



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO
PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA HILANDERÍA INTER-
COMUNITARIA EN LA PARROQUIA SALINAS CANTÓN
GUARANDA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: MICHAEL XAVIER HACHI PAZMIÑO

TUTOR: DR. GERARDO LEÓN CHIMBOLEMA

RIOBAMBA - ECUADOR

2018

©2018, Michael Xavier Hachi Pazmiño

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo técnico “**DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA HILANDERÍA INTER-COMUNITARIA EN LA PARROQUIA SALINAS CANTÓN GUARANDA**”, de responsabilidad del señor Michael Xavier Hachi Pazmiño, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Gerardo José León Chimbolema

DIRECTOR DE TRABAJO

DE TITULACIÓN

FIRMA

FECHA

Dr. Fausto Manolo Yaulema Garcés

MIEMBRO DE TRABAJO

DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Michael Xavier Hachi Pazmiño, 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, 08 de marzo de 2018

Michael Xavier Hachi Pazmiño

020234639-1

Yo, MICHAEL XAVIER HACHI PAZMIÑO, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación, pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Michael Xavier Hachi Pazmiño

DEDICATORIA

A Dios, guía fundamental de mi vida.

A mi madre Cecibel, quien ha sido mi pilar y ha sabido encaminar mi sendero.

A mi abuelo Mario, quien desde el cielo sigue motivándome para alcanzar mis metas.

Michael Xavier Hachi Pazmiño

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a sus maestros y asistentes, que fueron mis mentores durante mi formación académica.

A los doctores Gerardo León y Fausto Yaulema por ser los guías en el desarrollo del presente Trabajo de Titulación.

A la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, por brindarme el aval, cederme el uso de sus instalaciones y permitirme desarrollar este proyecto.

A toda mi familia y amigos, por sobrellevar mi carácter y alentarme de manera incondicional.

Michael Xavier Hachi Pazmiño

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xvi
SUMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	6
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
1.1 Agua residual	6
1.1.1 <i>Aguas residuales industriales</i>	6
1.2 Agua residual de la industria textil	6
1.3 Caracterización de agua residual	7
1.3.1 <i>Características físicas</i>	8
1.3.2 <i>Características químicas</i>	9
1.3.3 <i>Características micro-biológicas</i>	11
1.4 Tratamientos de agua residual	12
1.4.1 <i>Pre-tratamiento y tratamiento primario</i>	12
1.4.1.1 <i>Cribado</i>	13
1.4.1.2 <i>Sedimentación</i>	13
1.4.1.3 <i>Flotación</i>	14
1.4.1.4 <i>Neutralización y homogenización</i>	14

1.4.2	Tratamiento secundario	15
1.4.2.1	<i>Lodos activados</i>	15
1.4.2.2	<i>Filtros percoladores</i>	15
1.4.2.3	<i>Biodiscos</i>	16
1.4.2.4	<i>Lagunaje</i>	16
1.4.2.5	<i>Filtro biológico</i>	17
1.4.3	Tratamiento terciario	17
1.5	Marco legal	18
 CAPITULO II		20
2	MARCO METODOLÓGICO	20
2.1	Localización y características de la hilandería	20
2.1.1	<i>Localización</i>	20
2.1.2	<i>Características de la hilandería</i>	21
2.1.3	<i>Datos de producción de la hilandería</i>	22
2.2	Medición del caudal	25
2.3	Muestreo de agua residual	25
2.4	Caracterización de agua residual	26
2.5	Índice de biodegradabilidad	28
2.6	Pruebas de tratabilidad	28
2.7	Propuesta de diseño de la planta	32

CAPÍTULO III	34
3 CÁLCULOS	34
3.1 Cálculo de la generación de agua residual	34
3.1.1 <i>Aumento de producción futuro</i>	35
3.1.2 <i>Producción futura</i>	35
3.1.3 <i>Proyección de producción</i>	36
3.1.4 <i>Caudal de agua residual producido diariamente</i>	36
3.1.5 <i>Caudal de diseño</i>	37
3.2 Cálculos de diseño	37
3.2.1 <i>Cálculo del canal</i>	38
3.2.2 <i>Cálculo de rejillas</i>	39
3.2.3 <i>Cálculo de trampa de grasas</i>	45
3.2.4 <i>Cálculo del desarenador</i>	48
3.2.5 <i>Cálculos del canal Parshall</i>	53
3.2.6 <i>Tanque de agitación para Coagulación - Floculación</i>	64
3.2.7 <i>Calculo de dosificación de químicos</i>	72
3.2.8 <i>Sedimentador</i>	75
3.2.9 <i>Filtros</i>	81
3.2.10 <i>Tanque de desinfección</i>	91
3.2.11 <i>Dosificación del desinfectante</i>	93
3.2.12 <i>Lecho de secado</i>	96
DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	100

CAPÍTULO IV	101
4 RESULTADOS	101
4.1 Resultados de aforaciones de caudales	101
4.2 Resultados de monitoreo de agua residual	102
4.3 Resultados de la caracterización	103
4.4 Resultados de las pruebas de tratabilidad	106
4.5 Resultados del análisis físico – químico y microbiológico posterior a las pruebas de tratabilidad	113
4.6 Remoción de la carga contaminante del agua residual	114
4.6.1 <i>Remoción de Sólidos Suspendidos</i>	114
4.6.2 <i>Remoción de Turbiedad</i>	115
4.6.3 <i>Remoción del color</i>	116
4.6.4 <i>Remoción de Aceites y Grasas</i>	116
4.6.5 <i>Remoción de Bario, Boro, Zinc, Cloruros, Cobre, Cromo Hexavalente, Hierro, Manganeso y Níquel</i>	117
4.6.6 <i>Remoción de Nitrógeno total</i>	122
4.6.7 <i>Remoción de Tensoactivos</i>	123
4.6.8 <i>Remoción de DBO₅</i>	124
4.6.9 <i>Remoción de DQO</i>	124
4.6.10 <i>Eliminación de Coliformes fecales</i>	125
4.7 Resultados del diseño	126
PRESUPUESTO DEL PROYECTO	129

CONCLUSIONES	133
RECOMENDACIONES	135
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – 1:	Características físicas del agua residual.....	8
Tabla 2 – 1:	Características químicas del agua residual	10
Tabla 3 – 1:	Características micro-biológicas del agua residual.....	12
Tabla 4 – 1:	Marco legal del proyecto	18
Tabla 1 – 2:	Subproductos del proceso de lavado y teñido.....	21
Tabla 2 – 2:	Producción de la hilandería mes de Junio.....	22
Tabla 3 – 2:	Producción de la hilandería mes de Julio.....	23
Tabla 4 – 2:	Producción de la hilandería Año 2016.....	23
Tabla 5 – 2:	Producción de la hilandería Año 2017.....	24
Tabla 6 – 2:	Índice de aumento de producción en 10 años	24
Tabla 7 – 2:	Métodos de caracterización de agua residual.....	26
Tabla 8 – 2:	Relación de biodegradabilidad.....	28
Tabla 1 – 3:	Parámetros de diseño de rejillas	39
Tabla 2 – 3:	Determinación de garganta (W) para canaleta Parshall	54
Tabla 3 – 3:	Valores estandarizados de K y N según el tamaño de W	54
Tabla 4 – 3:	Dimensiones estandarizadas para diseño de canal Parshall	55
Tabla 5 – 3:	Parámetros de diseño tanque agitador	64
Tabla 6 – 3:	Parámetro de diseño de mezclador de turbina.....	65
Tabla 7 – 3:	Criterios de diseño para filtros	82
Tabla 8 – 3:	Criterios técnicos para el sistema de drenaje	83
Tabla 1 – 4:	Aforación de caudales Junio 2017	101
Tabla 2 – 4:	Aforación de caudales Julio 2017	102

Tabla 3 – 4:	Caudal Promedio mes de Junio y Julio 2017	102
Tabla 4 – 4:	Fechas de muestreo en el mes de Junio 2017	103
Tabla 5 – 4:	Fechas de muestreo en el mes de Julio 2017	103
Tabla 6 – 4:	Análisis físico - químico y microbiológico inicial de las muestras compuestas de agua residual.....	104
Tabla 7 – 4:	Índice de biodegradabilidad del agua residual.....	105
Tabla 8 – 4:	Resultado de prueba de tratabilidad: trampa de grasas.....	106
Tabla 9 – 4:	Resultado de prueba de tratabilidad: desarenador.....	107
Tabla 10 – 4:	Determinación de la concentración de PAC	107
Tabla 11 – 4:	Determinación de pH óptimo.....	108
Tabla 12 – 4:	Determinación de dosis óptima.....	109
Tabla 13 – 4:	Identificación de rpm eficientes.....	110
Tabla 14 – 4:	Resultado de prueba de tratabilidad: tanque de coagulación	111
Tabla 15 – 4:	Resultado de prueba de tratabilidad: sedimentador	112
Tabla 16 – 4:	Características del medio filtrante de arena	112
Tabla 17 – 4:	Resultado de prueba de tratabilidad: filtro de grava y arena.....	113
Tabla 18 – 4:	Análisis físico- químico y microbiológico del agua residual tratada.....	113
Tabla 19 – 4:	Resultados de dimensionamiento.....	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – 2:	Localización de la Hilandería	20
Figura 2 – 2:	Muestreo de Agua Residual.....	25
Figura 3 – 2:	Trampa de grasas	29
Figura 4 – 2:	Prueba de tratabilidad de desarenador	30
Figura 5 – 2:	Filtro de arena y carbón activado.....	30
Figura 6 – 2:	Equipo de prueba de jarras.....	31
Figura 1 – 3:	Formas de la barra de rejillas	40
Figura 2 – 3:	Trampa de grasas.....	45
Figura 3 – 3:	Diseño canaleta Parshall	53
Figura 4 – 3:	Filtro lento de arena	82

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – 4:	Relación NTU vs concentración de poli cloruro de Aluminio.....	108
Gráfico 2 – 4:	Relación NTU vs pH óptimo de coagulación.....	109
Gráfico 3 – 4:	Relación NTU vs dosis de poli cloruro de aluminio.....	110
Gráfico 4 – 4:	Relación NTU vs revoluciones por minuto.....	111
Gráfico 6 – 4:	Resultado de remoción de Turbiedad.....	115
Gráfico 5 – 4:	Resultado de remoción de Sólidos Suspendedos.....	115
Gráfico 7 – 4:	Resultado de remoción de Color.....	116
Gráfico 8 – 4:	Resultado remoción de Aceites y Grasas.....	117
Gráfico 9 – 4:	Resultado remoción de Bario.....	118
Gráfico 10 – 4:	Resultado remoción de Boro total.....	118
Gráfico 11 – 4:	Resultado remoción de Zinc.....	119
Gráfico 12 – 4:	Resultado remoción de Cloruros.....	119
Gráfico 13 – 4:	Resultado remoción de Cobre.....	120
Gráfico 14 – 4:	Resultado remoción de Cromo hexavalente.....	120
Gráfico 15 – 4:	Resultado remoción de Hierro.....	121
Gráfico 16 – 4:	Resultado remoción de Manganeso.....	121
Gráfico 17 – 4:	Resultado remoción de Níquel.....	122
Gráfico 18 – 4:	Resultado remoción de Nitrógeno total.....	123
Gráfico 19 – 4:	Resultado remoción de Tensoactivos.....	123
Gráfico 20 – 4:	Resultado remoción de DBO ₅	124
Gráfico 21 – 4:	Resultado remoción de DQO.....	125
Gráfico 22 – 4:	Resultado eliminación de Coliformes Fecales.....	125

RESUMEN

Este proyecto técnico tiene el propósito de diseñar un sistema de tratamiento de agua residual para la Hilandería Inter-comunitaria de Salinas, cantón Guaranda. Con el propósito de reducir la carga contaminante de sus efluentes y el cumplimiento de los límites permisibles dispuestos por la autoridad ambiental del Ecuador. El proceso se realizó en tres fases complementarias; en la primera fase de desarrollo, se determinaron los caudales de las descargas de agua residual durante los meses de junio y julio de 2017, posteriormente se realizó la caracterización en el Laboratorio de Control de Calidad de la Empresa Pública – Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado - Guaranda (E.P-EMAPA-G) para su análisis posterior, donde se obtuvieron parámetros fuera de los límites permisibles siendo éstos: pH, sólidos suspendidos, aceites y grasas, bario, boro total, zinc, cloruros, cobre, cromo hexavalente, fósforo, hierro, manganeso, níquel, nitrógeno total, tenso-activos, DBO5, DQO, C Fecales. La segunda etapa consistió en efectuar pruebas de tratabilidad con el fin de identificar la eficiencia de los procesos de depuración, para un caudal de 21.5L/s y un índice de biodegradabilidad de 0.17; parámetros que sirvieron para elegir los procesos de depuración. Posteriormente en la tercera etapa, se dimensionaron las operaciones unitarias: canal, rejillas, trampa de grasas, desarenador convencional, tanque de coagulación, sedimentador primario, filtros, lechos de secado y tanque de desinfección, con lo cual se obtuvo una remoción del 90% de contaminantes, cumpliendo con la normativa ambiental vigente y las metas de reducción de contaminantes de la empresa. Se recomienda la ejecución inmediata del proyecto con el fin de mitigar los impactos ambientales provocados por las descargas.

Palabras Clave: <BIOTECNOLOGÍA>, <INGENIERÍA SANITARIA>, <TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES> <CONTAMINACIÓN AMBIENTAL> <ÍNDICE DE BIODEGRADABILIDAD> <LÍMITE PERMISIBLE> <PRUEBAS DE TRATABILIDAD>

SUMMARY

The objective of the present degree work is to investigate the sewage water to Inter-community Spinning Mill in Salinas, Guaranda canton. With the purpose of reducing the polluting of its effluents and the compliance with the permissible limits established by the environmental authority of Ecuador. The process was carried out in three complementary phases; in the first phase of development, the sewage water discharges were determined during the months of June and July of 2017, later the characterization was made in the Quality Control Laboratory of the Public Company – Municipal Water and Sewerage Company – Guaranda (PC-MWSC-G) for its subsequent analysis, where parameters outside the permissible limits were obtained, being these: pH, suspended solids, oils and fats, barium, total boron, zinc, chlorides, copper, hexavalent chromium, phosphorus, iron, manganese, nickel, total nitrogen, surfactant, BOD₅, COD, Fecal C. The second stage consisted in carrying out treatability tests in order to identify the efficiency of the purification processes, for a flow rate of 21.5L/s and a biodegradability index of 0.17; parameters that were used to choose the appropriate processes. Later in the third stage, unit operations were dimensioned: canal, grids, grease trap, conventional desander, coagulation tank, primary sedimentation tank, filters, drying beds and disinfection tank; with which a 90% of removal contaminants was obtained, to come into effect with current environmental regulations and the company's pollutant reduction goals. The immediate execution of the project is recommended in order to mitigate the environmental impacts caused by the discharges.

Keywords: <BIOTECHNOLOGY>, <SANITARY ENGINEERING>, <SEWAGE WATER>
<ENVIRONMENTAL POLLUTION> <BIODEGRADABILITY INDEX>
<PERMISSIBLE LIMIT> <TREATABILITY TESTS>

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más graves de contaminación en el Ecuador es provocado por las hilanderías que descargan sus aguas residuales sin ningún tratamiento previo, generando un gran perjuicio a nivel local y regional. Altas concentraciones de químicos contaminantes se descargan desde la Hilandería Inter-comunitaria de la Parroquia Salinas Cantón Guaranda hacia el efluente ocasionando que las aguas abajo pierdan sus propiedades físico - químicas y por ende influya en la aparición de enfermedades gastrointestinales, cutáneas entre otras, en los habitantes de la zona de influencia que la consumen. Los contaminantes presentes: tensoactivos, colorantes sintéticos, fosfatos, cloruros, DBO, DQO, plomo y dureza en estas aguas usadas para el riego generan erosión en los suelos convirtiéndolos en no aptos para la agricultura. Las descargas de esta empresa no cumplen con la TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, establecida en el Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097 A.

La industria textil es una industria que consume grandes cantidades de agua, energía y productos químicos auxiliares, además genera una gran cantidad de agua residual; estos efluentes poseen elevadas concentraciones de colorantes, contaminantes orgánicos refractarios, compuestos tóxicos, componentes inhibidores, tensoactivos, componentes clorados entre otros, por (Salazar et al, 2009), extraído de su publicación (“Degradación de aguas residuales de la industria textil por medio de fotocatalisis”, 2005)

Laasri et al (2007) en su investigación: Eliminación de dos tintes catiónicos de un efluente textil por Filtración - Adsorción en aserrín de madera (“Removal of Two Cationic Dyes from a Textile Effluent by Filtration-Adsorption on Wood Sawdust”, 2007) “afirmaron que los tintes para textiles tienen origen sintético y estructuras moleculares complejas aromáticas que hacen que sean difíciles de biodegradar cuando se libera al ecosistema”.

En su publicación, (Decolourization of industrial effluents, 2005) Anjaneyulu y Días declaran: más de diez mil diferentes tipos de pigmentos y colorantes sintéticos son usados en diferentes industrias como la textil, papelera, cosmética y farmacéutica, entre otras. Muchas actividades industriales liberan grandes cantidades de efluentes, contaminadas con colorantes, al ambiente. La principal fuente emisora de colorantes es la industria textil.

ANTECEDENTES

Uno de los inconvenientes más relevantes en la actualidad, a nivel global, es la falta de concientización ambiental por parte de las pequeñas y grandes industrias. El agua, recurso indispensable para la vida está siendo deteriorado día tras día gracias a los distintos procesos industriales, especialmente las dedicadas al lavado y teñido de lanas, las mismas que utilizan diferentes sustancias químicas para la obtención de sus productos, el uso irracional y descargas de aguas residuales sin ningún tratamiento previo está contaminando sin control a los cuerpos de agua receptores.

La Hilandería Inter-comunitaria de Salinas viene realizando sus actividades de lavado y tinturado de lanas durante varios años, dentro del proceso se utiliza agua del río Salinas y varios químicos entre ellos; detergentes, suavizantes, colorantes y ácidos, los mismos que tras ser usados son vertidos al sistema de alcantarillado que desfoga en el Río Salinas sin recibir ningún tratamiento de inactivación.

El aumento en el desarrollo productivo de los países ocasiona que el daño al ambiente incrementa cada vez más, razón por la cual es deber y obligación de cada entidad, brindar tratamientos de depuración e incluso una reutilización de estos efluentes, logrando una remoción de gran cantidad de contaminantes y reduciendo el impacto al ambiente.

Al ser visibles estos impactos ambientales, a nivel mundial se han tomado varias medidas de control y prevención que obligan a las entidades públicas y privadas a cumplir con los requerimientos que exigen las normas y leyes a favor de la reducción y eliminación de la contaminación ocasionada.

Actualmente la hilandería no cuenta con un sistema de tratamiento de agua residual, sus efluentes son descargados directamente al cuerpo receptor sin previo tratamiento, razón suficiente para que la hilandería se comprometa a actuar en conjunto para realizar el presente proyecto y cumplir con la Legislación Ambiental vigente en el Ecuador, así como también cumplir con los requerimientos de la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA, 2014).

JUSTIFICACIÓN

El artículo 411 de la LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA dispone que el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y que regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga.

En este marco de cumplimiento de la Legislación Ecuatoriana, es necesario emplear los conocimientos y experiencias como estudiante de Ingeniería, para implementar estrategias y procesos que ayuden a descontaminar el agua de los ríos.

La hilandería elabora hilo tinturado de muy buena calidad, este producto es cotizado a nivel nacional e internacional como materia de prima para textiles de excelente calidad. Durante los procesos de producción, la hilandería utiliza varios agentes químicos, particularmente en las etapas de lavado y tinturado, las mismas que generan el mayor impacto debido al uso de tintes y pigmentos que se caracterizan por ser tóxicos, liberar metales pesados, ser resistentes a la degradación natural y al entrar en contacto con el agua no solo destruyen la vida acuática sino que además pueden acumularse en el cuerpo, causar lesiones irreversibles en el sistema nervioso y riñones, así mismo se ha comprobado que el consumo de estos agentes provoca enfermedades congénitas.

Las diferentes comunidades asentadas en el margen del Río Salinas, utilizan estas aguas para el desarrollo de diferentes actividades entre las que podemos mencionar: la producción agrícola, piscicultura, ganadería, consumo humano, entre otros. Por lo que estas aguas contaminadas generan graves secuelas en la salud y consecuencias a nivel económico y social.

El dimensionamiento de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la Hilandería Inter-comunitaria en la Parroquia Salinas Cantón Guaranda es la mejor solución para que la

empresa cumpla con los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce y no generen perjuicios a la comunidad y al ambiente.

La EMAPAG – Empresa municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, avala el proyecto de dimensionamiento cuya finalidad es reducir la carga contaminante de la Hilandería aportando beneficios a la empresa y a toda la población.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Dimensionar un sistema de tratamiento de agua residual para la Hilandería Inter-comunitaria de la Parroquia Salinas, Cantón Guaranda.

Objetivos Específicos

- Efectuar caracterizaciones físicas, químicas y biológicas del agua residual de la hilandería
- Establecer el caudal de agua residual generada.
- Realizar las pruebas de tratabilidad
- Identificar las variables de proceso para el dimensionamiento

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Agua Residual

Son aguas que tras el uso por el hombre, representan un peligro y deben ser descartadas, debido a que contienen gran cantidad de contaminantes. Es una modificación de la calidad del agua, producida principalmente por la mano del hombre, volviéndola inapropiada y peligrosa para el consumo y uso en la industria así como para los animales y el medio ambiente. (Epigares García, y otros, 1985)

1.1.1 Aguas Residuales Industriales

Se generan a partir de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen varios compuestos nocivos o perjudiciales, provocando gran impacto en el ambiente, estas aguas difieren en su composición dependiendo de la actividad de procedencia. (Epigares García, y otros, 1985)

1.2 Agua residual de la Industria textil

En los efluentes de agua residual se puede encontrar contaminantes como: sales, almidón, peróxidos, EDTA, tensoactivos, enzimas, colorantes, metales y otros compuestos orgánicos de variada estructura, que provienen de las distintas etapas del procesado. Según (Mansilla, 2007), las descargas de agua provienen principalmente del desengomado (15 %), descrude y mercerizado

(20 %) y del blanqueo, teñido y lavado (65 %). El mayor aporte de la carga orgánica proviene de la etapa del desengomado que aporta alrededor de 50 % del total de la DBO.

El volumen de agua utilizada varía dependiendo del proceso y la maquinaria de la empresa. Por ejemplo, en el teñido con colorantes dispersos, se utilizan de 100 a 150 litros de agua por kilogramo de producto. En la tinción con colorantes reactivos, las cifras varían entre 125 y 170 litros por kilogramo de producto (EPA, 1997).

Las descargas, al poseer grandes cantidades de nitrógeno, pueden aumentar la población de peces y algas, provocar eutrofización y agotar en el largo plazo el contenido del oxígeno disuelto en el agua. Los colorantes textiles tienen gran permanencia en el ambiente, y los métodos de depuración convencionales no son eficientes debido a que oxidaciones o reducciones parciales pueden generar productos secundarios altamente tóxicos.

1.3 Caracterización de agua residual

La caracterización de las aguas residuales industriales se realiza con el objetivo de determinar el grado de toxicidad de los efluentes e identificar las sustancias responsables de dicha toxicidad.

El conocimiento de las características del agua residual es fundamental tanto para recabar información como para proponer un adecuado tratamiento o reutilización de las mismas.

Estos parámetros se analizan mediante metodologías físicas, químicas y biológicas. Las caracterizaciones más comunes incluyen:

- Contenido de sólidos
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- pH in situ
- Temperatura in situ

Es importante la caracterización de las aguas ya que nos permite conocer los distintos parámetros y límites permisibles que se deben tomar en cuenta al momento de descargar, los cuales deben ser comparados con los establecidos en el Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097 A.

Conocer estas características es de suma importancia para determinar los efectos de su vertido hacia un cuerpo receptor, y la selección de procesos eficientes y operaciones necesarias para el tratamiento de las mismas.

Para caracterizar el agua residual se emplean en primera instancia análisis cuantitativos, para la determinación precisa de la composición química del agua residual, y posteriormente análisis cualitativos para el conocimiento de las características físicas y biológicas. Los métodos cuantitativos pueden ser gravimétricos, volumétricos o fisicoquímicos. Estos últimos se utilizan para determinar parámetros no relacionados con las propiedades másicas o volumétricas del agua, e incluyen métodos instrumentales como la turbidimetría, colorimetría, potenciometría, polarografía, espectrometría de adsorción, fluorimetría, espectroscopia y radiación nuclear. Los detalles relativos a los diversos análisis pueden encontrarse en la publicación (Standard Methods, 2005), que constituyen la referencia más ampliamente aceptada que detalla los procedimientos para llevar a cabo los análisis del agua y del agua residual.

1.3.1 Características físicas

Las características físicas pueden ser medidas in situ y reflejan la realidad del agua en ese momento.

Tabla 1 – 1: Características Físicas del Agua Residual

Parámetro	Descripción
Temperatura	En el agua residual tiene rangos variados por la mezcla de diferentes vertidos. De acuerdo a este parámetro se puede elegir las tecnologías de tratamiento; a menor temperatura se puede emplear tratamiento químico, a elevada temperatura, un tratamiento biológico. Un valor alto puede significar una baja concentración de oxígeno y una acelerada proliferación de microorganismos.
Olor	Se genera por la putrefacción. Varios productos o subproductos industriales producen olores propios. Un olor lo suficientemente fuerte revela contaminación y causa molestia en las

	personas. En las PTAR se generan olores que son controlados con la aplicación de cal. Barreras de vegetación pueden atenuar los olores producidos.
Color	Depende de la maduración del agua residual, el color varía desde el gris al gris oscuro y negro. Se puede diferenciar un agua residual con solo observar el color. Sufre de cambios acorde al pH, contenido de oxígeno y temperatura en donde se presente. Si el agua residual se presenta incolora, no significa que esté pura, es necesario realizar los análisis correspondientes para determinar su estado y si es apta para el consumo.
Turbiedad	En el agua residual, generalmente se origina por la presencia de material suspendido y sólidos. Las aguas residuales habitualmente son turbias. En base a este parámetro se pueden efectuar las pruebas de tratabilidad y verificar la calidad de depuración.
Sólidos	Las aguas residuales presentan en su constitución una gama de materiales sólidos, de diferentes tamaños. Además varias partículas pueden encontrarse en suspensión, disueltas o en estado coloidal. Los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales contienen a su vez fracciones de sólidos fijos, volátiles y en forma similar a los disueltos, están relacionados con la turbiedad del agua residual.
Conductividad Eléctrica	Se presenta en el agua residual cuando esta contiene varios iones en solución, provenientes generalmente de minerales. Tiene una relación directa con los sólidos totales disueltos.

Fuente: (CRITES, 2000), (ROMERO, 2004), (METCALF., & EDDY., 2009)

1.3.2 Características químicas

Las características químicas del agua residual, es de vital importancia ya que de estos parámetros depende el tratamiento adecuado y el nivel de contaminación que puede generar su vertido. Las principales características químicas son: Compuestos Orgánicos Biodegradables, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Oxígeno Disuelto (OD), Alcalinidad, pH, Surfactantes, Aceites y grasas, Nitrógeno, Fósforo, Formas de azufre y Metales pesados. Junto con un análisis físico in situ, conlleva a una correcta determinación de la calidad del agua.

Tabla 2 – 1: Características Químicas del Agua Residual

Parámetro	Descripción
Compuestos Orgánicos Biodegradables	Están presente en las aguas residuales, esencialmente por: proteínas (40 a 60%), carbohidratos (25 a 50%) y lípidos (10%). Sus porcentajes varían dependiendo de su origen.
Demanda Química de Oxígeno (DQO).	La DQO corresponde al volumen de oxígeno requerido para oxidar la fracción orgánica de una muestra susceptible de oxidación. Cantidad de oxígeno disuelto consumido en una reacción química. Este parámetro es muy utilizado para determinar la biodegradabilidad y el contenido toxinas en el agua residual. Un agua residual presenta valores de DQO entre 250 y 1000 mg/L ⁻¹ . Junto con la demanda bioquímica de oxígeno, ayuda a determinar el índice de biodegradabilidad.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Es una de las principales pruebas utilizadas para la evaluación y control de contaminación en el agua residual. Se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en la muestra de agua, como resultado de la acción de oxidación aerobia. Está regulada por variables, como la temperatura, el pH, oxígeno, nutrientes, crecimiento bacteriano, y el tiempo.
Oxígeno Disuelto (OD)	Es uno de los indicadores más relevantes de de contaminación del agua. El OD puede disminuir a razón de la presencia de microorganismos, plantas acuáticas y organismos macroscópicos. Si la temperatura del agua se eleva, el oxígeno disuelto disminuye. A menor concentración de oxígeno en el agua, mayor es la presencia de contaminación.
Potencial Hidrógeno (pH)	Es el factor de medida para poder determinar los iones de hidrógeno como contaminantes. Si su valor se ubica entre 0 y 7, la disolución es ácida, cuando está entre 7 y 14, la disolución es básica o alcalina. Para el tratamiento de aguas residuales, su valor debe tender a la neutralidad o debe ser ligeramente alcalina, entre 6.5 y 8.5, el máximo aceptado es 9, donde relativamente existe la mayor parte de la vida biológica y el valor mínimo es de 5.
Surfactantes	Llegan a las aguas residuales por la utilización de detergentes. Generan inconvenientes para los procesos de aireación en las aguas. Son compuestos de materiales orgánicos activos en superficies líquidas, también se los denomina tenso-activos. Son sustancias que combinan en una sola molécula, un grupo hidrofóbico (insoluble en agua y soluble en grasas) en un extremo y al otro extremo un grupo hidrofílico (soluble en agua e insoluble en grasas).
Aceites y Grasas	Están formadas por cadenas largas de hidrocarburos. Pueden ser de origen vegetal o animal, pueden ser tratadas en plantas de tratamiento biológico. Al aceite y la grasa se les concede especial atención por su escasa solubilidad en el agua y su tendencia a separarse de la fase acuosa. En el agua residual suben a la superficie y forman natas, a manera de películas indeseables, estas afectan a los sistemas de recolección de las aguas residuales, a los tanques sépticos y al mantenimiento del sistema de tratamiento si no se las retiene al inicio. La filtración al vacío del lodo también se complica por su alto contenido graso. También

	pueden ocasionar arrastre de sólidos y generar colmatación. Dependiendo del origen del agua residual, se recomienda la construcción de una trampa de grasas. Deben ser manejados con un gestor ambiental, para evitar el contacto con suelo y cuerpos de agua vulnerables, porque afectan significativamente el medio que son vertidos y por ende a la flora y la fauna.
Nitrógeno (N)	Es un nutriente primordial para el crecimiento de microorganismos y algas, en exceso generan eutrofización. Pueden encontrarse en forma amoniacal, de nitritos, de nitratos o nitrógeno orgánico. Si se encuentran nitritos (NO ²) y nitratos (NO) existen procesos biológicos activos en el agua. Es un indicador significativo para poder valorar el tratamiento de efluentes por medios biológicos.
Fósforo (P)	Su presencia propicia eutrofización en el agua y un elevado desarrollo de microorganismos y algas. Presente en varias formas y estados, se genera en el agua residual por contacto con estiércol de animales, aguas negras y aguas de actividad agrícola e industrial. La medición de fosfatos orgánicos, es indispensable en los tratamientos biológicos de las aguas residuales.
Formas de Azufre (S)	En las aguas residuales, los sulfatos agregan problemas de olores. Pueden encontrarse de manera natural debido a la actividad volcánica de la zona.
Metales Pesados	Estos metales están presentes en el agua residual debido a las actividades industriales. Su toxicidad varía acorde a la concentración y forma en la que se presenten, su consumo provocar varias enfermedades y lesiones graves.

Fuente: (Domènech; Peral, 2006) (ROMERO, 2004) (RAMALHO, 2003) (METCALF., & EDDY., 2009) (OSORIO, 2003) (OROZCO, 2005)

1.3.3 Características micro-biológicas

Los principales grupos de organismos presentes tanto en aguas residuales como superficiales se clasifican en eucariotas, eubacterias y arqueobacterias. Uno de los problemas más relevantes y que requiere de pronta respuesta es implementar métodos de depuración que no conlleven a un crecimiento de organismos acuáticos. La solución involucra la eliminación del carbono, así como de las diferentes formas de nitrógeno y fósforo. Debido a que muchos de estos microorganismos son infecciosos y cada año cobran víctimas en países con escasos recursos sanitarios. Los microorganismos patógenos, se pueden encontrar en efluentes domésticos y en efluentes de industrias que manipulan material biológico peligroso. Pueden ser bacterias, diferentes tipos de virus, e incluso protozoarios. (OSORIO, 2003)

Los parámetros más utilizados son:

Tabla 3 – 1: Características Micro-biológicas del Agua Residual

Parámetro	Descripción
Coliformes totales	Indican la cantidad de organismos que se encuentran presentes en el agua residual y afectan su normal composición.
Coliformes fecales	Es un indicador de la presencia de bacterias o virus de carácter patógeno que se originan principalmente debido a la presencia de heces de toda procedencia.

Fuente: (Seoanez, 2003)

1.4 Tratamientos de Agua Residual

Un tratamiento de agua residual consiste en una serie de operaciones físicas, químicas y biológicas con la finalidad de reducir y eliminar los contaminantes en el agua. (RAMALHO, 2003) La selección de los procesos de tratamiento, dependen de varios factores, entre los que se incluyen:

- DBO, DQO, oxígeno disuelto, temperatura, sólidos, pH, productos tóxicos.
- Calidad del agua depurada

Con el objetivo primordial de producir agua limpia o tratada, reutilizable en el ambiente sin causar impactos y un residuo (lodo), que tras desactivarlo se determina su disposición final o un posible re uso.

1.4.1 Pre-tratamiento y tratamiento primario

Los pre-tratamientos de agua residual tienen como objetivo la reducción de sólidos en suspensión y el acondicionamiento de estas aguas para su descarga bien en los receptores o para pasar a un tratamiento secundario posterior, a través de una neutralización u homogeneización.

Los principales tratamientos son: el cribado o desbrozo, la sedimentación, la flotación y la neutralización y homogeneización (RAMALHO, 2003).

La etapa preliminar debe cumplir dos funciones:

Medir y regular el caudal que ingresa a la planta.

Retener los sólidos flotantes grandes, la arena y en ciertos casos grasas y aceites.

