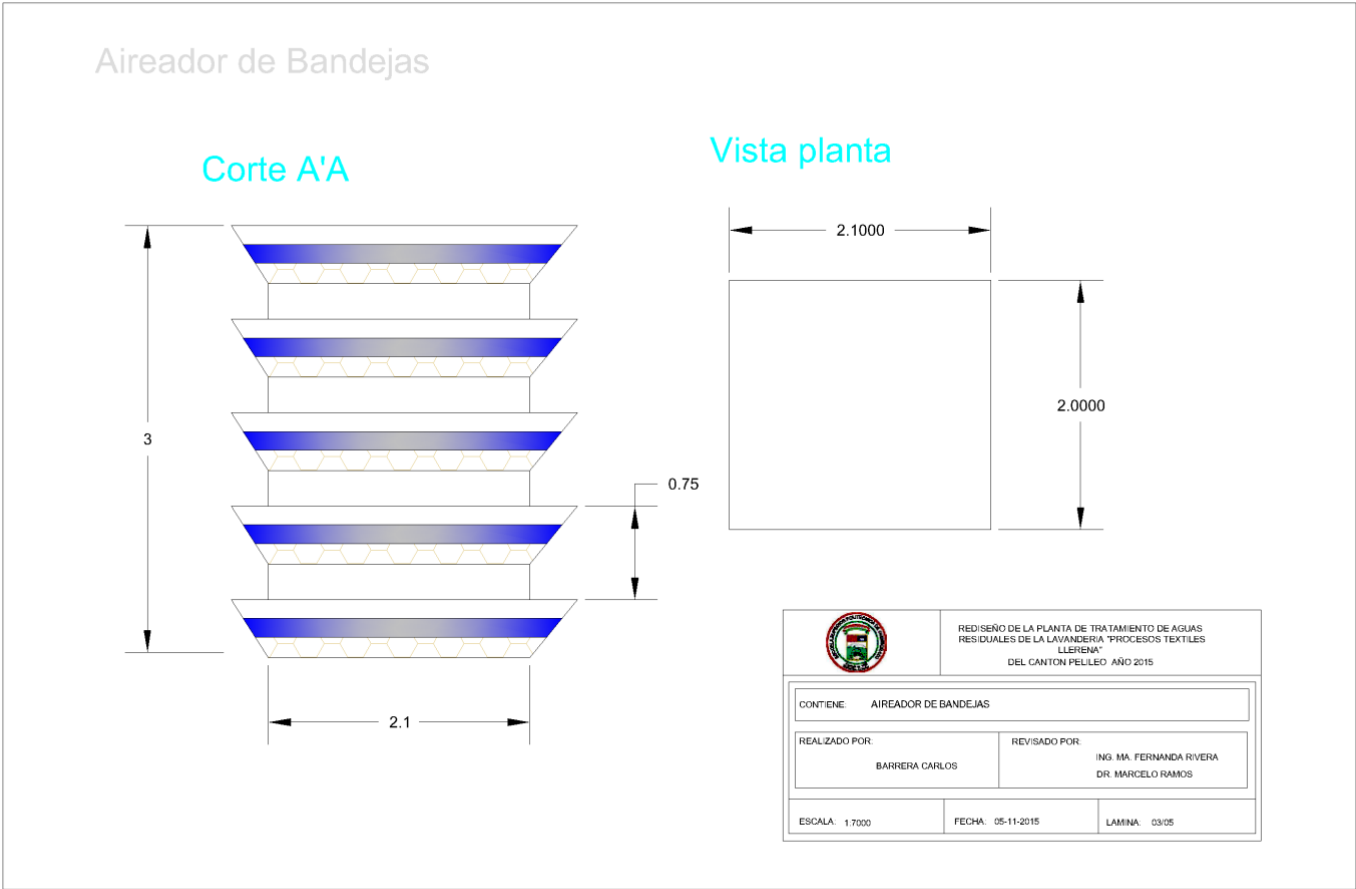


	REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAVANDERÍA "PROCESOS TEXTILES LLERENA" DEL CANTÓN PELILEO AÑO 2015	
CONTIENE: REJILLAS		
REALIZADO POR: BARRERA CARLOS	REVISADO POR: ING. MA. FERNANDA RIVERA DR. MARCELO RAMOS	
ESCALA: 1:7000	FECHA: 05-11-2015	LAMINA: 01/05

