

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA TINTEXRIVER”**

TESIS DE GRADO

PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

GABRIELA CAROLINA MAYORGA OCAÑA

RIOBAMBA - ECUADOR

2014

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a Dios porque grande es Jehová y digno de suprema alabanza, porque es bueno y para siempre es su misericordia, porque ha sido mi Señor y salvador, mi luz y la fortaleza de mi vida.

A mis padres Frank Mayorga y Carmen Ocaña por ser un ejemplo de constancia, perseverancia y responsabilidad, por brindarme su apoyo en todo momento y permitirme llevar su legado.

A mi amado hermano por su apoyo y consideración brindada.

Al Ing. Mario Villacrés, a la Ing. Mabel Parada y al Ing. Marco Chuiza por la asistencia y apoyo prestado en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A la ESPOCH, a los profesores, a mis compañeros y amigos que fueron parte fundamental de mi formación.

Un agradecimiento especial al Ing. Paul Manobanda y Paul Palmay por la guía y colaboración en el proceso del presente proyecto.

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo a mi amado padre Frank Mayorga por ser un padre inigualable, mi mejor amigo y consejero, por ser mi apoyo y mi fuerza en cada instante de mi vida y por el infinito amor que siempre me ha brindado. Te amo papito de mi corazón.

A mi querida madre Carmen Ocaña y a mi hermano Erick Mayorga por ser una familia incondicional y amorosa, a mi mejor amiga Gabriela Robayo por el apoyo brindado y cada palabra de aliento recibida. Los amo infinitamente.

A mis amigos que han estado en forma incondicional a lo largo de mi vida y formación profesional.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación "OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA TINTEX RIVER", de responsabilidad de la señorita Gabriela Carolina Mayorga Ocala ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizado su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Silvio Álvarez DECANO FAC. CIENCIAS
Ing. Mario Villacrés DIRECTOR DE ESCUELA
Ing. Mario Villacres DIRECTOR DE TESIS
Ing. Mabel Parada MIEBRO DEL TRIBUNAL
Tec. Carlos Rodríguez DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN
Nota de Tesis Escrita	

HOJA DE RESPONSABILIDAD

“Yo GABRIELA CAROLINA MAYORGA OCAÑA soy responsable de las ideas expuestas y propuestas presentadas en la presente Tesis y el patrimonio intelectual de la Memoria de Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

Gabriela C. Mayorga Ocaña

INDICE DE ABREVIATURAS

<i>A</i>	<i>Área</i>
<i>A_S</i>	<i>Área superficial</i>
<i>A_{SC}</i>	<i>Área superficial calculada</i>
<i>b</i>	<i>Base</i>
<i>hp</i>	<i>Caballo de Vapor (Horse Power)</i>
<i>C_H</i>	<i>Carga Hidráulica</i>
<i>C_S</i>	<i>Carga Superficial</i>
<i>Q</i>	<i>Caudal de diseño</i>
<i>Q'</i>	<i>Caudal Medido</i>
<i>cm</i>	<i>Centímetro</i>
<i>C</i>	<i>Coefficiente de descarga</i>
<i>k</i>	<i>Constante de tipo de material arrastrado</i>
<i>η</i>	<i>Coefficiente de Mannig</i>
<i>D</i>	<i>Diámetro</i>
<i>\$</i>	<i>Dólar</i>
<i>F</i>	<i>Factor de aumento</i>
<i>f</i>	<i>Factor de fricción de Darcy – Weisbach</i>
<i>g</i>	<i>Gravedad</i>
<i>S</i>	<i>Gradiente hidráulico</i>
<i>h</i>	<i>Hora</i>
<i>KW</i>	<i>Kilowatt</i>
<i>L</i>	<i>Largo</i>
<i>m</i>	<i>Metro</i>

m^2	<i>Metro cuadrado</i>
m^3	<i>Metro cúbico</i>
m^3/h	<i>Metro cúbico por hora</i>
$m^3/m^2 \text{ día}$	<i>Metro cúbico por metro cuadrado día</i>
m^3/min	<i>Metro cúbico por minuto</i>
m^3/s	<i>Metro cúbico por segundo</i>
m/seg	<i>Metro por segundo</i>
mm	<i>Milímetro</i>
min	<i>Minuto</i>
N	<i>Número de orificios o discos</i>
H	<i>Pérdida de energía</i>
s	<i>Peso específico de las partículas</i>
h	<i>Profundidad</i>
plg	<i>Pulgada</i>
R	<i>Radio Hidráulico</i>
seg	<i>Segundo</i>
SA	<i>Suministro de aire por unidad de longitud por minuto</i>
t	<i>Tiempo</i>
tr	<i>Tiempo de retención,</i>
NTU	<i>Unidades nefelométricas de turbiedad</i>
v	<i>Velocidad de flujo</i>
V_H	<i>Velocidad Horizontal</i>
V	<i>Volumen</i>
V	<i>Volumen del tanque,</i>

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA.....	iii
HOJA DE RESPONSABILIDAD.....	vi
RESUMEN	i
SUMARY.....	i
INTRODUCCIÓN	iii
ANTECEDENTES.....	iv
JUSTIFICACIÓN.....	v
OBJETIVOS.....	vii
GENERAL	vii
ESPECÍFICOS	vii
CAPÍTULO I.....	8
1. MARCO TEÓRICO.....	26
1.1. LAVADO Y TINTURADO DEL JEAN.....	26
1.2. PROCESO DE LAVADO DE JEANS EN LA EMPRESA TINTEX RIVER.....	27
1.2.1. MATERIAS PRIMAS DEL PROCESO	28
1.3. AGUAS RESIDUALES	28
1.3.1. AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.....	29
1.3.2. LOS CONTAMINANTES DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES...29	
1.3.2.1. PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL.....	30
1.3.2.1.1. PARÁMETROS FÍSICOS.....	30
1.3.2.1.2. PARÁMETROS QUÍMICOS	32
1.5. TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES	33
1.5.1 TRATAMIENTO PRIMARIO	34
1.5.1.1. CAUDAL DE DISEÑO	34
1.5.1.2. DISEÑO CONTROL DE PASO DE CAUDAL DE DISEÑO.....	35
1.5.1.3. DIMENSIONAMIENTO DE UN DESARENADOR AIREADO.....	35
1.5.1.4. REJILLAS	37

1.5.1.4.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO	40
1.5.1.5. DISEÑO DEL TANQUE DE IGUALAMIENTO.....	41
1.5.1.6. SEDIMENTACIÓN.....	42
1.5.1.6.1. CRITERIOS DE DISEÑO DE SEDIMENTACIÓN	44
1.5.1.7. COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN.....	48
1.5.1.7.1. LOS COLOIDES	48
1.5.1.7.2. COAGULACIÓN	48
1.5.1.8.3. FLOCULACIÓN.	50
1.5.2. TRATAMIENTO SECUNDARIO:	52
1.5.2.1. BIODISCO	53
1.5.2.1.1. CRITERIOS DE DISEÑO DE BIODISCO	55
CAPÍTULO II	60
2. PARTE EXPERIMENTAL.....	61
2.1. METODOLOGÍA	61
2.1.1. DIAGNÓSTICO DE LA PLANTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE “TINTEX RIVER”	61
2.1.2. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL	62
2.1.3. MUESTREO Y CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL.....	63
2.2. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	63
2.2.1. MÉTODOS.....	63
2.2.2. TÉCNICAS	64
2.3. DATOS EXPERIMENTALES DE EMPRESA TINTEX RIVER	80
2.4. NORMATIVA AMBIENTAL.....	83
CAPÍTULO III	85
3. DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA “TINTEX RIVER”	86
3.1. CÁLCULOS Y DISEÑO	86
3.1.1. CaUDAL DE DISEÑO	86
3.1.2. DISEÑO CONTROL DE PASO DE CAUDAL DE DISEÑO.....	87
3.1.3. DIMENSIONAMIENTO DE UN DESARENADOR AIREADO.....	88

3.1.4.	DISEÑO DE REJILLAS	89
3.1.5.	DISEÑO DEL TANQUE DE IGUALAMIENTO.....	91
3.1.6.	DETERMINACIÓN DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN.....	93
3.1.7.	DISEÑO Y CÁLCULO DEL SEDIMENTADOR	99
3.1.8.	DISEÑO DE BIODISCO	101
3.2.	RESULTADOS	103
3.3.	PROPUESTA	108
3.4.	RESULTADOS DE LABORATORIO	110
3.5.	DISCUSIÓN.....	112
3.6.	ANÁLISIS PRESUPUESTAL.....	113
3.6.1.	COSTO DE INVERSIÓN	113
3.6.2.	COSTO DE OPERACIÓN	114
3.6.3.	COSTO TOTAL	115
CAPÍTULO IV.....		116
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	117
4.1.	CONCLUSIONES.....	117
4.2.	RECOMENDACIONES	118
BIBLIOGRAFÍA		119
ANEXOS		122
ANEXO 1: CANAL DE ENTRADA Y TANQUE DE IGUALAMIENTO		123
ANEXO 2: COAGULACION Y FLOCULACION		124
ANEXO 3: SEDIMENTADOR.....		125
ANEXO 4: ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL.....		126
ANEXO 5: ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL.....		127
ANEXO 6: ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL.....		128
ANEXO 7: ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL.....		129
ANEXO 8: ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL.....		130
ANEXO 9 PRUEBAS DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN		131
ANEXO 10 PLANO 3D PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .		132

ANEXO 11 PLANO 3D PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .	133
ANEXO 12 PLANO 2D PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS residuales	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1.5.1.4. - 1. Tipos De Perforación	39
Fig 1.5.1.4. -2 Cálculos De Perforación	39
Fig 1.5.1.6.-1 Tamaño De Sedimentador	44
Fig 1.5.1.7.2. – 1 Coagulación	49
Fig 1.5.1.7.2. – 2 Condiciones de Mezcla	50
Fig. 1.5.1.7.3.-1 Floculación.....	51
Fig. 1.5.2.1. - 1 Proceso de Biodisco	55
Fig 1.5.2.1.1. – 1 Curva de Eficiencia de Biodiscos.....	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1.2. – 1 Proceso de Producción	27
Grafico. 2.3.2 – 1 Relación de Producción vs. Tiempo	81
Gráfico 3.1.5. – 1 Diagrama de masas para Determinación del volumen de Igualamiento	92
Gráfico. 3.1.6. – 1 Relación de turbidez vs concentración de coagulante	95
Gráfico 2.3.2 – 3 Relación de turbidez vs concentración de coagulante	97
Gráfico 2.3.2 – 3 Relación de tiempo vs volumen de sedimentación	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.3.2.1.1.-1 Parámetros Físicos	31
Tabla 1.3.2.1.2.-1 Parámetros Químicos	32
Tabla. 1.5.1.3. – 1 Información Usual Para El Diseño De Desarenadores Aireados	36
Tabla 1.5.1.4. – 1 Características diseño de rejillas.....	38
Tabla 1.5.1.4. – 2 Criterios de diseño de las rejillas de desbaste.....	38
Tabla 1.5.1.6.1. - 1. Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria	44
Tabla 1.5.1.6.1. – 2 Información típica para el diseño de un sedimentador primario rectangular.	45
Tabla. 1.5.2. - 1 Tratamientos Secundarios	53
Tabla 1.5.2.1.1. – 1 Características Típicas de Biodiscos.	56
Tabla 1.5.2.1.1. - 2 Valores recomendados para diseño de biodiscos	57
Tabla 1.5.2.1.1. – 3 Factor de corrección de área por número de etapas	58
Tabla 2.2.1.- 1 Descripción de los Métodos de Análisis	64
Tabla 2.3.1. – 1 Detalle de la Planta de Tratamiento actual	80
Tabla 2.3.2 - 1 Producción de la empresa TINTEX RIVER del año 2013.....	81
Tabla 2.3.2 – 2 Análisis de aguas residuales empresa TINTEX RIVER.....	82
Tabla 2.1.7.2-1 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	84
Tabla 3.1.1. – 1 Caudal Medido	86
Tabla 3.1.1 – 2 Caudal de Diseño.....	87
Tabla 3.1.5. – 1 Flujo Acumulado del Fluido.....	92
Tabla 3.1.6. –1 Prueba de jarras con Sulfato de Aluminio y Poliacrilamida.....	93
Tabla 3.1.6. –2 Prueba de jarras con Sulfato de Aluminio.....	94
Tabla 3.1.6. – 3 Prueba de jarras con TQ-FLOC-PCAB y Poliacrilamida.....	94
Tabla 3.1.6. – 2 Prueba de jarras con Policloruro de Aluminio	95
Tabla 3.1.6. – 3 Prueba de jarras con Poliacrilamida aniónico	96
Tabla 3.1.3. – 4 Detalle de Resultados de Coagulación Y Floculación	97
Tabla 3.1.6. – 5 TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN	97
Tabla 3.1.6 – 6 TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN	98
Tabla 3.2. – 1 Resultados de caudales medidos y de diseño.....	104
Tabla. 3.2. – 2 Resultados del canal de entrada.....	104
Tabla. 3.2. – 3 Resultados De Un Desarenador Aireado.....	105
Tabla. 3.2. – 4 Resultados Del Diseño de Rejillas.....	105
Tabla. 3.2. – 5 Resultados del Tanque de Igualamiento.....	106
Tabla 3.2.- 6. Resultados de Coagulación y Floculación química	106

Tabla 3.2. - 7 Resultados del cálculo del Sedimentador.....	107
Tabla 3.2.- 8. Resultados del cálculo del Biodisco.....	107
Tabla 3.3. - 1 Propuesta de Optimización.....	108
Tabla 3.4 – 1 Resultados De Análisis Antes Y Después Del Tratamiento.....	111
Tabla 3.6.1 – 1 Costo de Equipos y Accesorios	113
Tabla 3.6.1 – 2 Costo de instalación hidráulica y mano de obra	114
Tabla 3.6.1 – 2 Total Costo de Inversión	114
Tabla 3.6.2 – 1 Costo de Insumos para el tratamiento de AR	114
Tabla 3.6.2 – 2 Costo Total de Operación	115
Tabla 3.6.3 – 1 Costo Total.....	115

RESUMEN

El proyecto de investigación se basa en optimizar la planta de tratamiento de aguas residuales en la empresa “TintexRiver” ubicada en la ciudad de Pelileo, provincia de Tungurahua, se dedica al proceso de tinturado y lavado industrial de jeans. Su principal objetivo es contar con una adecuada planta depuradora para cumplir con la normativa ambiental.

Se empezó con un diagnóstico visual seguido de una recolección de pruebas para análisis físico – químicos y poder aplicar el método experimental con el que se realizó ensayos de laboratorio en la Facultad de Ciencias mediante el uso de: probetas, vasos de precipitación, peachimetro, equipo de test de jarras, pipetas, compresor de aire, conoimhoff. Se determinó la concentración adecuada de coagulante, 5mL a 20%, y de floculante, 10mL a 0.1%, en base técnica de la American SocietyForTesting And Materials (ASTM).

Con la aplicación de las concentraciones de coagulante y floculante se obtuvo las siguientes mejoras: 26,43% en temperatura, un 40,98% de Color, un 25,90% de DQO, un 24,14% de DBO5, un 50% en Sulfuros, un 84,00% de Sólidos Sedimentables, un 88.89% de tensoactivos y un 51,52% de grasas y aceites,

Por lo tanto se concluye en base a cálculos los siguientes cambios en la planta: canal de paso de 0.19m^3 a 1m^3 , tanque de igualamiento de 16 m^3 a 32.5m^3 , sedimentador de 60m^3 a 95m^3 y como tratamiento secundario se estableció la implementación de un biodiscocon 3m de diámetro y volumen de 73.4 m^3 . Se recomienda ejecutar la propuesta realizada en el presente trabajo, además de incorporar una persona capacitada para el manejo de la planta de tratamiento.

SUMMARY

The investigation is to optimize the plant of wastewater treatment in the company Tintex River located in the city of Pelileo, province of Tungurahua.

It began with a visual diagnostic followed by a compilation of tests for physical chemical analyses with which it was found that the company is engaged in the process of industrial dyeing and washing of jeans, its main objective is to have a proper wastewater treatment plant to comply with environmental regulations.

The experimental method was applied with which laboratory essays were conducted in the faculty of Sciences with the use of glasses of precipitation, pH meter, test equipment of jars, pipettes, compressor as imhoff. It was determined the appropriate coagulant concentration, 5ML to 10%, and flocculant, 10mL to 0.1% in technical basis American Society for Testing And Materials (ASTM).

The following improvements were obtained with the application of coagulant and flocculant concentrations: 26.43% temperature, 40.98% color, 25.90% chemical oxygen demand (COD), 24.14% demand biochemistry of oxygen (DBO5), 50% sulfides, 84.00% sediment solids, 88.89% surfactants, 51.52% fats and oils.

It is concluded on the basis of calculations made the following changes in the plant air channel 0.19m^3 to 1m^3 , equalization tank 16 to 32.5m^3 , sedimentation tank 60m^3 to 95m^3 and as a secondary treatment was established to implement a biodisc with a diameter 3m and volume 73.4m^3 .

It is a recommended to the company "Tintex River" to execute the proposal made, both in infrastructure and coagulant and flocculant concentration and, in addition to incorporate, a person qualified for the handling of the treatment Plant.

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de la humanidad se ha observado la tendencia que existe a vivir en sociedad estableciendo vínculos que le han permitido obtener un sin número de productos y así mismo variadas formas de su aprovechamiento para dar paso a la industria como hoy la conocemos.

A pesar que la industria proporciona una serie de beneficios para la competitividad y sostenibilidad de la economía también ha desencadenado en un serio problema ambiental relacionado con la contaminación de sus aguas residuales.

Por décadas ningún tratamiento ha sido demandado por la población o autoridades pero las políticas han cambiado en los últimos años, ahora se requiere que todo efluente de agua residual tenga un tratamiento mínimo independientemente de su destino final.

Este proyecto pretende presentar alternativas acorde a la tecnología disponible que nos ayude con ideas convencionales e innovadoras para la remoción o disminución de los niveles de contaminantes en las aguas residuales de la empresa TintexRiver

En el tratamiento de aguas residuales industriales se debe iniciar con una caracterización de sus aguas y según los resultados obtenidos determinar la optimización de los procesos físicos - químicos e incluso diseñar un proceso biológicos, si se requiere del caso, para una disminución eficaz de los contaminantes.

Con el presente proyecto se pretende mejorar las dosificaciones existentes, hacer modificaciones del proceso y diseñar un tratamiento secundario para mantener un armonía económico, legal y social entorno al tratamiento que se efectúe garantizando un agua residual en condiciones a lo estipulado en las leyes y manteniendo el equilibrio ambiental.

ANTECEDENTES

Desde los orígenes de la vida, el ser humano ha tenido la necesidad de evolucionar en pro de una mejor calidad de vida y de esta manera es que en pro de la evolución industrial surge la Empresa "TINTEXRIVER" una importante empresa que presta sus servicios de lavandería y tintorería a otras empresas manufactureras de jeans, buscando así no quedarse atrás en un mercado competitivo ante las nuevas necesidades de la población actual.

La Empresa "TINTEXRIVER" se funda en el año de 1980 en la Provincia de Tungurahua, Cantón Pelileo, en la parroquia de Pelileo Grande, barrio Oriente, Calle Juan de Velasco; la empresa decide cimentarse en esta ciudad debido a la gran producción de jeans que se realiza en la misma, teniendo así una ventaja para desempeñar las actividades para la cual fue creada.

La Empresa "TINTEXRIVER" inicia el lavado industrial del denim (jean) con procesos que consistían en combinar el denim, el agua y la piedra pómez. Sin embargo gracias al avance tecnológico y la invención de nueva maquinaria se alcanza el perfeccionamiento del proceso logrando de esta manera acabados de mejor calidad otorgando al denim la capacidad de transformarse y mantenerse vigente a través del tiempo, sin embargo, de este avance surge la necesidad de tratar el agua antes de ser enviado a la red de alcantarillado y se implementa una planta de tratamiento primario más aún no es eficiente para alcanzar los parámetros establecidos.

La Empresa "TINTEX RIVER" brinda sus servicios de Lavandería y Tintorería para dar a las prendas un efecto de suavidad y confort, con una apariencia visual de avejentado con diferentes matices y contraste sin dejar de lado el cuidado, conservación y resistencia del tejido garantizando así un producto de calidad para el bienestar del cliente y la población en general al ser una empresa importante para el sector industrial y productivo del país.

JUSTIFICACIÓN

La Empresa "TINTEXRIVER" ha venido brindando un servicio de excelente calidad, razón que la ha llevado a su crecimiento empresarial, sin embargo, debido a los problemas ambientales que el mundo viene experimentando en las últimas décadas y las nuevas leyes y ordenanzas del país, la Empresa "TINTEX RIVER" se ve obligada a poner en marcha una planta de tratamiento de aguas primaria para su posterior descarga a la red pública de aguas servidas.

Hoy por hoy los problemas ambientales han ido creciendo en forma desmedida llamando la atención del mundo entero por lo que se vienen desarrollando una serie de programas más estrictos a nivel nacional e internacional con el objetivo de aunar esfuerzos en el diseño de políticas y estrategias que permitan alcanzar un equilibrio entre las actividades realizadas por el hombre con el ambiente

Es en este contexto que la Empresa "TINTEXRIVER" propone la Optimización de su Planta de tratamiento de aguas residuales para lo cual se pretende mejorar las instalaciones, dosificaciones, además de diseñar un tratamiento de aguas secundario debido a que surge la necesidad de buscar alternativas ambientales para dar soluciones eficaces a los problemas ambientales causados por la descarga fuera de los parámetros que exige la ley de acuerdo a lo estipulado en el TULAS garantizando de esta manera el cumplimiento de la normativa ambiental y estatal, así como también con el compromiso social al responder al acatamiento de la conservación del ambiente que resulta de vital importancia ya que forma parte de la solución en harás de buscar el equilibrio con un ambiente sano y limpio.