Normalmente las plantas están diseñadas para laborar con un volumen de agua constante, las aguas residuales no siempre permanecerán constantes, por lo que deben instalarse sistemas de regulación de forma que el caudal que ingrese sea uniforme.

De la misma manera, para que los procesos puedan desarrollarse normalmente, es necesario filtrar el agua para descartar sólidos y grasas. En esta etapa también se puede efectuar pre-aireación, cuya función incluye: Eliminar los compuestos volátiles y aumentar el contenido de oxígeno, los mismos que ayudan en la disminución de producción de olores en las etapas posteriores de tratamiento.

1.4.1.1 Cribado

También denominado desbrozo, se utiliza para la reducción de sólidos en suspensión de gran tamaño. La distancia o las aberturas de las rejillas dependen de su objetivo, y su limpieza se la puede realizar de manera manual o mecánica (RAMALHO, 2003).

1.4.1.2 Sedimentación

Se utiliza para separar sólidos en suspensión del agua residual. La eliminación de estos sólidos se basa en la diferencia de peso específico entre las partículas sólidas y el líquido donde se encuentran, que finaliza con la decantación de la materia en suspensión (RAMALHO, 2003). Existen tres tipos de sedimentación:

- Sedimentación discreta: Las partículas que se depositan individualmente, o sea, no se somete a un proceso de coalescencia con otras. En este caso, las propiedades físicas de las no son alteradas durante el proceso.
- Sedimentación con floculación: La aglomeración de partículas va acompañada de cambios en su densidad y velocidad de precipitación.
- Sedimentación por zonas: Las partículas conforman un tipo de nata que decanta como una masa total presentando una inter-fase distinta con la fase líquida.

1.4.1.3 Flotación

Es un proceso con la finalidad de separar sólidos de baja densidad o partículas líquidas de una fase líquida. Esta separación se lleva a cabo introduciendo un gas (normalmente aire) en la fase líquida, a manera de burbujas. La fase líquida se somete a un proceso de presurización hasta conseguir la saturación de aire en el agua. Luego se somete a un proceso de despresurización llevándolo hasta la presión atmosférica por paso a través de una válvula reductora de presión. Las partículas líquidas (aceites o combustibles) flotan, debido a que estas pequeñas burbujas, les obligan a elevarse hacia la superficie. Los sólidos en suspensión concentrados pueden separarse de la superficie por sistemas mecánicos. El líquido clarificado puede separarse cerca del fondo, y parte del mismo puede reciclarse (RAMALHO, 2003).

1.4.1.4 Neutralización y homogenización

El tratamiento de neutralización se emplea con la finalidad de regular los valores de pH. Se lo realiza: antes de la descarga de aguas residuales en un medio receptor, antes de la descarga de aguas residuales industriales al alcantarillado municipal y antes del tratamiento químico o biológico, debido a que varios procesos requieren valores específicos de pH para aumentar su eficiencia (RAMALHO, 2003). La homogeneización busca la una adecuada mezcla de todos los componentes que pueden llegar al sistema de tratamiento.

1.4.2 Tratamiento secundario

Los tratamientos secundarios son general y exclusivamente microbiológicos. Consiste en remover la materia orgánica disuelta y biodegradable (METCALF., & EDDY., 2009). Los microorganismos, principalmente bacterias, se alimentan de los sólidos en suspensión y estado coloidal produciendo anhídrido carbónico y agua, originándose una biomasa bacteriana que precipita en el decantador secundario. Así, el agua queda limpia a cambio de producirse unos fangos para los que hay que buscar un medio de eliminarlos.

Las estructuras usadas para el tratamiento secundario incluyen filtros de arena intermitentes, filtros percoladores, contactores biológicos rotatorios, lechos fluidizados, estanques de fangos activos, lagunas de estabilización u oxidación y sistemas de digestión de fangos.

1.4.2.1 Lodos activados

En este proceso la materia orgánica es descompuesta por microbios aerobios, los mismos que convierten carbono en tejido celular y oxidan la materia orgánica a productos como CO₂ y H₂O. El examen microscópico de este lodo revela que está formado por una población heterogénea de microorganismos, que cambian continuamente en función de las variaciones de la composición de las aguas residuales y de las condiciones ambientales (RAMALHO, 2003). Puede existir un número limitado de microorganismos que obtiene energía por oxidación de amonio a nitrato (nitrificación). El agua residual es aireada de (6 a 10) horas en presencia de un cultivo biológico llamado lodo activado. El nombre del proceso se debe a que el lodo reciclado contiene microorganismos activos que incrementan la biomasa disponible y aceleran la reacción (Spellman, 2009).

1.4.2.2 Filtros percoladores

Es un proceso biológico con la característica de tener un cultivo fijo, en general los filtros percoladores son circulares, aunque hay rectangulares, hexagonales y octogonales; contienen un

lecho empacado que descansa sobre un dren bajo que permite el paso del agua hacia unos canales colectores. El agua residual se distribuye mediante brazos giratorios y se escurre sobre la película biológica, suscitándose la adsorción y asimilación de la materia contaminante. Para garantizar el funcionamiento adecuado de los filtros se debe considerar las cargas orgánicas, hidráulicas y el grado de tratamiento. Los filtros percoladores se clasifican en función de la carga orgánica (EPA, 1997).

1.4.2.3 Biodiscos.

Los CBR, contactores biológicos rotatorios, constan de varios discos soportados por un eje rotatorio, parcialmente sumergidos un 40% en un depósito con presencia de agua residual. Son fáciles de operar y adecuados para caudales bajos. Trabajan con cargas hidráulicas de $(0.04 \text{ a } 0.06) \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ y cargas orgánicas de $(50 \text{ a } 60) \text{ gr}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$. El tamaño de un CBR es de $(1 \text{ a } 3) \text{ m}$ de diámetro, los discos van separados de $(10 \text{ a } 20) \text{ cm}$ y la velocidad de giro es de $(0.5 \text{ a } 3) \text{ rpm}$ (Srinivias, 2008). Como los CBR giran, la superficie de los discos pasa de forma alterna de agua residual al aire, creando una capa aeróbica de microorganismos (biomasa) que prospera a ambos lados de los biodiscos. Esta biomasa crece en espesor, se auto regula y oxida los contaminantes del agua residual (Grady, 1999).

1.4.2.4 Lagunaje

Las lagunas de tratamiento son estructuras construidas en tierra a cielo abierto, diseñadas para tratar aguas residuales domésticas o industriales biodegradables, son de fácil construcción y operación, asimilan grandes volúmenes y proporcionan un tratamiento muy próximo al de los sistemas convencionales, con costos mucho más bajos. La economía es el principal factor que decide la opción de lagunas de tratamiento (Spellman, 2009). Las lagunas pueden ser usadas de forma aislada o en combinación con otros métodos de tratamiento. El grado real de tratamiento depende del tipo y número de lagunas usadas (Srinivias, 2008).

1.4.2.5 Filtro Biológico

Está formado por un reactor, dentro del cual se sitúa material de relleno sobre el cual se forma una capa de microorganismos aeróbicos. Dependiendo del agua a tratar la altura del filtro llega a medir varios metros de altura. El agua ingresa a los filtros mediante un dispensador rotativo (para tanques circulares). Cuando el agua atraviesa el medio filtrante, entra en contacto con la corriente de aire y los microorganismos presentes. La carga orgánica se deteriora hasta producir minerales y CO₂ (METCALF., & EDDY., 2009)

1.4.3 Tratamiento terciario

Su finalidad es conseguir una calidad de depuración superior a la obtenida del tratamiento secundario, usualmente por medio de filtración granular, filtración superficial, o membranas. (RAMALHO, 2003) El proceso de desinfección también es incluido dentro del tratamiento terciario. La remoción de nutrientes es a menudo incluida en esta fase (Asano, 2007).

Tiene como objetivo suprimir algunos contaminantes específicos presentes en el agua residual tales como los fosfatos que provienen del uso de detergentes domésticos e industriales y cuya descarga en curso de agua favorece la eutrofización, es decir, un desarrollo incontrolado y acelerado de la vegetación acuática que agota el oxígeno, y mata la fauna existente en la zona. No todas las plantas tienen esta etapa ya que dependerá de la composición del agua residual y el destino que se le dará.

Los tratamientos terciarios como su nombre lo indica, le siguen al tratamiento secundario y tienen por objeto acondicionar el agua para el uso final de ésta. (Tratamiento de Aguas Residuales, 2008)

1.5 Marco Legal

Tabla 4 – 1: Marco legal del proyecto

Marco Legal	Descripción
<p>Constitución de la República del Ecuador</p>	<p>TITULO II: DERECHOS:</p> <p>Capítulo segundo: Derechos del buen vivir; Art. 12.- <i>“El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”.</i></p> <p>Sección segunda; Ambiente sano; Art. 14.- <i>“Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.</i></p> <p>Sección séptima; Salud; Art. 32.- <i>“La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir”.</i></p>
<p>Acuerdo Ministerial 097-A Refórmese el Texto Unificado de legislación Secundaria</p>	<p>Anexo 1. Del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua:</p> <p>TABLA 10. “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”</p>
<p>Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua</p>	<p>Art 14 dispone que el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y que regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga.</p>

Objetivos Nacionales para el Buen Vivir	Objetivo 7. Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global

Fuente: (Hachi, 2017)

CAPITULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Localización y características de la hilandería

2.1.1 Localización

La Hilandería se encuentra ubicada al noreste de la parroquia Salinas, Cantón Guaranda, perteneciente a la provincia de Bolívar, en las coordenadas 9844707.00 m S - 720785.00 m E de la zona 17M.



Figura 1 – 2: Localización de la Hilandería
Fuente: Google Earth

2.1.2 Características de la hilandería

La Hilandería Inter-comunitaria de Salinas fue inaugurada en el año 1987 iniciando sus labores con manufactura hasta llegar a industrializarse. Las primeras maquinas fueron traídas desde Italia y Suiza, dejando así varios procesos realizados a mano. A partir de entonces los productos elaborados adquirieron gran calidad y la demanda aumentó considerablemente. Se realizan cuatro procesos principales: lavado de lana, lana semi-procesada, hilo semi-elaborado e hilo tinturado. La fabrica ocupa un espacio de 3200 m² aprox. Sus descargas liquidas son vertidas a través de un canal abierto y llegan al río Salinas sin ningún tipo de tratamiento.

En el proceso de lavado y tinturado se utilizan una gran variedad de agentes químicos cuya finalidad es teñir las fibras animales hasta conseguir un color y textura ideal. Estos subproductos hacen que las aguas residuales de los procesos adquieran contaminantes de difícil remoción, que posteriormente llegan al río Salinas. En la tabla 1 – 2, se detallan los agentes denominados “anilinas” usados en la hilandería.

Tabla 1 – 2: Subproductos del proceso de lavado y teñido

Subproductos de los Procesos	
Nombre	Función
Violeta Ac. S4B200% Requitex	Colorante
Rosado Ac. B 400%	Colorante
Negro Ac. ATT 130%	Colorante
Negro Directo	Colorante
Amarillo Ac. M.R 150%	Colorante
Amarillo Ac. MT	Colorante
Amarillo Ac. 2G 200%	Colorante
Naranja Ac. 2R	Colorante
Azul marino Ac. 5R 120%	Colorante
Azul marino Ac. A2BL 200%	Colorante
Rojo NB	Colorante
Rojo Directo	Colorante
Rojo Ac.88 J.M	Colorante
Rojo Ac. B 125%	Colorante
Rubí 5BLF 200%	Colorante

Turquesa A	Colorante
Negro M.R	Colorante
Azul Directo BRL	Colorante
Pardo Acido ESG	Colorante
Pardo Directo	Colorante
Verde Ac.N3BL 170% + GS	Colorante
Emulson BV	Blanqueador
NOVALEV AC.	Agente de igualación
MANGACID LAN	Regulador de pH
Buffertex Acido	Neutralizador
Alkatex	Detergente
Secuestrante	Inhibidor
Peróxido	Blanqueador
Hidrosulfito	Blanqueador

Fuente: Alejandro Ruiz; Auxiliar Contable y Financiero Hilandería

2.1.3 Datos de producción de la hilandería

Los datos de producción diaria, semanal y mensual para los meses de junio y julio fueron suministrados por el sector contable de la hilandería y son:

Tabla 2 – 2: Producción de la hilandería mes de Junio

Producción (Libras) Mes Junio			
Procesos	Diario	Semanal	Mensual
Lavado de Lana	1360	6800	29920
Lana Semi-procesada	800	4000	17600
Hilo semi-elaborado	600	3000	13200
Hilo Tinturado	551	2755	12122

Fuente: Alejandro Ruiz, Auxiliar contable y financiero Hilandería

Tabla 3 – 2: Producción de la hilandería mes de Julio

Producción (Libras) Mes Julio			
Procesos	Diario	Semanal	Mensual
Lavado de Lana	1360	6800	28560
Lana Semi-procesada	800	4000	16800
Hilo semi-elaborado	600	3000	12600
Hilo Tinturado	551	2755	11571

Fuente: Alejandro Ruiz, Auxiliar contable y financiero Hilandería

Los datos de producción anual fueron proveídos por el registro de la empresa, siendo los siguientes:

Tabla 4 – 2: Producción de la hilandería Año 2016

Producción (Libras) año 2016	
Enero	12229
Febrero	11535
Marzo	10802
Abril	9918
Mayo	10492
Junio	10922
Julio	10414
Agosto	10706
Septiembre	11150
Octubre	10394
Noviembre	10886
Diciembre	11703
Total	131150

Fuente: Alejandro Ruiz, Auxiliar contable y financiero Hilandería

Tabla 5 – 2: Producción de la hilandería Año 2017

Producción (Libras) año 2017	
Enero	13587
Febrero	12788
Marzo	11989
Abril	10923
Mayo	11722
Junio	12122
Julio	11571
Agosto	11882
Septiembre	12388
Octubre	11536
Noviembre	12095
Diciembre	12975
Total	145579

Fuente: Alejandro Ruiz, Auxiliar contable y financiero Hilandería

De acuerdo a los valores en las tablas: 4 – 2 y 5 – 2 se logro establecer un valor aproximado del índice de aumento de la producción, siendo de 0.56%, el mismo sirvió para determinar la proyección a futuro de la producción. En la tabla 6 – 2 se detalla la producción para los diez años por venir.

Tabla 6 – 2: Índice de aumento de producción en 10 años

Año	Índice de Aumento de Producción (0.56)	Producción
2016	5.09	131150
2017	5.65	145579
2018	6.21	160008
2019	6.77	174437
2020	7.33	188866
2021	7.89	203295
2022	8.45	217724
2023	9.01	232153
2024	9.57	246582
2025	10.13	261012

2026	10.69	275441
2027	11.25	289870

Fuente: (Hachi, 2017)

2.2 Medición del caudal.

El caudal generado en la hilandería no es constante y depende de la producción diaria, por ende se utilizó el método de aforo volumétrico, el mismo consiste en medir el volumen de llenado de un recipiente en un período de tiempo (Ruiz, y otros, 2009). El aforo se realizó en un canal de desagüe a 40 metros de la hilandería durante los meses de junio y julio del 2017, en un horario comprendido entre las 09:00 y 10:00 horas, tiempo de mayor generación de agua. Con los datos diarios obtenidos se determina el caudal promedio de agua residual generada en los procesos de producción.

2.3 Muestreo de agua residual

El muestreo se realizó a 100 metros de la hilandería en un canal que recoge toda la descarga.



Figura 2 – 2: Muestreo de Agua Residual

Fuente: (Hachi, 2017)

Se tomarán cinco muestras simples en recipientes de vidrio color ámbar de 1 L en el mes de junio y julio respectivamente, así mismo se realizarán dos muestras compuestas por mes. En el lugar se deben analizar los parámetros físicos: pH, sólidos totales disueltos, temperatura y

turbiedad. Todo el muestreo se basa en la Norma NTE INEN 2176 y la Norma NTE INEN 2169. Todas las muestras serán trasladadas al laboratorio de control de calidad de la E.P-EMAPA-G para realizar el análisis físico, químico y microbiológico.

2.4 Caracterización de agua residual

La caracterización de agua residual se efectuará utilizando equipos HACH pertenecientes al laboratorio de control de calidad de la E.P-EMAPA-G. Los parámetros, métodos y equipos empleados se especifican en la siguiente tabla:

Tabla 7 – 2: Métodos de caracterización de agua residual

Parámetro	Método	Equipo
Color	Cobalto platino	Colorímetro
Turbiedad	APHA/AWWA/Standard Method 2130 Señal de dispersión de luz (90°) nefelométrica primaria y una señal de dispersión de luz transmitida	Turbidímetro 2100P HACH
pH	APHA/AWWA/Standard Method 8156 Medidor de electrodo de pH	pH meter Sension 1 HACH
Sólidos Totales Disueltos	APHA/AWWA/Standard Method 8160 Medición Directa	Conductivity Sension 5 HACH
Conductividad	APHA/AWWA/Standard Method 8160 Medición Directa	Conductivity Sension 5 HACH
Aluminio	APHA/AWWA/Standard Method 8020- Aluminón	Espectrofotómetro DR-2800 HACH
Fluoruro	APHA/AWWA/Standard Method 8029	Espectrofotómetro DR-2800 HACH
Manganeso	APHA/AWWA/Standard Method 8149- PAN	
Bario	APHA/AWWA/Standard Method 8014- Turbidimetric	
Cobalto	APHA/AWWA/Standard Method 8078-1- (2 piridilazo)-2-naftol(PAN)	

Cromo total	APHA/AWWA/Standard Method 8024	
Hierro	APHA/AWWA/Standard Method 8008- FerroVer	
Molibdeno	APHA/AWWA/Standard Method 8036- Ácido mercaptoacético	
Bromo	APHA/AWWA/Standard Method 8167- DPD	
Cloruros	APHA/AWWA/Standard Method 8113- Tiocianato Mercurico	
Cobre	APHA/AWWA/Standard Method 8506- Bicinchoninato	
Cromo Total	APHA/AWWA/Standard Method 8024- Oxidación alcalina por hipobromito	
Fosfatos	APHA/AWWA/Standard Method 8048- Ácido ascórbico PhosVer 3	
DQO	APHA/AWWA/Standard Method 985027- Dicromato de potasio	
Nitrógeno amoniacal	APHA/AWWA/Standard Method 8155- Salicilato	
Fluoruros	APHA/AWWA/Standard Method 8029- SPANDS	
Sulfatos	APHA/AWWA/Standard Method 8051- SulaVer 4	
Níquel	APHA/AWWA/Standard Method 8150-1- (2 piridilazo)-2-naftol(PAN)	
Plata	APHA/AWWA/Standard Method 0491- Silver 4	Fotómetro PF-12
Zinc	APHA/AWWA/Standard Method 19	
Plomo	APHA/AWWA/Standard Method 0091- Blei 5	
Cianuro	APHA/AWWA/Standard Method 0311- Cyanid 08	
DBO₅	APHA/AWWA/Standard Method 985822- Wilker	
Oxígeno disuelto	APHA/AWWA/Standard Method 082- Sauerstoff 12	
Coliformes totales	APHA/AWWA/Standard Method 9222 Filtración de Membrana 0.45	Filtración al vacío

Coliformes fecales	APHA/AWWA/Standard Method 9222 Filtración de Membrana 0.45	Filtración al vacío
---------------------------	---	---------------------

Fuente: (Standard Methods, 2005), Departamento de control de calidad E.P-EMAPA-G

Finalizada la caracterización, se debe identificar los valores que no cumplen con los límites permisibles dispuestos en la tabla 10 del ANEXO 1 del AM 097A, que establece los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

2.5 Índice de biodegradabilidad

La relación DBO_5/DQO es indispensable para determinar el tipo de tratamiento que requiere el agua residual, sea este físico-químico, biológico o combinado.

Tabla 8 – 2: Relación de biodegradabilidad

Relación DBO/DQO		
Poco biodegradable	Biodegradable	Muy biodegradable
< 0.2	0.2 - 0.4	> 0.4

Fuente: (Dyestuff wastewater treatment using chemical oxidation, physical adsorption and fixed bed biofilm process., 1999)

Tras el análisis de los parámetros físico-químicos y el índice de biodegradabilidad se establece una posible propuesta de tratamiento.

2.6 Pruebas de tratabilidad

Las pruebas y ensayos de laboratorio, se emplean para determinar el comportamiento de los procesos de tratamiento y los criterios de diseño para la planta a escala normal (RAS, 2000), entre

los criterios analizados están: dosificación de productos químicos, necesidad de mezcla, velocidad de filtración, tiempos de contacto, entre otros.

Para desarrollar las pruebas de tratabilidad se utilizó el laboratorio de la EMAPAG donde se improvisó una planta piloto a nivel de laboratorio con los diferentes procesos que fueron considerados viables para la depuración del agua residual. Se emplearon varios contenedores de 15 L de capacidad que simularon una determinada operación unitaria (trampa de grasas, desarenador, sedimentador, filtros y tanque de desinfección). En el caso del proceso de floculación-coagulación se utilizó un equipo de prueba de jarras (Floc Tester ET-730).

Para la trampa de grasas se emplea una bandeja de 15 litros de capacidad, se colocan dos láminas de plástico para separar el recipiente, se adaptan dos tubos PVC de 2" uno para el ingreso del agua y otro de salida, se verifica la formación de una película superficial de grasa.



Figura 3 – 2: Trampa de grasas

Fuente: (Hachi, 2017)

Para el desarenador y sedimentador se ejecutan dos pruebas, primero usando una probeta de 1 litro y segundo utilizando una bandeja de 15 litros de capacidad, en ambas pruebas se determina tiempo de sedimentación de las partículas en un volumen de agua determinado, verificando la altura de la capa de sólidos que se forma en la base.



Figura 4 – 2: Prueba de tratabilidad de Desarenador

Fuente: (Hachi, 2017)

Para los filtros, se empleó la mitad de una botella de 5 litros, en la boca de la misma se coloca una malla con orificios de 0.2mm, sobre esto se coloca: grava, grava media y arena. El agua ingresa por la parte cortada de la botella y se determina el tiempo que demora en atravesar el filtro y la altura de cada medio filtrante.



Figura 5 – 2: Filtro de arena y carbón activado

Fuente: (Hachi, 2017)

El test de jarras consiste en representar el proceso de coagulación-floculación en vasos de precipitación y evaluar los parámetros fisicoquímicos durante o al final de cada prueba para valorar su rendimiento. Se requiere tener los datos iniciales de turbiedad, color, pH, temperatura. Estas pruebas se deben repetir por lo menos 10 veces. (RAS, 2000). Para determinar la dosis óptima de coagulantes y floculantes, se llevó a cabo una serie de ensayos con varios coagulantes (PAC, Sulfato de Aluminio) a varias concentraciones (2%, 3%, 4%, 5%), junto con un auxiliar (CHEMFLOC N932) al 8%, valor recomendado por el fabricante para que presente una buena viscosidad. Se emplean dos muestras compuestas, previamente homogenizadas, es necesario conocer los valores de turbiedad y pH antes de la ejecución del test.

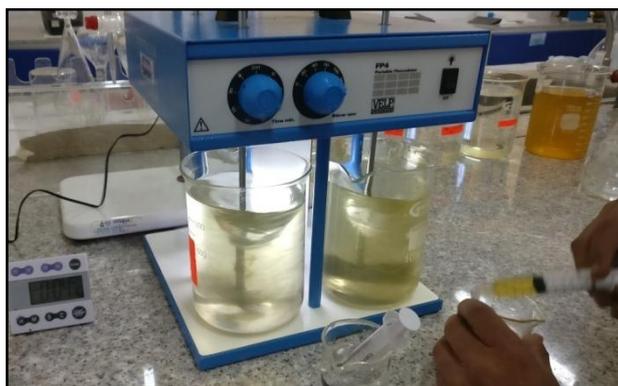


Figura 6 – 2: Equipo de prueba de jarras

Fuente: (Hachi, 2017)

Se empleó un equipo Floc Tester ET-730 y se siguió el procedimiento:

1. Se coloca una muestra de agua residual en el equipo, se adiciona una dosis de coagulante con agitación constante hasta provocar la coagulación, posteriormente se reduce la agitación para conseguir una floculación.
2. Se determina el pH óptimo para la prueba adicionando ácido clorhídrico o hidróxido de sodio a una muestra de agua, con 4 pH diferentes, se adiciona la dosis del coagulante inicial y se agita para formar la coagulación, posteriormente de ser requerido se agrega un auxiliar para provocar la floculación.

El primer ensayo incluye Poli cloruro de aluminio (PAC 25A) a varias concentraciones junto con un auxiliar (CHEMFLOC N932). En el segundo ensayo se utiliza Sulfato de Aluminio a varias concentraciones junto con el auxiliar (CHEMFLOC N932). Para adaptar los valores de pH se adicionó ácido clorhídrico o hidróxido de sodio. Esta prueba da como resultado los valores óptimos para el tratamiento del agua residual y ayuda a corregir las ecuaciones de diseño de las diferentes operaciones de depuración. La turbiedad determinada antes y después del tratamiento es un indicador de suma importancia para realizar la comparación. (OPS/CEPIS/05.158, 2005)

Con el análisis de los parámetros fuera de norma y la determinación del índice de biodegradabilidad se optó por realizar las pruebas que representaran una reducción o eliminación de la carga contaminante del agua residual.

Tras cada prueba, se realiza una caracterización, permitiendo conocer el porcentaje de remoción para cada operación unitaria.

2.7 Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua residual

Para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de las aguas residuales generadas en la Hilandería Inter-comunitaria de Salinas, se consideraron operaciones de depuración que se adecuen a la realidad del sector. Tomando en cuenta las características propias del lugar, como son:

- Características del terreno.
- Condiciones climáticas.
- Producción anual de la Hilandería
- Caudal de agua residual generada: diario, semanal, mensual y anual.
- Calidad del agua residual producida, determinada a partir de caracterizaciones de laboratorio.

Con todos estos parámetros y tomando en cuenta las pruebas de tratabilidad y parámetros de diseño se procede a realizar los cálculos de cada operación unitaria.

2.8 Propuesta de Diseño de la Planta

Una vez generadas las aguas residuales provenientes de los procesos de la hilandería, llegan a un canal que las conduce hacia las rejillas, las mismas que retienen los sólidos de gran tamaño (ramas, lana, entre otros) y evitan interferencias en los subsiguientes procesos de tratamientos (METCALF., & EDDY., 2009), a partir de este canal, y mediante la apertura de una válvula ingresa a una trampa de grasas ya que dentro de los procesos se utilizan detergentes y hay residuos de combustibles a mas de que la materia prima es de origen animal y genera aceites y grasas, esta trampa aprovecha la diferencia de densidad de estas sustancias que son separadas y acumuladas en forma de nata en la parte superior de la lámina de agua, aquí se van a retener grasas y aceites en suspensión. A partir de este proceso el agua llega al desarenador convencional con el propósito en primera instancia de almacenar el agua y en segunda instancia y más importante, eliminar las partículas de arena y sólidos similares, ya que pueden ser abrasivas y pueden causar daños a las tuberías y posteriores procesos de depuración, el agua ingresa mediante la manipulación de una válvula al canal Parshall donde se dosifican los químicos para el proceso de coagulación – floculación y se produce la mezcla rápida generada en el resalto. Finalizado el resalto ingresa en el tanque de agitación donde el agua alcanza un volumen específico, momento en el que inicia el proceso de coagulación, se emplean agitadores de aspas, ampliamente utilizados debido a que propician una optima formación de floc y una mezcla

eficiente (Martinez, 2005). Formados los flóculos, se abre el tanque de agitación y el agua en tratamiento ingresa al sedimentador primario mismo que precipita los lodos y agregados generados en el proceso de coagulación - floculación, una vez retenida la materia orgánica e inorgánica en los lodos, el agua se dirige hacia los filtros de grava y arena donde son retenidos los sólidos en suspensión que no fueron removidos en el sedimentador, de la misma manera, los filtros de carbón activado clarifican el agua y mejoran las condiciones de color.

Terminados estos procesos el agua se dirige hacia el tanque de desinfección que mediante la dosificación de hipoclorito de calcio elimina todos los microorganismos presentes en el agua. Todos estos procesos garantizan una óptima depuración del agua residual, y permiten descargar el agua al río sin inconvenientes posteriores.

Los lodos generados en el desarenador tanque de coagulación-floculación y sedimentador son tratados en lechos de secado; útiles para la deshidratación e inactivación de los mismos. Estos lodos deshidratados pueden ser utilizados como abono en las otras actividades que desempeña la empresa. Con lo expuesto se asegura que la planta sea viable y no genere residuos en el proceso.

2.9 Elaboración de Planos

Con los datos obtenidos de los cálculos se procede a realizar los planos mediante el software AutoCAD, se tomo en cuenta la inclinación del terreno donde se prevé la construcción de la planta y los planos se muestran en escala 1:400, especificando las capacidades de capa operación, el ancho de la pared y la tubería a emplearse. Estos planos servirán para la correcta ejecución del proyecto.

CAPÍTULO III

3 CÁLCULOS

Los cálculos de ingeniería se efectuaron acorde a ecuaciones obtenidas en revisión bibliográfica y sugerencias del departamento técnico de la E.P.-EMAPA-G, considerando criterios que se adapten a la realidad de la empresa textil.

3.1 Cálculo de la generación de agua residual

La hilandería genera agua residual a partir de la producción diaria, la misma que depende exclusivamente de la demanda de los clientes, las aforaciones diarias obtenidas en los meses de junio y julio permitieron determinar un caudal promedio durante las 8 horas diarias que labora la empresa, el mismo es de 5.40L/s. Dentro de este valor se incluye el agua generada en los procesos de producción, limpieza y mantenimiento de maquinarias. El caudal generado es directamente proporcional a la producción y demanda diaria. La producción promedio anual en la hilandería es de 145579 libras.

El diseño de la planta de tratamiento será proyectado a diez años

Tras revisar los informes anuales de producción de la Hilandería, se determinó un índice de aumento anual de 0.56%, este valor debe ser considerado para la proyección anual del caudal.

3.1.1 Aumento de producción futuro

En el año 2017 la producción aumentó un 5.65 %, para calcular el aumento de la producción en el año 2027 tenemos la ecuación:

$$A \text{ fut} = Iaa * (A f - A i) + A \text{ act}$$

Ecuación 1

Donde:

$A \text{ fut}$ = Aumento de producción futuro

Iaa = Índice de aumento anual

$A f$ = Año final

$A i$ = Año inicial

$A \text{ act}$ = Aumento de producción actual

$$A \text{ fut} = 0.56\% * (2027 - 2017) + 5.65\%$$

$$A \text{ fut} = 11.25\%$$

3.1.2 Producción Futura

Para calcular la producción futura usamos la ecuación:

$$Pr f = \frac{Pr a * A \text{ fut}}{A \text{ act}}$$

Ecuación 2

Donde:

$Pr f$ = Producción futura

$Pr a$ = Producción actual

$A \text{ fut}$ = Aumento de producción futuro

A act = Aumento de producción actual

$$Prod\ futura = \frac{145579\ lb * 11.25\%}{5.65\%}$$

$$Prod\ futura = 289870\ lb$$

3.1.3 Proyección de producción

Para determinar la generación de agua residual utilizamos la ecuación:

$$G\ ar = \frac{Q\ p * 1000 \frac{1}{m^3}}{Pr\ a}$$

Ecuación 3

Donde:

$G\ ar$ = Generación de agua residual

$Q\ p$ = Caudal promedio = 5.40 L/s = 155.52 m³/día

$Pr\ a$ = Producción actual

$$G\ ar = \frac{155.52 * 1000\ L/m^3}{145579\ lb}$$

$$G\ ar = 1068.28 \frac{L}{lb * día}$$

Tomando en cuenta el índice de aumento anual, en el 2027 se producirán 289870 lb

3.1.4 Caudal de agua residual producido diariamente:

$$Q\ prod = \frac{Pr\ f * G\ ar}{1000\ L/m^3}$$

Ecuación 4

Donde:

Pr f = Producción futura = 289870 lb

$$Q \text{ prod} = \frac{289870 \text{ lb} * 1068.28 \frac{\text{L}}{\text{lb*día}}}{1000 \text{ L/m}^3}$$

$$Q \text{ prod} = 309.58 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q \text{ prod} = 10.75 \text{ L/s}$$

3.1.5 Caudal de diseño

Para determinar el caudal de diseño se toma en cuenta una constante k que oscila entre 1 y 5. Debido a una posible expansión de la hilandería la constante a usarse es k = 2. Se emplea la ecuación:

$$Q \text{ dis} = K * Q \text{ prod}$$

Ecuación 5

Donde:

Q dis = Caudal de diseño

k = Constante = 2

$$Q \text{ dis} = 2 * 10.75 \text{ L/s}$$

$$Q \text{ dis} = 21.5 \text{ L/s}$$

Este caudal (21.5 L/s), es el punto de inicio para el diseño de la Planta de tratamiento.

3.2 Cálculos de Diseño

Los cálculos se fundamentaron en ecuaciones, tablas de valores normalizados y criterios de diseño basados en bibliografía y considerando las recomendaciones de la EMAPAG y la realidad de la empresa.

3.2.1 Cálculo del Canal

El ancho del canal debe estar comprendido entre (0.40 – 1.0) m y la altura (0.50 – 1.50) m (E.P-EMAPA-G, 2012).

3.2.1.1 Área transversal del Canal

$$A = B * h$$

Ecuación 6

Donde:

A = Área transversal del canal

B = base del canal = 0,5m

h = altura del canal = 0,8m

$$A = (0,5m)(0,8m)$$

$$A = 0,4 m^2$$

3.2.1.2 Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{B + 2h}$$

Ecuación 7

Donde:

R = Radio hidráulico

A = Área transversal del canal = 0.4m²

B = base del canal = 0,5m

h = altura del canal = 0,8m

$$R = \frac{0,4 \text{ m}^2}{0,5\text{m} + 2(0,8\text{m})}$$

$$R = 0,19\text{m}$$

3.2.2 Cálculo de Rejillas

Para el cálculo y dimensionamiento de las rejillas se tomaron en cuenta criterios de diseño normalizados, el caudal de diseño y las características del terreno.