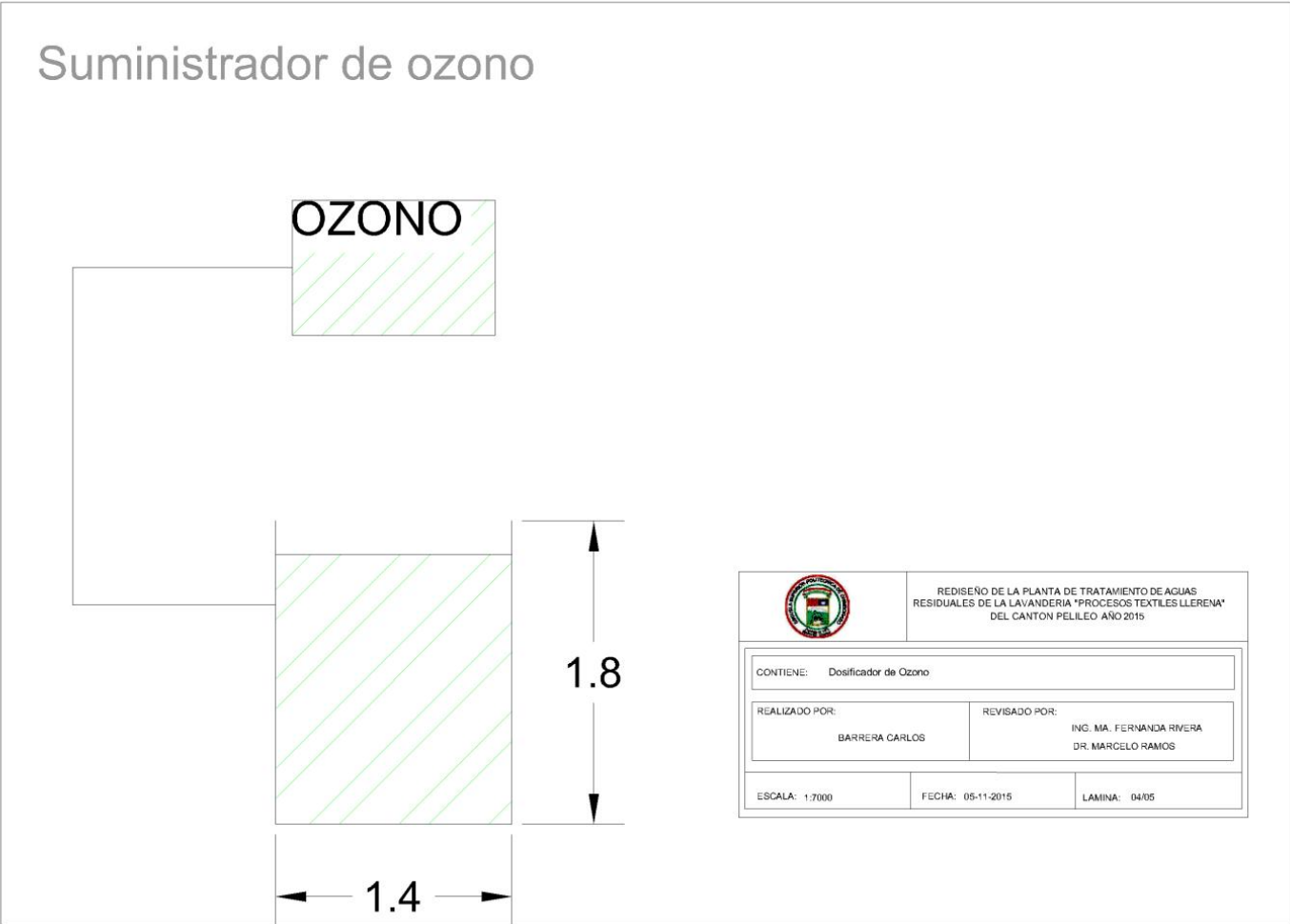
## Anexo G. Plano Desarenador



Anexo H. Plano de Aireador de Bandejas



Anexo I. Plano de la dosificación del Ozono



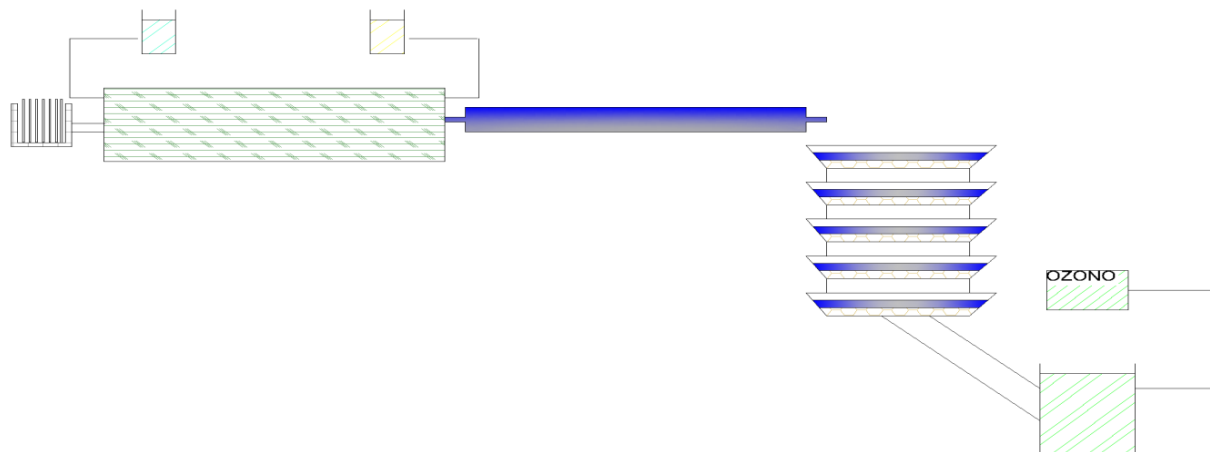
**Anexo J. Toma de Muestra de agua residual**




**Anexo K.** Área de bombas de la Lavandería



**Anexo L.** Propuesta del rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales



	REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAVANDERÍA "PROCESOS TEXTILES LLERENA" DEL CANTÓN PELILEO AÑO 2015	
CONTIENE: Propuesta del Rediseño de la Planta de Tratamiento		
REALIZADO POR: BARRERA CARLOS	REVISADO POR: ING. MA. FERNANDA RIVERA DR. MARCELO RAMOS	
ESCALA: 1:7000	FECHA: 05-11-2015	LAMINA: 05/05