Por otra parte la optimización responde al actual desarrollo tecnológico en los diferentes campos de la actividad humana, al avance científico y la dinámica social que demandan de una permanente innovación industrial como respuesta a las necesidades del mundo moderno.

Con este antecedente y como futura profesional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química dotada de los conocimientos suficientes en cuanto a la importancia entre la producción con altos niveles de calidad y la relevancia de la expansión industrial del sistema económico, la generación de innovaciones, la implementación de nuevas tecnologías y la inducción del crecimiento económico he sentido la necesidad imperiosa de realizar el presente estudio de investigación.

OBJETIVOS

GENERAL

- ♣ Optimizar la planta de tratamiento de aguas residuales de la Empresa “TINTEXRIVER”

ESPECÍFICOS

- ♣ Diagnosticar el estado actual de la Planta de tratamiento de la Empresa “TINTEXRIVER”
- ♣ Realizar la caracterización fisicoquímica del agua residual antes y después del tratamiento existente.
- ♣ Plantear una alternativa de mejora al tratamiento de agua residual que dispone la empresa.
- ♣ Implementar un sistema de tratamiento secundario para mejorar la descarga del agua residual que proviene del tratamiento primario.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. LAVADO Y TINTURADO DEL JEAN

Las lavanderías del jean tienen como objetivo darle un acabado diferente al producto final para mejorar su textura, apariencia y diseño, además que se pueden modificar los colores de los jeans o denim.

El trabajo de las lavanderías industriales empieza con la recepción de las prendas crudas donde todo se las examina con el fin de detectar y eliminar los posibles defectos de la prenda antes de ser enviada a proceso de lavado.

Los pantalones son ingresados en las lavadoras industriales donde su tiempo de permanencia dependerá del tipo de acabado que se requiera para lo cual se debe inspeccionar cada determinado tiempo y observar que el desgaste sea el adecuado, además se debe verificar si el detergente y enjuague son óptimos.

El proceso en si pasa por varias etapas que son el desengomado para eliminar las posibles gomas de las prendas y que penetre bien los colores en la etapa de teñido.

Seguido se le añade una base para saponificar las grasas y las prendas queden crudas para un mejor teñido. También se le agrega un peróxido para oxidar toda sustancia química resultante.

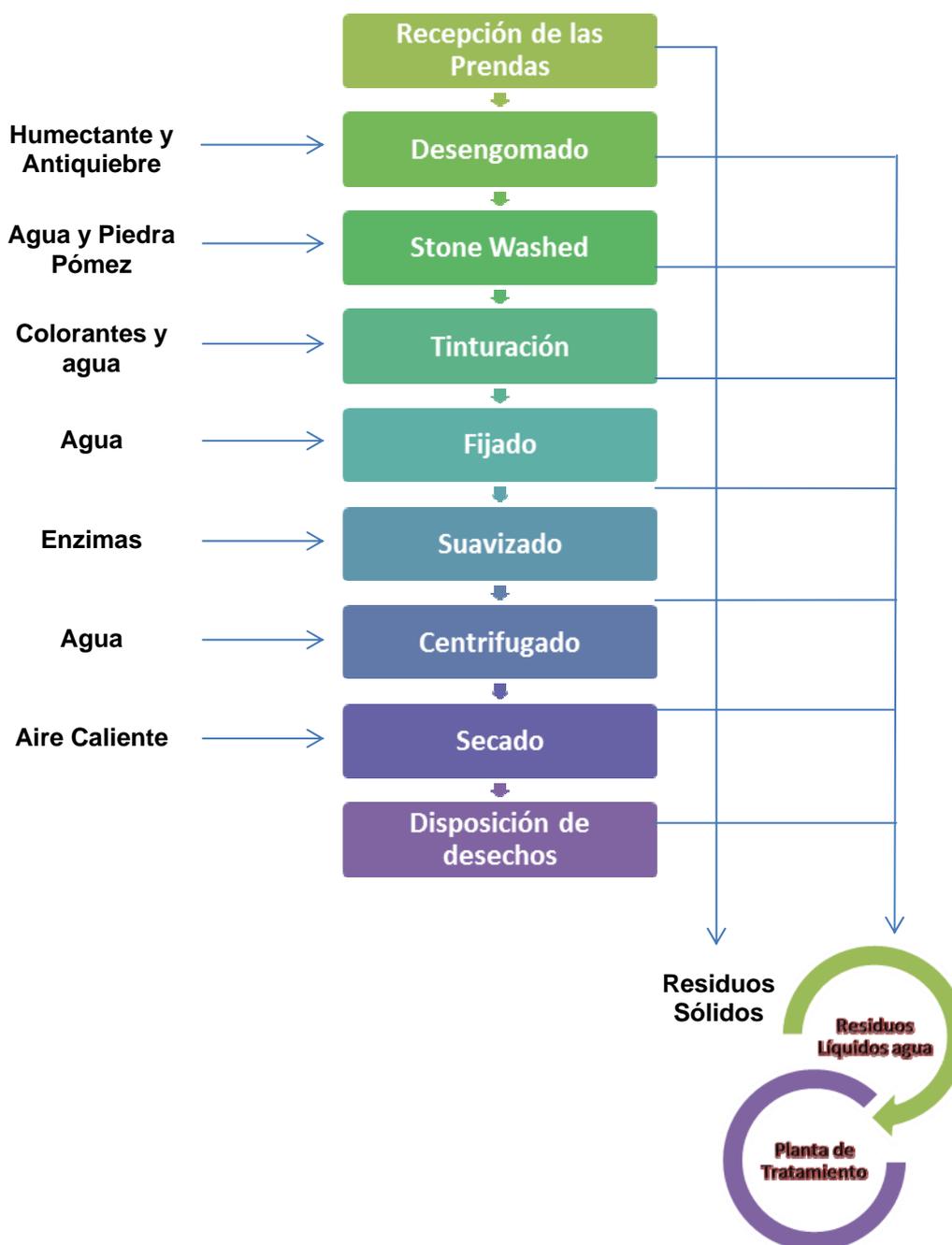
Para dar los últimos pasos del proceso se realiza el teñido, en caso de ser requerido, y se aplica suavizantes para darle un acabado de excelente calidad.

Finalmente se lleva el jean a una centrifugadora para escurrir la humedad y separar los sólidos o residuos de las prendas, se secan para eliminar la humedad que haya quedado y se los plancha a presión para homogenizar el denim.

1.2. PROCESO DE LAVADO DE JEANS EN LA EMPRESA TINTEX RIVER

“El lavado industria del denim (jean) se utiliza para dar a las prendas un aspecto de suavidad, confort, usado o envejecido, características visuales como apariencia, matiz, contraste y también para conservar la resistencia del tejido.

1Grafico 1.2. – 1 Proceso de Producción



Fuente: Carolina Mayorga O.

1.2.1. MATERIAS PRIMAS DEL PROCESO

Las materias primas que se usan en el proceso de tinturado y lavado del jean en la empresa "TINTEX RIVER" son:

- | | | |
|------------------|--------------------|-----------------------------------|
| ♣ antiquiebre, | ♣ sosa caustica, | ♣ sales, |
| ♣ desengomante, | ♣ permanganato | ♣ colorante |
| ♣ acido fórmico, | de potasio, | disuelto, |
| ♣ alfa amilasa, | ♣ ácido oxálico, | ♣ carrier, |
| ♣ dextrosa, | ♣ metabisulfito de | ♣ detergente, |
| ♣ ácido acético, | sodio, | ♣ humectante, |
| ♣ dispersante, | ♣ secuestrante, | ♣ H ₂ O ₂ , |
| ♣ encima ácida, | ♣ igualante, | ♣ fijador. |

1.3. AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son el resultado de su uso en hogares, en las diferentes fábricas o procesos industriales, actividades recreativas, actividades ganaderas, etc.

Las aguas residuales se derivan como consecuencia de su interacción en diferentes actividades; aparecen sucias y contaminadas con grasas, detergentes, materia orgánica e inorgánica, residuos varios, herbicidas, plaguicidas y en ocasiones algunas sustancias muy tóxicas dependiendo de su manejo.

Debido a la gran cantidad de contaminantes, estas aguas residuales, deben ser tratadas antes de volver a la naturaleza o a un nuevo proceso. De ahí la importancia de crear plantas o estaciones depuradoras, donde se realizan tratamientos adecuados para devolver el agua al entorno en las mejores condiciones posibles.

1.3.1. AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Las aguas residuales industriales resultan como consecuencia de las actividades que realizan las industrias en cuyos procesos de producción y/o transformación utilizan agua limpia y la desechan como aguas residuales después de su manejo en las diferentes áreas del proceso.

Las aguas residuales industriales se diferencian de las aguas municipales ya que además de poseer contaminantes orgánicos y minerales pueden alcanzar niveles preocupantes de metales pesados o contaminantes emergentes que en muchos casos no son regulados pero si de total preocupación.

“Las principales fuentes de nutrientes son las escorrentías agrícolas, las aguas residuales domésticas (que también son una fuente de contaminación microbiana), los efluentes industriales y los aportes atmosféricos procedentes de la quema de combustibles fósiles o los incendios forestales.

Las industrias que utilizan materias primas orgánicas son las principales contribuyentes a la contaminación orgánica, mientras que las industrias del petróleo, el acero y la minería representan el mayor riesgo en la liberación de metales pesados.

Gran parte de las aguas residuales industriales se vierten sin tratamiento en los cursos de agua abiertos, lo cual reduce la calidad de grandes volúmenes de agua y, a veces, se infiltran en los acuíferos y contaminan los recursos hídricos subterráneos.¹”

1.3.2. LOS CONTAMINANTES DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Los contaminantes del agua son importantes caracterizarlos para elegir un método de tratamiento adecuado y eficaz.

¹<http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/all-facts-wwdr3/fact-36-industrial-wastewater/>

- ♣ **Físicos**: Los contaminantes físicos pueden ser los cambios térmicos resultado de su paso por maquinarias industriales, cambio de color por los diferentes procesos industriales, la turbidez ocasionada por los sólidos en suspensión, espumas ocasionadas por la utilización de detergentes e inclusive la presencia de radiactividad.

- ♣ **Químicos**: Los contaminantes químicos comprenden tanto productos químicos orgánicos como inorgánicos. El aspecto fundamental resultante de la contaminación por compuestos orgánicos es la disminución de oxígeno como resultante de la contaminación del existente en el proceso de degradación biológica de dichos compuestos. En el caso de la contaminación derivada de la presencia de compuestos inorgánicos el resultado más importante es su posible efecto tóxico, más que la disminución de oxígeno.

Los iones de metales pesados, tóxicos para los seres humanos, son importantes contaminantes de este grupo. Se presentan en las aguas residuales industriales resultado de sus interacciones en forma de mercurio, arsénico, zinc, níquel, cromo, plomo, cadmio, nitratos sulfatos, etc.

- ♣ **Biológicos**: Los contaminantes biológicos son los responsables de la transmisión de enfermedades. Incluyen hongos, bacterias y virus que provocan enfermedades, algas y otras plantas acuáticas.

1.3.2.1. PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL

1.3.2.1.1. PARÁMETROS FÍSICOS

Tabla 1.3.2.1.1.-1 Parámetros Físicos

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS
SABOR Y OLOR	<p>Los parámetros de sabor y olor son determinaciones organolépticas subjetivas, es decir que no tienen instrumentación para su medida, es de gran importancia debido a que sus condiciones nos pueden ayudar determinar ciertos contaminantes.</p> <p>Las aguas adquieren un sabor salado a partir de los 300 ppm de Cl⁻, y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de SO₄²⁻. El CO₂ libre le da un gusto picante. Trazas de fenoles u otros compuestos orgánicos le confieren un color y sabor desagradables.</p>
COLOR	<p>El color no está normado por la legislación ambiental para aguas residuales sin embargo es de importancia ya que es causa de una grave contaminación al impedir la fotosíntesis y puede ser evidencia de la presencia de contaminantes como es el caso del color amarillento debido a los ácidos húmicos, el color rojizo por la presencia de hierro o del color negro por la presencia de manganeso.</p> <p>Según el origen del color los principales tratamientos de eliminación pueden ser la coagulación y filtración, la cloración, o la adsorción en carbón activo.</p>
TURBIDEZ	<p>La turbidez es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos. El material insoluble es difícil de decantar y filtrar, pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, además de interferir con la mayoría de los procesos a la que destine el agua.</p> <p>La turbidez se elimina mediante procesos de coagulación, decantación y filtración</p>

Fuente: Carolina Mayorga O.

1.3.2.1.2. PARÁMETROS QUÍMICOS

Tabla 1.3.2.1.2.-1 Parámetros Químicos

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS
pH	pH se define como potencial hidronio o como la medida de la concentración de los iones hidrógeno. Nos mide la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa
SÓLIDOS DISUELTOS	La medida de los sólidos disueltos o salinidad total por sí solo no es suficiente para determinar la calidad del agua, los sólidos disueltos es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	Los sólidos en suspensión son sólidos sedimentables, es decir que no son disueltos y se los puede tratar mediante filtración y decantación. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 ppm, las superficiales pueden tener mucho más dependiendo del origen y forma de captación.
SÓLIDOS TOTALES	Es la suma de los dos anteriores disueltos y en suspensión.
SULFATOS	El ión sulfato (SO_4^{2-}) se refiere a las moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces contienen entre 2 y 250 ppm y el agua de mar alrededor de 3.000 ppm. En cantidades altas puede ser muy perjudicial. Debemos tener claro que el agua pura se satura de SO_4Ca a unas 1.500 ppm, esto ocurre por la presencia de otras sales de calcio que aumenta la solubilidad
OTROS COMPONENTES ANIÓNICOS	Los sulfuros, S^- , y el ácido sulfhídrico son muy característicos de medios reductores, pero en general las aguas contienen menos de 1 ppm, su principal característica es que el agua tiene muy mal olor. Los compuestos fenólicos afectan a la potabilidad, con olores y gustos especialmente desagradables, sobre todo después de un proceso de cloración. Los detergentes son ligeramente tóxicos y presentan problemas de formación de espumas y consumen el oxígeno del agua. Los ácidos húmicos pueden afectar a procesos de pretratamientos e intercambio iónico.

DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO)	<p>Determina la cantidad de oxígeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua al cabo de 5 días mediante procesos biológicos aerobios, también suele emplearse, pero menos el (DBO21) de 21 días. Se mide en ppm de O₂ que se consume.</p> <p>Las aguas subterráneas suelen contener menos de 1 ppm, en las aguas superficiales es muy variable y dependerá de las fuentes contaminantes, en las aguas residuales domésticas se sitúa entre 100 y 350 ppm y en las aguas industriales puede alcanzar varios miles de ppm, como por ejemplo: fabricación de aceites, alcoholes, industria de la alimentación, etc</p>
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	<p>La demanda química de oxígeno es la medida de la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato, permanganato, etc. por el total de materias oxidables orgánicas e inorgánicas. Es un parámetro de medición inmediata a diferencia de la demanda bioquímica de oxígeno y su unidad de medida son ppm de O₂.</p> <p>Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 a 5 ppm. Las aguas residuales domésticas están entre 260 y 600 ppm.</p>

Fuente: Carolina Mayorga O.

1.5. TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES

Para el tratamiento de las aguas residuales industriales podemos hablar de los mismos procesos generales: tratamientos primarios, secundarios y terciarios, utilizándose sólo los que sean de aplicación al proceso industrial en concreto. Los principales tratamientos en cada una de las categorías son:

- ♣ **Pre-tratamientos y tratamientos primarios:** cribado, neutralización, coagulación-floculación, sedimentación, filtración, floculación, desarenado y desaceitado. Tienen por objeto la eliminación de sólidos en suspensión, coloides, metales pesados y aceites y grasas.

- * **Tratamientos secundarios**: biodiscos, lodos activados, filtros percoladores, lagunaje, etc. Se elimina materia orgánica biodegradable

1.5.1 TRATAMIENTO PRIMARIO

Los tratamientos primarios son aquellos que eliminan los sólidos en suspensión presentes en el agua residual. Los principales procesos físico-químicos que pueden ser incluidos en el tratamiento primario son los siguientes: sedimentación, flotación, coagulación – floculación y filtración.

1.5.1.1. CAUDAL DE DISEÑO

Para realizar el cálculo del caudal de diseño se debe tomar el tiempo en que tarde en llenarse un recipiente de un litro para calcular el caudal medio y seguido obtener el caudal de diseño

$$Q' = \frac{V}{t} \quad \text{Ecu. 1.5.1.1.-1}$$

Donde:

Q' = Caudal medido

V = Volumen

t = tiempo

$$Q = Q' + Q' * F \quad \text{Ecu. 1.5.1.1.-2}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño

Q' = Caudal medido

F = Factor de aumento

1.5.1.2. DISEÑO CONTROL DE PASO DE CAUDAL DE DISEÑO

El diseño de control de paso de caudal nos ayuda a determinar el aliviadero o canal de paso utilizando tiempos muy cortos debido a que solo es un canal de paso y vendrán los posteriores pasos del tratamiento.

$$v = Q * t \quad \text{Ecu. 1.5.1.2.-1}$$

Donde:

V = Volumen

Q= Caudal de diseño

t = tiempo

Para calcular la tubería debemos utilizar una velocidad de fluido por debajo de 0.6 m/s.

$$D = \sqrt{\frac{Q * 4}{\pi * v}} \quad \text{Ecu. 1.5.1.2.-2}$$

Donde

D= Diámetro

Q= Caudal de diseño

v= velocidad del fluido

1.5.1.3. DIMENSIONAMIENTO DE UN DESARENADOR AIREADO

“El dimensionamiento del desarenador consiste en determinar el volumen adecuado del tanque así como las dimensiones del mismo, es decir largo, ancho y profundidad, además del suministro de aire necesario para que se lleve a cabo convenientemente.

Tabla. 1.5.1.3. – 1 Información Usual Para El Diseño De Desarenadores Aireados

		VALOR	
CONCENTRACIÓN	UNIDAD	INTERVALO	VALOR USUAL
Tiempo de retención para caudal pico	min	2 - 5	3
DIMENSIONES:			
Profundidad	m	2 – 5	3
Longitud	m	7.5 - 20	12
Ancho	M	2.5 – 7	3.5
Relación Ancho – Profundidad	Razón	1:1 a 5:1	1.5 : 1
Relación Largo – Ancho	Razón	3:1 a 5:1	4:1
Suministro de aire por unidad de longitud	m ³ /m*mi n	0.18 – 0.45	0.3

Fuente: Análisis y diseño del Tratamiento Primario. Tomado de:http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_am/capitulo5.pdf

Volumen del desarenador aireado:

$$V = Q * tr \quad \text{Ecu. 1.5.1.3.-1}$$

Donde:

V= Volumen

Q = Caudal de diseño

tr= Tiempo de retención

$$V = L * b * h \quad \text{Ecu. 1.5.1.3.-2}$$

Donde:

V = Volumen

L = Largo

b = Ancho

h= Profundidad

Una vez obtenido el volumen del desarenador se procede a calcular el suministro de aire necesario para el proceso de funcionamiento óptimo.

$$\text{Aire} = SA * L \quad \text{Ecu. 1.5.1.3.-3}$$

Donde:

Aire = Aire requerido

SA = Suministro de aire por unidad de longitud por minuto

L = Largo

1.5.1.4. REJILLAS

Los sistemas de rejillas que se utilizan en los vertederos de aguas industriales son con el fin remover sólidos de diferentes tamaños en suspensión. Es un mecanismo bastante útil para separar dichos sólidos y bajar su concentración del agua a tratar además que su aplicación resulta bastante económica.

Con las rejillas podemos eliminar sólidos suspendidos, y una cantidad considerable de DBO, aunque su eliminación varía en consideración al tamaño de la rejilla.

♣ REJAS DE LIMPIEZA MECANICA

“Se han venido empleando en las plantas de tratamiento de aguas residuales desde hace más de 50 años. Las rejas de limpieza mecánica se dividen en cuatro tipologías principales: las rejas de funcionamiento mediante cadenas, rejas de movimiento oscilatorio, catenarias y rejas accionadas mediante cables.

♣ REJILLAS DE LIMPIEZA MANUAL

Es el procedimiento más común cuando las plantas de tratamiento de aguas residuales son para pequeños caudales.