Tabla 1 – 3: Parámetros de diseño de Rejillas

Parámetros	Limpieza Manual	Limpieza mecánica	Unidad
Ancho	5-15	5-15	mm
Profundidad	25-37.5	25-37.5	mm
Separación entre barras	25-50	15-75	mm
Espesor	10-20	25-30	mm
Pendiente	45-60	0-60	Grados
Gradiente hidráulico	0.0001 - 0.0008	0.001-0.008	Adimensional
Coficiente de perdida para rejillas	1.79	2.48	Adimensional

Fuente: (E.P-EMAPA-G, 2012) (Martinez, 2005)

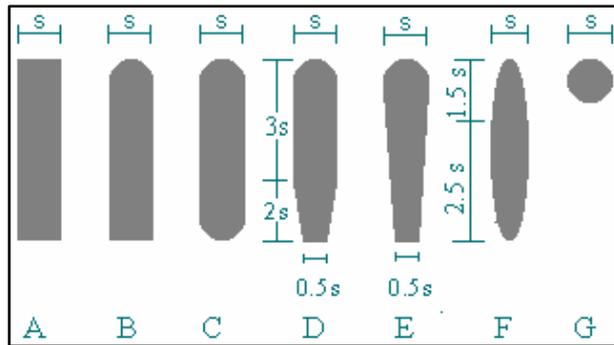


Figura 1 – 3: Formas de la barra de Rejillas
 Fuente: (RAS, 2000)

3.2.2.1 Velocidad de aproximación

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

Ecuación 8

Donde:

V_{ap} = Velocidad de aproximación

R = Radio hidráulico

S = Gradiente hidráulico = 0,0005 (valor sugerido por la EMAPA-G)

n = Coeficiente de Manning (0,013 para hormigón)

$$V_{ap} = \frac{1}{0,013} * (0,19)^{\frac{2}{3}} * (0,0005)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{ap} = 0,57 \frac{m}{s}$$

3.2.2.2 Área entre las rejillas

$$A_r = \frac{Q}{V_{ap}}$$

Ecuación 9

Donde:

A_r = Área entre las rejillas

Q = Caudal de diseño = 0.0215m³/s

V_{ap} = Velocidad de aproximación = 0,57m/s

$$A_r = \frac{0.0215 \text{ m}^3/\text{s}}{0,57 \text{ m/s}}$$

$$A_r = 0.038 \text{ m}^2$$

3.2.2.3 Longitud sumergida de la rejilla: Nivel Máximo

$$n_{max} = \frac{Q}{V_{ap} * B}$$

Ecuación 10

Donde:

n_{max} = Nivel máximo

Q = Caudal de diseño

V_{ap} = Velocidad de aproximación

B = Base del canal

$$n_{max} = \frac{(0.0215)\text{m}^3/\text{s}}{(0,57 \frac{\text{m}}{\text{s}})(0,5 \text{ m})}$$

$$n_{max} = 0.076 \text{ m}$$

3.2.2.4 Longitud sumergida

$$L = \frac{n_{max}}{\text{sen}(\theta)}$$

Ecuación 11

Donde:

n_{max} : Nivel máximo 0.076 (m)

L: Longitud sumergida

θ : Ángulo de inclinación (45°)

$$L = \frac{2,56 \times 10^{-3} m}{\text{sen}(45)}$$

$$L = 3,62 \times 10^{-3} m$$

3.2.2.5 Área de la sección transversal de flujo

$$A_f = \frac{A_r(a + e)}{a}$$

Ecuación 12

Dónde:

A_f = Área de la sección transversal de flujo

A_r = Área entre las rejillas

a = Separación entre las barras (0,01 m)

e = espesor de la barra (0,015 m)

$$A_f = \frac{0,038 * (0,01 + 0,015)}{0,01}$$

$$A_f = 3,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

3.2.2.6 Suma de separación entre barras

$$bg = \left(\frac{B - a}{e + a} + 1 \right) * a$$

Ecuación 13

Donde:

bg = Separación entre barras para rejillas finas (m).

B = Ancho 0,5 m

a = Separación entre barras.

e = Espesor máximo de las barras

$$bg = \left(\frac{0,5 - 0,01}{0,015 + 0,01} + 1 \right) * 0,01$$

$$bg = 0,206 \text{ m}$$

3.2.2.7 Número de barras

$$N_b = \frac{B}{a + t}$$

Ecuación 14

Donde:

N_b = Número de barras.

B = ancho.

a = separación entre barras

t = espesor máximo de las barras

$$N_b = \frac{0,5}{0,01 + 0,015}$$

$$N_b = 20$$

3.2.2.8 Pérdida de carga a través de las rejillas

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

Ecuación 15

Donde:

h_c = Pérdida de carga a través de las rejillas (m).

V = Velocidad de salida a través de la rejilla (m/s).

g = Aceleración de la gravedad (m/s²).

a = Separación entre barras

e = Espesor máximo de las barras.

β = Factor dependiente de la forma de las barras.

θ = Ángulo de inclinación de las barras 45°.

$$h_c = 1,79 \left(\frac{0,015}{0,01}\right)^{4/3} * \frac{(0,57)^2}{(2 \times 9,8)} * \text{sen}45^\circ$$

$$h_c = 0,036 \text{ m}$$

3.2.3 Cálculo de Trampa de grasas

La trampa de grasas es una operación de pre tratamiento que ayuda a separar aceites y grasas del agua residual gracias a la diferencia de densidades, los cálculos se basaron en los principios de diseño de Romero J.

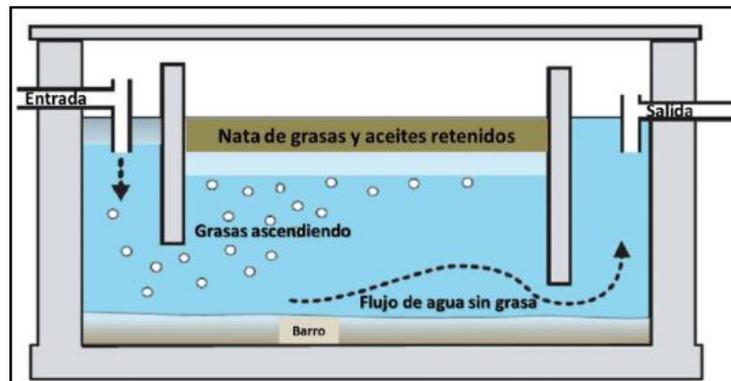


Figura 2 – 3: Trampa de grasas
Fuente: (Hachi, 2017)

Se recomienda que haya una relación ancho/longitud de 1:3 - 1:18

3.2.3.1 Área de trampa de grasas

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

Ecuación 16

Donde:

A = Área

Q = Caudal = 619.2 m³/día

1 Día = 8 horas

Cs = Carga superficial = 30m³.m²/d

$$A = \frac{619.2 \text{ m}^3/\text{d}}{30 \text{ m}^3 * \text{m}^2/\text{d}}$$

45

$$A = 20.64 \text{ m}^2$$

3.2.3.2 Ancho de trampa de grasas

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

Ecuación 17

Donde:

An = Ancho de trampa de grasas

A = Área de trampa de grasas = 20.64 m²

$$An = \sqrt{\frac{20.64 \text{ m}^2}{2}}$$

$$An = 3.21 \text{ m}$$

3.2.3.3 Longitud de trampa de grasas

Ancho y longitud con una relación 1:3

$$lg = An * 3$$

Ecuación 18

Donde:

lg = Longitud de trampa de grasas

An = Ancho de trampa de grasas = 3.21m

$$lg = 3.21 \text{ m} * 3$$

$$lg = 9.64 \text{ m}$$

3.2.3.4 Volumen de trampa de grasas

$$V = An * lg * h$$

Ecuación 19

Donde:

V = Volumen de trampa de grasas

lg = Longitud de trampa de grasas = 9.64m

An = Ancho de trampa de grasas = 3.21m

h = Altura de la trampa de grasas \approx 1.5m por criterios de diseño

$$V = 3.21m * 9.64m * 1.5m$$

$$V = 46.42m^3$$

3.2.3.5 Tiempo de retención hidráulica

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

Ecuación 20

Donde:

Trh = Tiempo de retención hidráulica

V = Volumen de trampa de grasas = 46.42m³

Q = Caudal = 619.2 m³/día

$$Q = 619.2 \frac{m^3}{d} * \frac{1d}{8h} = 77.4 m^3/h$$

$$Trh = \frac{77.4 m^3/h}{46.42m^3}$$

$$Trh = 1.67 h$$

Se toman de las recomendaciones de Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseño. (ROMERO, 2004)

Los diámetros de entrada y salida son:

Diámetro de entrada: $\text{Øe} = 50 \text{ mm}$

Diámetro de salida: $\text{Øs} = 100 \text{ mm}$

El extremo final del tubo de entrada a 150 mm

El tubo de salida a 100cm del fondo del tanque

Con una sumergencia de por lo menos 0.90 m

3.2.4 Cálculo del Desarenador

Para el cálculo y dimensionamiento del desarenador, las ecuaciones y parámetros se basaron en los criterios de diseño especificados en la Guía para el diseño de Desarenadores y Sedimentares de la OPS, ecuaciones tomadas de proyectos afines para determinar los valores de: altura, el diámetro de partícula, densidad del líquido, densidad de partícula, viscosidad del líquido. (E.P-EMAPA-G, 2012) (OPS/CEPIS/05.158, 2005)

3.2.4.1 Velocidad de sedimentación

$$V_s = \frac{g(\rho_a - \rho_l)}{18\mu} * d_p^2$$

Ecuación 21

Donde:

V_s = Velocidad de sedimentación

$g = \text{Gravedad} = 980\text{cm/s}^2$

$d_p = \text{Diámetro de partícula} = 0,005\text{cm}$

$\rho_l = \text{Densidad del líquido} = 0,998742\text{g/cm}^3$

$\rho_a = \text{Densidad de partícula} = 2,65\text{g/cm}^3$

$\mu = \text{Viscosidad del líquido} = 0,01172\text{cm}^2/\text{s}$

$$V_s = \frac{980(2,65 - 0,998742)}{18 * 0,01172} * (0,005)^2$$

$$V_s = 0,19 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

3.2.4.2 Número de Reynolds

$$\text{Re} = \frac{V_s * d_p}{\mu}$$

Ecuación 22

Donde:

Re = Número de Reynolds

$V_s = \text{Velocidad de sedimentación} = 0,19\text{cm/s}$

$d_p = \text{Diámetro de partícula} = 0,005\text{cm}$

$\mu = \text{Viscosidad del líquido} = 0,01172\text{cm}^2/\text{s}$

$$\text{Re} = \frac{(0,192 * 0,005)}{0,01172}$$

$$\text{Re} = 0,08$$

3.2.4.3 Tiempo de retención

$$t = \frac{H}{V_s}$$

Ecuación 23

Donde:

t = Tiempo de retención

V_s = Velocidad de sedimentación = 0,19cm/s

H = Altura = 3m = 300cm

$$t = \frac{300\text{cm}}{0,19\text{cm/s}}$$

$$t = 1564 \text{ s}$$

$$t = 26 \text{ min}$$

3.2.4.4 Remoción con buenos deflectores

$$a = K * t$$

Ecuación 24

Donde:

a = Remoción con buenos deflectores

t = Tiempo de retención = 1564 s

K = Constante = 2.00 (Valor recomendado por la E.P-EMAPA-G)

$$a = 2.00 * 1564\text{s}$$

$$a = 3129 \text{ s}$$

3.2.4.5 Volumen del desarenador

$$C = Q * a$$

Ecuación 25

Donde:

C = Volumen del desarenador

Q = Caudal = 19.35L/s (Se considera una pérdida de caudal del 10% por los procesos previos y por recomendación de la dirección técnica de la E.P-EMAPA-G).

a = Remoción con buenos deflectores.

$$C = 19.35 \text{ l/s} * 3129 \text{ s}$$

$$C = 60541 \text{ L}$$

$$C = 60.54 \text{ m}^3$$

3.2.4.6 Superficie del desarenador

$$A_s = \frac{C}{H}$$

Ecuación 26

Donde:

A_s = Superficie del desarenador

C = Volumen del desarenador = 60.54m³.

H = Altura = 3m

$$A_s = \frac{60.54\text{m}^3}{3\text{m}}$$

$$A_s = 20.18 \text{ m}^2$$

3.2.4.7 Dimensiones del desarenador

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{1,5}}$$

Ecuación 27

$$L = 1,5 * B$$

Ecuación 28

Donde:

L = Longitud (m).

B = Base (m).

A_s = Superficie del desarenador = 27.75m².

$$\frac{L}{B} = 1,5$$

$$B = \sqrt{\frac{20.18\text{m}^2}{1,5}}$$

$$B = 3.67\text{m}$$

$B = 3.67 = 3.70 \text{ m}$ Consideración recomendada por la E.P-EMAPA-G.

$$L = 1,5 B$$

$$L = 1,5 * 3.67\text{m}$$

$$L = 5.50 \text{ m}$$

$L = 5.70\text{m}$ Por criterios de construcción y diseño

3.2.5 Cálculos del Canal Parshall

Empleado desde hace varias épocas para medir el flujo de agua y dosificar químicos de coagulación. Su estructura permite la mezcla del agua en la región donde se forma un resalto hidráulico.

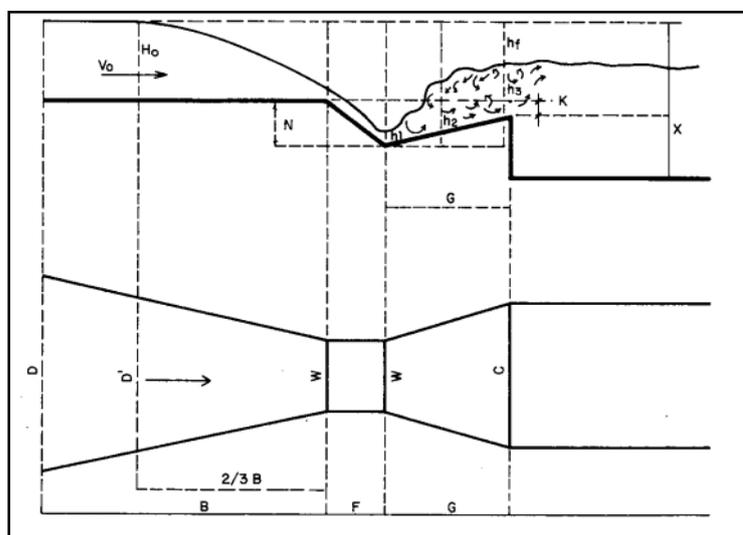


Figura 3 – 3: Diseño Canaleta Parshall
Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/027757/027757-03b.pdf>

3.2.5.1 Ancho de la garganta; W :

Se emplea un caudal de diseño con una disminución de 5% debido a la purga de lodos hidratados hacia las eras de secado, la función principal de esta canaleta es la dosificación de químicos que ayudaran al posterior proceso de coagulación debido a que en esta zona se produce una mezcla rápida.

La tabla 13, permite identificar el ancho de la garganta para un caudal de diseño de $Q = 18.38$ L/s

Tabla 2 – 3: Determinación de Garganta (W) para canaleta Parshall

ANCHO (W)	Rango de Caudal (L/s)	
	Caudal mínimo	Caudal máximo
1"	0.28	5.67
2"	0.57	14.15
3"	0.85	28.31
6"	1.42	110.44

Fuente: (ROMERO, 2004)

Según la tabla el ancho de la canaleta es:

$$W = 3" = 0.075\text{m}$$

3.2.5.2 Altura del agua en la sección de medición, H_o

Tabla 3 – 3: Valores estandarizados de K y N según el tamaño de W

Ancho de Garganta			
Pulgada/Pie	metro	K	N
3"	0.075	3.704	0.646
6"	0.015	1.842	0.636
9"	0.2290	1.486	0.633
1'	0.305	1.276	0.657
1 ¹ / ₂ '	0.460	0.966	0.650
2'	0.610	0.795	0.645

Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/027757/027757-03b.pdf>

$$H_o = K * (Q)^N$$

Ecuación 29

Donde:

H_o = Altura del agua en la sección de medición

Q = Caudal de diseño = 0.0184 m³/s

K = Constante adimensional 3.704 Valor tomado de la tabla

n = Constante adimensional 0.646 Valor tomado de la tabla

$$H_o = 3.704 * (0.0184 \text{ m}^3/\text{s})^{0.646}$$

$$H_o = 0.28 \text{ m}$$

3.2.5.3 Ancho de entrada de sección convergente D':

Tabla 4 – 3: Dimensiones estandarizadas para diseño de canal Parshall

W		A	B	C	D	E	F	G	K'	N
Pulg - pie	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
1"	2.5	36.3	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3"	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	45.7	15.2	30.5	2.5	5.7
6"	15.2	61.0	61.0	39.4	40.3	61.0	30.5	61.0	7.6	11.4
9"	22.9	88.0	86.4	38.0	57.5	76.3	30.5	45.7	7.6	11.4
1'	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9

Fuente: (OPS/CEPIS/05.158, 2005)

$$D' = \frac{2}{3} * (D - W) + W$$

Ecuación 30

Donde:

D' = Ancho entrada de sección convergente

D = dimensión de la canaleta = 25.9 cm = 0.259 m

W = ancho de la garganta = 0.075

$$D' = \frac{2}{3} * (0.259m - 0.075m) + 0.075m$$

$$D' = 0.198m$$

3.2.5.4 *Velocidad en la sección de medición V_0 :*

$$V_0 = \frac{Q}{H_0 * D'}$$

Ecuación 31

Donde:

V_0 = Velocidad en la sección de medición

H_0 = Altura del agua en la sección de medición = 0.28m

D' = Ancho entrada de sección convergente = 0.198m

Q = Caudal de diseño = 0.0184 m³/s

$$V_0 = \frac{0.0184 \text{ m}^3/\text{s}}{0.28\text{m} * 0.198\text{m}}$$

$$V_0 = 0.332 \text{ m/s}$$

3.2.5.5 Carga hidráulica disponible E_0 :

$$E_0 = \frac{V_0^2}{2g} + H_0 + N$$

Ecuación 32

Donde:

E_0 = Carga hidráulica disponible

V_0 = Velocidad en la sección de medición = 0.332m/s

H_0 = Altura del agua en la sección de medición = 0.28m

g = Gravedad = 9.8 m/s²

N = Constante 5.7 cm = 0.057 m Valor tomado de la tabla

$$E_0 = \frac{(0.332\text{m/s})^2}{2(9.8\text{m/s}^2)} + 0.28\text{ m} + 0.057$$

$$E_0 = 0.34\text{ m}$$

3.2.5.6 Caudal específico en la garganta de la canaleta Q_w :

$$Q_w = \frac{Q}{W}$$

Ecuación 33

Donde:

Q_w = Caudal específico en la garganta de la canaleta

Q = Caudal de diseño = 0.0184 m³/s

W = ancho de la garganta = 0.075 m

$$Q_w = \frac{0.0184\text{ m}^3/\text{s}}{0.075\text{ m}}$$

$$Q_w = 0.245 \frac{m^3}{s.m}$$

3.2.5.7 *Ángulo de inclinación Θ_p :*

$$\Theta_p = \text{Cos}^{-1} \left[- \frac{Q_w * g}{\left(\frac{2g * E_0}{3} \right)^{1.5}} \right]$$

Ecuación 34

Donde:

Θ_p = ángulo de inclinación

Q_w = Caudal específico en la garganta de la canaleta = 0.245 m³/s.m

g = gravedad = 9.8 m/s²

E_0 = Carga hidráulica disponible = 0.34m

$$\Theta_p = \text{Cos}^{-1} \left[- \frac{0.245 \frac{m^3}{s.m} * 9.8m/s^2}{\left(\frac{2(9.8m/s^2) * 0.34m}{3} \right)^{1.5}} \right]$$

$$\Theta_p = \text{Cos}^{-1} \left[- \frac{Q_w * g}{\left(\frac{2g * E_0}{3} \right)^{1.5}} \right]$$

$$\Theta_p = 136.49^\circ$$

3.2.5.8 *Velocidad antes del resalto V1:*

$$V_1 = 2 \sqrt{\left(\frac{2E_0 * g}{3} \right) * \text{Cos} \left(\frac{\Theta_p}{3} \right)}$$

Ecuación 35

Donde:

V_1 = Velocidad antes del resalto

θ_p = ángulo de inclinación = 136.49°

g = gravedad = 9.8 m/s²

E_0 = Carga hidráulica disponible = 0.34m

$$V_1 = 2 \sqrt{\left(\frac{2(0.34m) * (9.8m/s^2)}{3}\right) * \cos\left(\frac{136.49^\circ}{3}\right)}$$

$$V_1 = 2.09 \text{ m/s}$$

3.2.5.9 *Altura de agua antes del resalto h_1 :*

$$h_1 = \left(\frac{Q_w}{V_1}\right)$$

Ecuación 36

Donde:

h_1 = Altura de agua antes del resalto

V_1 = Velocidad antes del resalto = 2.09 m/s

Q_w = Caudal específico en la garganta de la canaleta = 0.245 m³/s.m

$$h_1 = \left(\frac{0.245m^3/s.m}{2.09 \text{ m/s}}\right)$$

$$h_1 = 0.117m$$

3.2.5.10 Número de Froude F :

$$F = \frac{V_1}{(g * h_1)^{0.5}}$$

Ecuación 37

$$3 \geq F \geq 2$$

Donde:

F = Número de Froude

h_1 = Altura de agua antes del resalto = 0.117m

V_1 = Velocidad antes del resalto = 2.09 m/s

g = gravedad = 9.8 m/s²

$$F = \frac{2.09 \text{ m/s}}{((9.8\text{m/s}^2) * 0.117\text{m})^{0.5}}$$

$$F = \frac{2.09 \text{ m/s}}{((9.8\text{m/s}^2) * 0.117\text{m})^{0.5}}$$

$$F = 1.95$$

3.2.5.11 Altura de agua después del resalto h_2 :

$$h_2 = \frac{h_1}{2} * \sqrt{1 + 8 F^2} - 1$$

Ecuación 38

Donde:

h_2 = Altura de agua después del resalto

$h_1 =$ Altura de agua antes del resalto = 0.117m

F = Número de Froude = 1.95

$$h_2 = \frac{0.117\text{m}}{2} * \sqrt{(1 + 8 (1.95)^2)} - 1$$

$$h_2 = 0.27\text{m}$$

3.2.5.12 Velocidad de resalto V_2 :

$$V_2 = \frac{Q}{h_2 * W}$$

Ecuación 39

Donde:

$V_2 =$ Velocidad de resalto

$h_2 =$ Altura de agua después del resalto = 0.27m

Q = Caudal de diseño = 0.0184 m³/s

W = ancho de la garganta = 0.075 m

$$V_2 = \frac{Q}{h_2 * W}$$

$$V_2 = \frac{0.0184\text{m}^3/\text{s}}{0.27\text{m} * 0.075 \text{ m}}$$

$$V_2 = 0.9 \text{ m/s}$$

3.2.5.13 Altura en la sección de salida de la canaleta h_3 :

$$h_3 = h_2 - (N - K')$$

Ecuación 40

Donde:

$h_2 =$ Altura de agua después del resalto = 0.27m

$N =$ Constante 5.7 cm = 0.057 m Valor tomado de la tabla

$K' =$ Constante 2.5 cm = 0.025 m Valor tomado de la tabla

$$h_3 = 0.27m - (0.057m - 0.025m)$$

$$h_3 = 0.238m$$

3.2.5.14 Velocidad en sección de salida V_3 :

$$V_3 = \frac{Q}{C * h_3}$$

Ecuación 41

Donde:

$V_3 =$ Velocidad en sección de salida

$h_3 =$ Altura en la sección de salida de la canaleta = 0.238m

$Q =$ Caudal de diseño = 0.0184 m³/s

$C =$ Constante 17.8 cm = 0.178 m Valor tomado de la tabla

$$V_3 = \frac{0.0184 \text{ m}^3/\text{s}}{0.178m * 0.238m}$$

$$V_3 = 0.434 \text{ m/s}$$

3.2.5.15 Pérdida de carga h_R :

$$h_R = H_o + K' - h_3$$

Ecuación 42

Donde:

h_R = Perdida de carga

h_3 = Altura en la sección de salida de la canaleta = 0.238m

K' = Constante 2.5 cm = 0.025 m Valor tomado de la tabla

H_0 = Altura del agua en la sección de medición = 0.28m

$$h_R = 0.28m + 0.025m - 0.238m$$

$$h_R = 0.067m$$

3.2.5.16 *Tiempo de mezcla en el resalto T:*

$$T = \frac{2 G'}{V_2 + V_3}$$

Ecuación 43

Donde:

T = Tiempo de mezcla en el resalto

V_2 = Velocidad de resalto = 0.9 m/s

V_3 = Velocidad en sección de salida = 0.434 m/s

G' = Constante 30.5 cm = 0.305 m Valor tomado de la tabla

$$T = \frac{2 * 0.305m}{0.9 m/s + 0.434m/s}$$

$$T = 0.46 s$$

3.2.5.17 *Gradiente de velocidad G:*

$$G = \sqrt{\frac{Y}{\mu}} * \left(\frac{h_R}{T}\right)$$

Donde:

G = Gradiente de velocidad

Y = Peso específico = 9.789 kN/m³ Valor considerado en la tabla

μ = Viscosidad dinámica = 1.102x10⁻³ N.s/m² Valor considerado en la tabla

h_R = Perdida de carga = 0.067m

T = Tiempo de mezcla = 0.46s

$$G = \sqrt{\frac{9.789 \text{ kN/m}^3}{1.102 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2} * \left(\frac{0.067 \text{ m}}{0.46 \text{ s}}\right)}$$

$$G = 13.73 \text{ s}^{-1}$$

3.2.6 Tanque de Agitación para Coagulación - Floculación

Criterios para el diseño de un agitador mecánico vertical de paletas:

Tabla 5 – 3: Parámetros de diseño Tanque agitador

Criterios de Diseño Tanque Agitación	
Da/4	0.3 – 0.5
C/Dt	1/3
W/Da	1/5
Dd/Da	2/3
J/Dt	1/12
H/Dt	1
L/Da	1/4

Fuente: (MARTINEZ, A., SALVADOR, M., GALINDO, E, 1992)

Tabla 6 – 3: Parámetro de diseño de mezclador de turbina

Parámetros	Valor
Gradiente de velocidad (s^{-1})	5000 - 1000
Tiempo de retención (h)	1 - 7

Fuente: (OPS/CEPIS/05.158, 2005)

Para el diseño del tanque se consideran los valores de la tabla 5 - 3 y 6 - 3, además se considera una pérdida de 5% en el caudal, debido a la generación de lodos hidratados en el desarenador.

El caudal de diseño es 18.38L/s.

3.2.6.1 Volumen del tanque

$$V_t = Q * Trh$$

Ecuación 45

Donde:

V_t = Volumen del tanque

Q = Caudal = 0.0184 m^3/s

Trh = Tiempo de retención hidráulica = 3600s

$$V_t = 0.0184m^3/s * 3600s$$

$$V_t = 66.24m^3$$

3.2.6.2 Diámetro del tanque:

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4 * V_t * a}{\pi * b}}$$

Ecuación 46

Donde:

DT = Diámetro del tanque cilíndrico vertical

V_t = Volumen del tanque = 66.24m³

a = Relación geométrica (adimensional) = 2 por parámetros de diseño (valor recomendado por los técnicos de la EMAPA-G)

b = Relación geométrica (adimensional) = 1 por parámetros de diseño (valor recomendado por los técnicos de la EMAPA-G)

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4 * 66.24 \text{ m}^3 * 2}{\pi * 1}}$$

$$DT = 5.02\text{m} \approx 5\text{m}$$

3.2.6.3 Radio del tanque

$$R = \frac{DT}{2}$$

Ecuación 47

Donde:

r = Radio del tanque

DT = Diámetro del tanque = 5m

$$r = \frac{5\text{m}}{2}$$

$$r = 2.5\text{m}$$

3.2.6.4 *Diámetro del agitador de paletas:*

$$\frac{Da}{4} = 0.3$$

Ecuación 48

Donde:

Da = Diámetro del agitador

$$Da = 0.4 * 4$$

$$Da = 1.6\text{m}$$

3.2.6.5 *Cálculo de altura del rodete desde el fondo del tanque*

$$\frac{C}{DT} = \frac{1}{3}$$

Ecuación 49

Donde:

C = Altura del rodete desde el fondo del tanque

DT = Diámetro del tanque cilíndrico vertical = 5m

$$C = \frac{1}{3} * DT$$

$$C = \frac{1}{3} * 5\text{m}$$

$$C = 1.66\text{m}$$

3.2.6.6 Cálculo del ancho de las paletas

$$\frac{W}{Da} = \frac{1}{5}$$

Ecuación 50

Donde:

W = Ancho de las paletas

Da = Diámetro del agitador = 1.6m

$$W = \frac{1}{5} Da$$

$$W = \frac{1}{5} 1.6m$$

$$W = 0.32m$$

3.2.6.7 Cálculo del diámetro soporte de las paletas

$$\frac{Dd}{Da} = \frac{2}{3}$$

Ecuación 51

Donde:

Dd = Diámetro soporte de las paletas

Da = Diámetro del agitador = 1.6m

$$Dd = \frac{2}{3} Da$$

$$Dd = \frac{2}{3} 1.6$$

$$Dd = 1.06m$$

3.2.6.8 Cálculo de ancho de placas deflectoras

$$\frac{J}{DT} = \frac{1}{12}$$

Ecuación 52

Donde:

J = Ancho de placas deflectoras

DT = Diámetro del tanque cilíndrico vertical = 5m

$$J = \frac{1}{12}DT$$

$$J = \frac{1}{12}5m$$

$$J = 0.42m$$

3.2.6.9 Cálculo de la longitud de palas del rodete

$$\frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$$

Ecuación 53

Donde:

L = Longitud de palas del rodete

Da = Diámetro del agitador = 1.6m

$$L = \frac{1}{4}Da$$

$$L = \frac{1}{4}1.6m$$

$$L = 0.4m$$

3.2.6.10 *Cálculo de la altura del líquido:*

$$\frac{h}{DT} = 1$$

Ecuación 54

Donde:

h = Altura del líquido

DT = Diámetro del tanque cilíndrico vertical = 5m

$$h = 1 * DT$$

$$h = 1 * 5m$$

$$h = 5m$$

3.2.6.11 *Altura del tanque cilíndrico vertical*

$$H = h + \left(\frac{1}{5} * h\right)$$

Ecuación 55

Donde:

h = Altura del líquido = 5m

H = Altura del tanque cilíndrico vertical

$$H = 5m + \left(\frac{1}{5} * 5m\right)$$

$$H = 6m$$

3.2.6.12 Potencia del motor

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

Ecuación 56

Donde:

G = Gradiente de velocidad = $60s^{-1}$ (determinado en la prueba de jarras)

V = Volumen $66.24m^3$

μ = Viscosidad dinámica = $1.139 \times 10^{-3} \text{ Kg/m.s}$

$$P = (60s^{-1})^2 * (66.24m^3) * (1.139 \times 10^{-3} \text{ Kg/m.s})$$

$$P = 271.6 \text{ W}$$

Se considera una eficiencia de 80%

$$P = \frac{271.6 \text{ W}}{0.80}$$

$$P = 339.5 \text{ W}$$

3.2.6.13 Velocidad de rotación para el agitador

$$N = \left(\frac{P}{K * \delta * Da^5} \right)^{1/3}$$

Ecuación 57

Donde:

N = Velocidad de rotación para el agitador

P = Potencia del motor = $339.5 \text{ W} = 339.5 \text{ Kg}m^2/s^3$

k = Constante de agitación para 6 paletas = 6.3 (adimensional)

δ = Densidad del líquido = 999.19 Kg/m^3

Da = Diámetro del agitador = 1.6m

$$N = \left(\frac{339.5 \text{ Kg. m}^2/\text{s}^3}{6.3 * (999.19\text{kg}/\text{m}^3) * (1.6\text{m})^5} \right)^{1/3}$$

$$N = 0.1726 \frac{\text{rev}}{\text{s}} * \frac{60\text{s}}{1\text{min}}$$

$$N = 0.1726 \frac{\text{rev}}{\text{s}} * \frac{60\text{s}}{1\text{min}}$$

$$N = 10.36 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

Se determino mediante la prueba de jarras que el tiempo óptimo para la coagulación es de 3 min.

3.2.7 *Calculo de Dosificación de Químicos*

3.2.7.1 *Cálculo de dosificación de PAC*

Según los datos obtenidos en el test de jarras, la concentración óptima de Poli Cloruro de Aluminio es de 4g/L

$$D \text{ PAC} = \frac{Vt * D}{Vp}$$

Ecuación 58

Datos:

D PAC = Dosificación de PAC

V_p = Volumen de referencia del test de jarras = 1L

V_t = Volumen de tanque de coagulación = 66.24m³ = 66240L

D = Dosis óptima de PAC en el test de jarras = 10mL

$$D_{PAC} = \frac{66240 \text{ L} * 10\text{mL}}{1 \text{ L}}$$

$$D_{PAC} = 662400\text{mL} = \frac{662.4 \text{ L}}{\text{día}}$$

La dosificación de PAC es de 662.4L por día de tratamiento para el volumen de almacenamiento de 66.24m³. Para las 8 horas de proceso de producción la dosificación del químico es de 220.8 litros.

3.2.7.2 Cantidad de PAC en gramos

$$C_{PAC} = C_o * D_{PAC}$$

Donde:

C PAC = Cantidad de PAC

C_o = Concentración de PAC = 4 g/L

D PAC = Dosificación de PAC = 220.8L

$$C_{PAC} = 4\text{g/L} * 220.8\text{L}$$

$$C_{PAC} = 883.2\text{g}$$

$$C_{PAC} = \mathbf{0.883\text{Kg}}$$

3.2.7.3 Cálculo para la dosificación del auxiliar CHEMFLOC

Los datos para determinar el auxiliar fueron obtenidos en el test de jarras, la concentración óptima de CHEMFLOC es de 0.8 g/L

$$D_{AUX} = \frac{V_t * D_{aux}}{V_p}$$

Ecuación 59

Donde:

D AUX = Dosificación de Auxiliar CHEMFLOC

V_p = Volumen de referencia del test de jarras = 1L

V_t = Volumen de tanque de coagulación = 66.24m³ = 66240L

D_{aux} = Dosis óptima de CHEMFLOC en el test de jarras = 10mL

$$D_{AUX} = \frac{66240L * 10mL}{1L}$$

$$D_{AUX} = 662400mL = 662.4L$$

La dosificación de CHEMFLOC es de 662.4L por día de tratamiento para el volumen de almacenamiento de 66.24m³. Para las 8 horas de proceso de producción la dosificación del químico es de 220.8 litros.

3.2.7.4 Cantidad de CHEMFLOC en gramos:

$$C_{AUX} = C_{oAUX} * D_{aux}$$

Ecuación 60

Donde:

C AUX = Cantidad del auxiliar CHEMFLOC

C_{oAUX} = Concentración del auxiliar CHEMFLOC = 0.8g/L

D_{aux} = Dosificación del auxiliar CHEMFLOC = 220.8L

$$C_{AUX} = 0.8g/L * 220.8L$$

$$C_{AUX} = 176.64g$$

$$C_{AUX} = \mathbf{0.177Kg}$$

3.2.8 *Sedimentador*

Para desarrollar el dimensionamiento del sedimentador, las fórmulas y valores de diseño se basaron en la Guía para el diseño de Desarenadores y Sedimentares de la OPS, para los criterios de altura, ancho, profundidad y pendiente, se utilizaron varias recomendaciones de los técnicos de la EMAPAG (E.P-EMAPA-G, 2012) (OPS/CEPIS/05.158, 2005).

3.2.8.1 *Área superficial*

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

Ecuación 61

Donde:

Q = Caudal con una pérdida del 15% 15.63L/s : 450m³/día

C_s = carga superficial 20(m³/m²/día)

$$A_s = \frac{450}{20}$$

$$A_s = 22.5 \text{ m}^2$$

3.2.8.2 *Longitud*

$$L_2 = \frac{A_s}{B}$$

Ecuación 62

Donde:

A_s = Área superficial 22.5 (m²)

B: Ancho 3.5 (m)

$$L_2 = \frac{22.5m^2}{3.5m}$$

$$L_2 = 6.43 \text{ m}$$

Se asume la distancia de separación entre la entrada y la pantalla difusora $L_1 = 0,25$

$$L = L_1 + L_2$$

$$L = 0,25 + 6.43$$

$$L = 6.68 \text{ m}$$

3.2.8.3 Velocidad horizontal

$$V_h = \frac{100 * Q}{B * H}$$

Ecuación 63

Donde:

V_h = Velocidad horizontal

B = Ancho = 3.5m

H = Profundidad = 3m

Q = Caudal = 0.0156 m³/s

$$V_h = \frac{100 * 0.0156}{3.5 * 3}$$

$$V_h = 0,149 \frac{m}{s}$$

3.2.8.4 Tiempo de retención

$$T_0 = \frac{V}{Q}$$

Ecuación 64

Donde:

T_0 = Tiempo de retención

V = Volumen del sedimentador 70.13 (m³)

Q = Caudal 0.0156 (m³/s)

$$T_0 = \frac{70.13}{0.0156}$$

$$T_0 = 4488 \text{ s}$$

$$T_0 = 1.25 \text{ horas}$$

3.2.8.5 Altura total

$$H_t = H + 0,1H$$

Ecuación 65

Donde:

Pendiente del 10%

H_t : = Altura total

H = Profundidad 3 m

$$H_t = 3m + 0,1(3m)$$

$$H_t = 3.30 \text{ m}$$

3.2.8.6 Altura del agua sobre el vertedero

$$H_2 = \left(\frac{Q}{1,84 * B} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Ecuación 66

Dónde:

H_2 = Altura del agua sobre el vertedero

Q = Caudal 0.0156 m³/s

B = Ancho 4.30 m

$$H_2 = \left(\frac{0.0156}{1,84 * 4.30} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_2 = 0.018m$$

3.2.8.7 Pantalla difusora Área de orificio

$$A_o = \frac{Q}{V_o}$$

Ecuación 67

Donde:

A_o = Área de los orificios

Q = Caudal 0.0156 (m³/s)

V_o = Velocidad de paso por el orificio 0,1 (m/s)

$$A_o = \frac{0.0156}{0,1}$$

$$A_o = 0.156 m^2$$

3.2.8.8 Área del orificio

$$a_o = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

Ecuación 68

Donde:

a_o = Área del orificio

d = diámetro del orificio 0,02 m

$$a_o = \pi \left(\frac{0,02}{2}\right)^2$$

$$a_o = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

3.2.8.9 Número de orificios

$$n = \frac{A_o}{a_o}$$

Ecuación 69

Donde:

n = número de orificios

a_o = Área del orificio $3,14 \times 10^{-4} (\text{m}^2)$

A_o = Área de los orificios 0.156 (m^2)

$$n = \frac{0.156}{3,14 \times 10^{-4}}$$

$$n = 497$$

3.2.8.10 Posición de altura de la pantalla difusora

$$h = H - \frac{2}{5}H$$

Ecuación 70

Donde:

h = Posición de altura de la pantalla difusora

H = Profundidad 1,5 (m)

$$h = 3 - \frac{2}{5}(3)$$

$$h = 1.8 \text{ m}$$

3.2.8.11 Espacio entre filas

$$a_1 = \frac{h}{Nf}$$

Ecuación 71

Donde:

a_1 = espacio entre filas

Nf = número de filas = 5

h = Posición de altura de la pantalla difusora 1.8 m

$$a_1 = \frac{1.8}{5}$$

$$a_1 = 0,36 \text{ m}$$

3.2.8.12 Espacio entre columnas

$$a_2 = \frac{1,5 - a_1(N_c - 1)}{2}$$

Ecuación 72

Donde:

a_2 = espacio entre columnas

N_c = número de columnas 6

B = Profundidad 1,5m

$$a_2 = \frac{3 - 0,36(6 - 1)}{2}$$

$$a_2 = 0,6 \text{ m}$$

3.2.9 Filtros

La Filtración Lenta en Arena (FLA) es una técnica de depuración de aguas superficiales que permite remover organismos patógenos del agua cruda hasta un 99.9% a través de una capa de arena fina que tiene un diámetro de 0.3 a 1.0 mm y una altura mínima de 70 cm, mediante estos filtros también se puede remover metales pesados por mecanismos de tamizado y adsorción. No requiere de adición de productos químicos ni una supervisión (Marrón, 1999)

En la parte superficial de los filtros de arena se forma una capa biológica sobre el lecho; conteniendo millones de microorganismos encargados de realizar la limpieza biológica, purificando así el agua de consumo.

El diseño del presente filtro estará formado de dos filtros, el primero contendrá arena y grava, mientras que el segundo estará conformado por carbón activado.

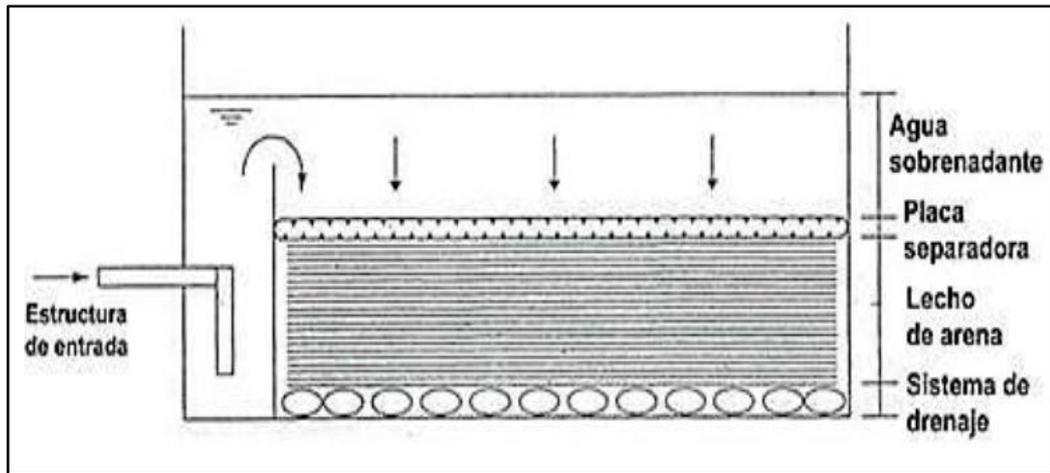


Figura 4 – 3: Filtro lento de arena
Fuente: (OPS/CEPIS/05.158, 2005)

Tabla 7 – 3: Criterios de diseño para filtros

Parámetro	Unidad	Valor
Carbón activado granular		
Espesor de la capa de carbón	cm	≥ 45
Tamaño efectivo	mm	0,8 - 1,4
Arena		
Espesor de arena	cm	≥ 30
Tamaño efectivo	mm	0,45 - 0,65
Grava		
Espesor de grava gruesa en el fondo	cm	10 - 45
Tamaño efectivo	mm	2,4
Capa de agua sobrenadante		
Altura de agua	m	1 - 1,5
Borde libre	cm	20 - 30
Lecho de filtración		

Profundidad del medio	m	0,6 - 1,40
Tasa de filtración	m/d	2 - 12

Fuente: (ROMERO, 2004)

Tabla 8 – 3: Criterios técnicos para el sistema de drenaje

Parámetro	Valor	Unidad
Separación de laterales	1- 2	m
Diámetros de orificios	6.5 – 15.8	mm
Espaciamiento de los orificios	7.5 - 25	cm
Altura entre tubo y fondo del filtro	3.5	cm

Fuente: (ROMERO, 2004)

La velocidad de paso del agua a través del medio filtrante varía entre 0.1 y 0.2 m³/h dependiendo de la calidad del agua que ingresa al tratamiento. A mayor contaminación del agua, menor velocidad de filtración.

Se toma en cuenta una pérdida del 4% debido a los lodos que serán llevados a los lechos de secado, el caudal de diseño es de 15L/s

3.2.9.1 Superficie filtrante requerida

$$Sf = \frac{Q}{Tf}$$

Ecuación 73

Donde:

Sf = Superficie filtrante

Q = Caudal = 15L/s = 54m³/h

Tf = Tasa de filtración = 0.4 m³/m².h

$$Sf = \frac{54 \text{ m}^3/\text{h}}{0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}}$$

$$Sf = 135 \text{ m}^2$$

3.2.9.2 *Área de filtración:*

$$Af = \frac{Sf}{N}$$

Ecuación 74

Donde:

Af = Área de filtración

Sf = Superficie filtrante = 135m²

N = Número de filtros deseados = 2

$$Af = \frac{135 \text{ m}^2}{2}$$

$$Af = 67.5 \text{ m}^2$$

3.2.9.3 *Cálculo del número de filtros*

$$Nf = 0.5 * \sqrt[3]{Af}$$

Ecuación 75

Donde:

Nf = Número de filtros

$Af = \text{Área de filtrante} = 67.5\text{m}^2$

$$Nf = 0.5 * \sqrt[3]{67.5}$$

$$Nf = 2.03 \approx 2 \text{ Unidades}$$

3.2.9.4 Área de cada unidad

$$Au = \frac{Af}{N}$$

Ecuación 76

Donde:

$Nf = \text{Número de filtros} = 2$

$Af = \text{Área de filtración} = 67.5\text{m}^2$

$$Au = \frac{67.5\text{m}^2}{2}$$

$$Au = 33.75\text{m}^2$$

3.2.9.5 Longitud de cada filtro

$$Lf = \left(\frac{2 * NF * Au}{2 * Nf} \right)^{0.5}$$

Ecuación 77

Donde:

$Lf = \text{Longitud de cada filtro}$

$Au = \text{Área de cada filtro} = 33.75\text{m}^2$

$Nf = \text{Número de filtros} = 2$

$$Lf = \left(\frac{2 * 2 * 33.75m^2}{2 * 2} \right)^{0.5}$$

$$Lf = 5.8m$$

3.2.9.6 Ancho del filtro

$$bf = \left[\frac{(Nf + 1) * Au}{2 * Nf} \right]^{0.5}$$

Ecuación 78

Donde:

bf = Ancho del filtro

Au = Área de cada filtro = 33.75m²

Nf = Número de filtros requeridos = 2

$$bf = \left[\frac{(2 + 1) * 33.75m^2}{2 * 2} \right]^{0.5}$$

$$bf = 5.03m^2$$

3.2.9.7 Longitud total de la pared

$$Ltp = (2 * bf * Nf) + Lf * (Nf + 1)$$

Ecuación 79

Donde:

Ltp = Longitud total de la pared

bf = Ancho de cada unidad = 5.03m²

Nf = Número de módulos filtrantes requeridos = 2

$L_f = \text{Longitud de cada filtro} = 5.8\text{m}$

$$L_{tp} = (2 * 5.03\text{m} * 2) + 5.8\text{m} * (2 + 1)$$

$$L_{tp} = 37.52\text{m}$$

3.2.9.8 Longitud mínima de la pared

$$L_m = (2 * L_f * (N_f + 1))$$

Ecuación 80

Donde:

$L_m = \text{Longitud mínima de la pared}$

$L_f = \text{Longitud de cada filtro} = 5.8\text{m}$

$N_f = \text{Número de módulos filtrantes requeridos} = 2$

$$L_m = (2 * 5.8\text{m} * (2 + 1))$$

$$L_m = 34.8\text{m}$$

3.2.9.9 Diámetro de la tubería de entrada

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{v * \pi}}$$

Ecuación 81

Donde:

$D = \text{Diámetro de la tubería de entrada}$

$Q = \text{Caudal} = 0.0150 \text{ m}^3/\text{s}$

v = Velocidad en la tubería = 12m/s (valor recomendado por la EP.EMAPA-G

$$D = \sqrt{\frac{4 * (0.0150\text{m}^3/\text{s})}{12\text{m/s} * \pi}}$$

$$D = 0.04\text{m}$$

$$D = 40\text{mm}$$

3.2.9.10 Sistema de drenaje para el filtro

Para la salida se empleará tubería perforada con de Ø 110 mm

Orificios laterales Ø 8 mm

3.2.9.11 Área de cada orificio

$$A_o = \frac{\pi * d^2}{4}$$

Ecuación 82

Donde:

Ao = Área de cada orificio

d = Diámetro de orificios laterales = 8mm

$$A_o = \frac{\pi * (8 \times 10^{-3} \text{mm})^2}{4}$$

$$A_o = 5.02 \times 10^{-5} \text{m}^2$$

3.2.9.12 Caudal que ingresa a cada orificio

$$Q_o = A_o * v_o$$

Ecuación 83

Donde:

Q_o = Caudal que ingresa a cada orificio

v_o = Velocidad en el orificio = 3m/s (criterio recomendado por la 5EP.EMAPA-G)

A_o = Área de cada orificio = $5.02 \times 10^{-5} \text{m}^2$

$$Q_o = (5.02 \times 10^{-5} \text{m}^2) * (3 \text{m/s})$$

$$Q_o = 1.51 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$$

3.2.9.13 Número de laterales

$$\#laterales = n * \frac{L_{tp}}{el}$$

Ecuación 84

Donde:

L_{tp} = Longitud total de la pared = 37.52m

n = Número de laterales por lado = 2

el = Separación entre laterales = 1m

$$\#laterales = 2 * \frac{37.52 \text{m}}{1 \text{m}}$$

$$\#laterales = 2 * \frac{37.52 \text{m}}{1 \text{m}}$$

$$\#laterales = 75.04 \approx 75$$

3.2.9.14 Separación entre orificios

$$\frac{\#orificios}{\#laterales} = 2 * \frac{Lf}{e}$$

Ecuación 85

Donde:

L_i = longitud de cada lateral

e = espacio entre orificios = 0.075m

$$\frac{\#orificios}{\#laterales} = 2 * \frac{3m}{0.075m}$$

$$\frac{\#orificios}{\#laterales} = 80$$

3.2.9.15 Número total de orificios

$$\#total\ de\ orificios = \#laterales - \frac{\#orificios}{\#laterales}$$

Ecuación 86

Donde:

$$\#laterales = 75$$

$$\#orificios/\#laterales = 80$$

$$\#total\ de\ orificios = 75 * 80$$

$$\#total\ de\ orificios = 6000$$

3.2.9.16 Área total de orificios

$$A_{to} = A_o * \#total \text{ de orificios}$$

Ecuación 87

Donde:

A_{to} = Área total de orificios

A_o = Área de cada orificio = $5.02 \times 10^{-5} \text{m}^2$

$$A_{to} = 5.02 \times 10^{-5} \text{m}^2 * 6000$$

$$A_{to} = 5.02 \times 10^{-5} \text{m}^2$$

$$A_{to} = 0.30 \text{m}^2$$

3.2.9.17 Comprobación de cumplimiento con los parámetros (0.0015-0.005)

$$\frac{A_{to}}{A_f}$$

Ecuación 88

Donde:

A_{to} = Área total de orificios = 0.30m^2

A_f = Área de filtración = 67.5m^2

$$\frac{A_{to}}{A_f} = \frac{0.30 \text{m}^2}{67.5 \text{m}^2} = 0.00445 \text{ Si Cumple}$$

3.2.10 Tanque de desinfección

Para el cálculo y dimensionamiento del tanque de desinfección se tomaron en cuenta criterios de diseño propuestos por los técnicos de la EMAPAG y de manuales de potabilización del agua

(Martinez, 2005) (E.P-EMAPA-G, 2012), para su diseño se requiere la determinación de: volumen del tanque, la altura, entre otros, como se indica a continuación:

3.2.10.1 Volumen del tanque

$$V = Q * t$$

Ecuación 89

Donde:

V = Volumen del tanque.

Q = Caudal = 15L/s = 0.0150 m³/s (disminución de caudal por pérdidas en los procesos de sedimentación)

t = tiempo de retención. 1800 s (tiempo de acción del cloro)

$$V = 0.0150\text{m}^3/\text{s} * 1800\text{s}$$

$$V = 27 \text{ m}^3$$

3.2.10.2 Altura del tanque

$$H_t = \frac{V}{L * B}$$

Ecuación 90

Donde:

H_t = altura del tanque

V = volumen del tanque = 27m³

L = Longitud = 5m

B = Ancho = 3m

$$H_t = \frac{27m^3}{5m * 3m}$$

$$H_t = 1.8 m \approx 2m$$

Altura del tanque = 2m por parámetros de diseño.

Ancho del tanque = 3.5m por sugerencia de la EMAPA-G

Longitud = 5m por parámetros de diseño

3.2.11 Dosificación del desinfectante

3.2.11.1 Dosificación del hipoclorito de calcio

$$\mathbf{Dosis_{HTH} = 0,012 * gpm * C}$$

Ecuación 91

Donde:

Dosis_{HTH} = Dosificación del hipoclorito de calcio

Q = Caudal = 15L/s = 237.8 gpm

Constante adimensional = 0,012

C: Concentración de hipoclorito de calcio 6 mg/L Valor recomendado por la E.P-EMAPA-G para desinfección eficaz de Agua residual.

$$Dosis_{HTH} = 0,012 * Q(gpm) * C$$

$$Dosis_{HTH} = 0,012 * 237.8gpm * 6mg/L$$

$$Dosis_{HTH} = 17,12 \frac{lb}{día} = 7764.17 \frac{g}{día}$$

3.2.11.2 Volumen de para la preparar la solución madre de HTH

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Ecuación 92

Donde:

V = Volumen de agua para preparar la solución madre de HTH

m_{HTH} = Masa del hipoclorito de calcio = 7764.17g

ρ_{HTH} = Densidad del hipoclorito de calcio comercial = 800g/L

$$V = \frac{7764.17g}{800g/L}$$

$$V = 9.71 L$$

3.2.11.3 Volumen de la solución madre

$$V_1 = \frac{V * 65\%}{8,5\%}$$

Ecuación 93

Donde:

V_1 = Volumen de solución madre

V = Volumen de agua para preparar la solución madre de HTH = 9.71L

$$V_1 = \frac{9.71L * 65\%}{8,5\%}$$

$$V_1 = 74.18 L$$

3.2.11.4 Volumen de agua requerido para diluir la solución madre

$$V_2 = \frac{C_1 * V_1}{C_2}$$

Ecuación 94

Donde:

V_2 = Volumen de agua necesario para diluir la solución madre

V_1 = Volumen de la solución madre = 74.18L

C_1 = Concentración de hipoclorito de calcio 6 mg/L Valor recomendado por la EMAPA-G para desinfección eficaz de Agua residual.

C_2 = Concentración de hipoclorito de calcio = 0,65 mg/L (Especificación técnica del HTH comercial)

$$V_2 = \frac{6mg/L * 74.18L}{0,65mg/L}$$

$$V_2 = 684.74L \approx 685L$$

$$V_2 = 685 L$$

3.2.11.5 Goteo de la solución para la desinfección en el tanque

$$G: \frac{V_2}{T}$$

Ecuación 95

Donde:

G = Goteo de Hipoclorito de Calcio

V₂ = Volumen de agua necesario para diluir la solución madre = 685L

T = Tiempo = 1 día (8 horas de producción)

$$G = \frac{685L}{1 \text{ día}} * \frac{1000mL}{1L} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ Horas}} * \frac{1 \text{ Hora}}{60 \text{ min}}$$

$$G: 1427mL/min$$

3.2.12 *Lecho de secado*

Se consideraron los parámetros de diseño de varios autores, y se tomaron en cuenta experiencias de proyectos realizados en las mismas condiciones climáticas de la empresa en cuestión. En los manuales de (E.P-EMAPA-G, 2012) y (Juana, 2005), se requieren valores de varios parámetros físico-químicos para la determinación de la generación de lodos, volumen de sólidos digeridos, entre otros. A partir de estos valores y parámetros se realizaron los cálculos de dimensionamiento.

Los lodos generados por procesos de coagulación pueden ser deshidratados en lechos de secado en medios de temperatura ambiente de entre 20 y 27 °C, el drenado de agua disminuía hasta cesar en 24h, y el secado por evaporación duraba entre 24 y 72 horas. (Neubauer) (Deshidratación de Lodos Producidos en Estaciones de Tratamiento de Agua., 1993)

El medio filtrante debe incluir arena, grava (piedras de 5 a 75mm) u otro material grueso similar, la capa superior debe poseer un coeficiente de uniformidad mayor a 3.5 para prevenir una obstrucción precoz, el más empleado es arena. Para lograr un mayor flujo de aire también es factible utilizar bloques vacíos o tubos para ventilación. (Davis 1995)

Para definir las dimensiones de las eras de secado no se tiene un criterio fijo, se toma en cuenta el área de terreno para su implementación, sin embargo de acuerdo al capítulo 9 página 295 del libro “Purificación del Agua”, del Ingeniero Jairo Romero, de la escuela colombiana de ingeniería, se recomienda construir mínimo dos eras de secado.

3.2.12.1 Volumen de lodos

El volumen se determina a partir de los datos de las pruebas de jarras, evidenciado con las dosis óptimas y los tiempos de formación y precipitación de floc, este valor es de 160.85mL/L.

$$V_L = C_p * Q$$

Ecuación 96

Donde:

V_L = Volumen de lodos

Q = Caudal = 21.5 L/s = 619.2 m³/día (caudal de diseño)

C_p = Cantidad de precipitado = 160.85mL/L

$$V_L = 160.85 \frac{mL}{L} * 21.5 \frac{L}{s}$$

$$V_L = 3458.275 \frac{mL}{s} * \frac{1 L}{1000mL} * \frac{1m^3}{1000L} * \frac{28800s}{1día}$$

$$V_L = 99.6 \frac{m^3}{día}$$

Se toma en cuenta las ocho horas de producción = 28800 segundos, generando así 99.6m³ de lodos.

3.2.12.2 Área del lecho

$$A_{LS} = \frac{V_L}{H_L}$$

Ecuación 97

Donde:

A_{LS} = Área del lecho

$V_L = \text{Volumen de lodos} = 99.6 \text{ m}^3$

$H_L = \text{Altura del lodo en lecho (0.6m)}$

$$A_{LS} = \frac{99.6 \text{ m}^3}{0.6\text{m}}$$

$$A_{LS} = 166\text{m}^2$$

Se considera la construcción de 4 eras de secado

$$\frac{166\text{m}^2}{4} = 41.5\text{m}^2$$

3.2.12.3 Longitud del lecho

$$L_L = \frac{A_{LS}}{B_L}$$

Ecuación 98

Donde:

$L_L = \text{Longitud del lecho}$

$A_L = \text{Área del lecho} = 41.5\text{m}^2$

$B_L = \text{Ancho del lecho (4.5m)}$

$$L_L = \frac{41.5\text{m}^2}{4.5\text{m}}$$

$$L_L = 9.22\text{m} \approx 9\text{m por parametros de diseño}$$

3.2.12.4 Volumen del tanque

$$V_T = L_L * B_L * H_L$$

Ecuación 99

Donde:

V_T = Volumen del tanque

B_L : Ancho del lecho = 4.5m

L_L = longitud del lecho = 9m

H_L = Altura de lecho = 1.45m (se toma en cuenta la altura de las gravas, la arena y la altura de seguridad)

$$V_T = 9m * 4.5m * 1.45m$$

$$V_T = 58.7m^3$$

Se estimó la construcción de 4 eras de secado para una altura de lodo de 60cm. Los valores de pendiente, tamaño de la tubería de drenaje y diámetros del medio filtrante varían de acuerdo a las recomendaciones del libro Purificación del Agua de Romero.

Parámetros a seguir:

Tubo drenaje: altura = 0.10m

Grava: altura = 0.15m

Grava media: altura = 0.10m

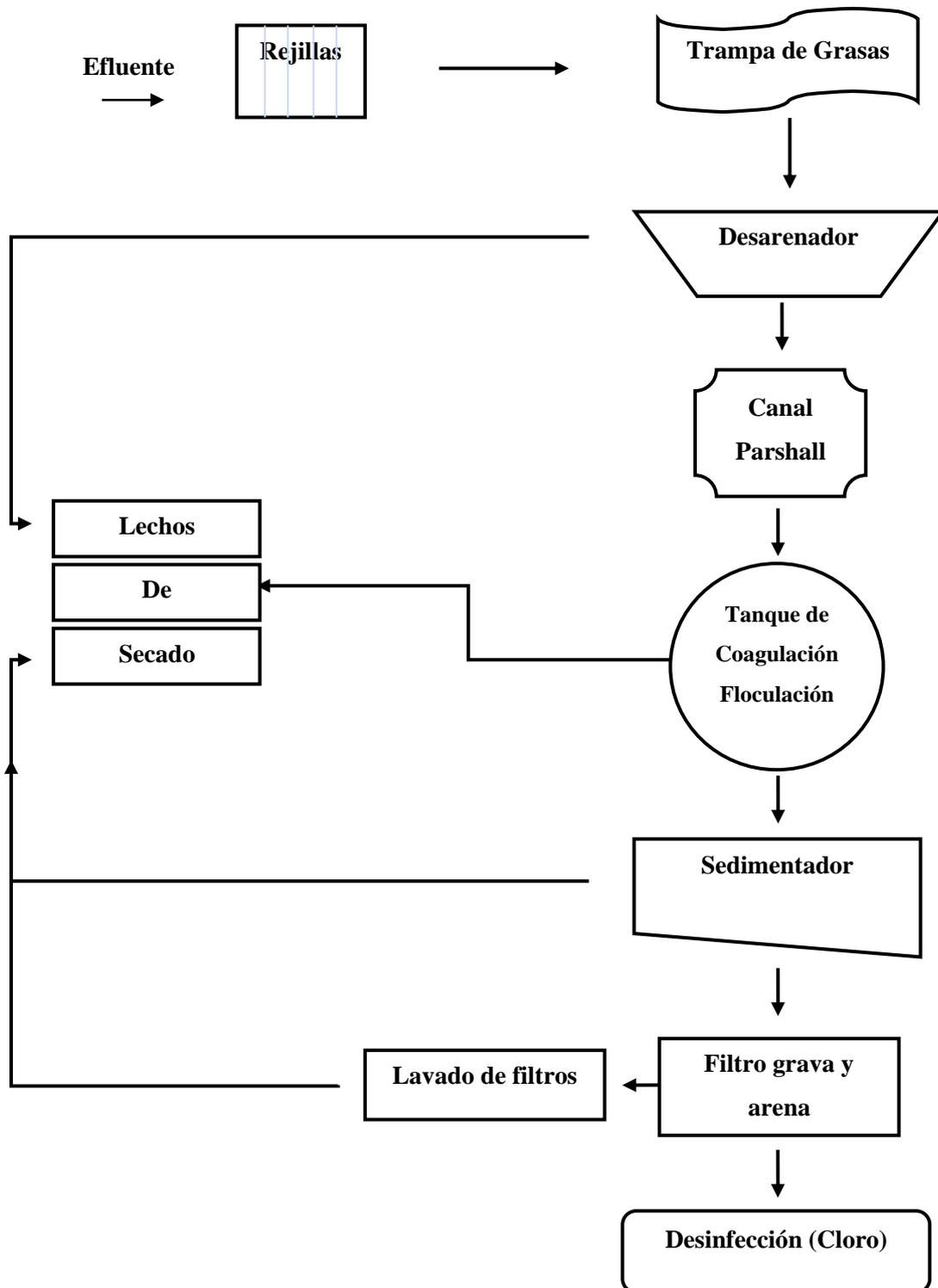
Arena: altura = 0.4m

Lodos: altura = 0.6m

Altura de seguridad 0.10m

El medio filtrante tiene las mismas características de los filtros, estipulado en la tabla 16 – 4 de los resultados.

Diseño de la Planta de Tratamiento



Elaborado por: (Hachi, 2017)

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS

4.1 Resultados de aforaciones de caudales

Las diferentes aforaciones de agua residual de la hilandería generadas en los meses de junio y julio de 2017 dan los resultados:

Tabla 1 – 4: Aforación de caudales Junio 2017

Caudales Mes de Junio (L/s)					
Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
09h00-10:00	-----	-----	-----	6.25	5.58
09h00-10:00	5.06	6.19	6.96	5.04	5.61
09h00-10:00	4.93	5.84	6.52	4.84	6.49
09h00-10:00	4.96	5.93	6.37	5.37	5.40
09h00-10:00	4.92	5.81	6.90	5.61	5.93
Total	126.51				
Promedio	5.75				

Fuente: (Hachi, 2017)

Existen variaciones de caudal debido a que la demanda diaria de hilo tinturado es variable, y dependiendo de los pedidos de otras ciudades, existe una mayor o menor producción y por ende generación de agua residual.

Entre las nueve y diez de la mañana se realizan los procesos de lavado y tinturado, etapas que utilizan la mayor cantidad de agua.

Tabla 2 – 4: Aforación de caudales Julio 2017

Caudales Mes de Julio (L/s)					
Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
09h00-10:00	6.17	4.6	5.64	5.91	5.80
09h00-10:00	4.72	4.85	5.50	4.88	5.30
09h00-10:00	4.58	4.99	5.11	5.02	4.74
09h00-10:00	4.99	4.66	4.92	4.44	5.05
09h00-10:00	4.35	-----	-----	-----	-----
Total	106.22				
Promedio	5.06				

Fuente: (Hachi, 2017)

Con los datos de las aforaciones de junio y julio de 2017 se calcula el valor promedio del caudal de agua residual generado.

Tabla 3 – 4: Caudal promedio mes de Junio y Julio 2017

Mes	Promedio Q (L/s)
Junio	5.75
Julio	5.06
Promedio	5.41

Fuente: (Hachi, 2017)

Una vez obtenidos estos valores, se determinó un caudal promedio de 5.41 L/s, producido en mayor proporción en las etapas de lavado y tinturado, a partir de las 09:00 hasta alrededor de las 10:00.

4.2 Resultados de monitoreo de agua residual

Los muestreos de agua residual se realizaron de manera aleatoria, obteniendo cinco muestras simples y una compuesta por cada mes de monitoreo.

Tabla 4 – 4: Fechas de muestreo en el mes de junio 2017

Muestreo en el Mes de Junio		
Día	Fecha	Hora
Jueves	1	10h00
Miércoles	7	10h00
Viernes	16	10h00
Lunes	19	10h00
Miércoles	28	10h00

Fuente: (Hachi, 2017)

Tabla 5 – 4: Fechas de muestreo en el mes de julio 2017

Muestreo en el Mes de Julio		
Día	Fecha	Hora
Martes	4	10h00
Jueves	13	10h00
Miércoles	19	10h00
Viernes	28	10h00
Lunes	31	10h00

Fuente: (Hachi, 2017)

Las fechas fueron tomadas al azar, una vez por semana con el objetivo de tener muestras representativas del agua residual generada en los procesos de lavado y tinturado de lana.

4.3 Resultados de la caracterización

Las muestras fueron trasladadas con una correcta cadena de custodia, hacia el Laboratorio de Control de Calidad de la E.P-EMAPA-G.

Una vez realizado el análisis físico-químico y microbiológico se evidenció los parámetros que están fuera del límite permisible expresado en el Anexo I del AM 097-A, que se muestra en la siguiente tabla de resultados:

Tabla 6 – 4: Análisis físico- químico y microbiológico inicial de las muestras compuestas de agua residual

Parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua residual de hilandería				
Parámetros	M1	M2	Promedio	Límites Máximos Permisibles (AM 097A)
pH	5.45	5.49	5.47	6 a 9
Sólidos Suspendidos	290.10	310.08	300.09	130
Sólidos Totales	910.17	913.29	911.73	1600
Temperatura	16.19	16.21	16.20	Natural +/- 3
Turbiedad	70.10	90.25	80.18
Color real	45	60	52.50
Oxígeno Disuelto	0.50	0.46	0.48
Aceites y grasas	120.10	118.43	119.27	30
Aluminio	2.17	1.96	2.07	5
Arsénico	0.09	0.07	0.08	0.1
Bario	3.16	2.85	3.01	2
Boro total	10.96	10.84	10.90	2
Cadmio	0.01	0.01	0.01	0.02
Cianuro total	0.007	0.009	0.01	0.1
zinc	7.16	7.48	7.32	5
Cloro activo	0.12	0.17	0.15	0.5
Cloruros	1412	1426	1419.00	1000
Cobre	2.17	2.78	2.48	1
Cobalto	0.04	0.06	0.05	0.5
Cromo Hexavalente	0.71	0.82	0.77	0.5
Fluoruros	3.91	3.25	3.58	5
Fósforo	18.41	19.37	18.89	10
Hierro	12.01	13.66	12.84	10
Manganeso	3.17	3.95	3.56	2
Níquel	2.91	2.93	2.92	2
Nitrógeno Amoniacal	27.82	28.46	28.14	30
Nitrógeno Total	60.07	60.28	60.18	50
Plata	0.09	0.06	0.08	0.1
Plomo	0.17	0.14	0.16	0.2
Sulfatos	217.09	220.34	218.72	1000
Tenso activos	12.98	13.17	13.08	0.5
DBO ₅	320.10	340.17	330.14	100
DQO	1804.11	1940.24	1872.18	200
C. Fecales	8000	8600	8300.00	2000

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad E.P-EMAPA-G

Con este análisis de laboratorio, se identificaron los parámetros que se encuentran fuera de norma: pH, sólidos suspendidos, aceites y grasas, bario, boro total, zinc, cloruros, cobre, cromo

hexavalente, fosforo, hierro, manganeso, níquel, nitrógeno total, tenso activos, DBO₅, DQO y Coliformes fecales.