Para lo cual se necesita de datos recomendados en las siguientes tablas²

Tabla 1.5.1.4. – 1 Características diseño de rejas

CARACTERÍSTICAS	LIMPIEZA MANUAL	LIMPIEZA MECÁNICA
Tamaño de la barra: - Anchura, mm - Profundidad, mm	5 – 15 25 – 37,5	5 – 15 25 – 37.5
Separación entre barras – mm	25 – 50	15 – 75
Pendiente en relación a la vertical - grados	25 – 50	50 – 82.5
Velocidad de aproximación - m/s	150	150
Pérdida de carga admisible – mm	150	150

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1996) Tomado de:
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_8_desbaste.html

Tabla 1.5.1.4. – 2 Criterios de diseño de las rejillas de desbaste

PARÁMETRO	VALOR O RANGO
Velocidad mínima de paso	0,6 m/s (a caudal medio)
Velocidad máxima de paso	1,4 m/s (a caudal punta)
Grado de colmatación estimado entre intervalos de limpieza	30%
Pérdida de carga máxima admisible	15 cm (a caudal medio)

Fuente:(Lozano-Rivas, Material de clase para las asignaturas de Tratamiento de Aguas Residuales, 2012). Tomado de:
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_8_desbaste.html

Su separación entre barrotes

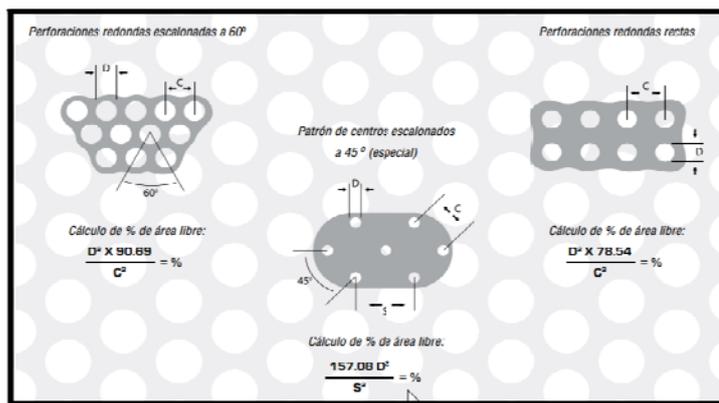
- ♠ Fina: entre 0,5 y 1,5 cm de separación
- ♠ Media: entre 1,5 y 5,0 cm de separación
- ♠ Gruesa: mayor a 5,0 cm de separación

²http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358041/EXE/leccin_16_remocin_de_slidos_gruesos_y_finos.html

♣ REJAS DE PERFORADO REDONDO

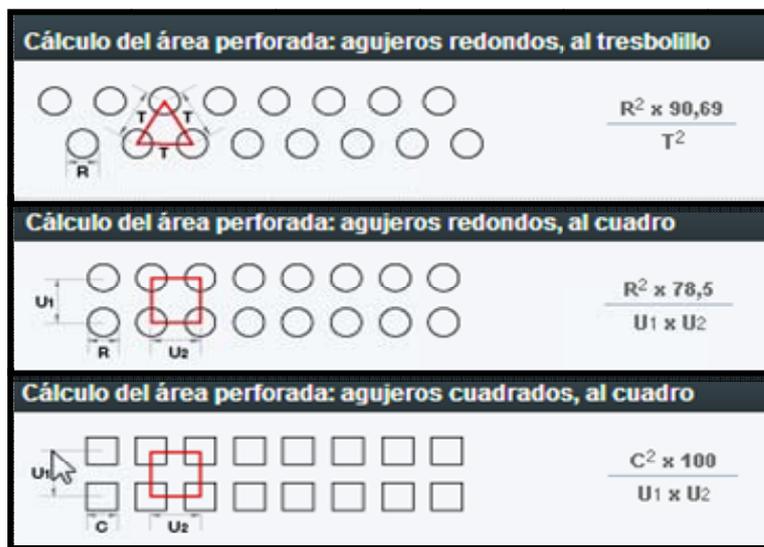
Las rejillas de perforado redondo se producen con mayor eficiencia y es de bajo costo. Existen varios tipos de perforados: Escalonada (staggered) a 60°, escalonada a 45° y rectangular a 90° como se muestra en la siguiente figura.

Fig1.5.1.4. - 1. Tipos De Perforación



Fuente: Dimensionamiento De Rejas Perforadas. Tomado de: http://www.ladesa.com/PDF/ladesa_perf09.pdf

Fig1.5.1.4. -2 Cálculos De Perforación



Fuente: Dimensionamiento De Rejas Perforadas. Tomado de: http://www.ladesa.com/PDF/ladesa_perf09.pdf

1.5.1.4.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

♣ RADIO HIDRAULICO

$$R = \frac{b \cdot h}{b + 2h} \quad \text{Ecu: 1.5.1.4.1.- 1}$$

Donde:

R = Radio Hidráulico

b = Ancho

h= Profundidad

Una vez calculado el radio hidráulico podemos determinar la velocidad del fluido residual mediante la ecuación de Manning.

$$v = \frac{1}{\eta} * R^{2/3} * S^{1/2} \quad \text{Ecu. 1.5.1.4.1.-2}$$

Donde

v= velocidad de flujo

η: Coeficiente de Manning (0,014 para canales de cemento no pulido)

R: Radio Hidráulico

S= Gradiente hidráulico (m/m) 0, 0005

♣ PORCENTAJE DE AREA LIBRE

$$\% = \frac{D \cdot 78.54}{C} \quad \text{Ecu. 1.5.1.4.1.-3}$$

Donde

D = diámetro de cada orificio

C = Distancia entre orificios.

♣ NUMERO DE ORIFICIOS

Una vez calculado el área libre se procede a calcular el número de perforaciones según una fórmula simple recomendada por la empresa LADESA.

$$n = \frac{At - Al}{Do * De} \quad \text{Ecu. 1.5.1.4.1.-4}$$

Donde

At = Área total

Al = Área libre

Do = Diámetro orificio

De = Diámetro separación

♣ PERDIDA EN REJILLAS

La pérdida de energía a través de las rejillas se da por la forma de las barras u orificios y la altura o velocidad de flujo entre las barras u orificios así tenemos la expresión clásica para orificios:

$$H = \frac{1}{2G} \left(\frac{Q}{CA} \right)^2 \quad \text{Ecu. 1.5.1.4.1.-5}$$

Donde

H = Pérdida de energía, m

Q = Caudal de aproximación, m³/s

C = Coeficiente de descarga (0.60 para rejillas limpias)

A = Área efectiva de flujo de la rejilla, m²

1.5.1.5. DISEÑO DEL TANQUE DE IGUALAMIENTO

“El volumen del tanque de igualamiento se calcula mediante un diagrama de masas, en el cual el afluente acumulado se grafica contra la hora del día.

$$\text{Flujo Acumulado} = Q * t + \text{Flujo acumulado} \quad \text{Ecu. 1.5.1.5 - 1}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño

t= Tiempo del intervalo

El caudal promedio diario, en dicho diagrama, se presenta por la recta que une el original con el punto final de la curva de caudal acumulado. Alternativamente, el problema se puede resolver restando el volumen horario promedio del volumen afluente horario y haciendo el gráfico con los volúmenes resultantes acumulados. En este caso el punto mínimo y máximo de la curva se obtienen mediante rectas horizontales.

El volumen requerido del tanque de igualamiento se obtiene trazando una recta paralela a la recta representativa del caudal promedio diario, por el punto de tangencia más extremo, superior e inferior, de la curva de caudales acumulados. El volumen necesario es igual a la distancia vertical entre las dos tangentes. Cuando la curva de caudal acumulado no se extiende sobre la recta de caudal promedio diario, el volumen es igual a la distancia vertical entre la tangente por el punto mínimo de la curva y la recta representativa del caudal promedio diario³

1.5.1.6. SEDIMENTACIÓN

“Aunque los tanques de sedimentación han sido utilizados para otros fines, como flotación de grasas igualación y reducción de la DBO, se usan, especialmente, para eliminar la materia precipitable en suspensión. La coagulación, autofloculación, de las partículas produce un incremento de la velocidad de precipitación. En los vertidos que contienen grandes porcentajes de sólidos en suspensión, se producirán mayores

³ ROMERO, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales, 2001.

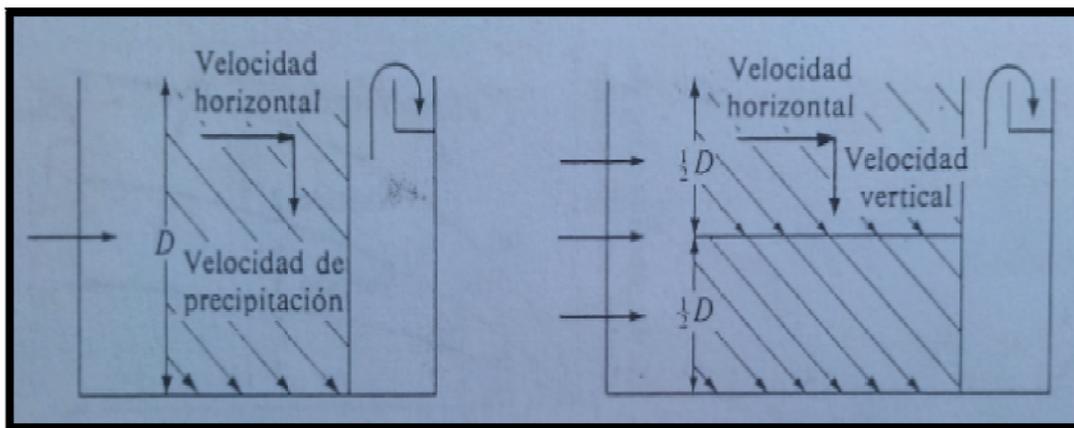
reducciones en los sólidos en suspensión a causa de mayor floculación. La velocidad de precipitación típica también se altera por cambios en la temperatura y densidad del líquido solvente en el cual se mueve la partícula. Si hay capas de líquido a más temperatura, que suben, se pueden producir remolinos y alteraciones en la precipitación de las partículas; una mayor densidad en las capas inferiores del líquido puede impedir que las partículas precipiten en el fondo. Estos factores pueden interferir con la precipitación en tal extensión, que las partículas pueden ser arrastradas con el efluente del tanque.

La profundidad del tanque es también de gran importancia. Cuanto más profundo sea el tanque (con los otros factores iguales) más difícil es que suban las sustancias precipitadas por turbulencias debido a una variación brusca del caudal o por exposición al viento o efectos de temperatura, y así transportadas con el efluente. Esto es especialmente peligroso cuando se almacenan todos los lodos en los depósitos de sedimentación durante largos periodos antes del bombeo. Si los sólidos se retiran continuamente del fondo del depósito, tan pronto como precipitan, se pueden utilizar tanques menos profundos.

El área superficial es otro factor que afecta al rendimiento del tanque y los proyectistas están de acuerdo que la superficie del fondo debe ser adecuada para recibir todas las partículas que haya que eliminar de las aguas residuales. Sin embargo, al establecer las dimensiones aceptables para los depósitos de sedimentación, lo fijan en caso de los periodos de retención normales. En ciertos proyectos este método puede no prever el espacio suficiente en el fondo y no terminar completamente la precipitación.

En la figura 1.5.1.6.-1 teóricamente el depósito de la Figura (b) debe eliminar el doble de partículas que el depósito (a). Sin embargo, se ha encontrado que tanques de menos de 1.8 metros de profundidad no son prácticos desde el punto de vista de exploración porque están expuestos al arrastre, por la corriente, de la manera precipitada.

Fig1.5.1.6.-1 Tamaño De Sedimentador



Fuente: NELSON L, NEMEROW, Aguas Residuales Industriales, teoría, aplicaciones y tratamiento, Primera edición española, 1977.

Las partículas depositadas en el fondo se someten a distintas operaciones para reducir su volumen y darles un destino final⁴

1.5.1.6.1. CRITERIOS DE DISEÑO DE SEDIMENTACIÓN

Tabla 1.5.1.6.1. - 1. Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria

CARACTERÍSTICAS	INTERVALO	TÍPICO
Sedimentación primaria seguida de tratamiento secundario:		
Tiempo de retención, h	1.5 – 2.5	2.0
Carga de superficie - m ³ /m ² día		
- A caudal medio	30 – 50	40
- A caudal punta	80 – 120	100
Carga sobre vertedero, m ³ /m día	125 – 500	250
Sedimentación primaria con adición del lodo activado en exceso:		
Tiempo de retención – h	1.5 – 2.5	2.0

⁴NELSON L, NEMEROW, Aguas Residuales Industriales, teoría, aplicaciones y tratamiento, Primera edición española, 1977.

Carga de superficie - m ³ /m ² día		
- A caudal medio	24 – 32	28
- A caudal punta	48 – 70	60
Carga sobre vertedero - m ³ /m día	125 – 500	250

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1996) Tomado de:
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358041/EXE/leccin_30_biodiscos.html

Tabla 1.5.1.6.1. – 2 Información típica para el diseño de un sedimentador primario rectangular.

TIPO DE TANQUE	INTERVALO	TÍPICO
Rectangular:		
Profundidad, m	3-4.5	3.6
Longitud, m	15-90	25-40
Anchura, m	3-25	5-10
Velocidad de los rascadores, m/min	0.6-1.2	0.9

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1996) Tomado de:
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358041/EXE/leccin_30_biodiscos.html

♣ **ÁREA SUPERFICIAL**

Lo primero que se debe calcular es el área superficial necesaria.

$$A = \frac{Q}{CS} \quad \text{Ecu. 1.5.1.6.1. -1}$$

Donde:

A = Área Superficial

Q = Caudal

CS = Carga Superficial (dada en tablas)

Se propone una relación largo-ancho de 4 a 1 con la siguiente ecuación

$$4L^2 = A$$

Ecu. 1.5.1.6.1. -2**Donde:****A** = Área Superficial**L** = Largo**♣ VOLUMEN SEDIMENTADOR**

$$V = L * b * h$$

Ecu. 1.5.1.6.1. -3**Donde:****V** = Volumen**b** = Ancho**h** = Profundidad**♣ TIEMPO DE RETENCIÓN**

La nueva carga superficial se calcula con la siguiente formula.

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

Ecu. 1.5.1.6.1. -4**Donde:****Tr**= Tiempo de Retención**Q** = Caudal**V** = Volumen

♣ VELOCIDAD DE ARRASTRE

Se calcula la velocidad de arrastre en el diseño de sedimentación debido a la importancia que tienen las fuerzas actuantes sobre las partículas sedimentadas que son causadas por la fricción del agua que fluye sobre las mismas. En los tanques de sedimentación, las velocidades horizontales se deben mantener a niveles bajos, de modo que las partículas no sean arrastradas desde el fondo del tanque.

$$V_H = \left(\frac{8k(s-1)gd}{f} \right)^{1/2} \quad \text{Ecu. 1.5.1.6.1. -5}$$

Donde:

V_H = velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de partículas.

k = constante que depende del tipo de material arrastrado.

s = peso específico de las partículas.

g = aceleración de la gravedad.

d = diámetro de las partículas.

f = factor de fricción de Darcy-Weisbach.

Una vez calculado la velocidad de arrastre se compara con la velocidad horizontal, la misma que debe ser menor que la velocidad de arrastre para comprobar así que el material sedimentado no será resuspendido.

$$v = \frac{Q}{A} \quad \text{Ecu. 1.5.1.6.1. -6}$$

Donde

v = velocidad horizontal

Q = Caudal de diseño

A = Área

1.5.1.7. COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN

1.5.1.7.1. LOS COLOIDES

“Son suspensiones estables, por lo que es imposible sus sedimentación natural, son sustancias responsables de la turbiedad y del color del agua.

Los sistemas coloidales presentan una superficie de contacto inmensa entre la fase sólida y la fase líquida, por ejemplo 1 cubo de 1 cm³, tiene una superficie total de 6 cm²; si está dividido en pequeños cubos elementales, la superficie total de todos aquellos es mucho más grande.

1.5.1.7.2. COAGULACIÓN

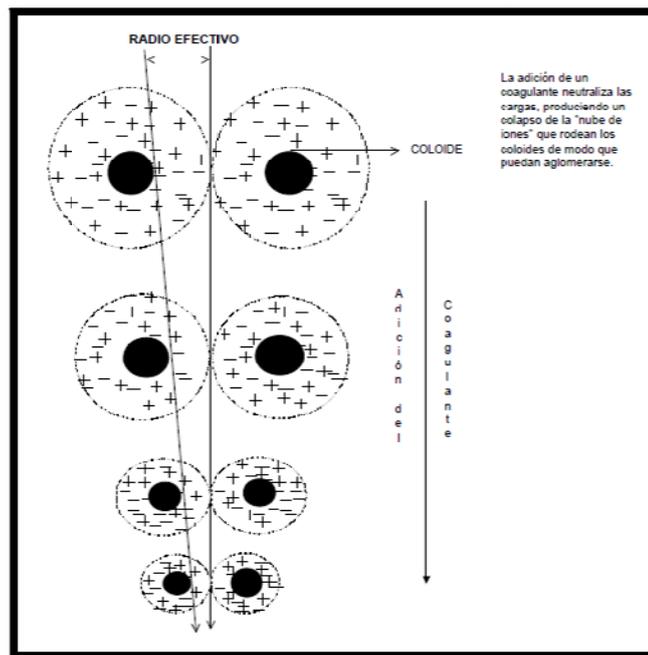
Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado.

La coagulación es el tratamiento más eficaz pero también es el que representa un gasto elevado cuando no está bien realizado. Es igualmente el método universal porque elimina una gran cantidad de sustancias de diversas naturalezas y de peso de materia que son eliminados al menor costo, en comparación con otros métodos.

El proceso de coagulación mal realizado también puede conducir a una degradación rápida de la calidad del agua y representa gastos de operación no justificadas. Por lo tanto que se considera que la dosis del coagulante condiciona el funcionamiento de las unidades de decantación y que es imposible de realizar una clarificación, si la cantidad de coagulante está mal ajustada.

En esta figura se muestra como las sustancias químicas anulan las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide, permitiendo que las partículas coloidales se aglomeren formando flóculos.

Fig1.5.1.7.2. – 1 Coagulación



Fuente: Potable.pd tratamiento de aguas residuales. Disponible en: <http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pd> tratamiento de aguas residuales

♣ COAGULANTE UTILIZADO

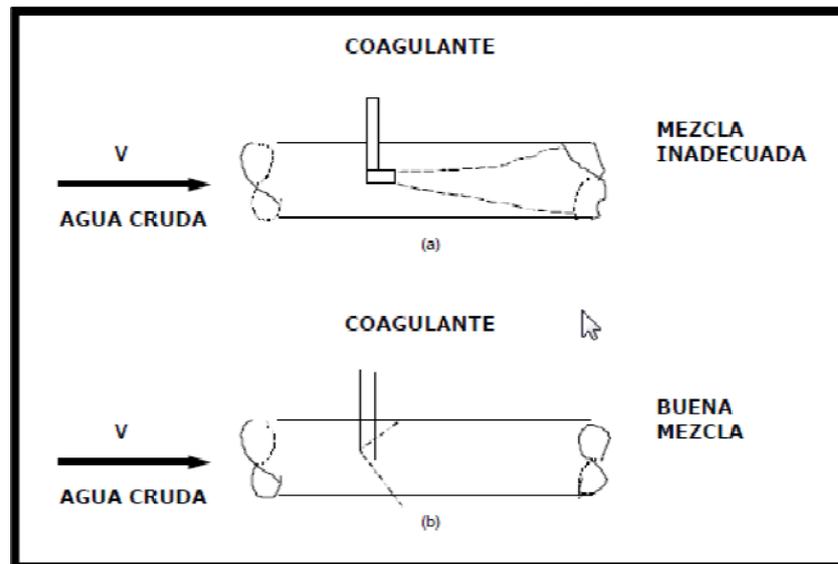
Los componentes son productos químicos que al adicionar al agua son capaces de producir una reacción química con los componentes químicos del agua, especialmente con la alcalinidad del agua para formar un precipitado voluminoso, muy absorbente, constituido generalmente por el hidróxido metálico del coagulante que se está utilizando.

Sales de Al³⁺: Suele ser Al₂(SO₄)₃ o policloruro de aluminio. En el primer caso es más manejable en disolución, mientras que en el segundo presenta la ventaja de mayor porcentaje en peso de aluminio por kg dosificado.

♣ SISTEMA DE APLICACIÓN DEL COAGULANTE

La dosis del coagulante que se adicione al agua es en forma constante y uniforme en la unidad de mezcla rápida, tal que el coagulante sea completamente dispersado y mezclado con el agua.

Fig1.5.1.7.2. – 2 Condiciones de Mezcla



Fuente: Tratamiento de aguas residuales. Tomado de:

<http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pdf>

1.5.1.8.3. FLOCULACIÓN.

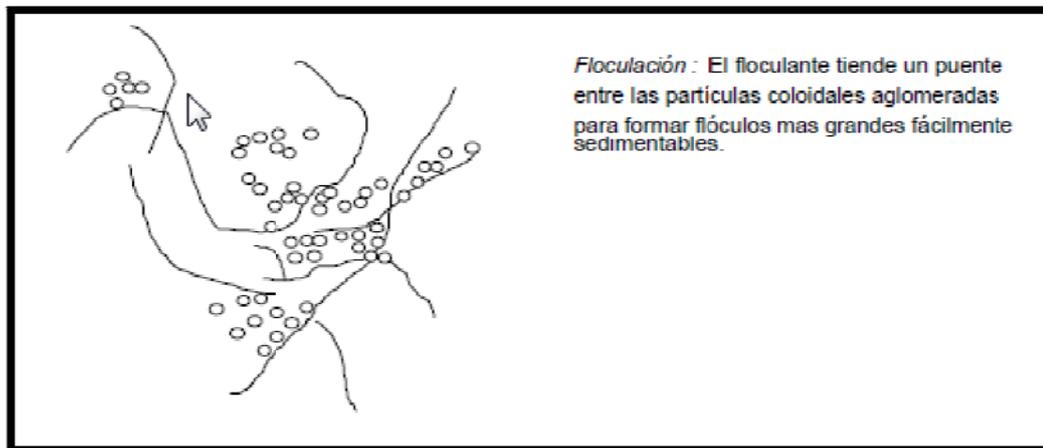
La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad.

Estos flóculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar.

Sucedan que los flóculos formados por la aglomeración de varios coloides no sean lo que suficientemente grande como para sedimentar con rapidez deseada, por lo que el

empleo de un floculante es necesario para reunir en forma de red, formando puentes de una superficie a otra enlazando las partículas individuales en aglomerados, tal como se está mostrando en la Figura.

Fig. 1.5.1.7.3.-1 Floculación



Fuente: <http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pdf> Tratamiento de aguas residuales

La floculación es favorecida por el mezclado lento que permite juntar poco a poco los flóculos; un mezclado demasiado intenso los rompe y raramente se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos. La floculación no solo incrementa el tamaño de las partículas del flóculo, sino que también aumenta su peso.

La floculación puede ser mejorada por la adición de un reactivo de floculación o ayudante de floculación.

♣ FLOCULANTES

Los floculantes son polímeros o polielectrolitos con pesos moleculares muy elevados moléculas orgánicas solubles en agua formadas por bloques denominados monómeros, repetidos en cadenas larga.

Floculantes Orgánicos de Síntesis.- Son los más utilizados y son macromoléculas de una gran cadena, obtenidos por asociación de monómeros sintéticos con masa

molecular elevada de 10^6 a 10^7 gr./mol, estos se clasifican de acuerdo a la ionicidad de los polímeros:

- ♣ Aniónicos (generalmente copolímeros de la acrilamida y del ácido acrílico).
- ♣ Neutros o no ionicos (poliacrilamidas).
- ♣ Catiónicos (copolímero de acrilamidas + un monómero catiónico).⁵

1.5.2. TRATAMIENTO SECUNDARIO:

“El tratamiento secundario de depuración constituye una serie de importantes procesos de naturaleza biológica de tratamiento de las aguas residuales que tienen en común la utilización de microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto coloidal como disuelta, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (N y P).

Los procesos aerobios se basan en la eliminación de los contaminantes orgánicos por su transformación en biomasa bacteriana, CO_2 y H_2O . Los procesos anaerobios transforman la sustancia orgánica en biogás, mezcla de metano y CO_2 . etc.⁶

“Las condiciones aeróbicas son deseables, ya que los productos terminales son sustancias químicamente estabilizadas, no objetables, algo que sí ocurre cuando la digestión es en condiciones de carencia de oxígeno o anaerobias.

Para favorecer las condiciones aeróbicas, el medio en el cual se lleva a efecto la digestión biológica debe estar en contacto con el aire, para que las bacterias tomen de ahí el oxígeno necesario. Existen tres tipos generales de digestores biológicos:

- ♣ Filtro Biológico (Filtro Percolador, Filtro de Escurrimiento).

⁵<http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pdf>

⁶<http://www.cyclucid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/>

- ♣ Contactores Biológicos Rotatorios.
- ♣ Reactor Biológico de Lodos Activados.⁷

Tabla. 1.5.2. - 1 Tratamientos Secundarios

FACTOR	LODOS ACTIVADOS	LECHOS BACTERIANOS	BIODISCOS	LAGUNAJE CON MICROFITAS	LAGUNAJE CON MACROFITAS	LAGUNAJE AIREADO
Principio de tratamiento	Biológico aerobio	Biológico aerobio	Biológico aerobio	Biológico aerobio	Biológico aerobio	Biológico aerobio
Cultivo	Libre floculado	Fijo sobre un soporte estático	Fijo sobre un soporte giratorio	Libre, algo floculado	Parcialmente fijo sobre un soporte	Libre, algo floculado
Retención	Horas – días	Minutos – horas	Minutos – horas	2 – 6 meses	2 – 6 meses	2 – 8 semanas
Control de cultivo	Enriquecimiento artificial y por reciclado	Autorregulación	Autorregulación	Autorregulación	Autorregulación	Autorregulación
Aporte de oxígeno	Aireación mecánica	Aireación por escorrentía	Aireación por escorrentía	Airean las algas	Airean las algas	Aireación mecánica
Edad de cultivo	1 -30 días	1 -20 días	1 – 20 días	2 meses	Varios meses	3 semanas
Estabilización en la extracción	Variable según la carga	Baja	Baja	Muy elevada	Muy elevada	Elevada
Gérmenes	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio - bajo

Fuente: SEOANEZ Mariano (2005) “Depuración de las Aguas Residuales por Tecnologías Ecológicas y de Bajo Costo”, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid

1.5.2.1. BIODISCO

“Este sistema tiene aplicación como tratamiento secundario de todo tipo de aguas con carga orgánica. Su principal ventaja es el bajo consumo de energía y fácil mantenimiento.

Su funcionamiento se basa en la rotación de un disco semisumergido en el agua a tratar. Este movimiento provoca la transferencia de oxígeno entre la atmósfera y la flora microbiana aeróbica adherida a los rellenos contenidos en los discos. Esta, a través de procesos bioquímicos, degrada y elimina la materia orgánica, consiguiendo la depuración del agua.

⁷<http://www.filtrosyequipos.com/GUEST/residuales/tratamientobiologico4.pdf>

Las principales ventajas que presenta este sistema, encuadrado en las denominadas tecnologías blandas, deriva de su simplicidad; ausencia de personal especializado para el mantenimiento y control del proceso, no es necesario controlar el oxígeno disuelto en el depósito de tratamiento, da un nivel mínimo de ruidos, espumas, aerosoles y olores, las dimensiones de los depósitos son menores que los utilizados por otros procesos, el consumo energético es muy reducido y permite acometer un proceso de nitrificación-desnitrificación con garantía de buen funcionamiento.

Los discos que hoy en día se emplean suelen ser de 3 metros de diámetro, y espesores de aproximadamente 1.5 milímetros, montándose paralelamente sobre un eje transversal con separaciones entre 20 y 25 milímetros. La cantidad de discos montados sobre un mismo eje dependerá de la necesidad de tratamiento, del caudal y carga contaminante del efluente.

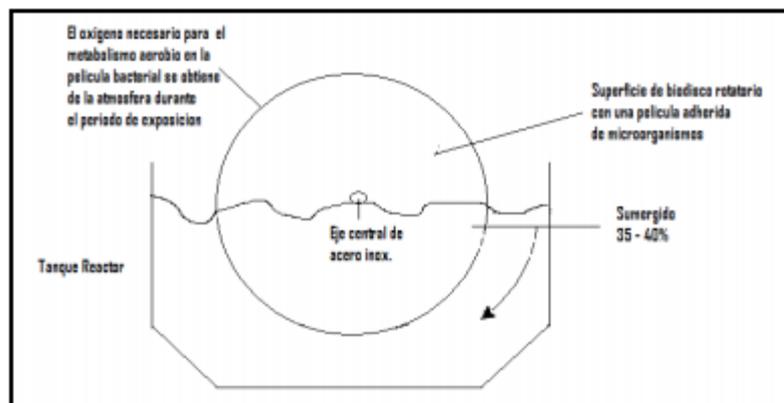
El eje se instala por encima del nivel del agua, sumergiendo entre un 40 y un 50% de la superficie del disco, asegurando que sucesivamente, toda la superficie quede completamente sumergida en el agua residual y posteriormente en el aire. De este modo, la película biológica que se forma sobre ellos queda, alternativamente sumergida y expuesta al aire, permitiendo a los microorganismos tomar el oxígeno del aire y los nutrientes del agua. Esta velocidad de giro varía entre 1 y 2 revoluciones por minuto.

Para poder emplear este tipo de técnica de forma óptima, el efluente debe presentar una contaminación por materia orgánica, no contendrá grasas ni sólidos en suspensión que sedimentan y atascan el sistema, para lo cual será necesario un pretratamiento y una decantación primaria. Asimismo, estará libre de elementos tóxicos o inhibidores de los procesos biológicos.

Los problemas que presentan estas instalaciones derivan principalmente de un exceso de carga orgánica, que provoca posteriormente una oxigenación insuficiente, el desarrollo de una película biológica excesiva que provoque malos olores y bajo

rendimiento del proceso. Esto puede evitarse con la inyección de aire al agua residual.⁸

Fig. 1.5.2.1. -1Proceso de Biodisco



Fuente:ROMERO Rojas Jairo Alberto, (2004), "Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y principios de diseño", Editorial Escuela Colombia de Ingeniería, Colombia.

1.5.2.1.1. CRITERIOS DE DISEÑO DE BIODISCO

Los biodiscos se instalando tomando en cuenta los criterios recomendados en la siguiente tabla.

⁸http://www.ambientum.com/revista/2002_05/BIODISCO1.asp

Tabla 1.5.2.1.1. – 1 Características Típicas de Biodiscos.

Afluente	Sedimentado
Carga hidráulica	0,04 – 0,06 m/d ⁽⁷⁾ 0,02 – 0,08 m/d ⁽⁹⁶⁾ 0,06 – 0,10 m/d ⁽¹²⁰⁾
Para remoción de DBO	0,08 – 0,24 m/d ⁽¹¹⁰⁾
Para DBO/SS < 30/30 mg/L	0,08 – 0,16 m/d ⁽¹²⁰⁾
Para remoción de N	0,06 – 0,07 m/d ⁽¹¹⁸⁾
Para DBO/SS < 15/15 mg/L y nitrificación	0,03 – 0,08 m/d ⁽²¹⁾
Carga orgánica	
Sobre la primera etapa	50 – 60 g DBO/m ² .d ⁽⁷⁾ <100 g DBO/m ² .d ⁽²³⁾ < 31 g DBO/m ² .d ⁽²⁴⁾
DBO soluble	12 – 20 g DBO/m ² .d ⁽¹¹⁴⁾
DBO total	30 – 40 g DBO/m ² .d ⁽¹¹⁵⁾
Tiempo de retención	50 – 70 minutos ⁽²⁴⁾
Coefficiente de temperatura	1,02 – 1,04
Ejes	
Velocidad de rotación	1 – 2 RPM ^(7,42)
Longitud	<7,5 m ⁽⁴²⁾
Diámetro	13 – 25 mm ⁽⁴²⁾
Motores	3,7 – 5,6 kW/eje ⁽⁴²⁾
Discos	
Número de discos por eje	40 – 60
Número de etapas en serie	4 – 5
Diámetro	3,0 – 3,6 m ⁽⁴²⁾ 2 – 3 m ⁽²⁰⁾
Espesor	10 mm ⁽⁷⁾
Material, planos o corrugados	poliestireno o polietileno ⁽⁴²⁾
Sumergencia	40% ^(21, 42)
Velocidad de rotación periférica	20 – 30 cm/s ⁽⁷⁰⁾
Separación	3 – 4 cm ⁽²¹⁾
Área de discos por eje	9.300 – 11.700 m ² ⁽¹¹⁴⁾
Área superficial específica del medio	115 – 175 m ² /m ³ ⁽¹¹⁵⁾
Sedimentador secundario	
Carga de sólidos para caudal pico	147 – 176 kg/m ² .d ⁽⁹⁶⁾
Tiempo de retención	4 h
Carga superficial	33 m/d ⁽⁷⁾
Efluente	
DBO total	15 – 30 mg/L ⁽¹¹⁸⁾
DBO soluble	7 – 15 mg/L ⁽¹¹⁵⁾
NH ₃ – N	1 – 10 mg/L ⁽¹¹⁸⁾
NO ₃ – N	2 – 7 mg/L ⁽¹¹⁸⁾
Lodos	
Producción	0,04–0,5 kg/kg DBO removida ⁽²¹⁾
Concentración de sólidos	2 – 5%
Eficiencia	
Remoción de DBO	80 – 95% ⁽¹¹⁵⁾
Energía	
Consumo	0,6 W/m ² ⁽⁷⁰⁾
Costo	US\$ 3,2 – \$5,4/m ² ⁽¹¹⁴⁾

Fuente: ROMERO Rojas Jairo Alberto, (2001), "Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y principios de diseño", Editorial Escuela Colombia de Ingeniería, Colombia.

Tabla 1.5.2.1.1. - 2 Valores recomendados para diseño de biodiscos

VALORES RECOMENDADOS			
Disminución de la DBO5 - %	80	90	95
Número de etapas	2	>3	>4
Área superficial – m ² /hb	1	2	3

Fuente: Tomado de: (GTZ, Cooperación Técnica República Federal Alemana, 1991; pág 619)

♣ CARGA HIDRAULICA

Como primer paso en el diseño de un biodisco se debe calcular la carga hidráulica con la siguiente ecuación en base a la figurada.

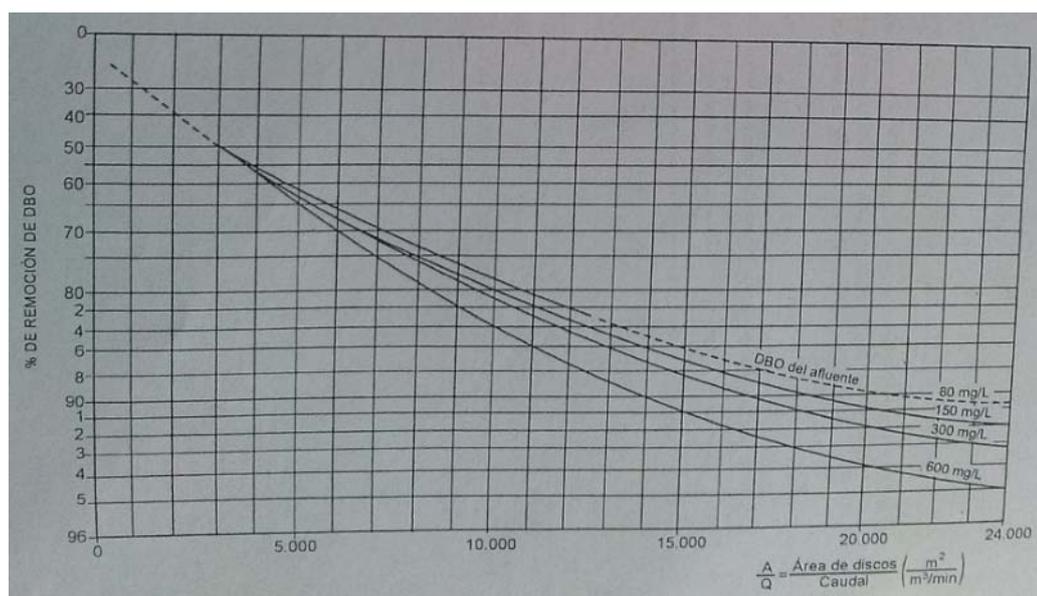
$$C_H = \frac{\% \text{ de Remoción de DBO}}{t} \quad \text{Ecu: 1.5.2.1.1-1}$$

Donde:

C_H = Carga hidráulica

t = tiempo

Fig 1.5.2.1.1. – 1 Curva de Eficiencia de Biodiscos.



Fuente: ROMERO Rojas Jairo Alberto, (2001), "Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y principios de diseño", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia..

✦ ÁREA SUPERFICIAL

Para calcular el área superficial se necesitara de la siguiente ecuación:

$$A_s = \frac{Q_d}{C_H} \quad \text{Ecu: 1.5.2.1.1-2}$$

Donde:

As = Área superficial

Qd= Caudal de diseño

C_H = Carga hidráulica

✦ ÁREA SUPERFICIAL CALCULADA

Es necesario calcular el área superficial calculada añadiendo un factor de corrección.

Tabla 1.5.2.1.1. – 3 Factor de corrección de área por número de etapas

Nº de etapas	Factor	% Máximo de remoción de DBO
3	0,91	85
4	0,87	90
>4	0,85	90

Fuente:ROMERO Rojas Jairo Alberto, (2001), "Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y principios de diseño", Editorial Escuela Colombia de Ingeniería, Colombia.

$$A_{SC} = A_s * \text{factor de corrección} \quad \text{Ecu: 1.5.2.1.1-3}$$

Donde:

Asc = Área superficial calculada

As = Área superficial

*** NÚMERO DE DISCOS**

Para la determinación del número de discos, es preciso considerar las dimensiones del eje, el espesor de los discos y la separación concertada entre discos.

$$N = \frac{A_{SC} \cdot 4}{2\pi D^2 \Delta} \quad \text{Ecu: 1.5.2.1.1-4}$$

Donde:

Asc = Área superficial calculada

D = Diámetro

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. METODOLOGÍA

2.1.1. DIAGNÓSTICO DE LA PLANTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE “TINTEX RIVER”

La empresa “TintexRiver” realiza el lavado y tinturado industrial de jeans en la ciudad de Pelileo, la misma que deposita sus aguas residuales a la alcantarilla de la ciudad previo tratamiento.

En la empresa TINTEX RIVER en el año 2013 ha procesado un promedio de 29828 prendas en los meses de menor producción que corresponde a junio y 36083 en los meses de mayor producción que corresponde a los meses de noviembre, reiterando que en el año habido una baja temporada.

Se realizó una medición de caudales para tener datos reales de los volúmenes de agua residual que se van a tratar y poder efectuar los cálculos de los procesos del tratamiento para realizar una comparación con la planta existente y concluir si son los adecuados o no para el proceso.

En el proceso diario se utiliza alrededor de 900 m³ de agua para el lavado y teñido de los jeans que involucra los procesos de stone, desengomado, teñido, fijado, suavizado, entre otros que dan paso a la generación de una gran cantidad de residuos sólidos y líquidos que influyen directamente en la contaminación del agua.

En las aguas residuales generadas se puede encontrar compuestos orgánicos e inorgánicos como enzimas, sulfuros, tensoactivos, sales, almidones, colorantes y otros compuestos que podrían formarse producto de los procesos y los químicos utilizados por lo que ha sido necesario verificar los productos que se utilizan e identificar los procesos de mayor control que son el desengomado, Stone, teñido y lavado.

TINTEX RIVER cuenta con una planta pequeña de tratamiento primario, la misma que no ha sido diseñada bajo parámetros técnicos o de ingeniería (ver anexo 1, 2 y 3), el tanque de igualamiento no tiene el volumen necesario para recibir toda la cantidad de agua que se utiliza durante el día y hay que hacer paradas para que no rebose (ver anexo 1).

La dosificación de coagulante y floculante no es la adecuada (ver anexo 2) y el sedimentador no cuenta con un tiempo de retención suficiente para su propósito.

Se ejecutaron pruebas de jarras para determinar las concentraciones apropiadas de coagulante, floculante y los tiempos necesarios para una sedimentación adecuada y garantizar de esta manera la optimización de la planta de tratamiento.

También se efectuó un análisis físico químico de las aguas residuales antes de entrar al proceso de tratamiento, después de su tratamiento y otra con la optimización realizada para establecer los cambios adecuados y acertados en el proceso.

Con este diagnóstico de la planta se procederá a realizar los cálculos para presentar un plan de mejora u optimización.

2.1.2. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL

La determinación de caudal es muy importante para el desarrollo de cálculos que se detallan más adelante para cual fue necesario un método práctico en base a un volumen por tiempo. La operación se llevó a cabo un día jueves, ya que es el día de mayor producción, durante cada hora del día completo de producción de la empresa para obtener datos precisos, confiables y de esta manera hacer unos cálculos de diseño adecuados para su comparación con la planta existente.

2.1.3. MUESTREO Y CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

Con el objetivo de determinar el estado de funcionamiento de la planta se realizó un muestreo puntual del agua tratada el 7 de Octubre del 2013 por parte del laboratorio CESTTA y una muestra compuesta de 10 de Octubre del 2013 de la descarga de las maquinas por mi parte en un envase de polietileno de 6 litros debidamente etiquetado y con las garantías de su limpieza. El cálculo de caudal, temperatura y pH se realizaron in situ.

Se realizaron dos muestras compuestas por semana de los días miércoles y jueves en envases de polietileno de 6 litros debidamente cerrados, etiquetados y limpios para realizar las pruebas en el laboratorio de aguas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para las determinaciones de coagulante y floculante.

Seguido de la obtención de los resultados de las pruebas y caracterizaciones se prosiguió a realizar los cálculos y el diseño para optimizar la planta y pueda funcionar de modo que este dentro de los parámetros establecidos por la legislación ambiental.

2.2. MÉTODOS Y TÉCNICAS

La optimización de la planta de tratamiento de agua de la empresa "TINTEXRIVER", la determinación de las variables de proceso, así como sus condiciones de producción óptima se realizaron mediante los siguientes métodos y técnicas.

2.2.1. MÉTODOS

Los métodos son el conjunto de procedimientos a través de los cuales se plantean los problemas científicos y es un elemento necesario, ya que sin el no sería fácil demostrar si un argumento es válido.

Tabla 2.2.1.- 1 Descripción de los Métodos de Análisis

VARIABLES	MÉTODOS	DESCRIPCIÓN
Volumen Necesario	Práctico	Fuente Bibliográfica
Temperatura	Práctico	Standard Methods 2550
pH	Electrométrico	Standard Methods 4500- H ⁺
Aceites y grasas	Extracción	B
DBO ₅	Incubación	Standard Methods 5520-C
DQO	Volumétrico	Standard Methods 5210-B
Sólidos sedimentables	Volumétrico	Standard Methods 5220-C
Sólidos Suspendidos totales	Filtración Espectroscopia	Standard Methods 2540-F Standard Methods 2540-D
Sulfuros	Espectrofotometría	APHA 4500 S2-
Tensoactivo	Espectrofotometría	Standard Methods 5540-C

Fuente: Carolina Mayorga O.

2.2.2. TÉCNICAS

♣ VOLUMEN NECESARIO

FUNDAMENTO

Para determinar el volumen que se requiere en una toma de muestra compuesta se debe realizar una operación matemática que nos ayude a determinar el volumen de cada hora que se debe tomar para su posterior análisis.

MATERIALES

- ♣ Botella de agua tesalia de 6 Lt
- ♣ Vaso de precipitación

PROCEDIMIENTO

Coger una muestra de agua con el volumen que se va a determinar con la siguiente formula hasta obtener una botella llena de 6 Lt para su análisis.

CALCULOS

$$\text{Volumen Necesario} = \frac{\text{Volumen Total de Muestra Compuesta}}{Q \text{ promedio} * \# \text{ de muestras}}$$

♣ TEMPERATURA

STANDARD METHODS 2550 A.