La presencia de un pH ligeramente ácido se puede deber al uso de colorantes ácidos, que le dan esa característica al agua después de los procesos de teñido.

El cobre, manganeso, níquel, zinc, cobalto, hierro y cromo, son metales comúnmente encontrados en los colorantes comerciales que usan las industrias textiles (Influences of new azo dyes to the aquatic ecosystem, 2006). Estos metales también alteran el pH del agua dependiendo de su concentración y la composición de los colorantes.

Los aceites y grasas presentes en las descargas se deben al mantenimiento de máquinas, derrame de combustibles y aceites y a la limpieza de equipos y maquinas que operan en la hilandería.

El uso de detergentes, en los procesos de descrude, genera cantidades considerables de tenso activos presentes en el agua residual.

Debido a que la materia prima es de origen animal (lana de oveja), se presentan cargas orgánicas como nitrógeno, fósforo, DBO₅, DQO y coliformes fecales, generados en gran cantidad en los procesos de lavado y descrude.

Los colorantes aportan sólidos suspendidos al agua, generando a la vez turbiedad y una apariencia entre rojo y azul dependiendo del colorante utilizado en el proceso productivo.

A partir de estos parámetros se hace una propuesta de tratamiento, basándose fundamentalmente en el índice de biodegradabilidad y la cantidad de carga contaminante presente el agua residual.

Tabla 7 – 4: Índice de Biodegradabilidad del Agua Residual

Análisis de Biodegradabilidad			
Mes	DBO₅	DQO	Relación DBO₅/DQO
Junio	320.1	1804.11	0.177
Julio	340.17	1940.24	0.175

Fuente: (Hachi, 2017)

Usando la relación DBO₅/DQO se identificó un índice de biodegradabilidad de 0.176, estableciendo que un pre-tratamiento, tratamiento físico-químico y desinfección resultarían eficientes.

4.4 Resultados de las pruebas de tratabilidad

Las pruebas de tratabilidad son esenciales para reconocer el porcentaje de remoción de contaminantes y elegir uno u otro tipo de tratamiento.

- **Prueba de tratabilidad de trampa de grasas**

En la prueba de trampa de grasas, se realizó el ensayo con 12 litros de muestra compuesta, con un tiempo de retención de dos minutos logrando una remoción considerable de parámetros como: aceites y grasas, DBO₅, DQO, STD y SST.

Tabla 8 – 4: Resultado de prueba de tratabilidad: Trampa de grasas

Trampa de Grasas			
Parámetro	Conc. Inicial	Conc. Final	% Remoción
Aceites y Grasas (mg/L)	119.26	0.25	99.79
DBO ₅ (mg/L)	330.13	214.58	35.00
DQO (mg/L)	1872.17	1647.51	12.00
STD (mg/L)	818.28	702.25	14.18
SST (mg/L)	263.84	221.44	16.07

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad E.P-EMAPA-G
Elaborado por: (Hachi, 2017)

- **Prueba de tratabilidad del desarenador**

En el ensayo del desarenador, se usaron 12 litros de una muestra compuesta previamente homogenizada, se colocó en un recipiente de 15L de capacidad, logrando una decantación total del material sedimentable en 3 minutos. Se observó también en el ensayo con la probeta una sedimentación al fondo de la misma en 15 segundos. Por acción de la gravedad las partículas de mayor peso molecular decantan al fondo de los recipientes obteniendo una reducción de turbiedad, color, STD, SST.

Tabla 9 – 4: Resultado de prueba de tratabilidad: Desarenador

Desarenador			
Parámetro	Conc. Inicial	Conc. Final	% Remoción
Turbiedad (NTU)	80.15	72.14	10.0
Color (UTC)	105.00	101.85	3.00
STD (mg/L)	911.73	818.28	10.25
SST (mg/L)	300.09	263.84	12.08

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad E.P-EMAPA-G
Elaborado por: (Hachi, 2017)

- **Prueba de tratabilidad tanque de coagulación**

En el test de jarras, se determinó la concentración óptima para dosificar el coagulante, el pH en el que hay una mejor formación de floc y las revoluciones que requiere el agitador para realizar todo el proceso de coagulación y floculación.

En pruebas preliminares se descarto el uso de sulfato de aluminio ya que no demostró gran eficiencia en cuanto a la reducción de turbiedad. Se presentan los resultados de las pruebas con poli cloruro de aluminio:

- **Resultados de Concentración de PAC**

Tabla 10 – 4: Determinación de la Concentración de PAC

PAC (mg/L)	Dosis (mL)	NTU
2	5	12.45
3	5	9.32
4	5	4.78
5	5	8.93

Elaborado por: (Hachi, 2017)

En primera instancia se determino la concentración de poli cloruro de aluminio para el tratamiento de una muestra compuesta, se identificó que una solución madre de 4mg/L es la más eficiente como lo muestra el gráfico:

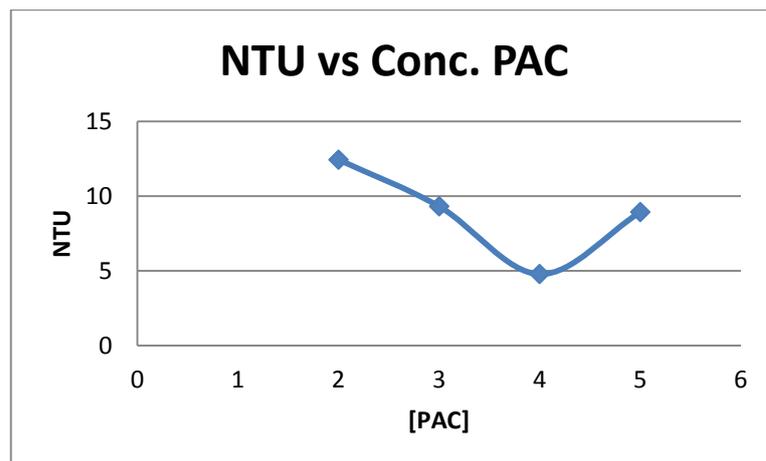


Gráfico 1 – 4: Relación NTU vs Concentración de Poli cloruro de Aluminio
Elaborado por: (Hachi, 2017)

Existe una variación de la turbiedad conforme la concentración del coagulante llega a la dosis óptima.

➤ **Resultados de pH óptimo**

Tabla 11 – 4: Determinación de pH óptimo

PAC (mg/L)	dosis (mL)	pH	NTU
4	5	5	12.69
4	5	6	9.94
4	5	7	4.5
4	5	8	7.84

Elaborado por: (Hachi, 2017)

A partir de este valor se identificó el pH óptimo con el que trabaja el coagulante, usando la misma concentración anterior 4mg/L, obteniendo mejores resultados de remoción con un pH = 7.

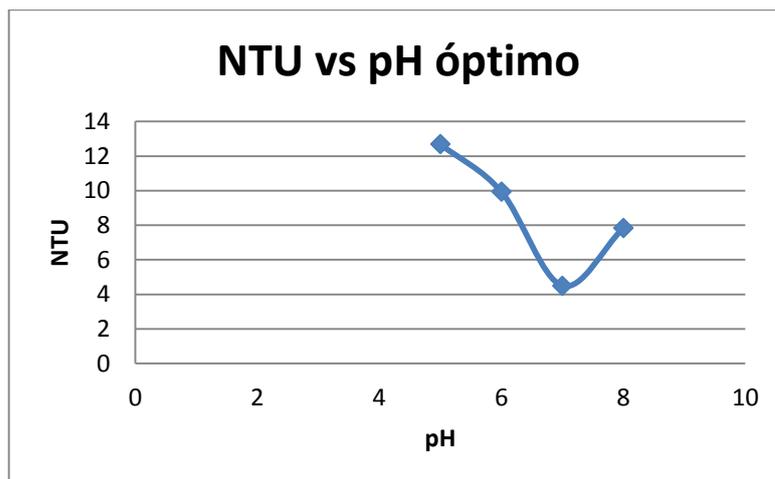


Gráfico 2 – 4: Relación NTU vs pH óptimo de coagulación
 Elaborado por: (Hachi, 2017)

A la concentración inicial de 4mg/L, se da una variación del potencial hidrógeno, evaluando que la turbiedad disminuye de forma más evidente al tratarse de un pH de 7.

➤ **Resultados de dosis óptima**

Tabla 12 – 4: Determinación de dosis óptima

PAC (mg/L)	PAC (mL)	NTU
4	1	6.2
4	1.5	4.9
4	2.5	4.5
4	5	4.78
4	7.5	3.69
4	10	0.69
4	12.5	2.3
4	15	5.1

Elaborado por: (Hachi, 2017)

Obtenido el pH óptimo, se identificó la dosis más eficiente para formar la coagulación, siendo 10mL de PAC con una concentración de 4mg/L, teniendo el siguiente gráfico, que demuestra la dosis de PAC con la remoción de turbiedad.

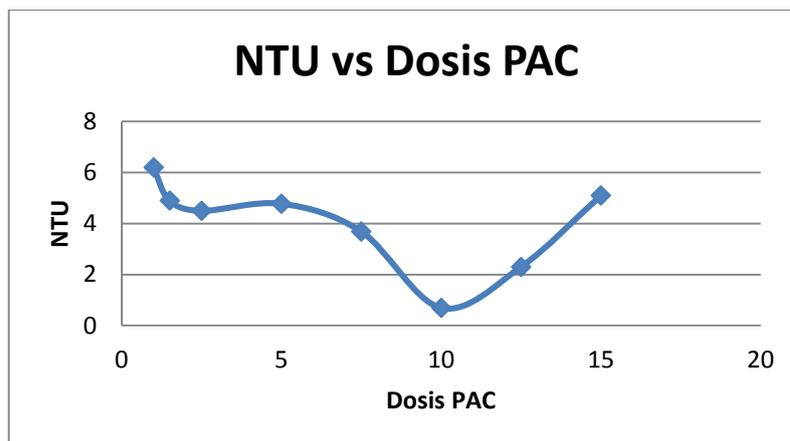


Gráfico 3 – 4: Relación NTU vs Dosis de Poli cloruro de Aluminio

Elaborado por: (Hachi, 2017)

La turbiedad disminuye considerablemente cuando se dosifican 10mL de coagulante, manteniendo la concentración de 4mg/L y un pH de 7.

➤ **Resultados de las revoluciones por minuto eficientes**

Tabla 13 – 4: Identificación de rpm eficientes

PAC (mg/L)	PAC (mL)	rpm	NTU	Tiempo Formación Floc (min)	Tiempo Decantación (min)	Volumen del precipitado (mL/L)
4	10	50	11.87	11	5	133.10
4	10	100	8.97	8	4	145
4	10	200	3.69	3	2	160.85
4	10	300	9.07	4	4	150.20

Elaborado por: (Hachi, 2017)

Finalmente se determino las revoluciones por minuto que garantizaran una correcta mezcla de PAC y mejor rendimiento en cuanto a la reducción de la turbiedad, siendo la mejor opción 200rpm.

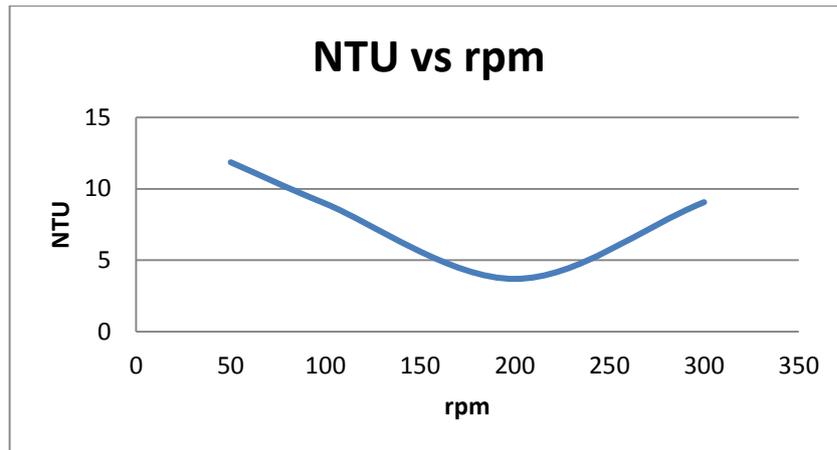


Gráfico 4 – 4: Relación NTU vs Revoluciones por minuto
Elaborado por: (Hachi, 2017)

A 200rpm, se da una mejor formación de flócc, al aumentar esta velocidad se rompen los agregados, mientras que a menor velocidad no se da una optima formación.

Los ensayos determinaron que el Poli Cloruro de Aluminio en una concentración de 4g/L, a un pH de 7, a 200rpm y una dosificación de 10mL, demás se identificó un tiempo de formación de flóculos de 3 min y de decantación de 2 minutos, obteniendo un volumen de precipitado de 160.85mL/L. Con estas variables se lograron remover cantidades elevadas de los contaminantes: turbiedad, color, DBO₅, DQO, STD y SST.

Tabla 14 – 4: Resultado de prueba de tratabilidad: tanque de coagulación

Tanque de Coagulación			
Parámetro	Conc. Inicial	Conc. Final	% Remoción
Turbiedad (mg/L)	80.15	0.69	99.14
Color (UTC)	101.85	10.55	89.64
DBO ₅ (mg/L)	214.58	11.31	94.73
DQO (mg/L)	1647.51	22.57	98.63
STD (mg/L)	702.25	73.24	89.57
SST (mg/L)	221.44	60.59	72.64

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad E.P-EMAPA-G
Elaborado por: (Hachi, 2017)

- **Prueba de tratabilidad de sedimentador**

En la prueba de tratabilidad del sedimentador, se uso 10 litros de muestra compuesta, se colocó en un recipiente de 15L de capacidad, logrando una decantación del material sedimentable en 2 minutos. Por acción de la gravedad las partículas de mayor peso molecular decantan al fondo de los recipientes obteniendo una reducción de STD y SST. También se observa la cantidad de lodos que se pueden formar en este proceso unitario.

Tabla 15 – 4: Resultado de prueba de tratabilidad: Sedimentador

Sedimentador			
Parámetro	Conc. Inicial	Conc. Final	% Remoción
STD (mg/L)	73.24	7.25	90.10
SST (mg/L)	60.59	16.61	72.59

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad E.P-EMAPA-G
Elaborado por: (Hachi, 2017)

- **Prueba de tratabilidad de filtro de grava y arena**

Se empleó 6 litros de agua residual, se colocó sobre un recipiente cónico para determinar el tiempo que tarda en recorrer todo el medio filtrante, se identificó la altura de cada material filtrante y las características del mismo. El diámetro de cada medio fu; Piedra bola: 10 - 25 mm, grava: 5 – 10 mm, grava fina: 2 -5 mm, gravilla: 2 – 4 mm y Arena: 1 – 2 mm. Obteniendo la reducción de color y SST.

Tabla 16 – 4: Características del medio filtrante de arena

Capa	Tipo	Diámetro de la Partícula (mm)
Primera	Arena	1 – 2
Segunda	Gravilla	2 – 4
Tercera	Grava fina	2 – 6
Inferior	Grava	6 – 13
Soporte	Piedra bola	10 – 25

Elaborado por: (Hachi, 2017)

Tabla 17 – 4: Resultado de prueba de tratabilidad: Filtro de grava y arena

Filtro de Grava y Arena			
Parámetro	Conc. Inicial	Conc. Final	% Remoción
Color (UTC)	10.55	1.01	90.43
SST (mg/L)	16.61	12.00	27.75

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad E.P-EMAPA-G
Elaborado por: (Hachi, 2017)

Efectuadas todas y cada una de las pruebas se demostró que la propuesta de tratamiento cumple con lo esperado y reduce la carga contaminante. Se efectuaron nuevos análisis de laboratorio que validaron el tratamiento del agua residual.

4.5 Resultados del análisis físico – químico y microbiológico posterior a las pruebas de tratabilidad

Tabla 18 – 4: Análisis físico - químico y microbiológico del agua residual tratada

Parámetros Físico-Químicos y Microbiológicos del Agua residual Tratada			
Parámetros	Unidad	Resultado	Límites Máximos Permisibles
pH	Unidades de pH	7.73	6 a 9
Sólidos Suspendidos	mg/L	4.00	130
Sólidos Totales	mg/L	99	1600
Temperatura	°C	15.00	Natural +/- 3
Turbiedad	UNT	0.006
Color real	Pt/Co	0.87
Oxígeno Disuelto	mg/L	6.20
Aceites y grasas	mg/L	1	30
Aluminio	mg/L	0.052	5
Arsénico	mg/L	0.001	0.1
Bario	mg/L	0.0054	2
Boro total	uS/cm	0.0005	2
Cadmio	mg/L	0.00003	0.02
Cianuro total	mg/L	0.00	0.1
Zinc	mg/L	0.017	5
Cloro activo		0.00	0.5
Cloruros	mg/L	2.00	1000
Cobre	mg/L	0.0086	1
Cobalto	mg/L	0.04	0.5
Cromo Hexavalente	mg/L	0.008	0.5
Fluoruros	mg/L	0.36	5

Fósforo	mg/L	0.39	10
Hierro	mg/L	0.11	10
Manganeso	mg/L	0.0045	2
Níquel	mg/L	0.0097	2
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0.04	30
Nitrógeno Total	mg/L	4.94	50
Plata	mg/L	0.0003	0.1
Plomo	mg/L	0.0027	0.2
Sulfatos	mg/L	1.00	1000
Tenso activos	mg/L	0.03	0.5
DBO ₅	mg/L	2.00	100
DQO	mg/L	11.00	200
Coliformes Fecales	NMP/100mL	0.90	2000

Fuente: Laboratorio de Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental CESTTA

4.6 Remoción de la carga contaminante del agua residual

En cada prueba de tratabilidad se exhibió la cantidad de remoción de la carga contaminante. En términos generales, cada proceso obtuvo una reducción de 90 al 99%, llegando a valores que cumplen con los límites permisibles del Acuerdo Ministerial 097-A referente a las descargas en cuerpos de agua dulce.

4.6.1 Remoción de Sólidos Suspendidos

Una pequeña parte de los sólidos suspendidos son reducidos en el pre tratamiento gracias al desarenador primario. El resto se elimina en el sedimentador, mismo que diseñado y operado de manera correcta, puede eliminar entre en el 50% y 70% de sólidos suspendidos. (METCALF, y otros, 1996). En todo el sistema se obtuvo una reducción del 98.67%.

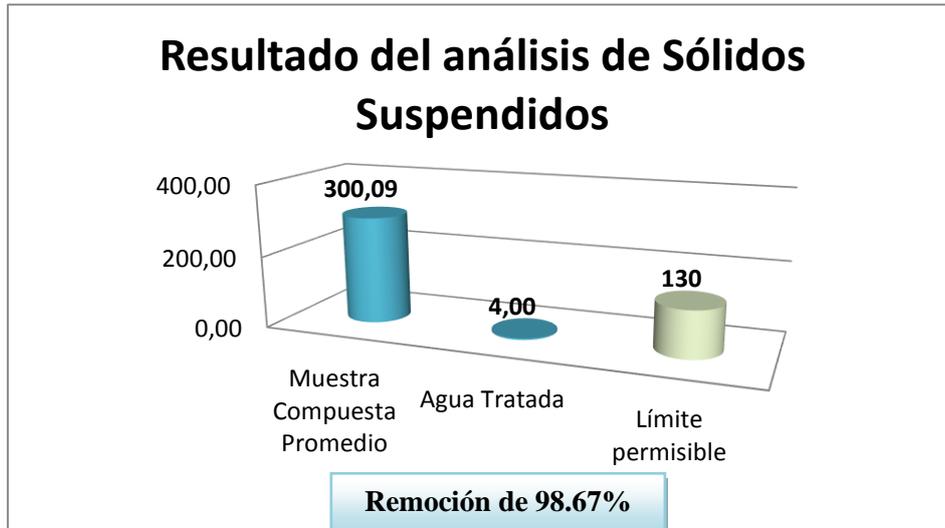


Gráfico 5 – 4: Resultado de remoción de Sólidos Suspendidos
 Elaborado por: (Hachi, 2017)

4.6.2 Remoción de Turbiedad

La turbiedad es removida casi en su totalidad en el proceso de floculación- coagulación, debido a que el sistema permite un aumento en el tamaño del floc, cohesión y una buena velocidad de sedimentación.

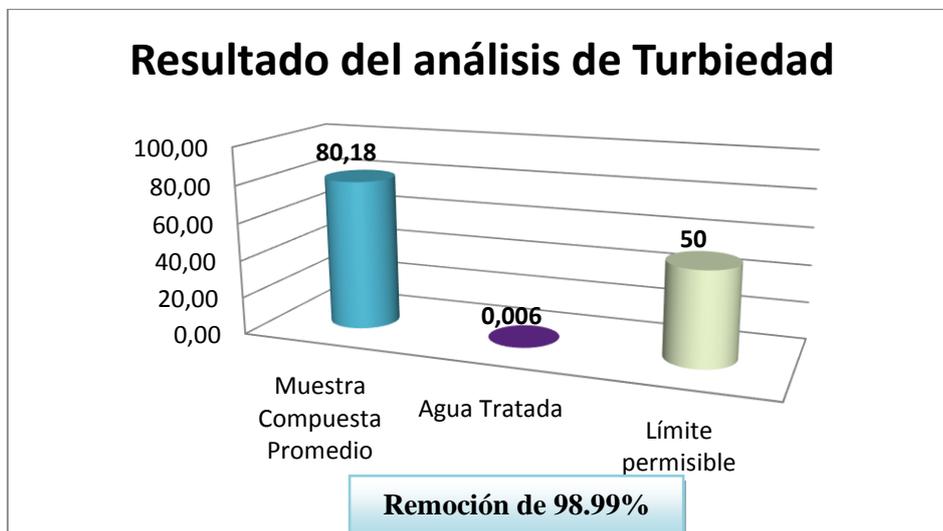


Gráfico 6 – 4: Resultado de remoción de Turbiedad
 Elaborado por: (Hachi, 2017)

Se obtiene un porcentaje de remoción del 98.99%.

4.6.3 Remoción del color

El color, contaminante característico de la industria textil baja sus concentraciones en el proceso de coagulación - floculación, posteriormente colorantes más persistentes y poco solubles quedan retenidos en el medio filtrante.

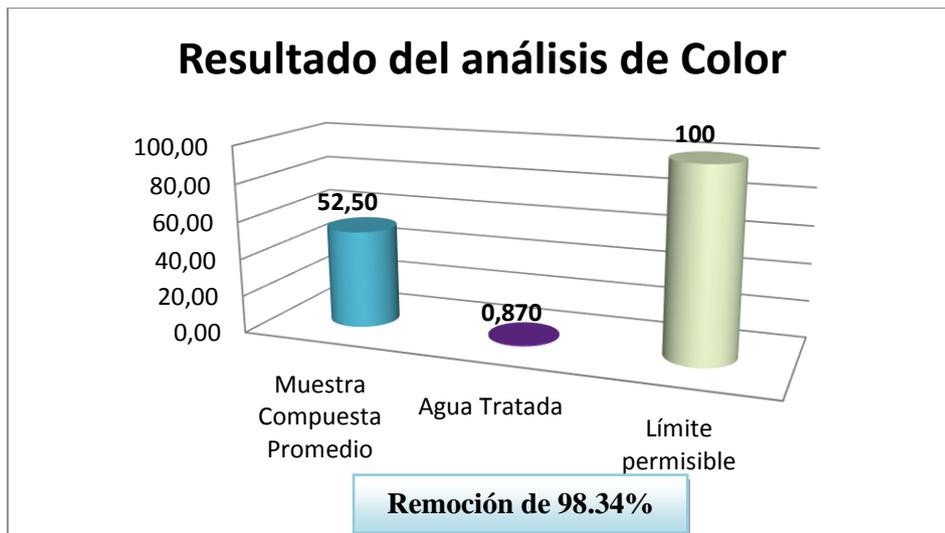


Gráfico 7 – 4: Resultado de remoción de Color
Elaborado por: (Hachi, 2017)

Todo el sistema logra un porcentaje de remoción de 98.34%.

4.6.4 Remoción de Aceites y Grasas

Los aceites y grasas son reducidos en primera instancia en la trampa de grasas, lo que resta es eliminado en el proceso de coagulación – floculación. Es importante la reducción de aceites y grasas, previo al ingreso a los tratamientos físico-químicos ya que pueden alterar su rendimiento y normal operatividad.

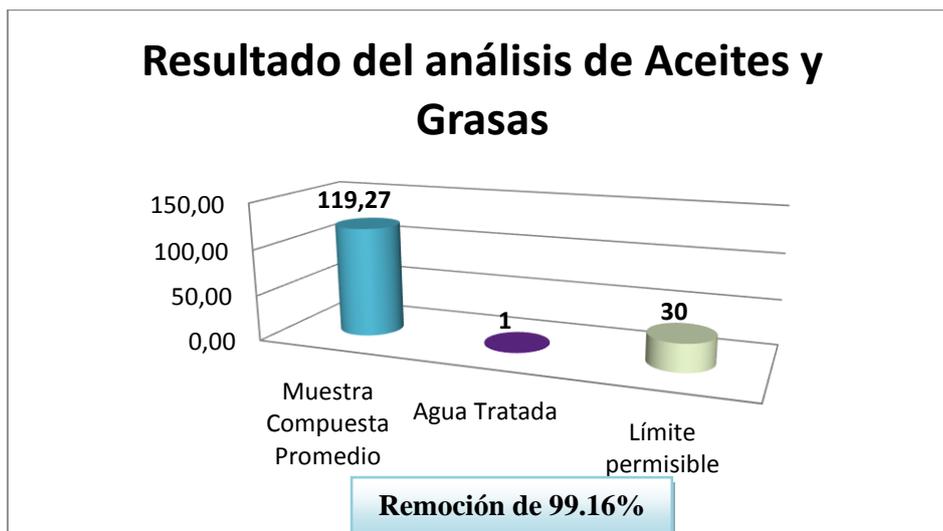


Gráfico 8 – 4: Resultado remoción de Aceites y Grasas
 Elaborado por: (Hachi, 2017)

Se llega a una reducción del 99.16% de este contaminante.

4.6.5 Remoción de Bario, Boro, Zinc, Cloruros, Cobre, Cromo Hexavalente, Hierro, Manganeso y Níquel.

Estos metales se reducen gracias a la precipitación en el sedimentador, los lodos generados en el proceso, son tratados con cal para la eliminación completa de los metales. Las trazas que no son reducidas en el proceso anterior quedan retenidas en los filtros de grava y arena. Los metales tuvieron una remoción de entre 98 y 99%.

- **Remoción de Bario**

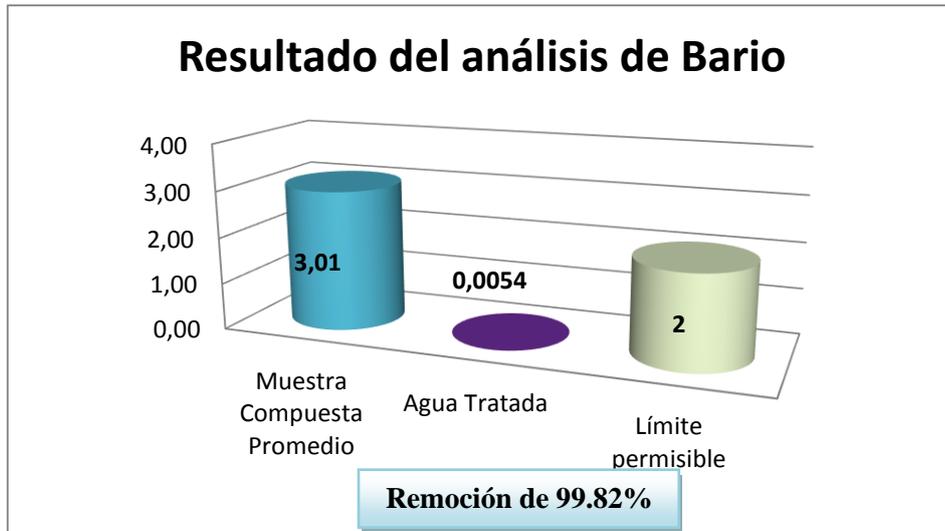


Gráfico 9 – 4: Resultado remoción de Bario
Elaborado por: (Hachi, 2017)

Este metal sufre una reducción de 99.82%.

- **Remoción de boro total**

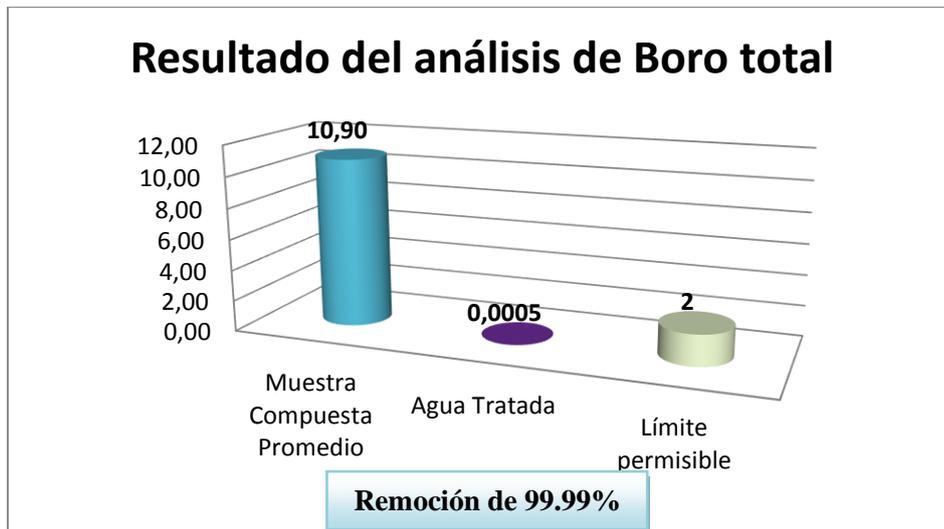


Gráfico 10 – 4: Resultado remoción de Boro total
Elaborado por: (Hachi, 2017)

El boro se redujo en su totalidad, presentando trazas de este metal luego del tratamiento.

- **Remoción de Zinc**



Gráfico 11 – 4: Resultado remoción de Zinc

Elaborado por: (Hachi, 2017)

Se obtuvo una remoción del 99.77%, debido principalmente a la concentración de los metales en los lodos tras la operación de coagulación.

- **Remoción de cloruros**

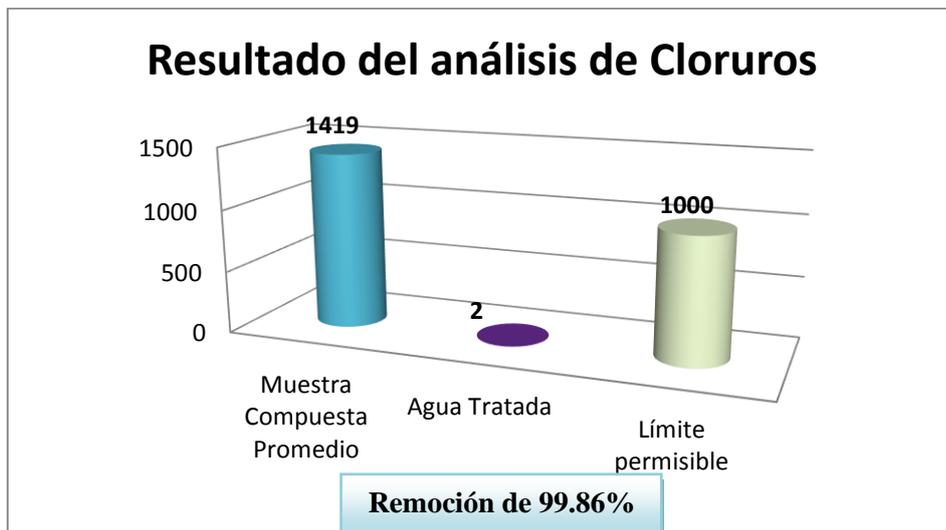


Gráfico 12 – 4: Resultado remoción de Cloruros

Elaborado por: (Hachi, 2017)

Reducidos a trazas, se obtuvo una remoción del 99.86%

- **Remoción de Cobre**

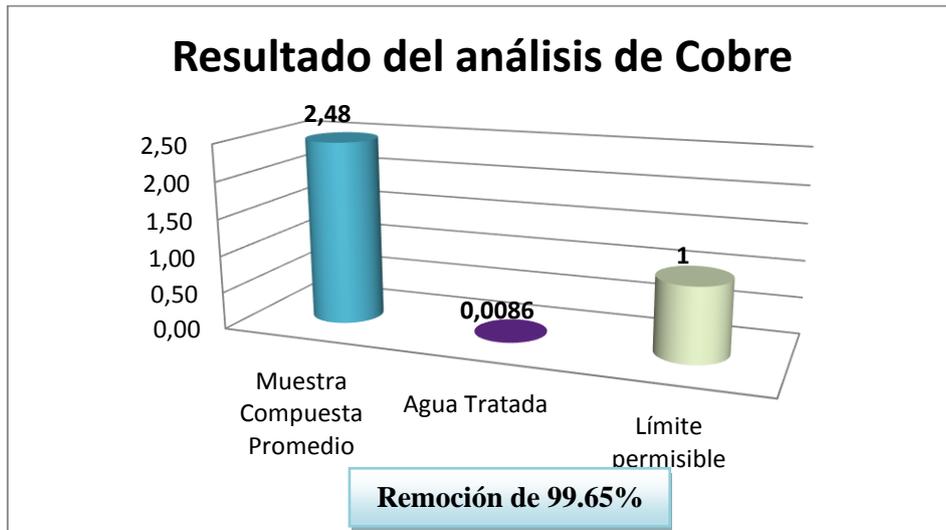


Gráfico 13 – 4: Resultado remoción de Cobre

Elaborado por: (Hachi, 2017)

La acción efectiva de los coagulantes y el auxiliar de floculación, permitió una remoción del 99.65% de este metal.