FUNDAMENTO

Las plantas industriales a menudo requieren datos sobre la temperatura del agua para el uso del proceso o los cálculos de transmisión térmica.

MATERIALES

- ♠ Termómetro de mercurio con intervalos de 0.5°C

PROCEDIMIENTOS

Hacer lecturas con el termómetro o dispositivo sumergido en agua el tiempo suficiente para permitir equilibrio completo y hacer lectura de la información que indica el termómetro.

Para obtener un resultado más acertado realizar la medición en repetidas ocasiones.

♣ pH (POTENCIAL HIDROGENO)

STANDARD METHODS 4500- H+ B

FUNDAMENTO

Medición del pH es una de las pruebas más importantes y de uso frecuente en el agua la química. Prácticamente todas las fases del suministro de agua y tratamiento de aguas residuales, la neutralización ácido-base, para ablandar el agua, precipitación, coagulación, desinfección y control de la corrosión, es dependiente del pH.

MATERIALES

- ♣ pH metro

REACTIVOS

- ♣ Buffer de Biftalato de potasio 0,1 M que da ph 4
- ♣ Buffer de Fosfatos de Sodio y Potasio de ph 7
- ♣ Buffer de Borato de Sodio de ph 9

PROCEDIMIENTOS

El principio básico de la medición del pH electrométrico es la determinación de la actividad de los iones de hidrógeno por medida potenciométrica. Se introduce un electrodo de vidrio en la solución buffer para estabilizarlo, luego se enjuaga con agua destilada y se realiza la medición en la muestra problema. Comúnmente se utiliza un electrodo de vidrio.

CÁLCULOS

$$pH_x = pHasignado\ al\ tampon$$

$$pH_a = pH_x = \frac{F(E_x - E_s)}{2,303RT}$$

Donde:

pH_x=pH de la muestra medido potencio métricamente

F= Faraday 9,649x10⁴ culombios/mol

E_x= muestra fem, V

E_s= tampón fem, V

R= constante de los gases

8,314 julio/(mol.°K)

T= temperatura absoluta °K

♣ ACEITES Y GRASAS

STANDARD METHODS 5520-C

FUNDAMENTO

Se extrae del agua aceite y grasa disuelta o emulsionada por contacto íntimo con un disolvente de extracción. Algunos extraíbles, especialmente grasas no saturadas y ácidos grasos, se oxidan fácilmente, por lo que las precauciones especiales con respecto a la temperatura y el desplazamiento del vapor del disolvente son incluidos para minimizar este efecto. Disolventes orgánicos mezclados con algunas muestras pueden formar una emulsión que es muy difícil de romper.

MATERIALES

- ♣ Embudo de separación, 2-L, con TFE * # (2) llave de paso.
- ♣ Matraz de destilación, de 125 ml.
- ♣ Embudo Líquido, de vidrio.
- ♣ Papel de filtro, de 11 cm de diámetro. † # (3)
- ♣ Centrifugadora que girar al menos cuatro tubos de centrífuga de vidrio de 100 ml a 2400 rpm o más.
- ♣ Tubos centrifugas, de 100 ml, de vidrio.
- ♣ Baño María, capaz de mantener 85 ° C.
- ♣ Bomba de vacío u otra fuente de vacío.
- ♣ Destilación adaptador con punta de goteo.

REACTIVOS

- ♣ El ácido clorhídrico o sulfúrico, 01:01: Mezclar volúmenes iguales de ácidos y el reactivo ya sea agua.
- ♣ El n-hexano, punto de ebullición 69 ° C. El disolvente debe dejar residuo medible en evaporación; destilar si es necesario. No utilice ningún tubo de plástico para transferir el disolvente entre contenedores.
- ♣ Éter metil- ter - butilo (MTBE), punto de ebullición 55 ° C a 56 ° C. El disolvente no debe dejarningún residuo medible en la evaporación; destilar si es necesario. No utilice ningún tubo de plástico para transferir el disolvente entre contenedores.
- ♣ El sulfato de sodio, Na₂SO₄, cristal anhidro.
- ♣ Mezcla de disolventes , el 80 % n-hexano/20 % de MTBE , v / v

PROCEDIMIENTOS

Transferir la muestra a un embudo de separación. Enjuagar cuidadosamente la botella de muestra con 30 ml de disolvente de extracción y añadir los lavados de disolvente a embudo de separación. Agitar enérgicamente durante 2 min. Deje que las capas se separen. Escurrir capa de disolvente a través de un embudo que contiene un papel de filtro y 10 g de Na₂SO₄. Si no se puede obtener una capa de disolvente transparente y existe una emulsión de más de aproximadamente 5 ml, drenar la emulsión y las capas de disolvente en un tubo de centrifuga de vidrio durante 5 min, luego drene la capa de disolvente a través de un embudo con un filtro de papel y 10 g de Na₂SO₄, Recombine las capas acuosas y cualquier emulsión restante o sólidos en embudo separador y repita estos pasos dos veces más. Combinar los extractos en el matraz de destilación y destilar el disolvente del matraz en un baño de agua a 85 ° C, durante 15 min.

Al final introduzca aire a través matraz con una bomba de vacío por 1 min. Enfriar en desecador durante al menos 30 min y pesar. Para determinar el volumen inicial de la muestra, llenar la botella de la muestra hasta la marca con agua y luego verter agua en

un 1 - L cilindro graduado, o pesar el recipiente vacío y la tapa y calcular el volumen de muestra por diferencia con el peso inicial (suponiendo una densidad de la muestra de 1,00).

CÁLCULOS

$$mg \text{ grasa y aceite/L} = \frac{(A - B) * 1000}{mL \text{ Muestra}}$$

Donde:

A = Ganancia total en peso del matraz tarado menos los residuos tarados del blanco del solvente.

B = es la cantidad de aceite y grasa en la muestra menos los residuos tarados del blanco del solvente

* DBO5

STANDARD METHODS 5210-B

FUNDAMENTO

La determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una prueba empírica en la que se utilizan procedimientos de laboratorio estandarizados para determinar los requerimientos de oxígeno relativos de las aguas residuales, efluentes y aguas contaminadas.

La prueba mide el oxígeno molecular utilizado durante una incubación específica, período para la degradación bioquímica de material orgánico (demanda carbonoso) y el oxígeno utilizado para oxidar material inorgánico tal como sulfuros y hierro ferroso o para oxidar formas reducidas de nitrógeno (demanda nitrogenada) a menos que su oxidación sea impedida por un inhibidor

MATERIALES

- ♣ Botellas de incubación: Use botellas de vidrio con 60 ml o mayor capacidad (botellas de 300 ml tiene un tapón de vidrio esmerilado y una boca acampanada se prefiere).
- ♣ Incubadora de aire o baño de agua, controlado por termostato a 20 ± 1 ° C. Excluir de toda luz para prevenir la posibilidad de la producción fotosintética.

REACTIVOS

- ♣ Solución tampón de fosfato
- ♣ Solución de sulfato de magnesio
- ♣ Solución de cloruro de calcio
- ♣ Solución de cloruro férrico
- ♣ Ácido y soluciones alcalinas
- ♣ Solución de sulfito de sodio
- ♣ Inhibidor de la nitrificación, 2-cloro-6-(triclorometilo) piridina.
- ♣ Solución de glucosa-ácido glutámico

PROCEDIMIENTOS

Preparar una dilución de agua según el volumen deseado en una botella conveniente y añadir 1 ml cada uno de tampón de fosfato, ($MgSO_4$, $CaCl_2$ y $FeCl_3$) oxigenar revolviendo y no almacene agua de dilución preparada por más de 24 h después de la adición de nutrientes, minerales, y tampón a menos que controles con agua de dilución.

Seguido añadir 1 ml de MgS_2 , de $FeCl_3$, de $CaCl_2$ y 2 ml de solución buffer, aforar con agua aireada y homogenizar la solución.

Separar en dos botellas de incubación las soluciones que se tienen hasta el momento, una de las botellas se debe tapar y poner en lugar con total oscuridad. En la otra

botella poner 1 ml de MnSO_4 y 1 ml de reactivo 2-cloro-6-(triclorometilo) piridina., tapar y dejar que repose para titular con $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

CÁLCULOS

Cuando el agua de dilución no ha sido inoculada:

$$DBO \text{ mg/L} = \frac{D_1 - D_2}{P}$$

Cuando el agua de dilución ha sido inoculada:

$$DBO \text{ mg/L} = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)f}{P}$$

Donde:

D1= OD de la muestra inmediatamente después de la preparación, mg/l.

D2= OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20 °C, mg/l.

P= Alícuota de la muestra usada en análisis.

B1= OD del inóculo control antes de la incubación, mg/l.

B2= OD del inóculo después de la incubación, mg/l.

f= relación de inóculo en la muestra con el inóculo en el control = (% de inóculo en D1) (% de inóculo B1)

* DQO

STANDARD METHODS 5220-C

FUNDAMENTO

Demanda química de oxígeno (DQO) se define como la cantidad de un oxidante específico que reacciona con la muestra bajo condiciones controladas. La cantidad de oxidante consumida es expresado en términos de su equivalencia de oxígeno. Debido

a sus propiedades químicas únicas, el ion dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) es el oxidante que se especifica en los Métodos sección 5220B, sección 5220C, y la Sección 5220D.

MATERIALES

- ♣ Frascos o Erlenmeyer de 250 ml con esmerilado - aparatos de reflujo, que consta de 500 24/40 de cuello y de 300 mm de la chaqueta Liebig, West, o condensador equivalente a 24/40 esmerilado, y un plato caliente que tiene el poder suficiente para producir al menos $1,4 \text{ W/cm}^2$ de superficie de calentamiento, o equivalente.
- ♣ Blender.
- ♣ Pipetas, Clase A y de gran calibre.

REACTIVOS

- ♣ Solución de dicromato de potasio Estándar
- ♣ Reactivo de ácido sulfúrico
- ♣ Ferroína solución indicadora
- ♣ Sulfato ferroso amónico estándar (FAS)
- ♣ Sulfato de mercurio, HgSO_4 , cristales o polvo.
- ♣ Ácido sulfámico
- ♣ Ftalato ácido de potasio (KHP) estándar

PROCEDIMIENTOS

En una muestra diluida a 50,00 ml añadir 1 g HgSO_4 , varias perlas de vidrio y añade muy lentamente 5,0 ml de reactivo de ácido sulfúrico, con mezcla para disolver HgSO_4 . Enfriar durante la mezcla para evitar la posible pérdida de materiales volátiles. Añadir 25,00 ml de solución 0.04167M $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ y mezclar. Adjunte matraz para condensador y abra el agua de refrigeración. Añadir reactivo de ácido sulfúrico restante (70 ml) a través del extremo abierto del condensador. Continuar remolinos y mezcla al tiempo que añade reactivo de ácido sulfúrico.

Dejar el reflujo durante 2 h, dejar enfriar, desconectar el condensador de reflujo y diluir mezcla a aproximadamente el doble de su volumen con agua destilada. Enfriar a temperatura ambiente y se valora el exceso de $K_2Cr_2O_7$ con FAS, utilizando 0,10 a 0,15 ml (2 a 3 gotas) indicador de ferroína.

CÁLCULOS

$$DQO, mg/L = \frac{(A - B)N * 8000}{mL\ muestra} - d$$

Donde:

A = ml FAS usados para el blanco,

B = ml de FAS utiliza para la muestra,

M = molaridad del FAS, y

8000 = peso miliequivalentes de oxígeno × 1000 ml / L.

* SÓLIDOS SEDIMENTABLES

STANDARD METHODS 2540-F

FUNDAMENTO

Los Sólidos sedimentables se encuentran en aguas superficiales y salinos, así como en las domésticas e industriales y pueden ser determinados y reportados tanto en un volumen (ml / l) o una base de peso (mg / L).

MATERIALES

♠ un cono de Imhoff

PROCEDIMIENTOS

Medida directa expresada en mL/L ó mg/L.

♣ SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

STANDARD METHODS 2540-D

FUNDAMENTO

Una muestra bien mezclada se filtró a través de un filtro pesado de fibra de vidrio estándar y el residuo retenido en la filtro se seca a un peso constante a 103 a 105 ° C.

El aumento en peso del filtro representa los sólidos totales en suspensión

MATERIALES

- ♣ Crisol Gooch, 25 ml de capacidad 40 ml, con Goochadaptar a la placa.
- ♣ Frasco de succión, con capacidad suficiente para el tamaño de la muestra seleccionada.
- ♣ Cápsulas de porcelana, de 90 mm de diámetro.
- ♣ Horno de mufla para operar a 550 ° C.
- ♣ Desecador, provisto de un desecante que contiene un color indicador de la concentración de humedad o un indicador de instrumental.
- ♣ Estufa de secado, para operar a 103 a 105 ° C.
- ♣ Balanza analítica, capaz de pesar con 0,1 mg.
- ♣ Cilindro graduado.

PROCEDIMIENTOS

Poner en la estufa la cápsula limpia, llevar al desecador y pesar antes de usarla. Filtrar atreves del Crisol Gooch conectado al frasco de succión, lavarcon agua destilada.

Colocar lo filtrado en una capsula de porcelana y llevar a la estufa para su secado a 103-105 C por 1 hora, poner en el desecador para que se enfríe y finalmente pesar las cápsulas.

CÁLCULOS

$$\text{mg de sólidos totales suspendidos /L} = \frac{(A - B) * 1000}{\text{volumen de muestra mL}}$$

Donde:

A: peso de residuo seco en filtro, mg

B: peso de filtro, mg.

♣ SULFUROS

APHA 4500 S2-

FUNDAMENTO

El método del azul de metileno se basa en la reacción del sulfuro, el cloruro férrico y la dimetil- para - fenilendiamina para producir el azul de metileno. Una vez desarrollado el color, se añade fosfato de amonio para eliminar el color debido al cloruro férrico.

MATERIALES

- ♣ Tubos Nessler de 12.5 cm de largo y 1.5 cm de diámetro.
- ♣ Goteros que por cada cm³ de azul de metileno viertan 20 gotas.
- ♣ Espectrofotómetro para usarse a una longitud de onda de 664 nm o un fotómetro de filtro, capaz de proveer una transmitancia máxima cercana a 600 nm.

REACTIVOS

- ♣ Solución de ácido clorhídrico, HC1, 6N.
- ♣ Solución estándar de yodo, 0.0250 N.
- ♣ Solución estándar de tiosulfato de sodio, 0.0250 N.
- ♣ Solución estándar de bi - iodato de potasio, 0.0250 N.
- ♣ Solución de almidón.

PROCEDIMIENTOS

En un frasco de 500 cm³ se mide con bureta una cantidad de yodo en solución, tal que exceda a la concentración de sulfuros presentes. Si es necesario se adiciona agua para completar a 20 cm³. Agregar 2 cm³ de solución de HC1, 6N. Medir con pipeta 200 cm³ de muestra y descargar bajo la superficie de la solución que contiene el iodo. Si el color se éste desaparece, adicionar más iodo, hasta que permanezca su coloración. Titular con solución valorada de tiosulfato de sodio y almidón como indicador, hasta desaparecer el color azul.

Si el sulfuro de precipitó con zinc y se filtró el ZnS, el filtro con el precipitado debe regresarse a la botella original y adicionar 100 cm³ de agua. Añadir HC1 y la solución de iodo y titular con tiosulfato de sodio.

CÁLCULOS

$$\frac{mg}{L} = \frac{(A * B) - (C * D) * 16000}{cm^3 \text{ de la muestra}}$$

Donde:

A = Solución de iodo, en cm³.

B = Normalidad de la solución de iodo.

C = Tiosulfato de sodio, en cm³.

D = Normalidad del tiosulfato de sodio.

♣ TENSOACTIVO

STANDARD METHODS 5540-C

FUNDAMENTO

Los surfactantes entran en las aguas residuales, principalmente por la descarga de desechos acuosos de hogar y el lavado industrial y otras operaciones de limpieza. Un

agente tensioactivo combina una única molécula de un grupo fuertemente hidrófobo con un hidrófilo, tales moléculas tienden a congregarse en las interfaces entre el medio acuoso y la otra fase del sistema, tales como el aire, líquidos oleosos, y partículas, impartiendo así propiedades tales como la formación de espuma, emulsificación y suspensión de partículas. El grupo hidrófobo tensioactivo generalmente es un hidrocarburo.

MATERIALES

- ♣ Espectrofotómetro, para uso a 652 nm, proporcionando una trayectoria de luz de 1 cm o más.
- ♣ Embudos de decantación: 500-ml, preferiblemente con llaves de paso y los tapones inertes TFE

REACTIVOS

- ♣ Solución Stock LAS
- ♣ LAS solución estándar
- ♣ Solución indicadora de fenolftaleína, alcohólico.
- ♣ El hidróxido de sodio, NaOH, 1N.
- ♣ El ácido sulfúrico, H₂SO₄, 1N y 6N.
- ♣ El cloroformo, CHCl₃
- ♣ Reactivo azul de metileno
- ♣ El metanol, CH₃OH.
- ♣ El peróxido de hidrógeno, H₂O₂, 30%.
- ♣ La lana de vidrio: Pre-extracto con CHCl₃ para eliminar interferencias.
- ♣ Agua, grado reactivo, MBAS libre.

PROCEDIMIENTOS

Preparar la curva de calibración inicial que consiste en cinco estándares mínimos, preparar una serie de embudos de separación para un reactivo de normas en blanco y seleccionados.

Poner en los embudos la solución estándar LAS, agregar suficiente agua para llevar el volumen total de 100 ml en cada embudo de separación

Tratar a cada estándar como se describe: Combine todos los extractos de CHCl_3 en el segundo embudo de separación. Añadir 50 ml de solución de lavado y agitar vigorosamente durante 30 seg. Las emulsiones no se forman en esta etapa. Deje que se asiente, remolino, luego, extraiga la capa de CHCl_3 a través de un embudo que contiene un tapón de lana de vidrio en un matraz aforado de 100 ml; filtrado debe ser claro. Extraer la solución de lavado dos veces con 10 ml de CHCl_3 todos y añadir al matraz a través de la lana de vidrio. Enjuague la lana de vidrio y el embudo con CHCl_3 . Juntar los lavajes en matraz aforado, enrasar con CHCl_3 , y mezclar bien.

Trazar una curva de calibración de absorbancia vs microgramos de LAS tomado, especificando el peso molecular de LAS utilizado.

Tamaño de la muestra: Para el análisis directo de aguas y aguas residuales, seleccione un volumen de muestra sobre la base de la concentración esperada de MBAS.

CÁLCULOS

A partir de la curva de calibración leer microgramos de LAS aparente (peso molecular) correspondiente a la absorbancia medida.

$$mg \text{ MBAS}/L = \frac{\mu g \text{ LAS aparente}}{mL \text{ muestra original}}$$

Señalar como MBAS, calculado como LAS, en peso mol

♣ PRUEBA DE JARRAS

Es un procedimiento que se realiza con un equipo de laboratorio "Jar-Test" provisto de 5 unidades de tratamiento simultaneas, cada una provista de un agitador de palas normalizado con regulador de velocidad para el mezclado rápido o lento de las etapas de coagulación y floculación respectivamente. Además cuenta con un controlador de tiempo y una pantalla iluminada por la parte posterior para observar bien los resultados de la adición de coagulante y floculante en las muestras tratadas.

TÉCNICAS ANALÍTICAS

Para determinar el tratamiento eficaz y la dosificación optima de coagulante y floculante se debe realizar medidas de turbidez, color, DBO, DQO, dependiendo de la norma a cumplir.

MATERIALES

- Equipo de test de jarras
- pH metro
- Vasos de precipitación de 1000 mL
- Pipetas graduadas de 10 mL
- Turbididimetro

REACTIVOS

- Policloruro de Aluminio
- Poliacrilamida anionica

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS

El objetivo de esta práctica es eliminar el color a un agua residual industrial sintética.

Las suspensiones coloidales suelen estar cargadas negativamente por lo que se usa un coagulante que aporte cargas positivas, como el policloruro de aluminio. Además se adicionará un polielectrolito.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

Se preparan 5 vasos de precipitación de 1000 mL, cada uno con una muestra de agua residual a tratar. Se prepara una disolución a diferentes concentraciones de coagulante, 5, 10, 15, 25, 30 ppm para añadir en la misma cantidad a cada vaso de precipitación de 1000 mL con la muestra problema y se agita a una determinada velocidad y tiempo.

De igual manera se prepara una disolución del floculante y se añade en diferentes cantidades a cada uno de los vasos de precipitación de 1000 mL con el coagulante ya reaccionado a una determinada velocidad y tiempo.

Posteriormente se analiza la turbidez de cada uno de los vasos y si los resultados no son los que se esperan se procede a variar la concentración del floculante según la concentración de coagulante haya sido la más satisfactoria o también se procede a cambiar la velocidad o el tiempo de reacción de cada muestra.

2.3. DATOS EXPERIMENTALES DE EMPRESA TINTEX RIVER

✦ DATOS DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA EMPRESA

Se señalan los datos de la empresa TINTX RIVER, es decir, como se encuentra la planta de tratamiento actualmente en la siguiente tabla:

Tabla 2.3.1. – 1 Detalle de la Planta de Tratamiento actual

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Canal de paso	m ³	0,19
Diámetro de tubería de paso	plg	8
Tanque de igualamiento	m ³	16
Tanque sedimentador	m ³	60
Rejillas	m ²	0.5
Número de orificios	-	312

FUENTE: Carolina Mayorga O.