- **Remoción de Cromo Hexavalente**

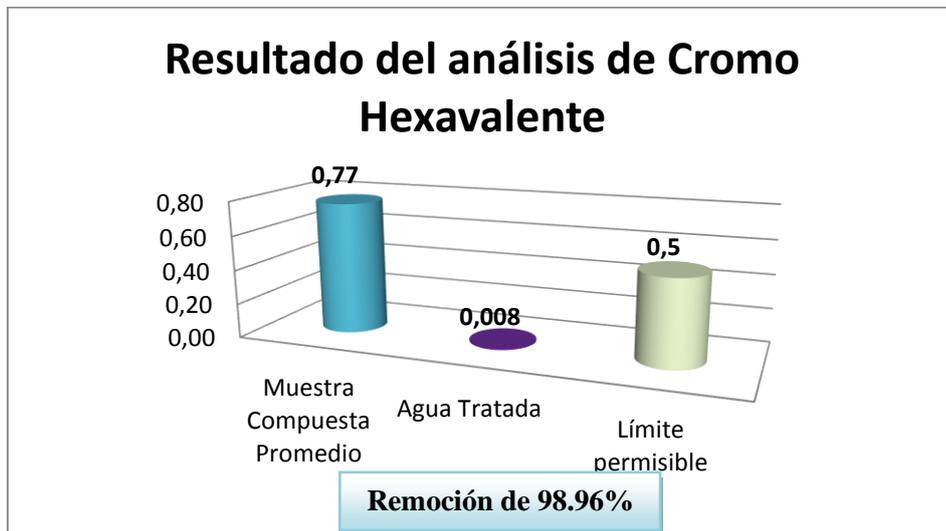


Gráfico 14 – 4: Resultado remoción de Cromo hexavalente

Elaborado por: (Hachi, 2017)

Este metal se redujo en un 98.96% tras el tratamiento de coagulación y posterior filtración.

- **Remoción de Hierro**

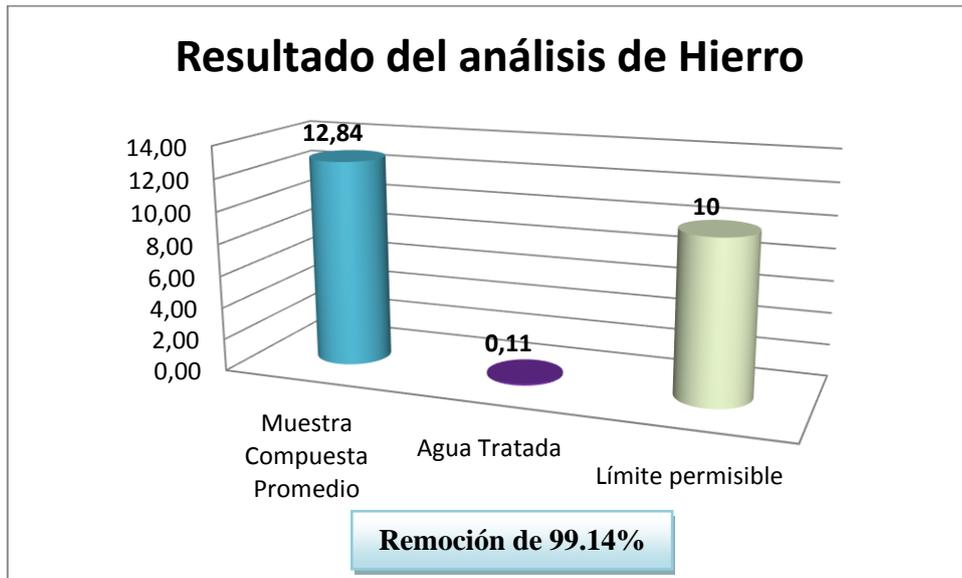


Gráfico 15 – 4: Resultado remoción de Hierro
Elaborado por: (Hachi, 2017)

Sufrió una remoción del 99.14%, presentando valores de trazas, la mayor concentración de metales se presenta en los lodos de residuo.

- **Remoción de Manganeso**

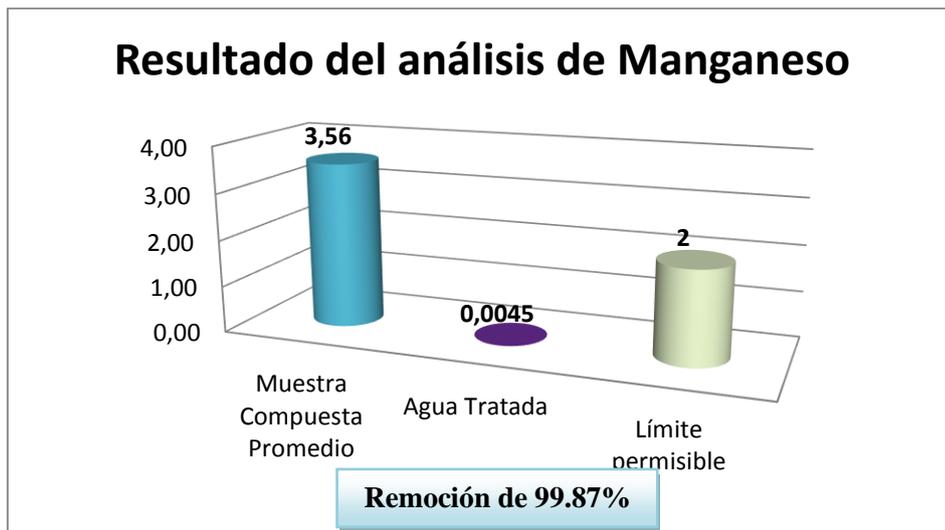


Gráfico 16 – 4: Resultado remoción de Manganeso
Elaborado por: (Hachi, 2017)

Se presenta una remoción de 99.87%, con valores no considerables.

- **Remoción de Níquel**



Gráfico 17 – 4: Resultado remoción de Níquel

Elaborado por: (Hachi, 2017)

Con una remoción del 99.67%, este metal es reducido a trazas y concentrado en los lodos dispuestos a deshidratarse en las eras de secado.

4.6.6 Remoción de Nitrógeno total

La reducción de nitrógeno se presenta por la decantación en el sedimentador y el posterior tratamiento de lodos en los lechos de secado, se obtiene una remoción de 91.79%.

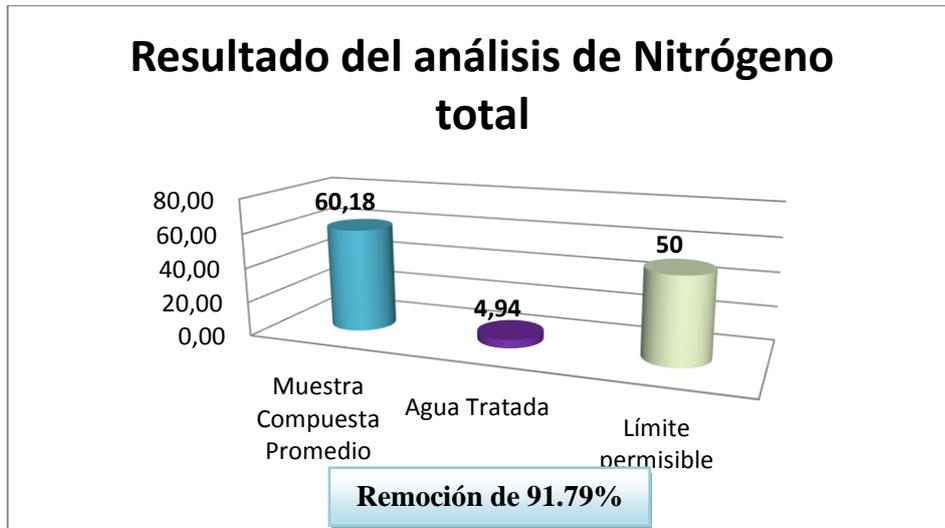


Gráfico 18 – 4: Resultado remoción de Nitrógeno total
 Elaborado por: (Hachi, 2017)

4.6.7 Remoción de Tensoactivos

Una parte considerable es removida en la trampa de grasas y los procesos de filtrado, ya que queda retenido en el medio poroso de los filtros de arena. Se alcanza una reducción de 99.77%.

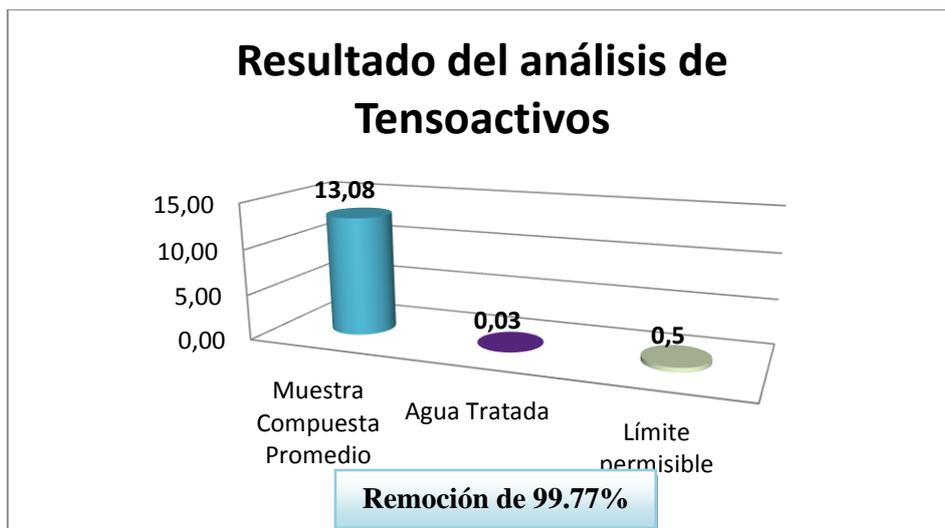


Gráfico 19 – 4: Resultado remoción de Tensoactivos
 Elaborado por: (Hachi, 2017)

4.6.8 Remoción de DBO₅

Esta carga biológica se reduce en el proceso de coagulación gracias a la atracción de moléculas orgánicas y la posterior formación de lodos, asegurando una reducción considerable del 99.39% en todo el sistema.

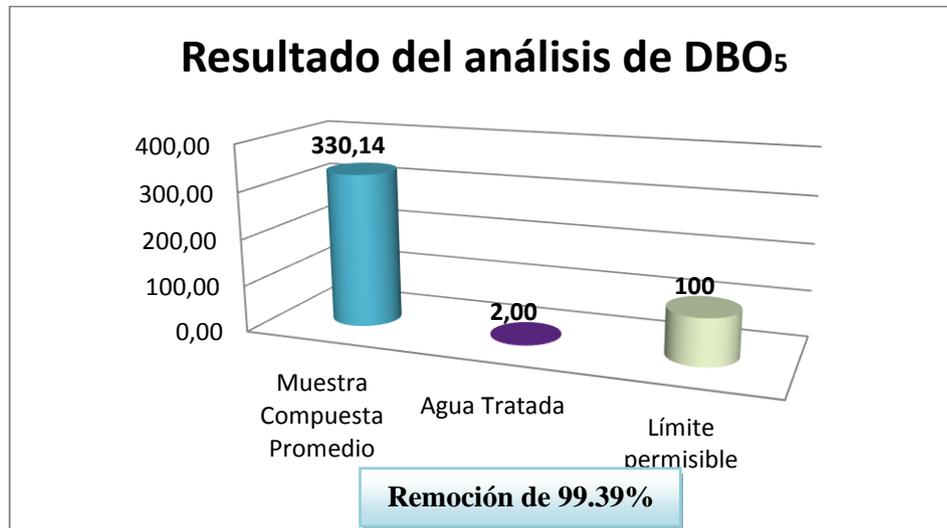


Gráfico 20 – 4: Resultado remoción de DBO₅
Elaborado por: (Hachi, 2017)

4.6.9 Remoción de DQO

Este contaminante se logra remover a lo largo de todo el sistema, la mayor concentración se reduce en el proceso de floculación coagulación, generando lodos con contenido orgánico y removiendo el 99.14% de este parámetro.

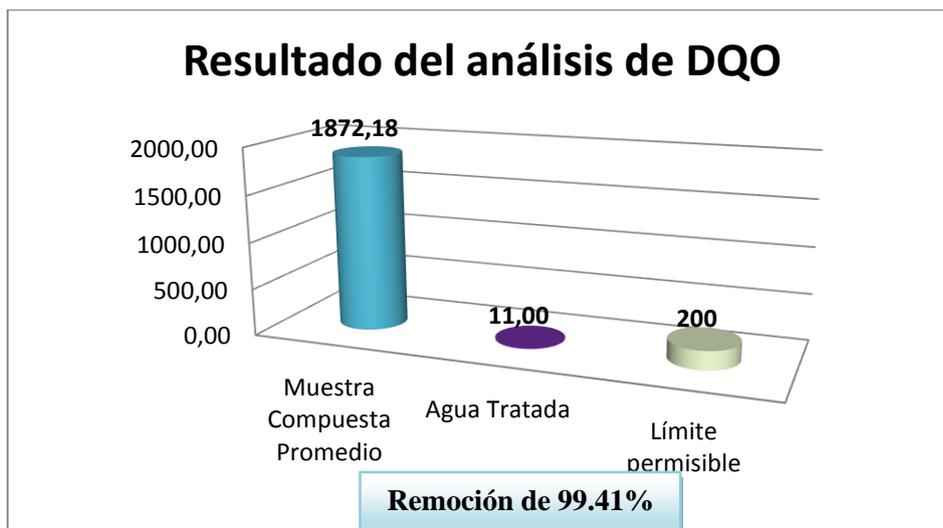


Gráfico 21 – 4: Resultado remoción de DQO
 Elaborado por: (Hachi, 2017)

4.6.10 Eliminación de Coliformes fecales

La completa remoción de microorganismos se logra gracias a la desinfección con hipoclorito de calcio previa a la descarga hacia el cuerpo receptor de agua, llegando a la eliminación del 99.99% de coliformes fecales.

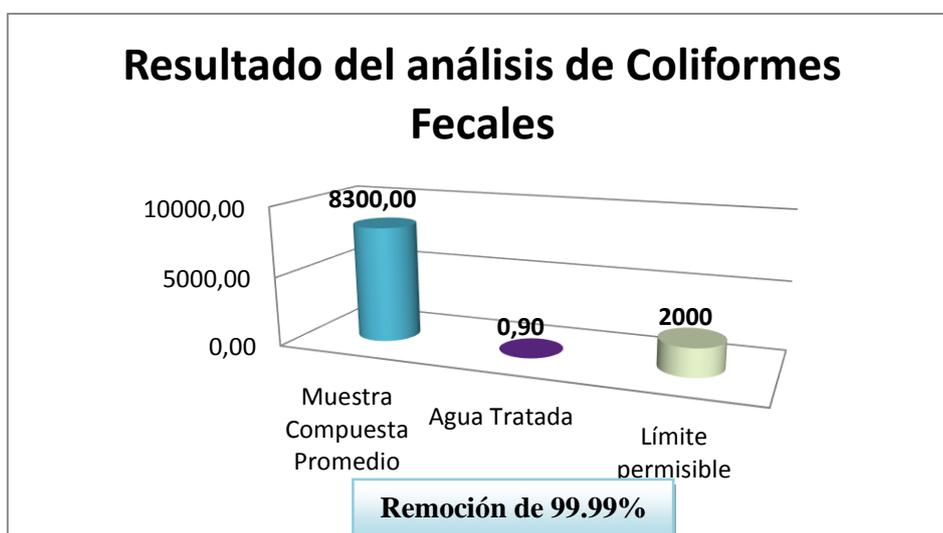


Gráfico 22 – 4: Resultado eliminación de Coliformes Fecales
 Elaborado por: (Hachi, 2017)

La carga orgánica se reduce gracias a la actividad del coagulante que permite la aglutinación de estos compuestos concentrándolos en los lodos que posteriormente serán desactivados con cal.

4.7 Resultados del Diseño

Tabla 19 – 4: Resultados de Dimensionamiento

Canal			
Símbolo	Parámetro	Valor	Unidad
B	Base	0.5	m
h	Altura	0.8	m
A	Área transversal del canal	0.4	m ²
R	Radio Hidráulico	0.19	m
Rejillas			
Símbolo	Parámetro	Valor	Unidad
Vap	Velocidad de Aproximación	0.57	m/s
Ar	Área entre rejillas	0.04	m ²
B	Base	0.5	m
θ	Ángulo de Inclinación	45	°
L	Longitud sumergida	0.107	m
a	Separación entre barras	0.010	m
e	Espesor de barra	0.015	m
Af	Área de sección transversal de flujo	0.094	m ²
bg	Separación entre barras para rejillas finas	0.206	m
Nb	Número de barras	20	u
hc	Pérdida de carga a través de las rejillas	0.036	m
Trampa de Grasas			
Símbolo	Parámetro	Valor	Unidad
Cs	Carga superficial	30	m ³ *m ² /día
A	Área	20.64	m ²
An	Ancho	3.21	m
lg	Longitud	9.64	m
h	Altura	1.5	m
V	Volumen	46.42	m ³
Trh	Tiempo de retención Hidráulica	1.67	horas
Øe	Diámetro entrada	50	mm
Øs	Diámetro salida	100	mm
s	Sumergencia por lo menos	0.9	m
Desarenador			

Símbolo	Parámetro	Valor	Unidad
Vs	Velocidad de sedimentación	0.1917701	cm/s
H	Altura	3	m
t	Tiempo de retención	1564	s
a	Remoción con buenos deflectores	3119	s
C	Volumen del Desarenador	61	m ³
As	Superficie del desarenador	20.18	m ²
B	Base	3.7	m
L	Longitud	5.70	m
Canal Parshall			
Símbolo	Parámetro	Valor	Unidad
W	Ancho de canaleta	0.075	m
Ho	Altura de agua en sección de medición	0.28	m
D´	Ancho de entrada en sección convergente	0.198	m
Qw	Caudal específico en la garganta de la canaleta	0.245	m ³ /m.s
V1	Velocidad antes de resalto	2.09	m/s
h1	Altura antes del resalto	0.117	m
h2	Altura de agua después del resalto	0.27	m
V2	Velocidad del resalto	0.9	m/s
h3	Altura en la sección de salida de la canaleta	0.238	m
V3	Velocidad en la sección de salida	0.434	m/s
hr	Pérdida de carga en resalto	0.067	m
T	Tiempo de mezcla en el resalto	0.46	s
G	Gradiente de velocidad	13.73	s ⁻¹
Tanque mezclador para Coagulación-Floculación			
Símbolo	Parámetro	Valor	Unidad
Vt	Volumen del tanque cilíndrico vertical	66.24	m ³
DT	Diámetro del tanque cilíndrico	5	m
r	Radio del tanque	2.5	m
Da	Diámetro del agitador de paletas	1.6	m
C	Altura de rodete desde fondo del tanque	1.66	m
W	Ancho de paletas	0.32	m
Dd	Diámetro de soporte de paletas	1.06	m
J	Ancho de placas deflectoras	0.42	m
L	Longitud de palas del rodete	0.4	m

h	Altura de liquido	5	m
H	Altura del tanque cilíndrico	6	m
P	Potencia	339.5	W
N	Velocidad de rotación	10.36	rpm
Sedimentador			
Símbolo	Parámetro	Valor	Unidad
Cs	Carga Superficial	20	m ³ *m ² /día
As	Área Superficial	22.5	m ²
L1	Longitud 1 (pared)	0.25	m
L2	Longitud 2	6.43	m
L	Longitud	6.70	m
B	Base	3.5	m
Vh	Velocidad Horizontal	0.149	m/s
V	Volumen Sedimentador	70	m ³
To	Tiempo de retención	1.25	Horas
Ht	Altura Total	3.3	m
H2	Altura de Agua sobre el vertedero	0.018	m
Vo	Velocidad de paso por los orificios	0.1	m/s
Ao	Área de los Orificios	0.156	m ²
d	Diámetro de los orificios	0.02	m
ao	Área del orificio	0.000314	m ²
n	Número de orificios	497	u
h	Posición de altura de pantalla difusora	1.8	m
Nf	Número de filas	5	u
a1	Espacio entre filas	0.36	m
Nc	Número de columnas	6	u
a2	Espacio entre columnas	0.6	m
B	Base	3.5	m
Filtro Lento Arena Grava			
Símbolo	Parámetro	Valor	Unidad
Sf	Superficie filtrante	135	m ²
Af	Área de filtración	67.5	m ²
Nf	Numero de módulos de filtración	2	u
Au	Área de cada unidad	33.75	m ²
Lf	Longitud de la unidad	6	m

<i>bf</i>	Ancho	5	m
<i>Ltp</i>	Longitud total de la pared	37.52	m
<i>H</i>	Altura total del filtro	2.3	m
<i>Lm</i>	Longitud mínima de la pared	34.8	m
<i>D</i>	Diámetro de tubería de entrada	40	mm
Tanque de desinfección			
Símbolo	Parámetro	Valor	Unidad
<i>V</i>	Volumen	35	m ³
<i>Ht</i>	Altura	2	m
<i>B</i>	Ancho	3.2	m
<i>L</i>	Longitud	5	m
<i>G</i>	Dosificación de HTH por goteo	1427	ml/min
Lechos de secado			
Símbolo	Parámetro	Valor	Unidad
<i>V_L</i>	Volumen de lodos	99.6	m ³
<i>HI</i>	Altura del lecho	1.45	m
<i>Als</i>	Área del lecho	41.5	m ²
<i>L_L</i>	Longitud	9	m
<i>B_L</i>	Ancho del lecho	4.5	m
<i>Vt</i>	Volumen del tanque	58.7	m ³

Elaborado por: (Hachi, 2017)

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Concluido el dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua residual, se determina el presupuesto para la construcción y ejecución del proyecto.

N° ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Obras Preliminares					
1	Limpieza y desbroce	m2	228.61	0.92	210.3212
2	Nivelación	m2	263	1.80	473.2227
3	Cerramiento	m	500	10.25	5125.00
4	Excavación bajo nivel (4m)	m3	300	3.75	1125.00
5	Retiro de tierra y material	m3	457	4.00	1828.88
				Subtotal	8762.42
Canal y rejilla					
6	Excavación	m3	2	2.25	4.5

7	Adecuación zanja	m2	3	6.10	18.3
8	Encofrado recto	m2	6	12.84	77.04
9	Compuerta	u	2	210	420
10	Hormigón simple F´C 210 Kg/cm ²	m3	4	105.38	421.52
11	Malla electrostática 6mm 15x15 cm	m2	4	5.25	21
12	Rejilla	u	20	3.7	74
13	Latón perforado	u	1	5.1	5.1
Subtotal					1041.46
Trampa de grasas					
14	Excavación	m3	27	2.25	60.75
15	Adecuación zanja	m2	10	6.10	61
16	Encofrado recto	m2	8	12.84	102.72
17	Hormigón simple F´C 210 Kg/cm ²	m3	12	198.2	2378.4
18	Tubería de PVC D:60 mm	m	4	5.35	21.4
19	Tubería de PVC D:90 mm	m	2	6.14	12.28
Subtotal					2636.55
Desarenador					
20	Excavación	m3	30	2.75	82.5
21	Adecuación fondo de zanja	m2	10	7.55	75.5
22	Encofrado recto	m2	8	12.84	102.72
23	Hormigón simple F´C 210 Kg/cm ²	m3	20	105.38	2107.6
24	Compuerta	u	2	210	420
25	Malla electrostática 6mm 15x15 cm	m2	10	5.25	52.5
26	Tubería PVC; D=160 mm	u	5	8.25	41.25
27	Codo de PVC; D=160 mm	u	2	5.5	11
Subtotal					2893.07
Canal Parshall					
28	Encofrado	m2	4	12.84	51.36
29	Hormigón simple F´C 210 Kg/cm ²	m3	4	105.38	421.52
30	Excavación manual	m ³	1	9.35	9.35
Subtotal					482.23
Tanque de Floculación					
31	Estructura Cilíndrica	m3	12	412	4944
32	Soprote	u	6	245.5	1473
33	Excavación	m3	8	2.75	22
34	Hormigón simple F´C 210 Kg/cm ²	m3	10	105.38	1053.8
35	Turbina 6 aspas	u	1	125.4	125.4
36	Motor de agitación	u	1	1270	1270
Subtotal					8888.2
Tanque de sedimentación					
37	Excavación	m3	16	2.75	44
38	Adecuación fondo de zanja	m2	6	7.55	45.3
39	Encofrado recto	m2	12	12.84	154.08
40	Hormigón simple F´C 210 Kg/cm ²	m3	30	105.38	3161.4

41	Compuerta	u	2	210	420
42	Malla electrostática 6mm 15x15 cm	m2	35	5.25	183.75
43	Placas	u	4	5.3	21.2
44	Tubería PVC; D=160 mm	u	5	8.25	41.25
45	Codo de PVC; D=160 mm	u	3	5.5	16.5
Subtotal					4087.48
Filtro de grava y arena (2 unidades)					
46	Hormigón simple F´C 210 Kg/cm2	m3	30	105.38	3161.4
47	Malla electrostática 6mm 15x15 cm	m2	10	5.25	52.5
48	Grava gruesa	m3	12	190	2280
49	Grava Fina	m3	12	220	2640
50	Gravilla	m3	24	200	4800
51	Arena 30mm	m3	15	50	750
52	Tubería de PVC D:60 mm	M	4	5.35	21.4
53	Tubería de PVC D:90 mm	m	2	6.14	12.28
54	Codo de PVC; D=60 mm (90°)	u	2	4.55	9.1
55	Codo de PVC; D=90 mm (90°)	u	2	4.9	9.8
56	Compuerta	u	2	210	420
Subtotal					14156.48
Tanque de desinfección					
57	Excavación	m3	3	2.75	8.25
58	Adecuación fondo de zanja	m2	10	7.55	75.5
59	Encofrado recto	m2	6	12.84	77.04
60	Hormigón simple F´C 210 Kg/cm ²	m3	10	105.38	1053.8
61	Recipiente para dosificación	u	1	120	120
62	Soporte	u	1	50	50
63	Malla electrostática 6mm 15x15 cm	m2	5	5.25	26.25
Subtotal					1410.84
Lecho de secado					
64	Hormigón simple F´C 210 Kg/cm2	m3	10	105.38	1053.8
65	Malla electrostática 6mm 15x15 cm	m2	6	5.25	31.5
66	Grava gruesa	m3	6	190	1140
67	Tubería de PVC D:60 mm	m	4	5.35	21.4
68	Tubería de PVC D:90 mm	m	2	6.14	12.28
69	Codo de PVC; D=60 mm (90°)	u	2	4.55	9.1
70	Codo de PVC; D=90 mm (90°)	u	2	4.9	9.8
Subtotal					2277.88
Mano de obra					
71	Ingeniero Constructor	U	1	3500	3500
72	Fiscalizador	U	1	1800	1800
73	Supervisor	U	1	1200	1200
74	Residente	U	1	1000	1000
75	Albañil	U	1	800	800
76	Albañil Ayudante	U	10	500	5000
77	Soldador	U	2	200	400

78	Chofer	U	2	400	800
79	Conductor de maquinaria	U	3	500	1500
Subtotal					16000
Total					62636.61
Gastos imprevistos					6263.60
Costo Total					68900.21

Este proyecto tiene financiamiento propio de la hilandería, quienes cuentan con un monto de entre 60000 y 78000 dólares para la construcción de la planta de tratamiento. Y autofinanciamiento para el mantenimiento y operatividad de la misma.

CONCLUSIONES

En el presente proyecto, se realizó el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual, para la hilandería inter comunitaria de Salinas, a partir de la obtención de datos de caudal y caracterizaciones físico químico y biológica, se determinó un caudal de diseño de 21.5L/s y una relación DBO₅/DQO de 0.176, valores que ayudaron a elegir los procesos de tratamiento adecuados para este tipo de agua, siendo: trampa de grasas, desarenador, canal Parshall, tanque de coagulación, sedimentador y filtros; mismos que demostraron una reducción eficiente de turbiedad, color, sólidos suspendidos, aceites y grasas, bario, boro total, zinc, cloruros, cobre, cromo hexavalente, fósforo, hierro, manganeso, níquel, nitrógeno total, tenso activos, DBO₅, DQO y coliformes fecales, llegando a valores de remoción del 90% al 99%, justificando de esta manera la implementación de este sistema de depuración de agua residual.

Con la caracterización física química y microbiológica del agua residual tomada en el sistema de desagüe proveniente de los procesos de la hilandería, se pudieron identificar los parámetros: sólidos suspendidos 300mg/L, aceites y grasas 119mg/L, bario 3mg/L, boro total 11 uS/cm, zinc 7.32mg/L, cloruros 1419mg/L, cobre 2.48mg/L, cromo hexavalente 0.77mg/L, fósforo 18.9mg/L, hierro 12.84mg/L, manganeso 3.56mg/L, níquel 2.92mg/L, nitrógeno total 60.18mg/L, tenso activos 13.08mg/L, DBO₅ 330.14mg/L, DQO 1872mg/L y coliformes fecales 8300NMP, los cuales presentaban valores por encima de los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce presentes en la tabla 10 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097A, y generan problemas de contaminación en el río Salinas y de salud en los pobladores asentados aguas abajo.

El caudal generado en la hilandería depende exclusivamente de la demanda y la producción en el turno diario de 8 horas, anualmente la hilandería aumenta su producción a razón de un 0.56%, presentando en el año 2017 una producción de 145579lb, con estos valores y tomando en cuenta diez años de proyección para el diseño se obtuvo un caudal de 21.5L/s, valor de partida para el dimensionamiento de los procesos de depuración.

Las pruebas de tratabilidad comprendieron la construcción de una planta piloto a nivel de laboratorio con el fin de verificar la capacidad depurativa de cada proceso unitario involucrado en el sistema de tratamiento de agua residual, cada una de las pruebas demostraron gran eficiencia y poder de remoción de la carga contaminante y ayudaron a ajustar los valores de diseño de los procesos de tratamiento del agua residual. Se demostró la viabilidad del uso del medio filtrante, y la incorporación de auxiliares de coagulación y floculación, así como la neutralización de los lodos mediante la aplicación de cal.

Una vez obtenidos los valores de caudal y la eficiencia depurativa de las pruebas de tratabilidad, se identificaron las variables que influyen en el dimensionamiento, siendo: variaciones de caudal, clima, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, índice de biodegradabilidad y tiempos de retención hidráulica, parámetros a tomar en cuenta periódicamente para el normal funcionamiento y ajustes necesarios en la operación de la planta de tratamiento. Se determinaron las capacidades de los procesos unitarios; trampa de grasas 47m³, desarenador 61m³, tanque de coagulación 67m³, sedimentador 70m³, filtros de arena 69m³ y eras de secado 49m³, mismos que garantizarán la remoción y reducción de contaminantes y el cumplimiento de la normativa ambiental ecuatoriana.

RECOMENDACIONES

- Implementar la planta de tratamiento de agua residual en la hilandería con el objetivo de aminorar y eliminar el impacto ambiental que viene generando la empresa.
- Aplicar el manual de operación y mantenimiento incluido en los anexos con la finalidad de conocer los procesos de manera detallada y dar el correcto mantenimiento y supervisión.
- Construir el sistema de tratamiento en declive para aprovechar la gravedad y evitar el gasto en bombas eléctricas.
- Levantar un sistema de cerramiento para controlar el ingreso de vectores en la planta de tratamiento.
- Colocar sobre las eras de secado un techo impermeable.
- Neutralizar los lodos generados en el proceso utilizando cal.
- Realizar caracterizaciones de los lodos con el fin de identificar su posible reutilización.

BIBLIOGRAFÍA

AHN, CHANG Y YOON. *Dyestuff wastewater treatment using chemical oxidation, physical adsorption and fixed bed biofilm process.* Julio de 1999, *Process Biochemistry*, Vol. 34, págs. 429-439.

ANJANEYULU Y. SREEDHARA-CHARY N. SUMAN-RAJ S.. *Decolourization of industrial effluents.* s.l. : available methods and emerging technologies, 2005, *Environ. Sci. Technol*, Vol. 4, págs. 245–273.

ASANO, TAKASHI *Water reuse: Issues technologies and Applications.* New York : METCALF & EDDY, iNC, 2007.

BAE, S, FREEMAN, S Y KIM, D. *Influences of new azo dyes to the aquatic ecosystem..* 1, 2006, *Fibers and Polymers*, Vol. 7, págs. 30-31.

BALLESTER, ANTONIO. [En línea] [Citado el: 30 de 05 de 2014.] <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/biohidro/Publicaciones%20del%20Grupo/Libro%20V alparaiso%20Tecnologias%20Biominaeras.pdf>.

BENAYAS, J. *El Agua, Guía para la Educación Ambiental. El Agua, Guía para la Educación Ambiental.* s.l. : McGraw-Hill, 1989, pág. 5.

BENAYAS, J. *El Agua Guía para la Educación Ambiental.* Colombia : McGraw-Hill, 1989.

CÁRDENAS, YOLANDA ANDÍA. *Tratamiento de Agua Coagulación y Floculación.* [En línea] Abril de 2000. [Citado el: 20 de Julio de 2017.] http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154.

CORDOBA, JOSE LUIS. [En línea] [Citado el: 26 de 05 de 2014.] http://web.www3.unicordoba.edu.co/sites/default/files/Informe%20Final_FCB%2010-08%20Jos%C3%A9%20Luis%20Marrugo%20Negrete.pdf.

CRITES, R., & TCHOBANOGLIOUS, G. *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones.* Bogota : McGraw-Hill, 2000, págs. 5-10; 200-210.

DAS-ARGENTINA. Tratamiento de Efluentes . [En línea] 2017. [Citado el: 27 de Julio de 2017.] <http://www.das-argentina.com.ar/tratamiento-fisico-quimico-aguas-residuales.html>.

DIGESA. Fiscalización Ambiental en residuos solidos de gestión municipal provincial . [En línea] 04 de Noviembre de 2014. [Citado el: 23 de enero de 2017.] https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13926.

DOMÈNECH; PERAL. Química Ambiental de Sistemas Terrestres. Barcelona : Editorial Reverté S.A., 2006.

E.P-EMAPA-G. Manual de Diseño de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales . Guaranda : Brito , 2012, págs. 21-22.

ENVITECH, CONDORCHEM. Filtración mediante membranas para el tratamiento de las aguas residuales. [En línea] 30 de mayo de 2014. [Citado el: 20 de Julio de 2017.] <http://www.aguasresiduales.info/revista/blog/filtracion-mediante-membranas-para-el-tratamiento-de-las-aguas-residuales>.

EPA. Profile of the Textile Industry: Office of Compliance Sector Notebook Project. Washington, D.C. : EPA/310-R-97-009, 1997, pág. 136.

EPIGARES GARCÍA, M Y PEREZ LÓPEZ, J. Aspectos Sanitarios del estudio de las aguas. 1985.

GAD PARROQUIAL TENA. 2015. app.sni.gob.ec. [En línea] Mayo de 2015. http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/DescargaGAD/data/sigadplusdiagnostico/1560507250001_PDOT_2015_PMisahualli_15-05-2015_09-11-36.pdf.