♣ DATOS DE PRODUCCIÓN

Se muestra un cuadro con la descripción de la producción de la empresa TINTEX RIVER correspondientes a los meses de mayor producción del año 2013.

Tabla 2.3.2 - 1 Producción de la empresa TINTEX RIVER del año 2013

MES DE PRODUCCIÓN	PRENDAS PRODUCIDAS
Junio	23451
Julio	23910
Agosto	41001
Septiembre	28467
Octubre	40081
Noviembre	56183

Fuente: Empresa TintexRiver

Grafico. 2.3.2 – 1 Relación de Producción vs. Tiempo



Fuente: Carolina Mayorga O.

TINTEX RIVER es una empresa pequeña que cuenta con un alto prestigio en el medio en que se desarrolla y debido a su calidad tiene una producción relativamente constante, sin embargo en los meses de noviembre y diciembre la producción tiende a

subir considerablemente debido a la gran demanda del mercado por las celebraciones que tienen lugar en estas fechas.

* ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

Tabla 2.3.2 – 2 Análisis de aguas residuales empresa TINTEX RIVER

PARAMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Temperatura	PEE/LABCESTTA/04 APHA 2550 A	mg/L	22.7	<40
pH	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500-H ⁺	mg/L	6.75	5-9
Color	PEE/LABCESTTA/61 APHA 2120 C	mg/L	161	-
DQO	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	332	500
DBO5	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	145	250
Sulfuros	PEE/LABCESTTA/19 APHA 4500-S2-	mg/L	1.58	1.00
Sólidos Suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 APHA 2540 D	Pt/Co	□ 50	220
Sólidos Sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 APHA 2540 F	mg/L	5	20
Fenoles	PEE/LABCESTTA/14 APHA 5530 C	mg/L	<0.02	0,2
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 APHA 5540 C	mg/L	13,15	2,0
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B	mg/L	6.6	100

Fuente: Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección CESTTA (ver anexo 6 y 7)

Las muestras analizadas fueron tomadas de la disposición al alcantarillado público, es decir, después de pasar por la planta de tratamiento primario de la empresa "TINTEX RIVER" el día 7 de septiembre del 2013 a las 14:00pm.

Los resultados del análisis físico químico de las aguas residuales de la empresa TINTEX RIVER se detallan en la tabla 2.3.2.- 2, los mismos que al comparar con las normas establecidas en el TULAS con respecto a las aguas residuales industriales dejan denotar que la mayoría están bajo parámetros exigidos por la autoridad ambiental, sin embargo, tenemos la excepción del parámetro **tensoactivos** que tienen un valor de **13.15 mg/L** el cual es un valor muy atípico dentro de lo permitido por la ley que son 2 mg/L y tenemos algo semejante con el parámetro **sulfuros** que tiene un resultado de **1.58 mg/L** cuando la ley establece un valor límite es de 1 mg/L .

Con los resultados adquiridos se deja en claro que los contaminantes a tratar para estar dentro de la norma ambiental son los tensoactivos y sulfuros para lo cual nos centraremos en alternativas para un adecuado tratamiento y su posterior descarga al alcantarillado publico cumplimiento con todos los requerimientos de ley.

2.4. NORMATIVA AMBIENTAL

El Marco Legal Ambiental vigente está determinado por la normativa ambiental nacional y la normativa ambiental municipal perteneciente al cantón Pelileo.

♣ NORMATIVA AMBIENTAL MUNICIPAL

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

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

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

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

♣ **TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA (TULAS)**

En el LIBRO VI ANEXO 1 referente a la **NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA** en el numeral **4.2.2 NORMAS DE DESCARGA DE EFLUENTES AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO** se establece la **TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público** que detalla los parámetros de descarga a nivel general para lo cual se especificaran los que se deben tomar en cuenta para las tintorerías y lavanderías según las ordenanzas del Cantón Pelileo.

Tabla 2.1.7.2-1 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES
Medición del caudal	l/s	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
pH	[H ₃ O ⁺]	5 – 9
Temperatura	°C	< 40
Aceites y grasas	mg/L	100
Color, Olor, Sabor	---	250
DBO ₅	mg/L	500
DQO	mg/L	20
Sólidos sedimentables	ml/L	220
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	400
Sulfatos	mg/L	1.0
Sulfuros	mg/L	2,0
Tensoactivo	mg/L	

Fuente: Carolina Mayorga O.

CAPÍTULO III

3. DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA “TINTEX RIVER”

3.1. CÁLCULOS Y DISEÑO

3.1.1. CAUDAL DE DISEÑO

Utilizando la ecuación 1.5.1.1.-1 se determinó el caudal medido de la empresa TINTREX RIVER, se realizaron mediciones cada hora durante un día jueves, día de mayor producción, obteniendo los resultados de la siguiente tabla.

$$Q' = \frac{V}{t}$$

Tabla 3.1.1. – 1 Caudal Medido

NUMERO MUESTRA	TIEMPO	CAUDAL MEDIDO (m ³ /h)	CAUDAL MEDIDO (m ³ /min)	CAUDAL MEDIDO (m ³ /seg)
1	8:00	116,4	1,94	0,032
2	9:00	97,2	1,62	0,027
3	10:00	76,8	1,28	0,021
4	11:00	102,06	1,71	0,029
5	12:00	79,2	1,32	0,022
6	13:00	82,8	1,38	0,023
7	14:00	79,2	1,32	0,022
8	15:00	105,9	1,765	0,029
9	16:00	74,1	1,235	0,021
10	17:00	75,6	1,26	0,021
11	18:00	71,4	1,19	0,020
	PROMEDIO	87,08	1,451	0,024

Fuente: Carolina Mayorga O.

Posteriormente se utiliza la ecuación 1.5.1.1.-2 para determinar el caudal de diseño utilizando un factor de mayorización del 10% debido a que la empresa genera un aumento de caudal en los meses de noviembre y diciembre por la alta temporada.

$$Q = Q' + Q' * F$$

Tabla 3.1.1 – 2 Caudal de Diseño

NUMERO MUESTRA	CAUDAL MEDIDO (m ³ /seg)	CAUDAL DE DISEÑO (m ³ /seg)
1	0,032	0,036
2	0,027	0,030
3	0,021	0,023
4	0,029	0,031
5	0,022	0,024
6	0,023	0,025
7	0,022	0,024
8	0,029	0,032
9	0,021	0,023
10	0,021	0,023
11	0,020	0,022
PROMEDIO	0,024	0,027

Fuente: Carolina Mayorga O.

3.1.2. DISEÑO CONTROL DE PASO DE CAUDAL DE DISEÑO

Para el diseño del diámetro de la tubería de paso al aliviadero o canal de flujo utilizaremos las ecuaciones 1.5.1.2.-1 y 1.5.1.2.-2.

* CÁLCULO DE CANAL DE PASO

$$v = Q * t$$

$$v = 0.027 \text{ m}^3/\text{seg} * 40\text{seg}$$

$$v = 1.08 \text{ m}^3$$

$$v = 1 \text{ m}^3$$

Obteniendo un volumen de 1 m³ se propone un largo, ancho y profundidad de 1 m para cada uno.

♣ CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA

Para calcular la tubería de entrada se utiliza la ecuación 1.5.1.2. – 2. Con la recomendación de usar una velocidad de fluido por debajo de 0.6 m/s.

$$D = \sqrt{\frac{0.027 \text{ m}^3 / \text{seg} * 4}{\pi * 0.5 \text{ m} / \text{seg}}}$$

$$D = 0.26 \text{ m}$$

$$D = 10.2 \text{ plg}$$

En este caso el diámetro de la tubería debe ser de 10 pulgadas.

3.1.3. DIMENSIONAMIENTO DE UN DESARENADOR AIREADO

Para el dimensionamiento del desarenador se utilizó la ecuación 1.5.1.3.-1 para determinar el volumen adecuado utilizando el tiempo de retención que recomienda la tabla 1.5.1.3.-1.

$$V = Q * tr$$

$$V = 0.027 \text{ m}^3 / \text{seg} * 300 \text{ seg}$$

$$V = 8.1 \text{ m}^3$$

Para calcular el largo, ancho y profundidad del desarenador se utilizó la ecuación 1.5.1.3.-2 tomando en cuenta los rangos establecidos en la tabla 1.5.1.3.-1 sin dejar de lado las recomendaciones de relación ancho – profundidad y largo - ancho.

$$V = L * b * h$$

Despejando el Largo tenemos:

$$L = \frac{V}{b * h}$$

$$L = \frac{8.1 \text{ m}^3}{2 * 1}$$

$$L = 4.05 \text{ m}$$

Para calcular el aire necesario en el tanque se utilizó la ecuación 1.5.1.3.-3 con el valor recomendado para el suministro de aire de la tabla 1.5.1.3.-1

$$\text{Aire} = SA * L$$

$$\text{Aire} = 0.3 \text{ m}^3/\text{m} * \text{min} * 4.05\text{m}$$

$$\text{Aire} = 1.21 \text{ m}^3/\text{m}$$

3.1.4. DISEÑO DE REJILLAS

Para empezar con el cálculo de las rejillas es necesario empezar calculando el radio hidráulico con la ecuación 1.5.1.4.1.- 1.

* RADIO HIDRAULICO

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

$$R = \frac{1\text{m} * 1\text{m}}{1\text{m} + 2(1\text{m})}$$

$$R = 0.33$$

♣ VELOCIDAD DEL FLUIDO

Para estipular la velocidad del fluido se utilizó la ecuación 1.5.1.4.1.-2y los datos ya expuestos:

η : Coeficiente de Manning (0,014 para canales de cemento no pulido)

S= Gradiente hidráulico (m/m) 0, 0005

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

$$v = \frac{1}{0.014} * 0.33m^{2/3} * 0.0005m/m^{1/2}$$

$$v = 0.76m/seg$$

♣ PORCENTAJE DE ÁREA LIBRE

El porcentaje del área libre se calcula con la ecuación 1.5.1.4.1. - 3y es el área alrededor de la rejilla que debe quedar libre según aconseja la empresa LADESA, especializada en construcción de rejillas industriales. El diámetro de orificio se establece según la bibliografía recomienda.

$$D = 0.005m$$

$$De = 0.050m$$

$$\% = \frac{D * 78.54}{C}$$

$$\% = \frac{0.005 * 78.54}{(0.005 + 0.005 + 0.025)}$$

$$\% = 13.09$$

♣ NÚMERO DE ORIFICIOS

Para el diseño de la rejilla se ha establecido un área de 1m^2 y se utiliza la ecuación 1.5.1.4.1. - 4

$$n = \frac{At - Al}{Do * De}$$

$$n = \frac{1\text{m}^2 - 0.1309\text{m}^2}{(0.005 + 0.025) * (0.005 + 0.025)}$$

$$n = 965$$

* PÉRDIDA EN REJILLAS

En esta ocasión tomaremos la ecuación 1.5.1.4.1. - 5 perteneciente a la pérdida de energía a través de las rejillas, expresión clásica para orificios:

$$H = \frac{1}{2G} \left(\frac{Q}{CA} \right)^2$$

$$H = \frac{1}{2(9.81\text{m}/\text{seg}^2)} \left(\frac{1.19^{-6}\text{m}^3/\text{seg}}{(0.60 * 1.99^{-6}\text{m}^2)} \right)^2$$

$$H = 0.051\text{m}$$

$$H = 5.1\text{cm}$$

3.1.5. DISEÑO DEL TANQUE DE IGUALAMIENTO

Para realizar el diseño del tanque de igualamiento debemos construir un diagrama de flujo del efluente acumulado con respecto al tiempo, para lo cual necesitaremos la ecuación 1.5.1.5 - 1

$$\text{Flujo Acumulado} = Q * t + \text{Flujo acumulado}$$

$$\text{Flujo Acumulado} = 0,036 \text{ m}^3/\text{seg} * 3600\text{seg} + 0$$

$$\text{Flujo Acumulado} = 128,04 \text{ m}^3$$

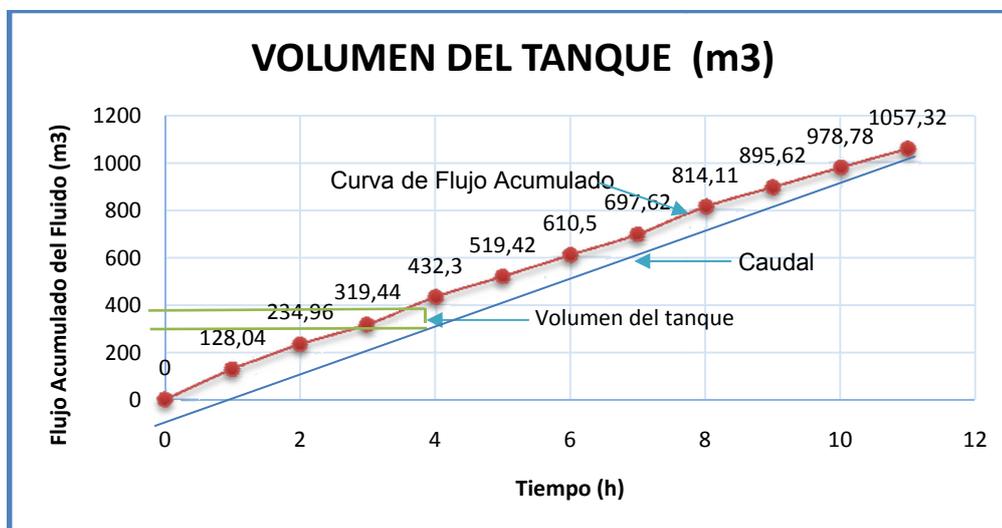
Se sigue el mismo procedimiento con los demás datos y se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 3.1.5. – 1 Flujo Acumulado del Fluido

NÚMERO MUESTRA	CAUDAL DE DISEÑO (m ³ /seg)	FLUJO ACUMULADO (m ³)
0	0	0
1	0,036	128,04
2	0,030	234,96
3	0,023	319,44
4	0,031	432,3
5	0,024	519,42
6	0,025	610,5
7	0,024	697,62
8	0,032	814,11
9	0,023	895,62
10	0,023	978,78
11	0,022	1057,32

Fuente: Carolina Mayorga O.

Gráfico 3.1.5. – 1 Diagrama de masas para Determinación del volumen de Igualamiento



Fuente: Carolina Mayorga O.

El volumen requerido del tanque de igualamiento se obtiene trazando una recta paralela a la recta representativa del caudal promedio diario, por el punto de tangencia más extremo, superior e inferior, de la curva de caudales acumulados. El volumen necesario es igual a la distancia vertical entre las dos tangentes.

$$\text{Volumen del tanque de igualamiento} = 32.4 \text{ m}^3$$

3.1.6. DETERMINACIÓN DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN

* PRUEBA DE JARRAS

Al iniciar con la prueba de jarras se procedió a medir la turbidez del agua residual arrojando un resultado de 2400 NTU

Para realizar las pruebas se varió la concentración de coagulante y floculante mientras que la velocidad y tiempos permanecieron constantes.

En primera instancia se realizaron pruebas con sulfato de aluminio como coagulante en concentraciones de 3%, 4%, 5% y 8% y aunque resultaba muy inconstante con una solución al 5% parecía tener más estabilidad pero no lo recomendaría debido ha que tiene efectos muy variados con diferentes pruebas de aguas residuales y como floculante se utilizó siempre poliacrilamida aniónico dando el mismo resultado favorable una vez encontrada la concentración de sulfato de aluminio.

Tabla 3.1.6. –1 Prueba de jarras con Sulfato de Aluminio y Poliacrilamida

Número de jarra	Sulfato de aluminio 5% (coagulante)	Tiempo de mezcla	Poliacrilamida 0.1% (floculante)	Turbidez (30 min)
1	1 mL	5 min	10 mL	9,3 NTU
2	2.5 mL	5 min	10 mL	5,5 NTU
3	5 mL	5 min	10 mL	11,0 NTU

4	10 mL	5 min	10 mL	12,3 NTU
5	20 mL	5 min	10 mL	18,6 NTU

Fuente: Carolina Mayorga O.

También se realizaron pruebas con un coagulante llamado TQ-FLOC-PCAB y un floculante TQ-FLOC-A130 de la empresa TESQUIMSA el cual recomendaba concentraciones de 0.1% para ambas soluciones y una agitación leve con el coagulante y muy rápida con el floculante, sin embargo haciendo muchas pruebas solo se obtuvo resultado con el coagulante mencionado al 25% y con el floculante que estaba ocupando en las otras pruebas, poliacrilamida anionica. El floculante TQ-FLOC-A130 no me dio ningún resultado con ninguna de las concentraciones que se varió que fue desde 0.1% 0.5%, 1%, 5%.

A continuación se muestran 2 tablas con las pruebas más cercanas a lo que se buscaba obtener y a pesar que la tabla 3.1.6. – 3 muestra resultados favorables requería de una concentración y volumen muy altos lo cual no era rentable para su aplicación.

Tabla 3.1.6. –2 Prueba de jarras con TQ-FLOC-PCAB y TQ-FLOC-A130

Número de jarra	TQ-FLOC-PCAB (25%)	Tiempo de mezcla	TQ-FLOC-A130 (0.1%)	Turbidez (30 min)
1	1 mL	5 min	10 mL	69,3 NTU
2	5 mL	5 min	10 mL	65,5 NTU
3	15mL	5 min	10 mL	56,7 NTU
4	25 mL	5 min	10 mL	41,2 NTU
5	30 mL	5 min	10 mL	58,6 NTU

Fuente: Carolina Mayorga O.

Tabla 3.1.6. –3 Prueba de jarras con TQ-FLOC-PCAB y Poliacrilamida

Número de jarra	TQ-FLOC-PCAB (25%)	Tiempo de mezcla	Poliacrilamida 0.1% (floculante)	Turbidez (30 min)
------------------------	---------------------------	-------------------------	---	--------------------------

1	1 mL	5 min	10 mL	48,1 NTU
2	5 mL	5 min	10 mL	45,03 NTU
3	15mL	5 min	10 mL	41,6 NTU
4	25 mL	5 min	10 mL	22,3 NTU
5	30 mL	5 min	10 mL	39,8 NTU

Fuente: Carolina Mayorga O.

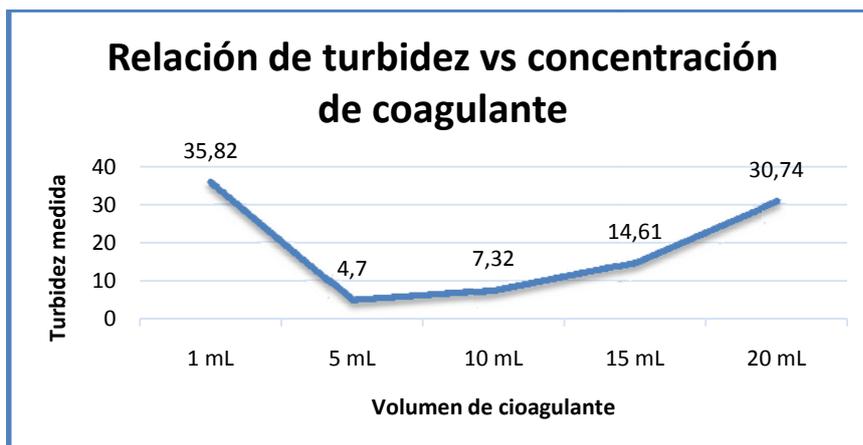
Al realizar las pruebas con el policloruro de aluminio como coagulante en concentraciones de 10%, 15%, 20%, 25% y 30% además de la poliacrilamida como floculante al 0.1% se obtuvo mejores resultados y a pesar que se utilizaba una concentración más alta, 20%, que el sulfato de aluminio y más baja que el TQ-FLOC-PCABno requería de un volumen alto y se mostraba mucho más estable con las diferentes pruebas que se efectuaron obteniendo los resultados de la siguiente tabla:

Tabla 3.1.6.–2 Prueba de jarras con Policloruro de AluminioyPoliacrilamida

Número de jarra	Policloruro de aluminio 20%	Tiempo de mezcla	Poliacrilamida 0.1%	Turbidez (30min)
1	1 mL	5 min	10 mL	45,82 NTU
2	5 mL	5 min	10 mL	4,7 NTU
3	10 mL	5 min	10 mL	7,32 NTU
4	15 mL	5 min	10 mL	14,61 NTU
5	20 mL	5 min	10 mL	34,74 NTU

Fuente: Carolina Mayorga O.

Gráfico. 3.1.6. – 1 Relación de turbidez vs concentración de coagulante



Fuente: Carolina Mayorga O.

Una vez establecido que el policloruro de aluminio era el compuesto adecuado se procedió a efectuar pruebas con diferentes concentraciones del floculante para comprobar si era factible hacer una disminución del volumen, sin embargo, como se muestra en la siguiente tabla el volumen adecuado es de 10mL.

Tabla 3.1.6. – 3 Prueba de jarras con Poliácridamida aniónico

Número de jarra	Policloruro de aluminio 20% (coagulante)	Poliácridamida 0.1% (floculante)	Tiempo de mezcla	Turbidez (30min)
1	5 mL	1 mL	2 min	262.1
2	5 mL	5 mL	2 min	69.98
3	5 mL	8 mL	2 min	21.72
4	5 mL	10 mL	2 min	4.66
5	5 mL	15 mL	2 min	10.63

Fuente: Carolina Mayorga O.

Con las pruebas realizadas y ya explicadas se concluye que el coagulante y floculante, policloruro de aluminio al 20% y poliácridamida aniónica al 0.01% ambos en volumen de 5 mL y 10 mL, respectivamente son los adecuados para tratar el agua residual de la empresa TINTEX RIVER.

♣ PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN

Una vez establecido los datos que se mostraran en la siguiente tabla del coagulante y floculante adecuado se realizaron pruebas de sedimentación en función del tiempo y turbidez.

Tabla 3.1.3.– 4 Detalle de Resultados de Coagulación Y Floculación

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Muestra	mL	1000
pH inicial	-	7.4
Coagulante 20%	mL	5
Floculante 0.1%	mL	10
pH final	-	6.67
Turbidez a 40 min	NTU	4,7

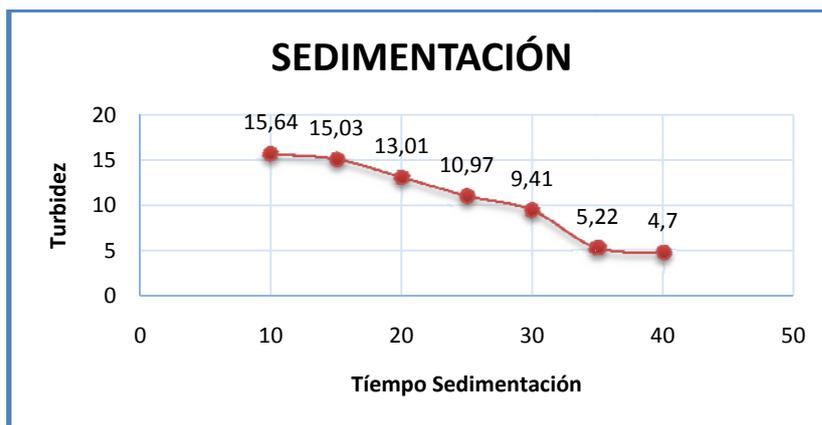
FUENTE: Carolina Mayorga O.

Tabla 3.1.6. – 5 TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN

TIEMPO (min)	TURBIDEZ (NTU)
10	15,64
15	15,03
20	13,01
25	10,97
30	9,41
35	5,22
40	4,7

FUENTE: Carolina Mayorga O.

Gráfico 2.3.2 – 3 Relación de turbidez vs concentración de coagulante



FUENTE: Carolina Mayorga O.

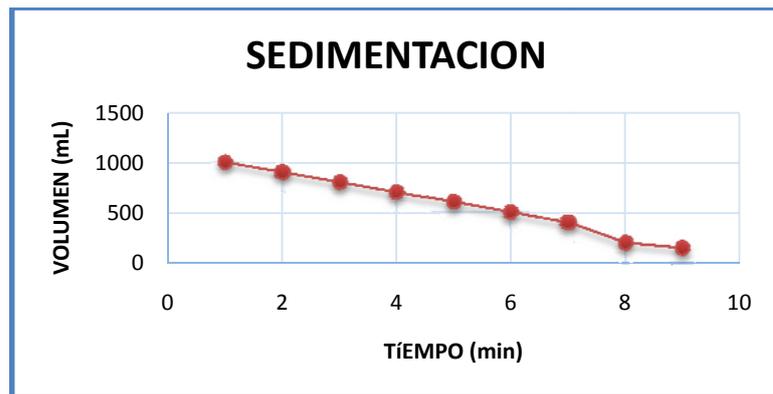
También se realizó una prueba de sedimentación en un cono Imhoff verificando la altura de interface con respecto al tiempo.

Tabla 3.1.6 – 6 TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN

TIEMPO (min)	VOLUMEN (mL)
0	1000
1,20	900
1,48	800
2,32	700
3,45	600
5,35	500
7,21	400
8,55	200
10,00	150

FUENTE: Carolina Mayorga O.

Gráfico2.3.2 – 3 Relación de tiempo vs volumen de sedimentación



FUENTE: Carolina Mayorga O.

3.1.7. DISEÑO Y CÁLCULO DEL SEDIMENTADOR

♣ ÁREA SUPERFICIAL

En el diseño de un sedimentador se empieza con el cálculo del área superficial utilizando la ecuación 1.5.1.6.1. -1 y los datos de carga superficial (40) de la tabla 1.5.1.6.1. -1

—

—————

Se propone una relación largo-ancho de 4 a 1 con la ecuación 1.5.1.6.1. -2

—

—

100

$$b = \sqrt{\frac{27}{4}}$$

$$b = 2.59m = 2.6m$$

$$L = 10.40m = 10,40 m$$

♣ VOLUMEN SEDIMENTADOR

Para realizar el cálculo del volumen del sedimentador utilizaremos la ecuación 1.5.1.6.1. -3 y con respecto a la profundidad en MOP-8se recomienda valores entre 3,4 y 4.6 (m).

$$V = L * b * h$$

$$V = (10,4m) * (2,6m) * (3.5m)$$

$$V = 94.64m^3$$

$$V = 95m^3$$

♣ TIEMPO DE RETENCIÓN

Con la ecuación 1.5.1.6.1. -4 se calcula el tiempo de retención utilizando los valores de caudal y volumen ya calculados.

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

$$Tr = \frac{95m^3}{0,027m^3/seg}$$

$$Tr = 3518.5seg$$

$$Tr = 58,64min$$

♣ VELOCIDAD DE ARRASTRE

La velocidad de arrastre se calcula con la ecuación 1.5.1.7.1. –5 teniendo en cuenta los valores recomendados en tablas.

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

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

$$V_H = 0,0626 \text{ m/s}$$

Para el cálculo de la velocidad horizontal se utiliza la ecuación 1.5.1.7.1. –7.

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

$$v = \frac{0,027 \text{ m}^3/\text{seg}}{10,692 \text{ m}^2}$$

$$v = 0,0025 \text{ m/s}$$

Se obtiene un valor menor en la velocidad horizontal lo que nos indica que el cálculo es el adecuado.

3.1.8. DISEÑO DE BIODISCO

♣ CARGA HIDRÁULICA

En el cálculo de la carga hidráulica utilizamos la ecuación: 1.5.2.1.1-1 y nos basamos en la figura 1.5.2.1.1-1 Curva de Eficiencia de Biodiscos.

$$C_H = \frac{\% \text{ de Remoción de DBO}}{t}$$

$$C_H = \frac{1}{18000}$$

$$C_H = 5,56 * 10^{-5} m/min$$

♣ **ÁREA SUPERFICIAL**

Para calcular el área superficial se necesitara de la ecuación 1.5.2.1.1-2

$$As = \frac{Qd}{C_H}$$

$$As = \frac{1,62m^3/min}{5,56 * 10^{-5}m/min}$$

$$As = 29136.69m^2$$

♣ **ÁREA SUPERFICIAL CALCULADA**

Es necesario calcular el área superficial calculada con la ecuación 1.5.2.1.1-3 añadiendo un factor de corrección para la remoción del 90% especificado en la tabla Tabla 1.5.2.1.1. – 3

$$A_{SC} = As * \text{factor de corrección}$$

$$A_{SC} = 29136.69m^2 * 0.87$$

$$A_{SC} = 25348.92m^2$$

♣ **NÚMERO DE DISCOS**

Para la determinación del número de discos utilizaremos la ecuación 1.5.2.1.1-4, y utilizando el diámetro recomendado en la tabla 1.5.2.1.1-2 (3m).

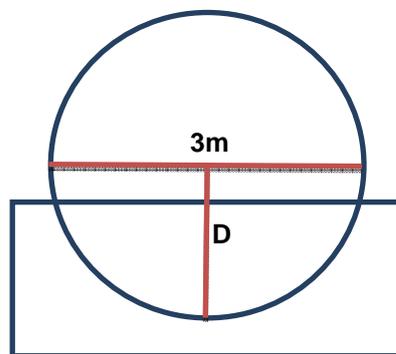
$$N = \frac{A_{SC} * 4}{2\pi D^2 4}$$

$$N = \frac{A_{SC} * 4}{2\pi D^2 4}$$

$$N = \frac{25348.92m^2 * 4}{2\pi(3m)^2 4}$$

$$N = 448.27$$

$$N = 448$$



La profundidad del área del disco será del 40% del diámetro que corresponde al 1.26 m y se le suma 0.1 m de distancia libre entre los discos y la base del tanque, según recomienda la bibliografía.

Cada disco tiene un diámetro de 10 mm con una separación de 3 cm según recomienda la tabla 1.5.2.1.1. – 2y la separación de 0.1 m del disco con respecto al volumen del tanque nos da una medida de 18.06 m de largo, 3.2 m de ancho y una profundidad de 1.27m dándonos un volumen de 73.4 m³.

3.2. RESULTADOS

* CAUDALES

Después de realizar la medición de caudales por 3 ocasiones en un día completo de la mayor producción se obtuvieron los siguientes resultados con sus respectivas transformaciones en horas, minutos y segundos.

Tabla 3.2.– 1 Resultados de caudales medidos y de diseño

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
CAUDAL MEDIDO		
Caudal Medido	(m ³ /h)	87,08
Caudal Medido	(m ³ /min)	1,451
Caudal Medido	(m ³ /seg)	0,024
CAUDAL DE DISEÑO		
Caudal de Diseño	(m ³ /h)	97,2
Caudal de Diseño	(m ³ /min)	1,62
Caudal de Diseño	(m ³ /seg)	0,027

Fuente: Carolina Mayorga O.

♣ CONTROL DE PASO DE CAUDAL DE DISEÑO

El paso de caudal corresponde al agua que sale de las máquinas y se van a depositar en los siguientes procesos para cual se presentan los siguientes resultados:

Tabla.3.2. – 2 Resultados del canal de entrada.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Área del canal	m ²	1
Volumen	m ³	1
Largo	m	1
Ancho	m	1
Profundidad	m	1
Diámetro de la tubería	plg	10

Fuente: Carolina Mayorga O.

♣ DIMENSIONAMIENTO DE UN DESARENADOR AIREADO

En el dimensionamiento del desarenador aireado fue necesario usar datos recomendados en tablas y se llegó a los siguientes resultados:

Tabla. 3.2. – 3 Resultados De Un Desarenador Aireado

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Volumen	m^3	8
Largo	m	4
Base	m	2
Profundidad	m	1
Suministro de Aire	m^3/m	1.21

Fuente: Carolina Mayorga O.

♣ RESULTADO DEDISEÑO DE REJILLAS

En el cálculo de las rejillas se utilizó datos recomendados en tablas además de fórmulas y recomendaciones de una empresa que se dedica a fabricar rejillas industriales obteniendo así los siguientes resultados:

Tabla. 3.2. – 4 Resultados Del Diseño de Rejillas

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
RadioHidráulico	adimensional	0.33
Velocidad de Fluido	m/seg	0.76
Área	m ²	1
Diámetro de abertura	cm	0.5
Distancia de abertura	cm	0.25
Porcentaje de área libre	%	13.09
Número de orificios	-	965
Pérdida de rejillas	cm	5.1

Fuente: Carolina Mayorga O.

♣ DISEÑO DEL TANQUE DE IGUALAMIENTO

El tanque de igualamiento se dimensiono en base al cálculo de flujo acumulado y al realizar una gráfica que nos ayudó a determinar el volumen adecuado para este fin.

1Tabla. 3.2. – 5 Resultados del Tanque de Igualamiento

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Flujo acumulado	m ³	128,04
	m ³	234,96
	m ³	319,44
	m ³	432,3
	m ³	519,42
	m ³	610,5
	m ³	697,62
	m ³	814,11
	m ³	895,62
	m ³	978,78
	m ³	1057,32
Volumen del tanque de igualamiento	m³	32.5

Fuente: Carolina Mayorga O.

✦ DETERMINACIÓN DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN

Se realizaron numerosas pruebas para determinar una concentración y volumen adecuado para realizar la coagulación y floculación obtenido los resultados expuestos en la siguiente tabla haciendo la aclaración que aunque el sulfato de aluminio puede dar resultados con una baja concentración su inestabilidad ante diferentes pruebas tratadas a diferencia del policloruro de aluminio por lo que se recomienda el uso de este segundo por su estabilidad.

Tabla 3.2.- 6. Resultados de Coagulación y Floculación química

Sulfato de aluminio 5% (coagulante)	Tiempo de mezcla	Poliacrilamida 0.1% (floculante)	Turbidez (30 min)
2.5 mL	5 min	10 mL	5,5 NTU
Policloruro de aluminio	Tiempo de	Poliacrilamida	Turbidez

20% (coagulante)	mezcla	0.1% (floculante)	(30min)
5 mL	5 min	10 mL	4,7 NTU

Fuente: Carolina Mayorga O.

♣ RESULTADO DEL SEDIMENTADOR

En el cálculo del sedimentador se manejó datos de tablas recomendados en libros para llegar a obtener los resultados que se especifican en la siguiente tabla.

Tabla 3.2. - 7 Resultados del cálculo del Sedimentador

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Área Superficial	m ²	27
Base	m	2.6
Largo	m	10.4
Profundidad	m	3.5
Volumen	m ³	95
Tiempo de Retención	min	56.64
Velocidad de arrastre	m/seg	0.0626
Velocidad Horizontal	m/seg	0.0025

Fuente: Carolina Mayorga O.

♣ RESULTADO DE DISEÑO DE BIODISCO

En el diseño de biodisco fue necesario consultar tablas con datos recomendados para obtener los resultados deseados en la depuración de las aguas residuales.

Tabla3.2.- 8. Resultados del cálculo del Biodisco

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Carga Hidráulica	m/min	$5,56 * 10^{-5}$
Eficiencia de remoción de DBO	%	90
Carga Superficial	m ²	29136.69
Carga Superficial calculada	m ²	25348.92
Diámetro del disco	m	3
Espesor del disco	mm	10
Separación entre discos	cm	3

Número de Discos	-	448
Profundidad del disco	m	1.26 (40%)
Volumen del tanque	m^3	73.4
Longitud	m	18.06
Ancho	m	3.2
Profundidad	m	1.27

Fuente: Carolina Mayorga O.

3.3. PROPUESTA

La empresa TintexRivercuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales que no ha sido diseñada bajo parámetros técnicos, razón por la cual en base a los cálculos y pruebas pertinentes realizadas para observar su estado y su posterior mejora se recomienda implementar la siguiente propuesta y cumplir así con todas las disposiciones y ordenanzas de la autoridad ambiental, TULAS.

Tabla 3.3. - 1 Propuesta de Optimización

ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA	PROPUESTA
La empresa actualmente utiliza tensoactivosaniónico, cantidades altas de humectante y colorantes negros sulfurosos que	Se propone realizar un cambio de tensoactivo por uno no iónico biodegradable, bajar la concentración de humectante y no utilizar colorantes negros sulfurosos debido a que estos productos son los causantes de que estos parámetros estén fuera de norma.
El canal de paso tiene un volumen de 0.19 m^3 y la tubería es de 8 plg.	Los cálculos recomiendan que el canal de paso tenga un volumen de 1 m^3 y una tubería de 10 plg.
La empresa no cuenta con un desarenador aireador.	Se propone implementar un desarenador aireado de un volumen de 8 m^3 con una inyección de aire de 1.21 m^3/m con el

	objetivo de bajar carga orgánica y sobre todo los niveles de sulfuro que están fuera de norma.
Las rejillas tienen un área de 0.5 m ² con un número de orificios de 312	Se propone cambiar las rejillas actuales por unas de un área de 1 m ² con un porcentaje de área libre de 13.09% y un número de orificios de 965 con un diámetro de 0.005m y una separación de 0.025 m.
La empresa tiene un tanque de igualamiento de 16m ³ , el cual presenta problemas de rebose y en ocasiones hay que parar las máquinas para que salga el agua y no ocurra el rebose.	Con los cálculos realizados se propone incrementar el tanque de igualamiento a un volumen de 32.5m ³ para evitar los inconvenientes mencionados además de conseguir una mezcla adecuada de las aguas residuales para un mejor resultado de la inyección de coagulante y floculante.
El proceso de coagulación y floculación no se realiza de una forma técnica o con concentraciones fijas con base en pruebas experimentales.	De acuerdo a las pruebas realizadas y con los cambios realizados se propone utilizar como coagulante 5mL de policloruro de aluminio al 20% y como floculante 10mL de poliácridamida al 0.01% inyectado a por lo menos 15 metros de distancia para cumplir con los tiempos adecuados.
La planta de tratamiento cuenta con un sedimentador de 72 m ³ .	Con base en los cálculos realizados se propone que el volumen adecuado del sedimentador sea de 95 m ³ para que cumpla con el tiempo adecuado de retención que es de 1 a 2 horas y este caso cumple con 1 hora que es un tiempo adecuado para cumplir con los parámetros de ley.
La empresa no cuenta con un sistema de tratamiento secundario.	Se ha realizado los cálculos para la implementación de un biodisco biológico debido a sus ventajas y facilidades de mantenimiento el cual se deja a consideración de la empresa con el propósito de obtener un agua residual tratada correctamente.

Fuente: *Carolina Mayorga O.*

3.4. RESULTADOS DE LABORATORIO

Se realizaron 3 pruebas de agua residual procedentes del lavado y tinturado de jeans de la empresa TintexRiveren el Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección CESTTA, una antes de pasar por el proceso de depuración, otra después de entrar a al proceso de depuración existente y otra con los cambios realizados en la optimización, cuyas pruebas se efectuó en el Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias.

Tabla 3.4 – 1 Resultados De Análisis Antes Y Después Del Tratamiento

PARÁMETRO	UNIDAD	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DE LA OPTIMIZACIÓN	LÍMITES PERMISIBLES	%EFICIENCIA
Temperatura	°C	35	22.7	16.7	<40	26,43
pH	Unidades de pH	7.5	6.75	6.31	5-9	6,52
Color	Pt/Co	136,85	161	90	-	40,98
DQO	mg/L	572	332	246	500	25,90
DBO5	mg/L	220	145	110	250	24,14
Sulfuros	mg/L	3.51	1.58	0.79	1.00	50,00
Sólidos Suspendidos	mg/L	<50	□ 50	<50	220	-
Sólidos Sedimentables	mL/L	15	5	0.8	20	84,00
Fenoles	mg/L	0.1	<0.02	0.095	0,2	-
Tensoactivos	mg/L	8,10	13,15	0.9	2,0	88.89
Grasas y Aceites	mg/L	6,6	6.6	3.2	100	51,52

Fuente: Carolina Mayorga O. (ver anexos del 4 al 8)

Al observar la tabla Tabla 3.4 – 1: Resultados De Análisis Antes Y Después Del Tratamiento, podemos darnos cuenta que los resultados positivos que se han logrado con la inyección de aire y al realizar cambios en las concentraciones de coagulante (5mL/L de policloruro de aluminio al 20%) y floculante (10mL/L de poliacrilamida al 0.1%), además de los cambios en los productos que se utilizan en el proceso logrando de esta manera estar dentro de los parámetros que exige la legislación ambiental.

3.5. DISCUSIÓN

La empresa TintexRiver consciente de los cambios y exigencias en la ley ambiental se ha propuesto mejorar sus instalaciones de tratamiento de aguas residuales y es así que al hacer un estudio técnico y experimental ha quedado al descubierto los cambios que se deben hacer en los volúmenes del canal de paso de 0.19 a 1 m³, la tubería adecuada es de 10plg y no de 8, el tanque de igualamiento tiene un volumen de 16 m³ cuando lo ideal es de 32.5 y finalmente el sedimentador tiene un volumen de 60m³ mas sin embargo el volumen adecuado para cumplir con un tiempo de retención aconsejado es de 95 m³.

La coagulación y floculación no tiene una concentración adecuada debido a que lo realizan en forma directa sin realizar un pesaje y preparan un volumen para toda una semana (ver anexo 2), lo que genera una turbidez de 86 NTU, sin embargo con las pruebas de jarras en el laboratorio se ha establecido que para que obtener resultados eficientes se debe inyectar 5mL de policloruro de aluminio por litro de agua residual al 20% y el floculante 10mL de poliacrilamida por litro de agua residual al 0.01%. Con un tiempo de sedimentación de 40 min la turbidez medida es de 5 NTU lo que es muy bueno para un agua residual y con los análisis realizados queda demostrado que la planta cumple con los parámetros que exige la ley.

3.6. ANÁLISIS PRESUPUESTAL

3.6.1. COSTO DE INVERSIÓN

♣ Hormigón Armado (1m^3) = (3 quintales de cemento + 0.8 m^3 de arena + 0.8 m^3 de piedra).

♣ Servicios Básicos (Energía) = $(hp)(0.746) \left(\frac{h}{\text{semana}}\right) \left(\frac{\$}{\text{KWh}}\right)$

Donde:

- ♠ Hp: Potencia de compresor y biodisco
- ♠ Factor de conversión de hp a KW (0.746)
- ♠ h/semana : horas de operación semanal
- ♠ \$/KWh : valor de KW por hora (\$ 0,08 sector industrial)

Tabla 3.6.1 – 1 Costo de Equipos y Accesorios

CANTIDAD	ACCESORIO	MATERIAL	MEDIDAS	COSTO (\$)
1	Canal de paso	Hormigón armado	1 m^3	33,20
2 m	Tubería	PVC	10 plg	33,60
50 m	Tubería	PVC	1 plg	200,00
1	Desarenador aireado	Hormigón armado	8m^3	265,60
1	Compresor de aire	DVA-15 ^a	380 V 15 KW 20HP 0,6 – 1,8 m^3/min	1000,00
2	Rejilla	Acero Inoxidable	1 m^2	200,00
1	Tanque de igualamiento	Hormigón armado	32.5 m^3	1079,00
1	Sedimentador	Hormigón armado	95 m^3	3154,00
2	Biodisco	DEPURSAN 1000	1.82 KW	4000,00
TOTAL				9965,40

Fuente: Carolina Mayorga O.

Tabla 3.6.1 – 2 Costo de instalación hidráulica y mano de obra

DETALLE	COSTO (\$)
Instalación hidráulica	1000,00
Mano de obra	2000,00
TOTAL	3000,00

Fuente: Carolina Mayorga O.