GIRANDO, EUGENIO. Universidad de los andes-Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios . [En línea] [Citado el: 12 de Julio de 2017.] <https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/download/.../718>.

GÓMEZ, ITZCÓATL BOLAÑOS. [En línea] [Citado el: 27 de 06 de 2014.] http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/9943.pdf.

GRANDIN, S.R. *Deshidratación de Lodos Producidos en Estaciones de Tratamiento de Agua.* [ed.] 17º Congreso Brasileño de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Brasilia : s.n., 1993. Vol. 2.

GRADY, LESLIE. Biological Wastewater Treatment. Segunda Edición. New York : Marcel DekkerInc., 1999.

INFANTE, PILAR DNIA AMAT. *Estudio de la contaminación por metales pesados en sedimentos y ostiones de la Bahía de Manzanillo, Cuba.* Mexico : s.n., 2002, Revistas Científicas de America Latina, Vol. 46, págs. 357-361.

JUANA, RICARDO ISLA . *Proyecto de Tratamiento de Aguas Residuales .* Madrid : Bellisco, 2005.

LAASRI, LAILA; KHALID, ELAMRANI; Y CHERKAOUI, OMAR. *Removal of Two Cationic Dyes from a Textile Effluent by Filtration-Adsorption on Wood Sawdust*". 4, s.l. : Env Sci Pollut Res, 2007, Vol. 14, págs. 237-240.

LOPEZ CASAS, JUAN GONZALO. *Manual de Gestión Integral de Residuos.* Bogota : Subdirección Red Nacional de Laboratorios , 2010.

MANSILLA, LIZAMA, GUTARRA Y RODRÍGUEZ. *TRATAMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS DE LA INDUSTRIA CELULOSA Y TEXTIL.* 2007.

MARRÓN, C. *Plantas de tratamiento por filtración lenta: diseño, operación y mantenimiento.* Lima : ITDG, 1999.

MARTINEZ, A., SALVADOR, M., GALINDO, E. *Consumo de potencia en fermentadores: implicaciones del uso de turbinas y aspersores de aire no estándar.* Lima : Editorial MP, 1992, pág. 177.

MARTINEZ, SERGIO. *Tratamiento de aguas residuales con Matlab.* Barcelona : Reverte S.A, 2005.

MEDINA, MANUEL REYES. *Universidad Politècnica de Valencia-Tesis Doctoral . Lixiviados en Plantas de residuos .* [En línea] Julio de 2015. [Citado el: 20 de Julio de 2017.] <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56763/REYES%20-%20Lixiviados%20en%20plantas%20de%20residuos.%20Una%20contribuci%C3%B3n%20para%20la%20selecci%C3%B3n%20del%20proceso%20de%20trat....pdf?sequence=1>.

METCALF y EDDY. *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización.* Segunda edición. Madrid : McGraw-Hill, 1996, págs. 95-102.

METCALF., & EDDY. *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento Vertido y Reutilización.* Segunda edición. Madrid : McGraw-Hill, 1995, págs. 95-102.

METCALF., & EDDY. *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización.* 4ta. Madrid : McGraw-Hill, 2009, págs. 554-582.

MIDENCE, R Y GARCIA, J. [En línea] 16 de 06 de 2013. http://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/Assessment_of_the_autochthonous_and_inoculated_fungal_biobleaching_potential_of_metal_Tesis_Protocol.pdf.

MIRANDA, CAMILO LAGOS. [En línea] [Citado el: 28 de 05 de 2014.] http://www.cochilco.cl/descargas/estudios/tematico/innovacion/estudio_biolixiviacion.pdf.

MORROS, MARTIN. Sedimentadores- Sistemas de abastecimiento de Agua UNET. [En línea] 2010. [Citado el: 20 de julio de 2017.] [https://uvirtual.unet.edu.ve/pluginfile.php/307939/mod_resource/content/1/SEDIMENTADOR ES.pdf](https://uvirtual.unet.edu.ve/pluginfile.php/307939/mod_resource/content/1/SEDIMENTADOR_ES.pdf).

OPS. Análisis Sectorial de Residuos Sólidos Ecuador. *BVSDE*. [En línea] Mayo de 2002. [Citado el: 22 de Enero de 2016.] <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/e/fulltext/analisis/ecuador.pdf>.

OPS/CEPIS/05.158. *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. [En línea] 2005. <http://www.bvsdc.paho.org/bvsatp/c/tccnoapro/documentos/agua/158csp-diseno-dcsarc.pdf>.

OROZCO, A. *Biología de Aguas Residuales: Teoría y Diseño*. 1ra. Bogotá : Acodal, 2005, págs. 13-15; 17-19.

PEÑA, DAISY. Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII región. [En línea] 2010. [Citado el: 15 de agosto de 2017.] <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12.pdf>.

PNGIDS. ambiente.gob.ec. [En línea] 2010. <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>.

Queralt, Ramon. 2004. *Tecnología del agua*. Barcelona : Reed Business Information , 2004.

RAMALHO, R. 2003. *Tratamiento de aguas residuales*. 2da. Sevilla : Reverté, 2003, págs. 53-69.

RAMALHO., R. 2003. *Tratamiento de aguas residuales*. segunda edición. Sevilla : Reverté S.A., 2003, pág. 78.

RAS. 2000. *REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO*. Bogotá : s.n., 2000.

ROGER MIDENCE, JOSUE GARCIA. [En línea] 20 de 05 de 2013. http://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/Assessment_of_the_autochthonous_and_inoculated_fungal_biobleaching_potential_of_metal_Tesis_Protocol.pdf.

ROJAS, ROMERO. *Calidad del Agua.* Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002.

ROMERO, J. Teoría y Principios de Diseño. *Tratamiento de Aguas Residuales.* 3ra. Bogotá : Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2004, págs. 18-20; 130-139; 706-730.

ROS, GIUSEPPINA DA. *Contaminación de Aguas en Ecuador.* Quito : Abya Yala, 1995.

RUIZ Y TORRES. Guía de Orientación en Saneamiento Básico para alcaldías de Municipios Rurales y Pequeñas comunidades. [En línea] 2009. [Citado el: 29 de Octubre de 2016.] http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-2sas.htm#2.2_____Fuentes_de_agua_y_métodos_de_aforo.

SENPLADES. Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. [En línea] 13 de Febrero de 2015. [Citado el: 12 de Julio de 2017.] <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/PNGIDS1.pdf>.

SEOANEZ. *Manual de tratamiento, reciclado, aprovechamiento y gestion de las aguas residuales .* 2003.

SPELLMAN, FRANK. *Water and Wastewater: Treatment PLant Operations.* Boca Ratón : CRC Press, 2009.

SRINIVIAS, T. *Environmental Biotechnology.* New Delhi : Ltd. Publishers, 2008.

STANDARD METHODS. *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater.* 2005.

TANIA VOLKE, JUAN VELASCO, DAVID TREJO. [En línea] <http://www.uib.es/depart/dba/microbiologia/seminarios/1%20Medios%20de%20cultivo.pdf>.

TINIZARAY, A. Plan de Manejo Ambiental Para la Disposición Final de los Residuos Sólidos en el Relleno Sanitario “Chimbadero” de la Ciudad de Tena. *Proyecto de titulación.* Quito, Ecuador : Universidad Internacional SEK, 2008.

VIDAL, DANY EDUARDO YEPEZ. [En línea] [Citado el: 01 de 07 de 2014.] http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/16678/1/53583_1.pdf.

YAGNENTKOSKY, NADIA. [En línea] 13 de 06 de 2013.
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/2706/Documento_completo.pdf?sequence=1.

ZÚÑIGA, FRANCISCO BAUTISTA. Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados. *Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados*. Yucatán : UADY, 1999, págs. 22,37.

ANEXOS

ANEXO A

Límites permisibles para descarga de agua a cuerpos de agua dulce

TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas.	Sust. Solubles en hexano	mg/L	30,0
Alkil mercurio		mg/L	no detectable
Aluminio	Al	mg/L	5,0
Arsénico total	As	mg/L	0,1
Bario	Ba	mg/L	2,0
Boro total	B	mg/L	2,0
Cadmio	Cd	mg/L	0,02
Cianuro total	CN-	mg/L	0,1
Cinc	Zn	mg/L	5,0
Cloro activo	Cl	mg/L	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/L	0,1
Cloruros	Cl-	mg/L	1000
Cobre	Cu	mg/L	1,0
Cobalto	Co	mg/L	0,5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 mL	10000
Color real	Color real	unidades de color	inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/L	0,2
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/L	0,5
Demanda Bioquímica de oxígeno (5días)	DBO5	mg/L	100
Demanda Químico de Oxígeno	DQO	mg/L	200
Estaño	Sn	mg/L	5,0
Fluoruros	F	mg/L	5,0
Fosforo total	P	mg/L	10,0
Hierro total	Fe	mg/L	10,0
Hidrocarburos totales de petróleo	THP	mg/L	20,0
Manganeso total	Mn	mg/L	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/L	0,005
Níquel	Ni	mg/L	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/L	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/L	50,0

Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/L	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/L	0,1
Plata	Ag	mg/L	0,1
Plomo	Pb	mg/L	0,2
Potencial de Hidrógeno	pH		6 - 9
Selenio	Se	mg/L	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/L	130
Sólidos totales	ST	mg/L	1600
Sulfatos	SO4-2	mg/L	1000
Sulfuros	S-2	mg/L	0,5
Temperatura	°C		Condición natural +/- 3
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/L	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/L	0,1

Fuente: AM 97A. Anexo I: Recurso Agua

ANEXO B

Resultado de Análisis Físico – químicos y microbiológicos iniciales



SISTEMA DE TRATAMIENTO CHAQUISHCA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

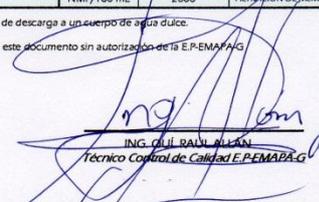
REPORTE ANALISIS DE AGUA RESIDUAL

No. INFORME: 74
 FECHA: 13/07/2017
 CODIGO LAB-EMAPA-G: E.P-LAB-RS-001
 FECHA/HORA MUESTREO: 28/06/2017 (10H00)
 FECHA/HORA RECEPCION LAB: 28/06/2017 (14H30)
 FECHA DE ANALISIS: 30/06/2017 - 28/11/2017
 PROCEDENCIA: CANAL DE DESAGÜE HILANDERÍA SALINAS
 MUESTREADOR: TESISTA MICHAEL HACHI

PARÁMETROS	UNIDAD	*AM 097 LIBRO VI ANEXO I	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADOS
		Límite Máximo Permissible		
PARÁMETROS FÍSICOS				
COLOR	UTC	75	COMPARACIÓN VISUAL PLATINO COBALTO	45.00
TURBIEDAD	NTU	100.00	NEFELOMÉTRICO	70.10
pH	-----	6-9	POTENCIOMÉTRICO	5.45
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	130	CONDUCTIVIMÉTRICO	290.10
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	CONDUCTIVIMÉTRICO	910.17
TEMPERATURA	°C	-----	CONDUCTIVIMÉTRICO / POTENCIOMÉTRICO	16.19
PARÁMETROS QUÍMICOS				
ACETES YGRASAS	mg/L	30.0	MÉTODO DE DIGESTIÓN DE PERSULFATO	120.10
FOSFORO TOTAL	mg/L	10.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Acido Ascórbico 1)	18.41
NITRÓGENO TOTAL DE KJELDAHL	mg/L	50.0	MÉTODO Nessler	60.07
NITRÓGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	30.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Nesslerización)	27.82
SULFATOS (SO ₄ 2-)	mg/L	1000	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Sulfaver 4)	217.09
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Spands)	3.91
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Ferrover 1)	12.01
MANGANESO (Mn 2+)	mg/L	2.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Perm)	3.17
CROMO (Cr 6)	mg/L	0.5	ESPECTROFOTOMÉTRICO (1.5 Difenil carbohidracida 1)	0.71
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Bicromato 1)	2.17
CADMIO	mg/L	0.02	METODO DITIZONA	0.01
ALUMINIO (Al 3+)	mg/L	5.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Aluminón 7)	2.17
ARSÉNICO	mg/L	0.1	COLORIMÉTRICO	0.09
CLORO ACTIVO	mg/L	-----	ESPECTROFOTOMÉTRICO (DPD1)	0.12
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Tiosulfato Mercurico)	1412
NIQUEL (Ni)	mg/L	2.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (1-(2-piridilazo)-2-naftol (PAN))	2.91
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	ESPECTROFOTOMÉTRICO (1-(2-piridilazo)-2-naftol (PAN))	0.04
PLOMO (Pb 2+)	mg/L	0.2	ESPECTROFOTOMÉTRICO (4-piridil-2-azo-resorcina (PAR))	0.17
ZINC (Zn 2+)	mg/L	5.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Zincron)	7.16
PLATA (Ag)	mg/L	0.1	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Indicador colorante azul)	<0.20
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.1	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Cianamina T)	<0.02
BARIO (Ba 2+)	mg/L	2.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Turbidimetric Method 1)	3.16
BORO TOTAL	mg/L	2.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Azomethine-H method)	10.96
TENSOACTIVOS	mg/L	0.5	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Cristal Violet method)	12.980
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	-----	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Winkler)	0.50
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (5 días)	mg/L	100	FOTOMÉTRICO (MANOCOLOR)	320.10
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/L	200	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Digestión del reactor)	1804.11
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS				
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	2000	FILTRACIÓN DE MEMBRANA AL VACIO	8000

*AM 097. LIBRO VI. Anexo I. Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

NOTA: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la E.P-EMAPA-G


ING. QUI. RAÚL ALTAN
 Técnico Control de Calidad E.P-EMAPA-G



SISTEMA DE TRATAMIENTO CHAQUISHCA
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

REPORTE ANALISIS DE AGUA RESIDUAL

No. INFORME: 83
 FECHA: 08/08/2017
 CODIGO LAB-EMAPA-G: E.P-LAB-RS-001
 FECHA/HORA MUESTREO: 31/07/2017 (10H00)
 FECHA/HORA RECEPCION LAB: 31/07/2017 (14H30)
 FECHA DE ANALISIS: 03/08/2017 - 28/11/2017
 PROCEDENCIA: CANAL DE DESAGUE HILANDERÍA SALINAS
 MUESTREADOR: TESISTA MICHAEL HACHI

PARÁMETROS	UNIDAD	*AM 097 LIBRO VI ANEXO I	MÉTODO DE ANALISIS	RESULTADOS
		Límite Máximo Permisible		
PARÁMETROS FÍSICOS				
COLOR	UTC	75	COMPARACION VISUAL PLATINO COBALTO	60.00
TURBEDAD	NTU	100.00	NEFELOMÉTRICO	90.25
pH	-----	6-9	POTENCIOMÉTRICO	5.49
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	130	CONDUCTIVIMÉTRICO	310.08
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	CONDUCTIVIMÉTRICO	913.29
TEMPERATURA	°C	-----	CONDUCTIVIMÉTRICO / POTENCIOMÉTRICO	16.21
PARÁMETROS QUÍMICOS				
ACEITES Y GRASAS	mg/L	30.0	MÉTODO DE DIGESTIÓN DE PERSULFATO	118.43
FOSFORO TOTAL	mg/L	10.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Acido Ascórbico ¹)	19.37
NITROGENO TOTAL DE KJELDAHL	mg/L	50.0	MÉTODO Nessler	60.28
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	30.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Nesslerización)	28.46
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Sulfaver 4)	220.34
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Spands)	3.25
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Ferover ¹)	13.66
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Parr)	3.95
CROMO (Cr ⁶⁺)	mg/L	0.5	ESPECTROFOTOMÉTRICO (1,5 Difenil carbohidracida ¹)	0.82
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Bicinchoninato ¹)	2.78
CADMIO	mg/L	0.02	METODO DITIZONA	0.01
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Aluminón ¹)	1.96
ARSENICO	mg/L	0.1	COLORIMÉTRICO	0.07
CLORO ACTIVO	mg/L	-----	ESPECTROFOTOMÉTRICO (DPD ¹)	0.17
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Tiosianato Mercurico)	1426
NIQUEL (Ni)	mg/L	2.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO 1-(2 piridilazo)-2-naftol (PAN ¹)	2.93
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	ESPECTROFOTOMÉTRICO 1-(2 piridilazo)-2-naftol (PAN ¹)	0.06
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0.2	ESPECTROFOTOMÉTRICO 4-(piridil-2-acil)-resorcina (PAR ¹)	0.14
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Zincón)	7.48
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0.1	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Indicador colorante azul)	< 0.20
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.1	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Cianamina T)	< 0.02
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Turbidimetric Method ¹)	2.85
BORO TOTAL	mg/L	2.0	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Aromethine-H method ¹)	10.84
TENSOACTIVOS	mg/L	0.5	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Cissal Violet method ¹)	13.170
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	-----	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Winkler)	0.46
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (5 días)	mg/L	100	FOTOMÉTRICO (NANO-COLOR)	340.17
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/L	200	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Digestión del reactor)	1940.24
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS				
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	2000	FILTRACION DE MEMBRANA AL VACIO	8600

*AM 097. LIBRO VI. Anexo 1. Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

NOTA: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la E.P.EMAPA-G

ING. QUIRACIL ALAN
 Técnico Control de Calidad E.P.EMAPA-G



ANEXO C

Resultado de Análisis Físico – químicos y microbiológicos finales

 <p>CESTTA SGC</p>	<p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Teléfono: (03) 3013183</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
--	---	--

INFORME DE ENSAYO No: A-864-17
ST: 401- 17 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: EP-EMAPAG
Atn. EP-EMAPAG
Dirección: García Moreno y 7 de Mayo
 Guaranda-Bolívar

FECHA: 22 de Noviembre del 2017
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2017/11/10 – 12:50
FECHA DE MUESTREO: 2017/11/08 – 06:15
FECHA DE ANÁLISIS: 2017/11/10 – 2017/11/22
TIPO DE MUESTRA: Agua Residual
CÓDIGO CESTTA: LAB-A 863 -17
CÓDIGO DE LA EMPRESA: E.P-LAB-MH-001
PUNTO DE MUESTREO: Descarga Desinfección Planta Piloto de la Hilandería Intercomunitaria
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico-Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Tesista Michael Hachi
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Grasas y Aceites	PEE/CESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	±30%	30,0
Cianuro Total	PEE/CESTTA/22 Standard Methods Ed. 22. 2012 4500-CN C y E	mg/L	<0,017	±12%	0,1
Cloruros	PEE/CESTTA/15 Standard Methods No. APHA 4500-Cl C	mg/L	<10	±4%	1000
Coliformes Fecales	PEE/CESTTA/230 Standard Methods No. 9221E/ 9221C	NMP/100mL	<1,8	±48%	2000
Color	PEE/CESTTA/61 Standard Methods Ed. 22.2012 2120 C	Pt/Co	<8	±25%	Inapreciable en dilución:1/20
Cromo Hexavalente	PEE/CESTTA/32 Standard Methods, Ed. 22. 2012 3500 Cr B	mg/L	<0,02	±22%	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/CESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	2	±32%	100
Demanda Química de Oxígeno	PEE/CESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	<30	±14%	200
Fluoruros	PEE/CESTTA/73 Standard Methods No. 4500 F- D	mg/L	0,36	±20%	5,0

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
 MC01-14

Página 1 de 3
 Edición 1



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

Fosforo total	PEE/CESTTA/21 Standard Methods No. 4500-P B5/APHA 4500-PC	mg/L	<1,7	±23%	10,0
Nitrógeno Amoniacal	PEE/CESTTA/20 EPA Water Waste No 350.2	mg/L	<0,1	±28%	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	PEE/CESTTA/210 Standard Methods No. 4500-Norg C	mg/L	4,94	±15%	50,0
Potencial Hidrógeno	PEE/CESTTA/05 Standard Method No. 4500-H+ B	Unidades de pH	7,73	±0,2	6-9
Sólidos Suspendidos	PEE/CESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	<50	±20%	130
Sólidos Totales	PEE/CESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B	mg/L	<100	±12%	1600
Sulfatos	PEE/CESTTA/18 Standard Methods No 4500-SO ² 4 E	mg/L	<8	±25%	1000
Tensoactivos	PEE/CESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	<0,05	±24%	0,5
*Oxígeno disuelto	PEE/CESTTA/45 Standard Methods No. 4500-O G	mg/L	6,2	-	-
Turbidez	PEE/CESTTA/43 EPA 180.1	UNT	<0,64	±24%	-
Arsénico	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,01	±22%	0,1
Aluminio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,5	±8%	5,0
Bario	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,5	±15%	2,0
Boro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	uS/cm	<0,25	±11%	2,0
Cadmio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,004	±20%	0,02
Zinc	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,25	±11%	5,0
Cobre	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	±18%	1,0

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 2 de 3
Edición 1



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**
**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**
Panamericana Sur Km. 1 ½. ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



*Cobalto	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	---	0,5
Hierro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,5	±16%	10,0
Manganeso	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	±23%	2,0
Níquel	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	±25%	2,0
Plata	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,01	±17%	0,1
Plomo	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,01	±18%	0,2

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- "Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE".
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE. Contempla los límites máximos permisibles indicados en la Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. AM 097. Libro VI. Anexo I. Solicitados por el cliente.

RESPONSABLES DEL INFORME:



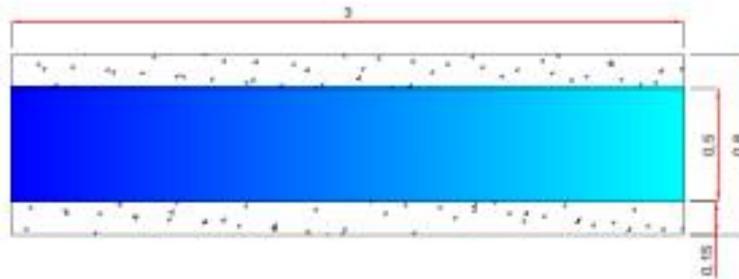
Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

ANEXO D

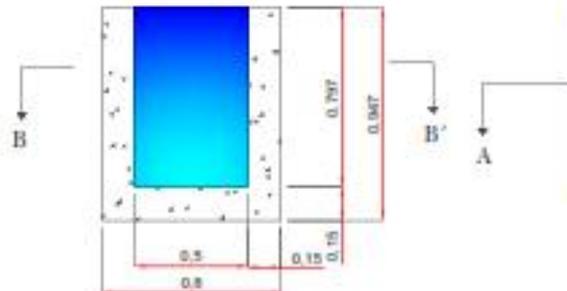
Planos

CANAL DE LLEGADA

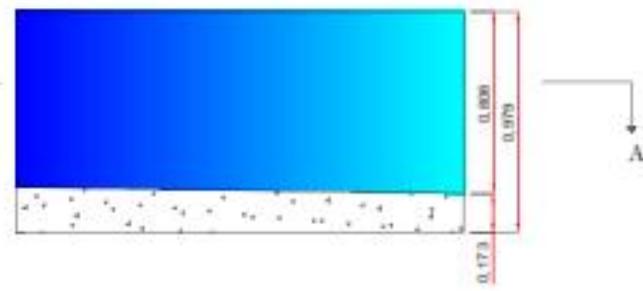
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



CORTE A-A'



"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA ISLANDERÍA INTER-COMUNITARIA EN LA PARROQUIA SALINAS CANTÓN GUARANDA"

CONTIENE: CANAL, VISTA PLANTA Y CORTES

REALIZADO POR
MICHAEL XAVIER BACH PALMISO

ENTREGADO POR
DR. DEGRADO LEÓN
DR. FALCÓN Y ALLENDA

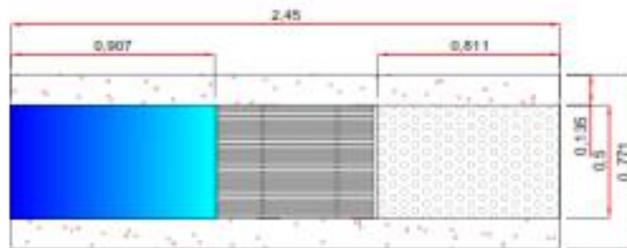
ESCALA: 1:50

FECHA: 04/01/2014

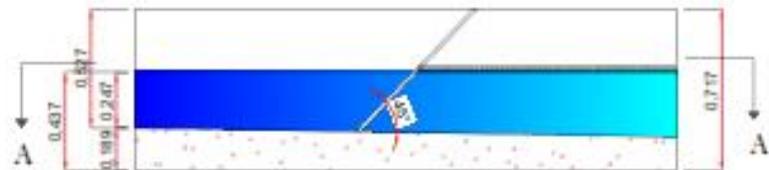
LÁMINA: 0011

REJILLAS

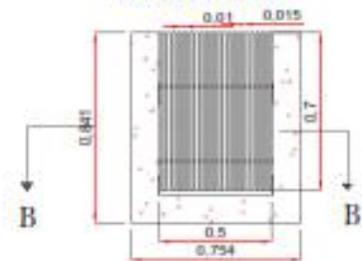
VISTA PLANTA



CORTE A-A'



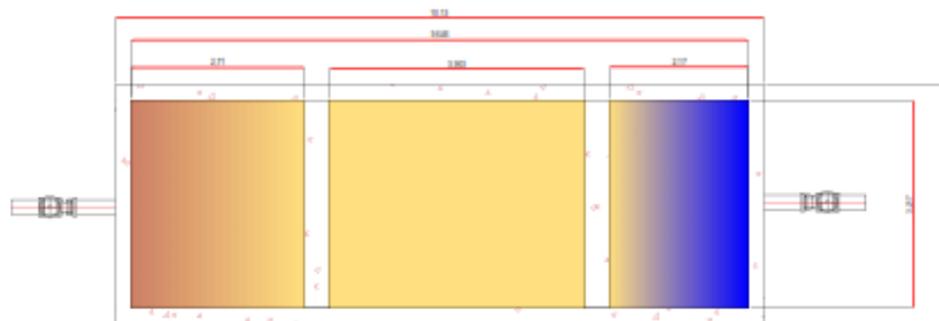
CORTE B-B'



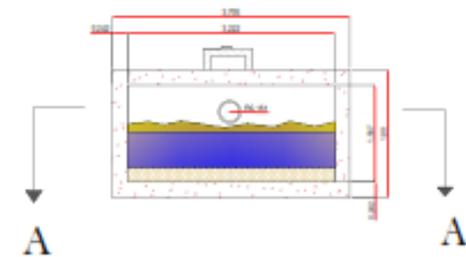
 <p>DESARROLLO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA INTER-COMERCIAL EN LA PARROQUIA ALTOVICENTON GUARANDA</p>		
CONTIENE: REJILLA, VISTA PLANTA Y UNIDAS		
ELABORADO POR: INGENIERO LUIS RAMIRO FUERTES	REVISADO POR: INGENIERO LEONEL DE ALAYO LEON DE ALAYO Y ALZOLA	
ESCALA: 1:50	PROYECTO: 10000000	LÁMINA: 40/11

TRAMPA DE GRASAS

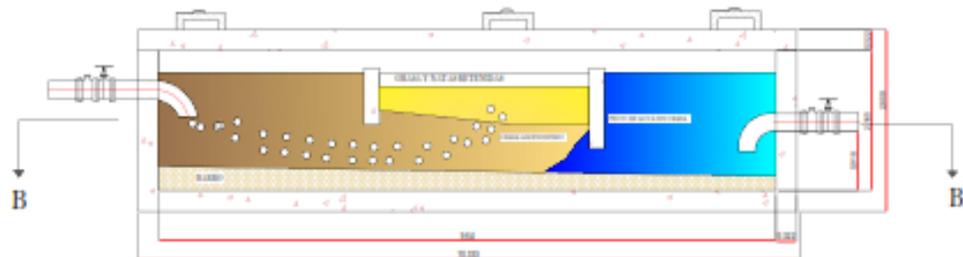
VISTA PLANTA



CORTE A-A'



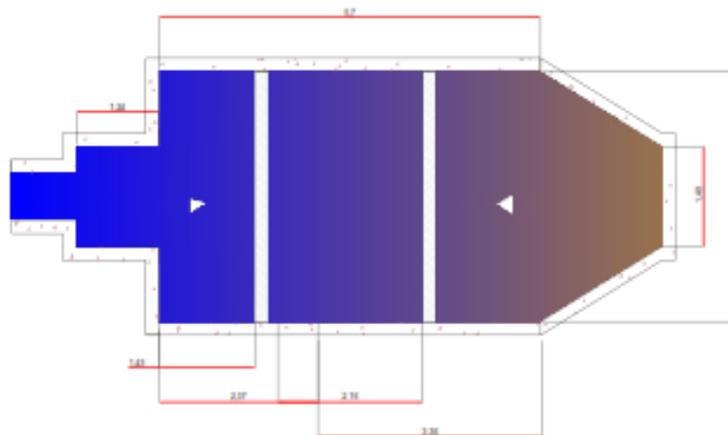
CORTE B-B'



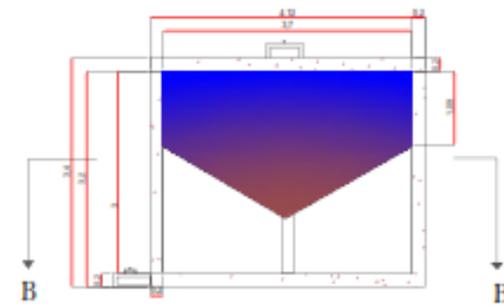
		"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA BARRIADA INTER-COMUNITARIA EN LA PARROQUIA KALLPA CANTÓN GUARANDA"	
CONTENIDO: TRAMPA DE GRASAS, VISTA PLANTA Y CORTE			
REALIZADO POR: MICHAEL YONER RIVERA PALMIRO		REVISADO POR: DR. GERARDO LÓPEZ DE FLORES YULENSA	
ESCALA: 1:200	FECHA: 06/01/2014	LÁMINA: 00/01	

DESARENADOR CONVENCIONAL

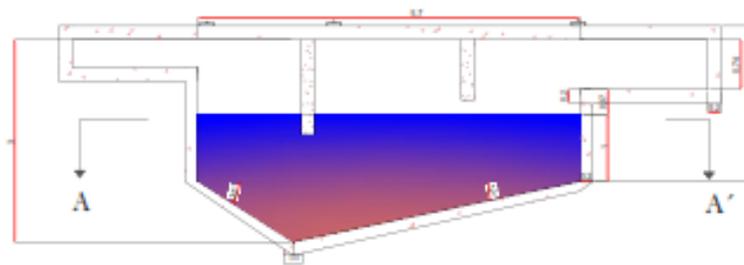
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



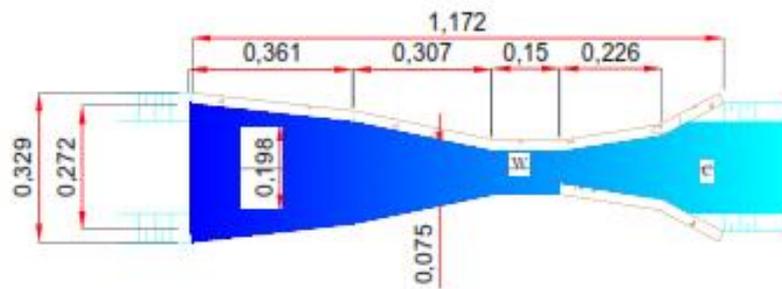
CORTE A-A'



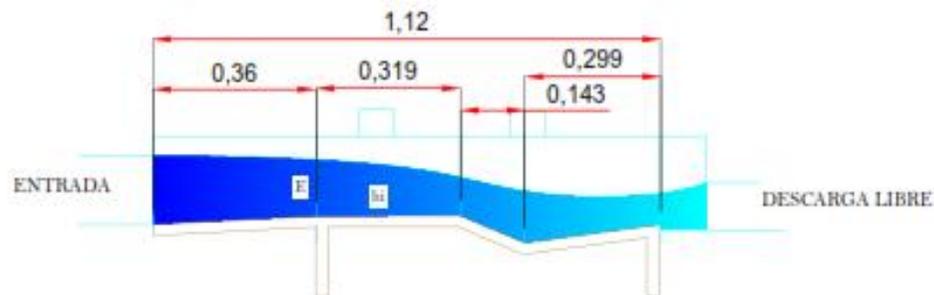
		"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA INTER-COMUNITARIA EN LA PARROQUIA SALINAS CANTÓN GUARANDA"	
CONTENIDO: DESARENADOR CONVENCIONAL, VISTA PLANTA Y CORTES			
REALIZADO POR: MICHAEL NAVARRACHE PALMERO		REVISADO POR: DE ORGANIZACIÓN DE FACTO Y ALEJANDRA	
ESCALA: 1:200	FECHA: 05/04/2020	LÁMINA: 04/11	

CANAL PARSHALL

VISTA PLANTA



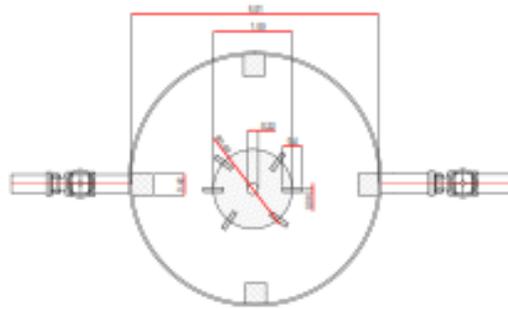
CORTE A-A'



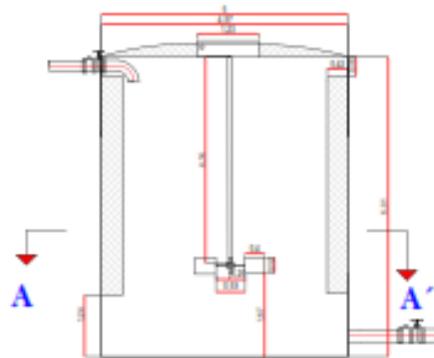
		"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA HELANERÍA INTER-COMUNITARIA EN LA PARROQUIA SALINAS CUATRO DE AGONDA"	
CONTENIDO: CANAL PARSHALL, VISTA PLANTA Y CORTE			
ELABORADO POR: ING. OSCAR SOTO RIVERA		REVISADO POR: DR. OSCAR GUZMÁN DR. GUSTAVO VILLALBA	
ESCALA: 1:100	FECHA: 04/10/2011	LÁMINA: 001/1	

TANQUE MEZCLADOR

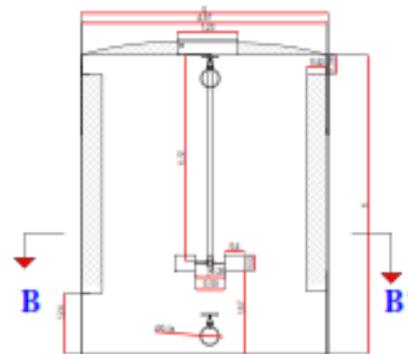
VISTA PLANTA



CORTE A-A'



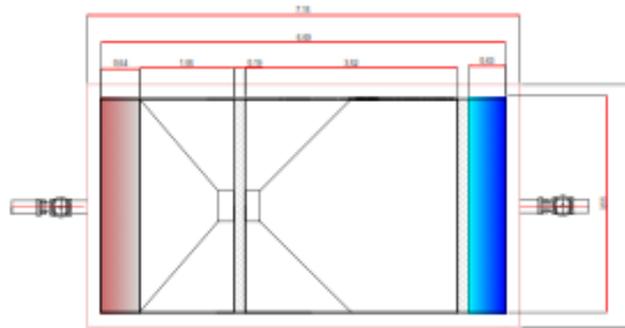
CORTE B-B'



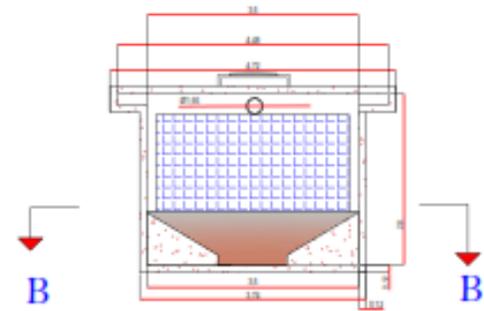
	"DISEÑO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA DELANDRÍA INTER-COMUNITARIA EN LA PARROQUIA SALINAS CANTÓN GUARANDA"	
CONTIENE: TANQUE MEZCLADOR, VISTA PLANTA Y CORTES		
REALIZADO POR: MIGUEL LUIS RIVERA FLORES	REVISADO POR: DR. GERARDO LEÓN DR. FIANZO Y ALEJANDRA	
ESCALA: 1:200	FECHA: 05-01-2014	LÁMINA: 06/14

SEDIMENTADOR CONVENCIONAL

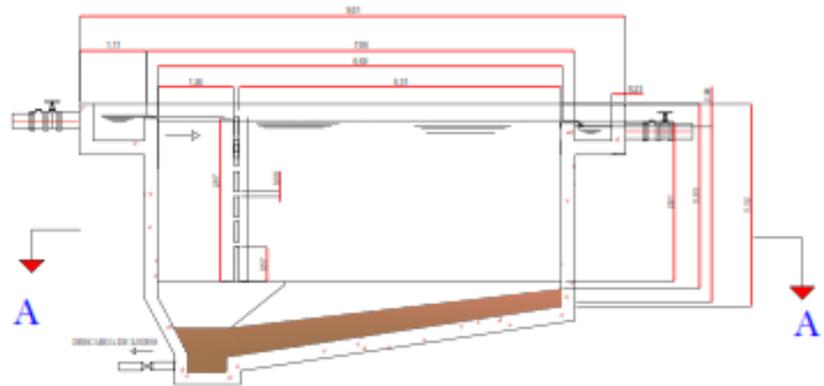
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



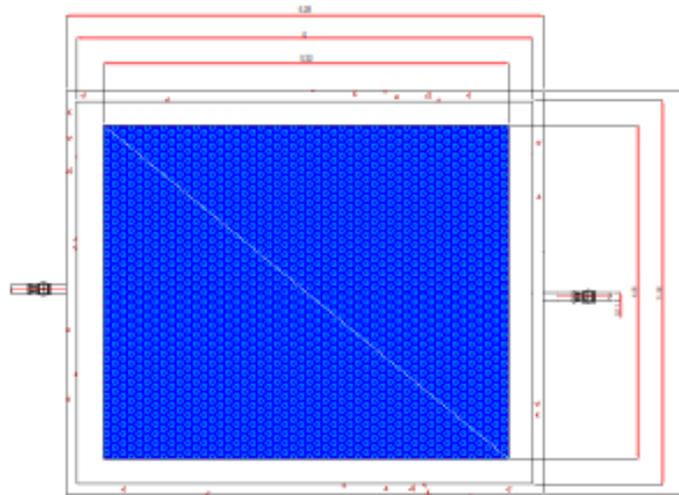
CORTE A-A'



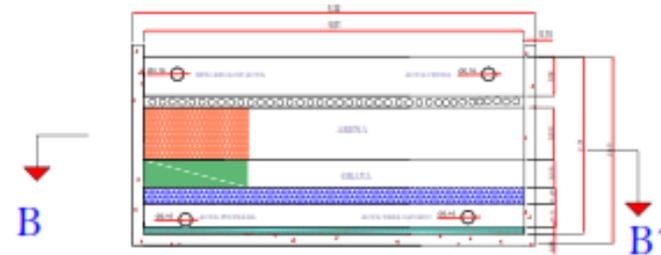
		"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA HELANDERÍA INTER-COMERCIAL EN LA FABRICA ALGODON CANTÓN GUARANDA"
CONTIENE: SEDIMENTADOR CONVENCIONAL, VISTA PLANTA Y CORTE		
DISEÑADOR: MIGUEL GONZALEZ FERRER	REVISOR: DR. GILBERTO LEÓN DE FERRER Y GARCIA	
ESCALA: 1:50	FECHA: 04/04/2014	LÁMINA: 0710

FILTRO LENTO ARENA GRAVA

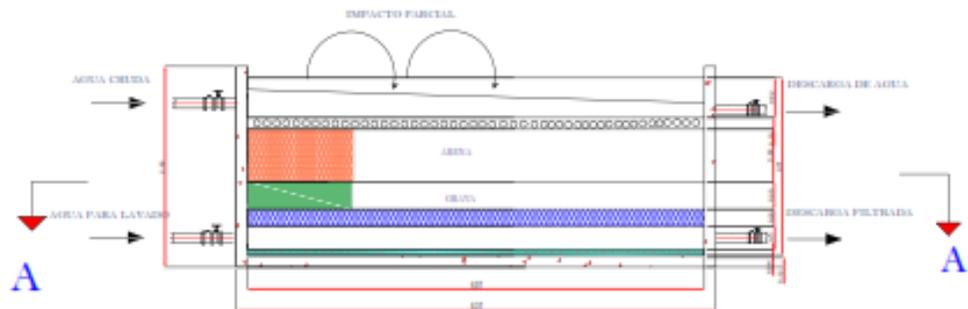
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



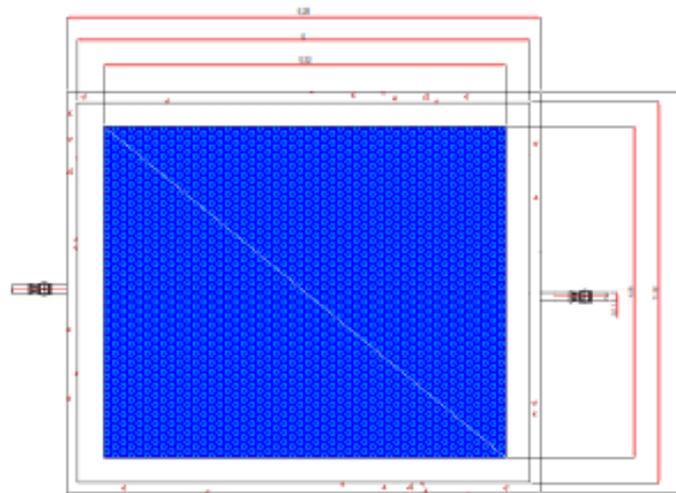
CORTE A-A'



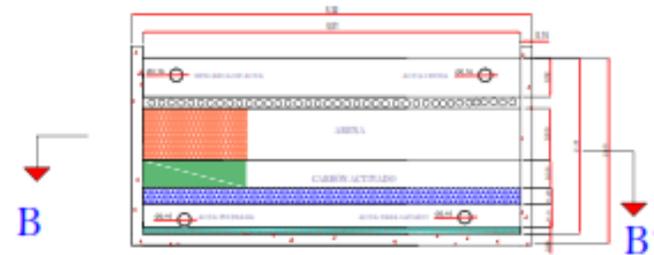
		
"DESARROLLO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA INTER-CONSUMIBLES EN LA FABRICA SALINA CANTÓN GUARANDA"		
CONTIENE: FILTRO LENTO ARENA GRAVA, VISTA PLANTA Y CORTES		
DISEÑADO POR: MICHAEL ALVARO RIVERA PARRON	DISTRIBUIDO POR: DE COORDINACIÓN DEL PUERTO YUCLEMA	
ESCALA 1:50	FECHA: 04/04/2018	LÁMINA: 06/11

FILTRO LENTO CARBÓN ACTIVADO

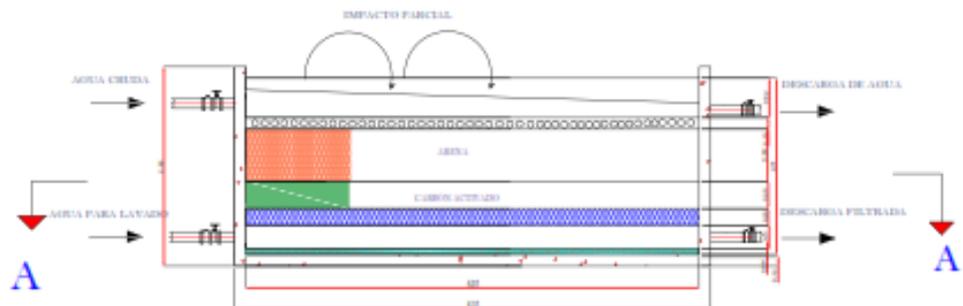
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



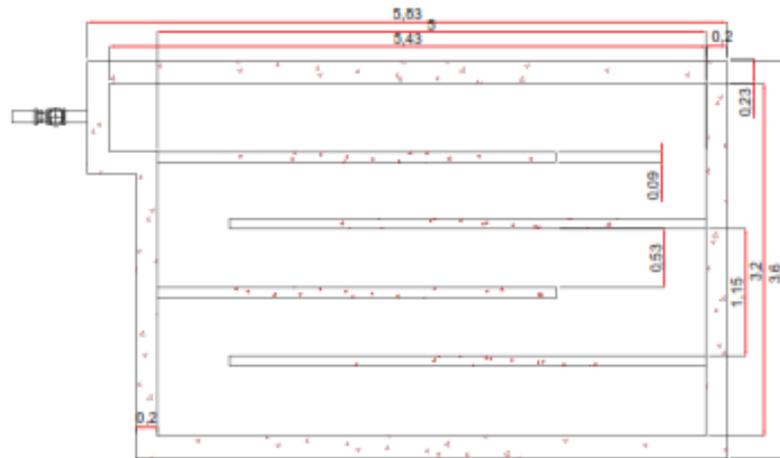
CORTE A-A'



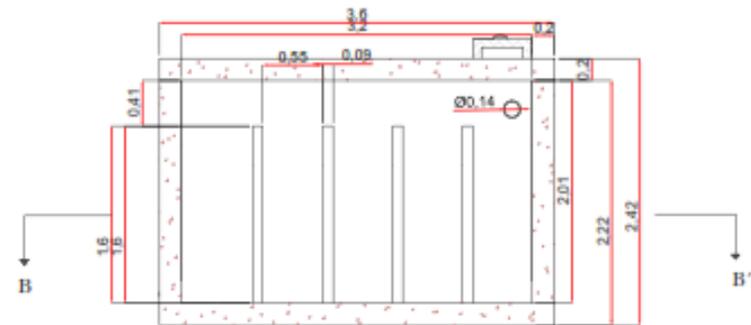
 "DESARROLLO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA INTER-COMERCIAL EN LA PARROQUIA SALVA CANTÓN GUARANDA"		
CONTIENE: FILTRO LENTO DE CARBÓN ACTIVADO, VISTA PLANTA Y CORTE		
ELABORADO POR: MAYRA VILLALBA PÉREZ	REVISADO POR: DR. GILBERTO LÓPEZ DE FIGUEROA	
ESCALA: 1:50	FECHA: 2018/04	LÁMINA: 0011

DESINFECCIÓN

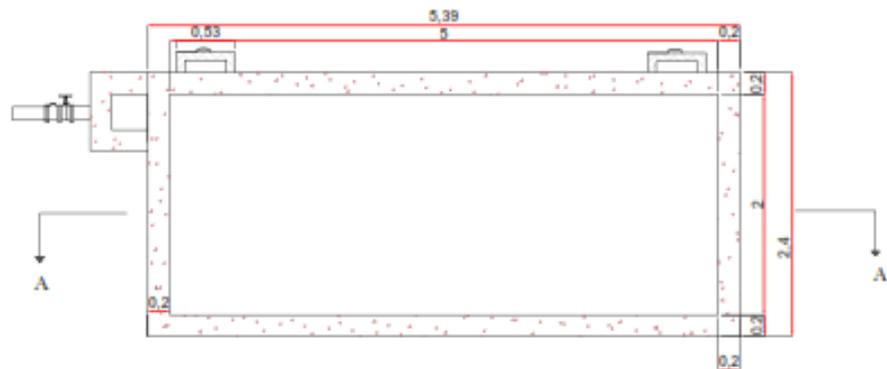
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



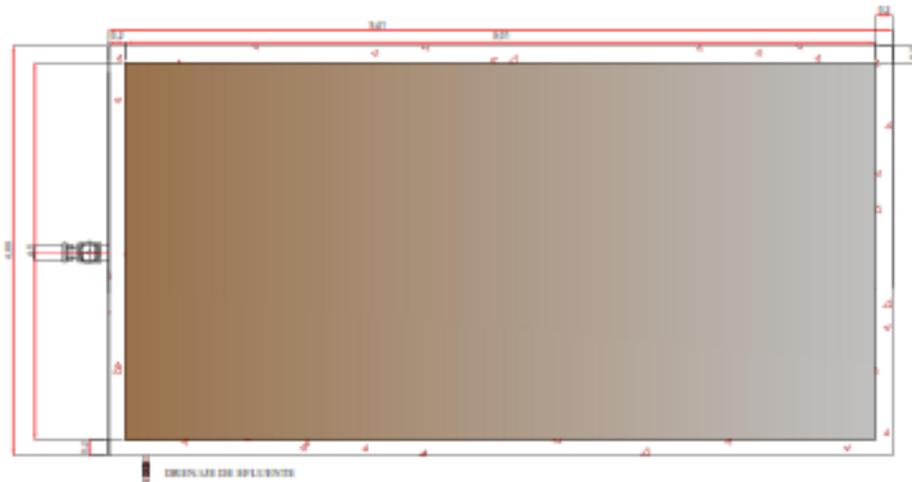
CORTE A-A'



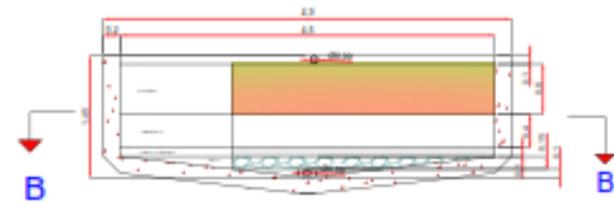
		"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA HIGIENIZACIÓN INTER-COMUNITARIA EN LA PARROQUIA SALINAS CANTÓN GUARANDA"	
CONTIENE: DESINFECCION, VISTA PLANTA Y CORTES			
REALIZADO POR: MICHAEL XAVIER RIVERA PAZMINO		REVISADO POR: DR. GERARDO LEÓN DE PAZMINO VILLALBA	
ESCALA: 1:100	FECHA: 21/01/2024	LAMINA: 10/11	

LECHO DE SECADO DE LODOS

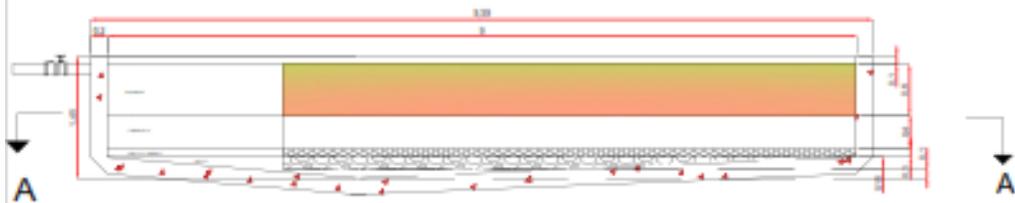
VISTA PLANTA



CORTE B-B'

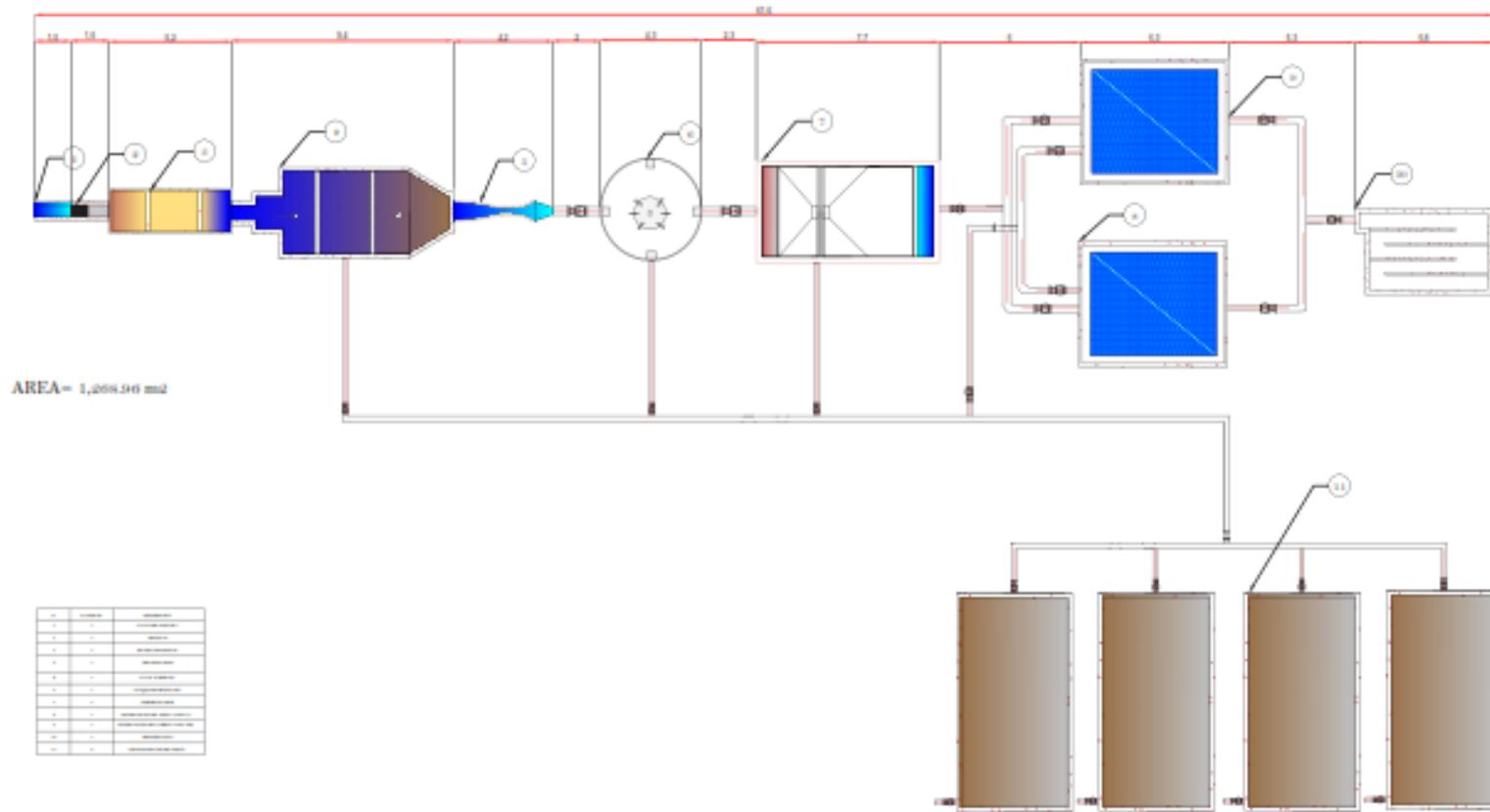


CORTE A-A'



	"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA MELANDRA INTER-COMUNITARIA EN LA PARROQUIA PALTO Y CANTÓN GUAMINDA"	
CONTIENE: LECHO DE SECADO, VISTA PLANTA Y CORTES		
REALIZADO POR: MIGUEL YIDER RIVERA FUMERO	REVISADO POR: DR. GUARDOLOÁN DE PALTO SALAS	
ESCALA: 1:200	FECHA: 25.07.2019	LÁMINA: 10/11

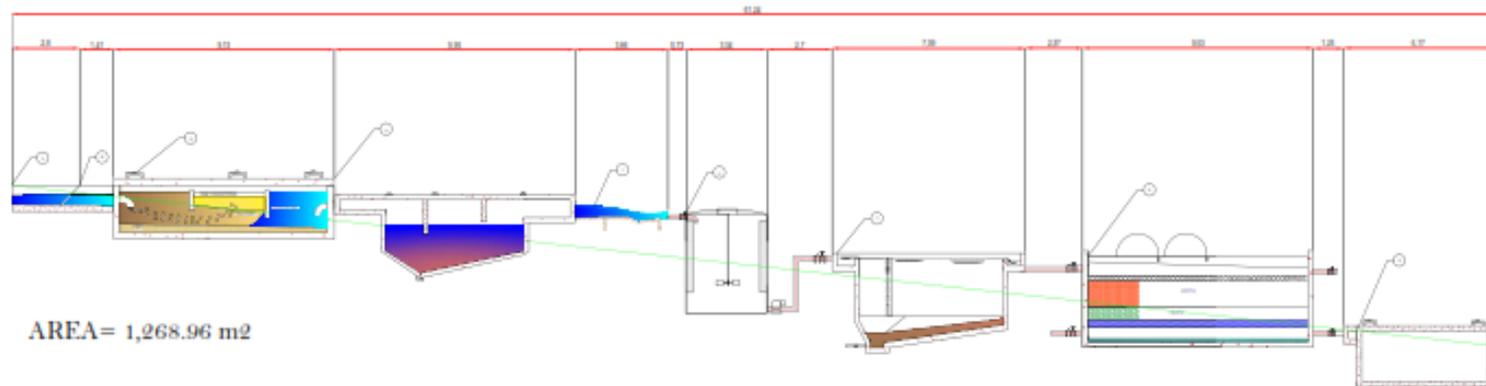
VISTA PLANTA



1	Entrada	11	Almacenamiento
2	Filtro de Criba	12	Almacenamiento
3	Filtro de Arena	13	Almacenamiento
4	Filtro de Arena	14	Almacenamiento
5	Filtro de Arena	15	Almacenamiento
6	Clarificador	16	Almacenamiento
7	Sedimentador	17	Almacenamiento
8	Desinfectante	18	Almacenamiento
9	Desinfectante	19	Almacenamiento
10	Distribución	20	Almacenamiento
11	Almacenamiento	21	Almacenamiento
12	Almacenamiento	22	Almacenamiento
13	Almacenamiento	23	Almacenamiento
14	Almacenamiento	24	Almacenamiento
15	Almacenamiento	25	Almacenamiento
16	Almacenamiento	26	Almacenamiento
17	Almacenamiento	27	Almacenamiento
18	Almacenamiento	28	Almacenamiento
19	Almacenamiento	29	Almacenamiento
20	Almacenamiento	30	Almacenamiento

	
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS	
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS	
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS	
FECHA: ...	HOJA: ...

CORTE LONGITUDINAL



Nº	DESCRIPCIÓN	REVISIÓN
1	REVISIÓN DE DATOS	
2	REVISIÓN DE DATOS	
3	REVISIÓN DE DATOS	
4	REVISIÓN DE DATOS	
5	REVISIÓN DE DATOS	
6	REVISIÓN DE DATOS	
7	REVISIÓN DE DATOS	
8	REVISIÓN DE DATOS	
9	REVISIÓN DE DATOS	
10	REVISIÓN DE DATOS	

"GOBIERNO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA DELEGACIÓN INTER-COMUNAL EN LA PARROQUIA SALVA CANTÓN GUARANDA"		
CONTIENE: CORTE LONGITUDINAL		
REVISADO POR: MICHAEL ALBERTO PARRA	REVISADO POR: DR. COLIBROZIO DR. PABLO YASERA	
ESCALA: 1:500	FECHA: 04-08-2019	LÁMINA: 12/12



Manual de Operación y Mantenimiento del sistema de tratamiento para las aguas residuales de la Hilandería Inter-comunitaria en la Parroquia Salinas Cantón Guaranda

1. Objetivo

El objetivo del presente es poner en conocimiento los procedimientos básicos de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de agua residual de la Hilandería de Salinas. Asegurando el cumplimiento del Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua; Tabla 10, del AM 097-A

2. Alcance

Comprende al personal encargado de la planta de tratamiento, su operación y mantenimiento.

3. Responsabilidades

El gerente de la empresa es el encargado de delegar las funciones y responsabilidades al personal de la planta, así mismo brindará capacitaciones periódicas con el fin de optimizar los procesos llevados a cabo en el sistema de tratamiento.

El técnico a cargo, supervisará el normal funcionamiento de los componentes del sistema, aplicará acciones de prevención y medidas correctivas, capacitará al personal auxiliar y responderá a cualquier inquietud presentada respecto a las actividades de la planta de tratamiento.

El personal operativo, es el encargado de controlar el funcionamiento adecuado de cada proceso de depuración, informará de manera breve cualquier desperfecto en el sistema, realizara el mantenimiento periódico y llevará registros de actividad.

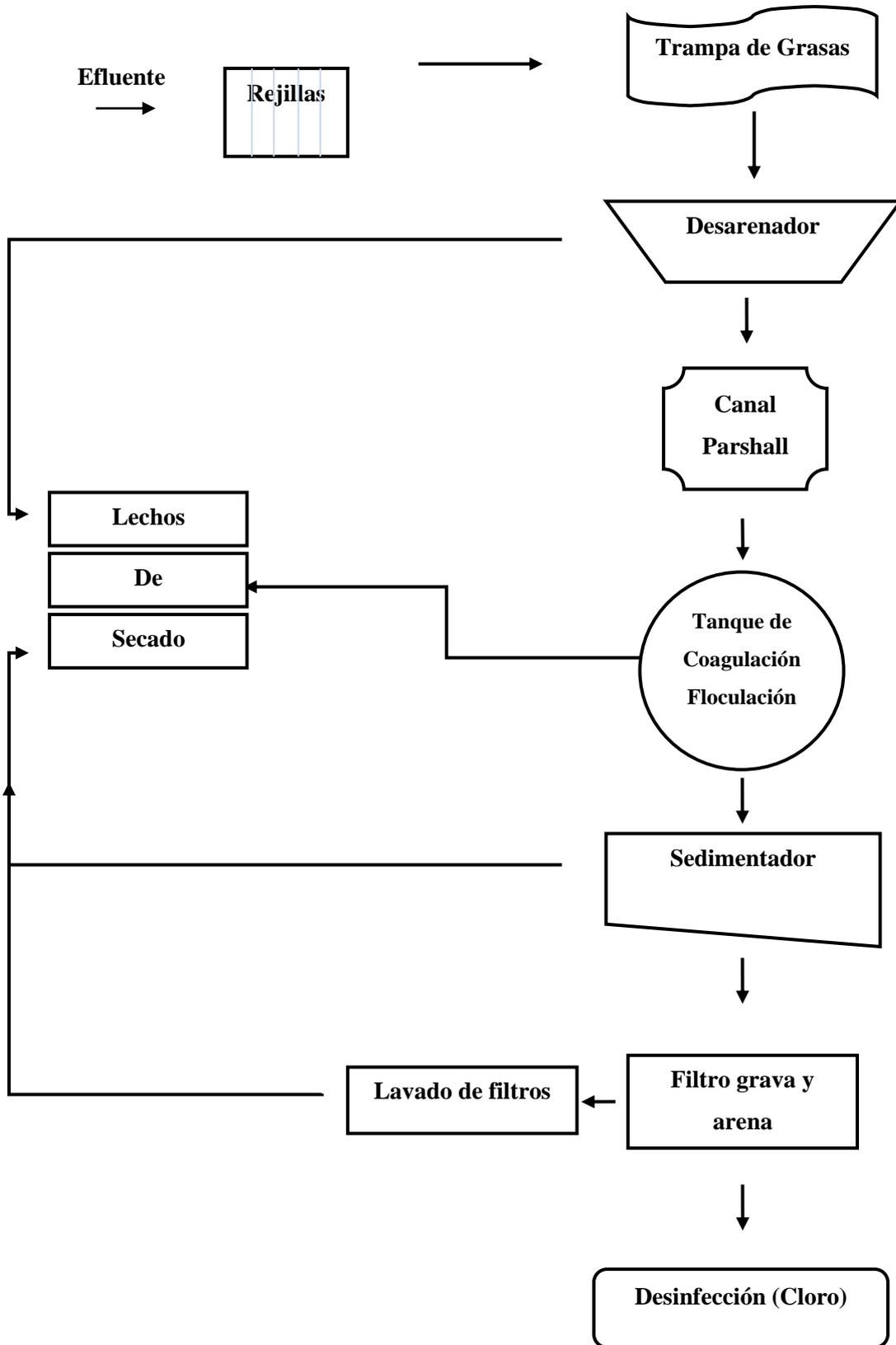
4. Procesos de depuración

El sistema de tratamiento de aguas residuales de la Hilandería presenta los procesos:

- Rejillas
- Trampa de Grasas

- Desarenador
- Mezcla rápida en canaleta Parshall
- Tanque de Agitación para floculación coagulación
- Sedimentador Convencional
- Filtro lento de grava y arena
- Tanque de desinfección
- Lechos de secado

5. Sistema de tratamiento de agua residual



6. Capacidad de los procesos

6.1 Rejillas

Dimensiones: base de 0.5m, barras de acero de 0.015m, separación de barras 0.010m y ángulo de inclinación de 45°.

6.2 Trampa de grasas

Dimensiones: volumen de 46m³, ancho de 3,21m, altura de 1.5m y longitud 9.7m

6.3 Desarenador

Dimensiones: base de 2.7m, longitud 5.70m y altura de 3m.

6.4 Mezcla Rápida en canaleta Parshall

Canal Parshall con una garganta de 0.075m.

6.5 Tanque de Agitación para floculación coagulación

Dimensiones: Tanque de 66.24m³ de capacidad, diámetro de 5m y alto de 6m. Motor de 340W de potencia y 10.4rpm.

6.6 Sedimentador Convencional

Dimensiones: volumen de 70m³, base de 3.5m, longitud de 6.70m y altura de 3.3m.

6.7 Filtro lento de grava y arena

Dimensiones: base de 5m, longitud de 6m y altura de 2.3m.

6.8 Tanque de desinfección

Dimensiones: volumen de 35m³, base de 3.2m, longitud de 5m y altura de 2m.

6.9 Lecho de secado

Dimensiones: volumen de 58.7m³, ancho de 4.5m, longitud de 9m y altura de 1.45m.

7. Plan de mantenimiento preventivo

7.1 Verificación periódica

Se ejecutarán revisiones periódicas al sistema con la finalidad de prevenir inconvenientes y fallos. Se realizaran inspecciones en cada proceso y se comprobará su normal funcionamiento. Verificación de eficiencia y rendimiento de procesos.

7.2 Mantenimiento periódico

Remoción de objetos que pueden interferir en la normal operatividad, revisión de accesorios en todo el sistema.

7.3 Monitoreo de agua

Caracterización periódica de agua residual y agua tratada para verificar la eficiencia del sistema y regular los procesos.

7.4 Herramientas para mantenimiento

- Escobas
- Palas
- Manguera
- Carretilla

7.5 Equipo de protección personal

- Traje impermeable
- Gafas de protección
- Casco de seguridad
- Guantes
- Botas impermeables

8. Mantenimiento y operación de sistema

Reemplazo de tuberías, accesorios y sustitución de los medios filtrantes en períodos regulares o cuando el caso lo amerite.

8.1 Rejillas

Limpieza manual de las rejillas tres veces por semana, considerando que la lana se va a acumular y puede provocar obstrucciones.

8.2 Trampa de grasas

Remoción de la capa superior una vez finalizada la jornada de trabajo, para evitar malos olores y mantener alejados a los vectores.

8.3 Desarenador

Se debe remover los sedimentos que precipitan en el proceso, ayudando que los lodos se trasladen a los lechos de secado. Mantener engrasados los accesorios y las válvulas para evitar obstrucciones al momento de purgar los lodos.

8.4 Mezcla Rápida en canaleta Parshall

Revisión diaria de la canaleta con el fin de evitar taponamientos que afecten la mezcla rápida.

8.5 Tanque de agitación para floculación coagulación

El tanque empieza a operar cuando llega a un volumen específico, mediante la apertura y clausura de la válvula de entrada.

Para el mantenimiento, se debe engrasar mensualmente las válvulas, revisar el funcionamiento normal del motor y las revoluciones a las que trabaja. Las válvulas de compuerta deben ser inspeccionadas mensualmente sobre todo la de purgado de lodos.

8.6 Sedimentador convencional

Realizar la limpieza del sedimentador cada tres meses, remover los lodos con agua a presión y palas, y ayudar a que se traslade a los lechos de secado.

8.7 Filtro lento de grava y arena

Lavado quincenal de los filtros con agua potable o agua cruda, limpieza trimestral de las capas de la carga biológica formada en la superficie, en caso de saturación realizar un mantenimiento inmediato. El agua resultante del lavado deberá ser llevada al desarenador para su recirculación.

8.8 Tanque de desinfección

Limpieza necesaria cada seis meses. Usar agua a presión para eliminar las costras de calcio que se formen en la superficie.

8.9 Lecho de secado

Se deberá realizar el mantenimiento una vez comprobada la deshidratación de los lodos y su inactivación con cal. La remoción se realiza con palas mecánicas por gran cantidad de lodos deshidratados que se forman.

Registro de Inspección					
Responsable:					
Fecha:					
Proceso de depuración:					
Actividades a realizar					
Condiciones Previas					
Trabajadores					
Apellidos	Nombres	Actividad	Hora de inicio	Hora de finalización	Firma de responsabilidad
Tipo de mantenimiento		Condición	Observaciones		
Preventivo		Crítica			
Correctivo		Media			
Otro		Normal			
Próximo mantenimiento:					