Tabla 3.6.1 – 2 Total Costo de Inversión

DETALLE	COSTO (\$)
Equipos y accesorios	9965,40
Instalación hidráulica y mano de obra	3000,00
TOTAL	12965,40

Fuente: Carolina Mayorga O.

3.6.2. COSTO DE OPERACIÓN

Tabla 3.6.2 – 1 Costo de Insumos para el tratamiento de AR

CANTIDAD	INSUMO	DETALLE	MEDIDAS	COSTO (\$)
4 sacos	Policloruro de vinilo	Coagulante al 20%	25 Kg (1 saco)	140,00
1 saco	Poliacrilamida	Floculante (0.1%)	25 Kg (1 saco)	45,00
TOTAL (SEMANA)				185,00
TOTAL (MES)				740,00

Fuente: Carolina Mayorga O.

Tabla 3.6.2 – 2Costo Total de Operación

DETALLE	COSTO (\$) (mes)
Insumos	740,00
Operador	340,00
Mantenimiento	150,00
Servicios básicos	244,56
TOTAL	1474,56

Fuente: Carolina Mayorga O.

3.6.3. COSTO TOTAL

Tabla 3.6.3 – 1Costo Total

DETALLE	COSTO (\$)
Costo de Inversión	12965,40
Costo de operación	1474,56
SUBTOTAL	14439,96
Imprevistos (2 %)	288,80
TOTAL	14728,76

Fuente: Carolina Mayorga O.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- ♣ Se diagnosticó el estado de la Planta de una manera física, es decir, observando y documentando con fotografías que se muestran en anexos y de una manera experimental al realizar una caracterización físico-química.
- ♣ Se realizó una caracterización fisicoquímica del agua residual antes y después del tratamiento existente obteniendo resultados muy positivos en cada uno de los parámetros analizados con una mejora del 26,43% en temperatura, un 40,98% de Color, un 25,90% de DQO, un 24,14% de DBO5, un 50% en Sulfuros, un 84,00% de Sólidos Sedimentables, un 88.89% de tensoactivos y un 51,52% de grasas y aceites lo que deja evidenciar la correcta optimización al estar en norma todos los parámetros como exige el ministerio del ambiente en el TULAS.
- ♣ Se plantea mejorar las instalaciones en el canal de paso de 0.19m^3 a 1m^3 , el tanque de igualamiento deberá pasar de un volumen de 16m^3 a 32.5m^3 , 5mL de coagulante y 10 mL de floculante al 20% y 0.01% respectivamente y el sedimentador deberá cambiarse del que tiene un volumen de 60m^3 a 95m^3 .
- ♣ Como tratamiento secundario se estableció la implementación de un biodisco debido a sus múltiples ventajas, es así que se lo calculó con una eficiencia del 90%, un diámetro de 3 metros, espesor de 20 mm, y una separación de 3 cm de cada disco; los discos necesarios deben contar con una profundidad del 40% de sumergimiento en un tanque de volumen de 73.4m^3 .

4.2. RECOMENDACIONES

- ♣ Se recomienda que la empresa ejecute la propuesta que se plantea en el presente trabajo de investigación para obtener los beneficios que garantizarán el cumplimiento de la ordenanza ambiental y evitar sanciones.
- ♣ Se recomienda que haya una persona capacitada que se encargue de la operación de la planta de tratamiento.
- ♣ El floculante, poliacrilamida, se recomienda que se prepare en agua tibia y revolviendo fuertemente para que se disuelva correctamente y no quede grumos o una concentración inadecuada, además se recomienda que las soluciones de coagulante y floculante se preparen cada día y no se deje preparado para toda la semana para evitar la pérdida de efectividad.
- ♣ Sería factible que se realice pruebas de jarras regularmente debido a que puede haber variaciones las condiciones del agua residual.
- ♣ Se recomienda hacer una limpieza de la planta de tratamiento de agua residual al menos una vez por semana para evitar pérdidas de volumen de tratamiento, que los lodos acumulados no generen malos olores, y otros compuestos que podrían afectar los parámetros a tratar como la concentración de sulfuros, DBO, etc

BIBLIOGRAFÍA

1. **METCALF.Y OTRO.**, Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización., 2da ed., Madrid - España., Editorial Mc Graw Hill. 1996, Pp 687 – 69
2. **MASKEW, G. Y OTROS.**, Ingeniería Sanitaria y Aguas Residuales., 1ra ed., México D.F - México., Editorial Limusa., 1993., Pp. 48-50, 76-83
3. **NEMEROW, N.**, Aguas Residuales Industriales, teoría, aplicaciones y tratamiento., Traducido de la 1ra. ed. Inglesa por Gemaliel Martínez de Bascarán., Madrid - España., Editorial HermannBlume, 1977, Pp 83-84, 98
4. **ROMERO, J.**, Tratamiento de Aguas Residuales Teoria y principios de diseño., 1ra ed., Bogota - Colombia., Editorial Escuela Colombia de Ingeniería. 2001, Pp 288–289, 306-311, 642-647
5. **POWELL, S.**, Acondicionamiento de aguas para la Industria., 1ra. ed., México D.F - México., Editorial Limusa. 1966, Pp 35-52
6. **GREENBERG, A. Y OTROS.**, Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water., 20th ed., American., 1999, Ebook:

<http://www.scribd.com/doc/44520215/Standard-Methods-for-the-Examination-of-Water-and-Waste-Water-20th-1999>

7. TRATAMIENTO DE AGUA

<http://www.cyclucid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/>
8/07/2013

8. TRATAMIENTO DE AGUA, COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN

<http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Aqua%20Potable.pdf>
16/07/2013

9. ANÁLISIS Y DISEÑO DE TRATAMIENTO PRIMARIO

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_am/ca_pitulo5.pdf
5/08/2013

10. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL TRATAMIENTO PRIMARIO.

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_am/ca_pitulo5.pdf
6/08/2013

11. (LOZANO-RIVAS, MATERIAL DE CLASE PARA LAS ASIGNATURAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES,

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_8_desbaste.html
9/09/2013

12. MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN PEQUEÑAS COMUNIDADES

<http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358041/EXE/mdulo.html>

10/10/2013

13. LADESA

http://www.ladesa.com/PDF/ladesa_perf09.pdf

4/11/2013

14. DEPURACIÓN DE AGUAS EN BIODISCOS

http://www.ambientum.com/revista/2002_05/BIODISCO1.asp

18/11/2013

ANEXOS

ANEXO 1: CANAL DE ENTRADA Y TANQUE DE IGUALAMIENTO



a)



b)



c)

NOTA	DIAGRAMA CATEGORÍA DEL	O. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	CANAL DE ENTRADA Y TANQUE DE IGUALAMIENTO		
agua residual	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA	Escala:	N°:	Fecha
a) Canal de entrada		CAROLINA MAYORGA O.	A4	1	5/01/2013
b) Tanque de igualamiento					

ANEXO 2: COAGULACION Y FLOCULACION



a)



b) b)



c)

c)

NOTA	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA CAROLINA MAYORGA O.	COAGULACION Y FLOCULACION		
a) Tanques de coagulación y Floculación b) y c) Añadidura de floculante	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para Información		Escala:	N°:	Fecha:
			A4	02	15/01/2013

ANEXO 3: SEDIMENTADOR



a)

a)



b)



c)

NOTA	CATEGORÍA DEL	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA	SEDIMENTADOR		
a) Parte externa	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para Información	CAROLINA MAYORGA	Escala:	N°:	Fecha:
b) Entrada del agua residual.			A4	030	15/01/20131
c) Salida del					

ANEXO 4: ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 1/2 Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIORAMBA - ECUADOR	 DAE <small>Departamento de Análisis Ambiental</small> ENSAYOS No DAE LE 2C 06-008
---	--	--

INFORME DE ENSAYO No: 284
 ST: 13 - 127 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: LAVANDERÍA Y TINTORERÍA TINTEX RIVER
 Atm: Sra. Martha Rivera
 Dirección: Jun de Velasco s/n y Olmedo (a 2 cuadras del hospital nuevo, atrás de RamJam).

FECHA: 15 de Marzo del 2012
 NÚMERO DE MUESTRAS: 1
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013 / 09 / 07 - 16:00
 FECHA DE MUESTREO: 2013 / 09 / 07 - 14:00
 FECHA DE ANÁLISIS: 2013 / 09 / 07 - 2013 / 09 / 13
 TIPO DE MUESTRA: Agua residual
 CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 297-13
 CÓDIGO DE LA EMPRESA: A-3
 PUNTO DE MUESTREO: Descarga
 ANÁLISIS SOLICITADO: Físico- Químico
 PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Ing. Ghinson Guevara
 CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 23.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS

PARÁMETROS	MÉTODO / NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (n=2)
*Caudal	Volumétrico	L/s	0,319	1,5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado	-
Temperatura	PEE/LABCESTTA/04 APHA 2550 B	°C	22,7	<40	±3%
Potencial de Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500- H	Unidades de pH	6,75	5-9	±0,10
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 APHA 5540 C	mg/L	13,15	2,0	±15%
*Sólidos Sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 APHA 2540 F	ml/L	5	20	-
Demanda Biológica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	145	250	±20%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	332	500	±3%
Fenoles	PEE/LABCESTTA/14 APHA 5530 C	mg/L	0,024	0,2	±7%
*Color	PEE/LABCESTTA/61 APHA 2120-C	UTC	161	-	-
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B	mg/L	7,8	100	±10%
Sólidos Suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	< 50	220	±20%

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 ensajados

Página 1 de 2
 Edición 1

NOTA	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA CAROLINA MAYORGA O.	ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL		
<ul style="list-style-type: none"> • Antes de la optimización 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para Información 		Escala:	N°:	Fecha:
			A4	04	15/01/2013

ANEXO5: ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL

 LABCESTA <small>Tecnología & Soluciones</small> SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN <small>Panamericana Sur Km. 1 1/2 Teléfono: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIORAMBA - ECUADOR</small>	 oae <small>ORGANISMO AUTÓNOMO DE ACREDITACIÓN</small> ENSAYOS <small>Nº OAE LR 20 06-008</small>
--	--	--

*Mercurio	PUE/LABCESTA/73 PEE/LABCESTA/154 EPA 1311 EPA 2047	mg/L	< 0.01	0.2	
*Fenol	PEE/LABCESTA/73 PEE/LABCESTA/156 EPA 1311 EPA 820C	mg/L	< 0.02		

OBSERVACIONES:

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

RESPONSABLES DEL INFORME:

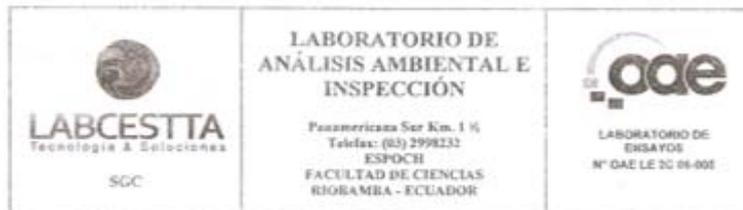

 Dr. Ricardo Alvarez
 RESPONSABLE TÉCNICO


 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN
 ESPOCH


 Dra. Nancy Velez M.
 JEFE DE LABORATORIO

NOTA	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA CAROLINA MAYORGA O.	ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL		
• Continuación: Antes de la optimización	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para Información		Escala:	Nº:	Fecha:
			A4	05	15/01/2013

ANEXO 6: ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL



<p>INFORME DE ENSAYO N°: 1855</p> <p>ST: 13 - 918 ANÁLISIS DE AGUAS</p> <p>Nombre Peticionario: LAVANDERÍA Y TINTORERÍA TINTEX RIVER</p> <p>Ats: Sra. Martha Rivera</p> <p>Dirección: Juan de Velasco s/n y Olmedo (a 2 cuadras del Hospital nuevo, antes de Ram Jaena)</p> <p>FECHA: 07 de Octubre del 2013</p> <p>NUMERO DE MUESTRAS: 1</p> <p>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013 / 09 / 26 - 16:00</p> <p>FECHA DE MUESTREO: 2013 / 09 / 26 - 18:30</p> <p>FECHA DE ANÁLISIS: 2013 / 09 / 26 - 2013 / 10 / 07</p> <p>TIPO DE MUESTRA: Descarga</p> <p>CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 3143-13</p> <p>CÓDIGO DE LA EMPRESA: A-1</p> <p>PUNTO DE MUESTREO: Descarga al alcantarillado, 17M 0773628/9832180</p> <p>ANÁLISIS SOLICITADO: Físico - Químico.</p> <p>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Jorge Miranda</p> <p>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C</p>	<p>RESULTADOS ANALÍTICOS:</p>
---	--------------------------------------

PARÁMETROS	MÉTODO / NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (n=2)
*Sulfatos	PEE/LABCESTTA/19 APHA 4500-S ²	mg/L	0,790	1,0	-
Fenoles	PEE/LABCESTTA/14 APHA 5530 C	mg/L	0,095	0,2	±7%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	246,0	500	±3%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	110	250	±20%
Sólidos Suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	<50	220	±20%
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 APHA 5540 C	mg/L	0,9	2,0	±18%
*Cefar	PEE/LABCESTTA/61 APHA 2120-C	Fr/Co	90	-	-
*Caudal	Volumétrico	L/s	0,16	1,5 veces el ensal promedio horario del sistema de alcantarillado	-
Temperatura	PEE/LABCESTTA/04 APHA 2550 B	°C	16,7	<40	±3%
*Sólidos Sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 APHA 2540 F	mL/L	0,8	20	-
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B	mg/L	3,2	100	±20%

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados están reducidos sólo están relacionados con los objetos ensayados.

Página 1 de 2
Fórmula 2

NOTA	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL		
<ul style="list-style-type: none"> • Después de la optimización 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para Información 	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA CAROLINA MAYORGA O.	Escala:	N°:	Fecha
			A4	06	15/01/2013

ANEXO 7: ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL

 LABCESTTA <small>Tecnología & Soluciones</small> <small>SGC</small>	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN <small>Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléfono: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</small>	 <small>Organismo de Acreditación Ecuatoriana</small> ENSAYOS <small>No OAE LE 2C 06-008</small>
---	--	---

OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración.
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.
- Resultados comparados con límites permisibles tabla 11 del Tulas.

RESPONSABLES DEL INFORME:


 Dr. Mauricio Álvarez
 RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH


 Dra. Nancy Veloz M.
 JEFE DE LABORATORIO

NOTA	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA CAROLINA MAYORGA O.	ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL		
• Después de la optimización	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para Información		Escala	N°:	Fecha:
			A4	07	15/01/2013

ANEXO 8: ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL

 LABCESTTA <small>Tecnología & Soluciones</small> SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 oae LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008
--	--	--

INFORME DE ENSAYO No: 1909
ST: 13 - 934 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: LAVANDERIA Y TINTORERIA TINTEX RIVER
Atm: Sra. Martha Rivera
Dirección: Juan de Velasco s/n y Olmedo (a 2 cuadras del Hospital nuevo, atrás de Ram Jeans)
 10 de Octubre del 2013

FECHA: 1
NÚMERO DE MUESTRAS: 2013 / 10 / 02 - 12:00
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013 / 10 / 02 - 09:30
FECHA DE MUESTREO: 2013 / 10 / 02 - 2013 / 10 / 10
TIPO DE MUESTRA: Descarga
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 3169-13
CÓDIGO DE LA EMPRESA: A-1
PUNTO DE MUESTREO: Antes de entrar a la planta de tratamiento.
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico -Químico.
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Carolina Mayorga
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Sulfuros	PEE/LABCESTTA/19 APHA 4500-S ₄	mg/L	3,51	1,0	-
Fenoles	PEE/LABCESTTA/14 APHA 5530 C	mg/L	0,10	0,2	±7%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	572	500	±3%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	220	250	±20%
Sólidos Suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	<50	220	±20%
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 APHA 5540 C	mg/L	8,10	2,0	±15%
*Color	PEE/LABCESTTA/61 APHA 2120-C	Pt/Co	136,85	-	-
*Sólidos Sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 APHA 2540 F	ml/L	15	20	-
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B	mg/L	6,6	100	±12%

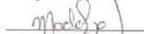
OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros con (*) están fuera del alcance de acreditación del OAE.
- Resultados comparados con límites permisibles Tabla 11 del TULAS.

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
 RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN
 LAB - CESTTA
 ESPOCH


Ing. Marcella Epazo
 JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados

Página 1 de 1
 Edición 2

MC01-14

NOTA	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL		
• Después de la optimización	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA	Escala:	N°:	Fecha:
		CAROLINA MAYORGA O.	A4	08	15/01/2013

ANEXO 9 PRUEBAS DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN



a)



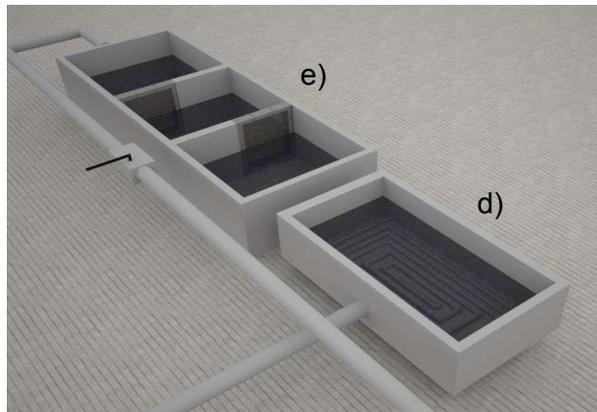
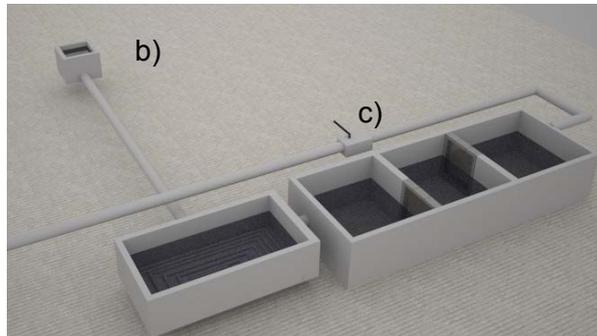
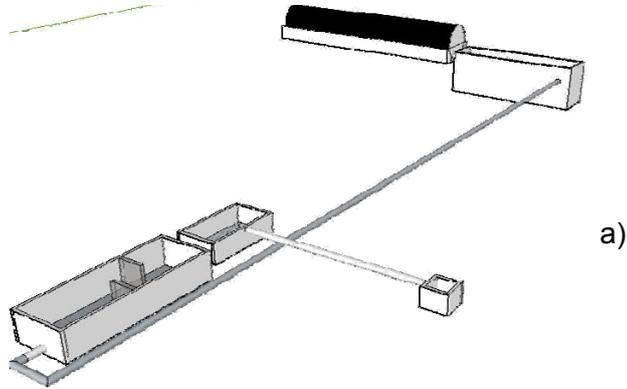
b)



c)

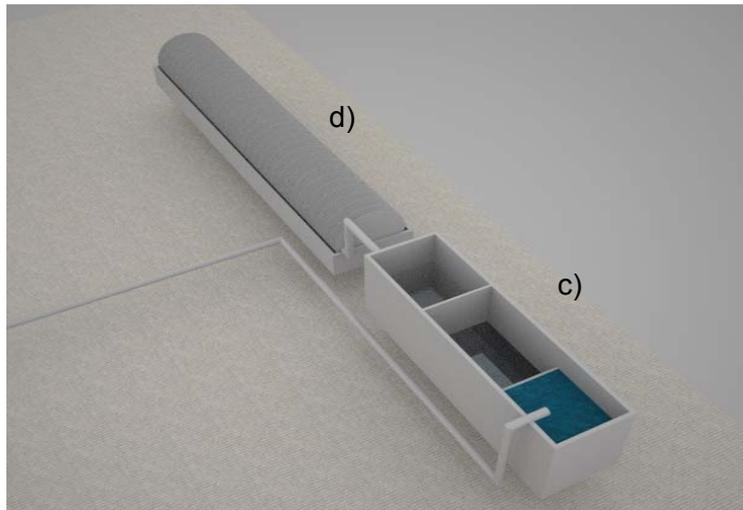
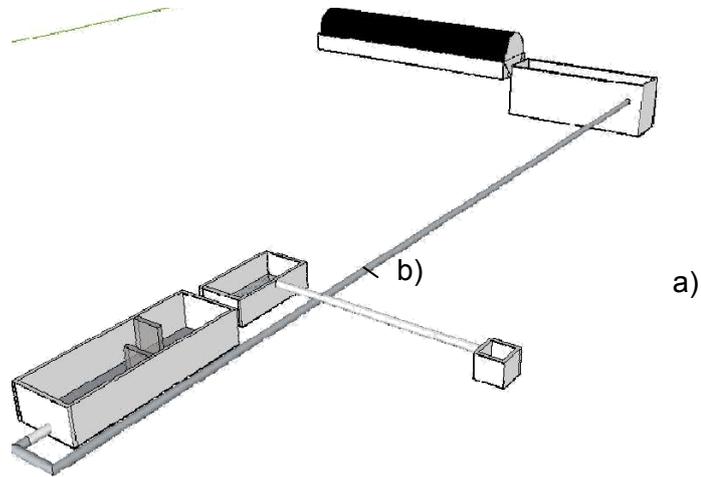
NOTA	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA CAROLINA MAYORGA O.	PRUEBAS DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN		
			Escala:	N°:	Fecha:
a) Sulfato de aluminio	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para Información		A4	09	15/01/2013
b) TQ-FLOC-PCAB.					
c) Policloruro de Aluminio					

ANEXO 10 PLANO 3D PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



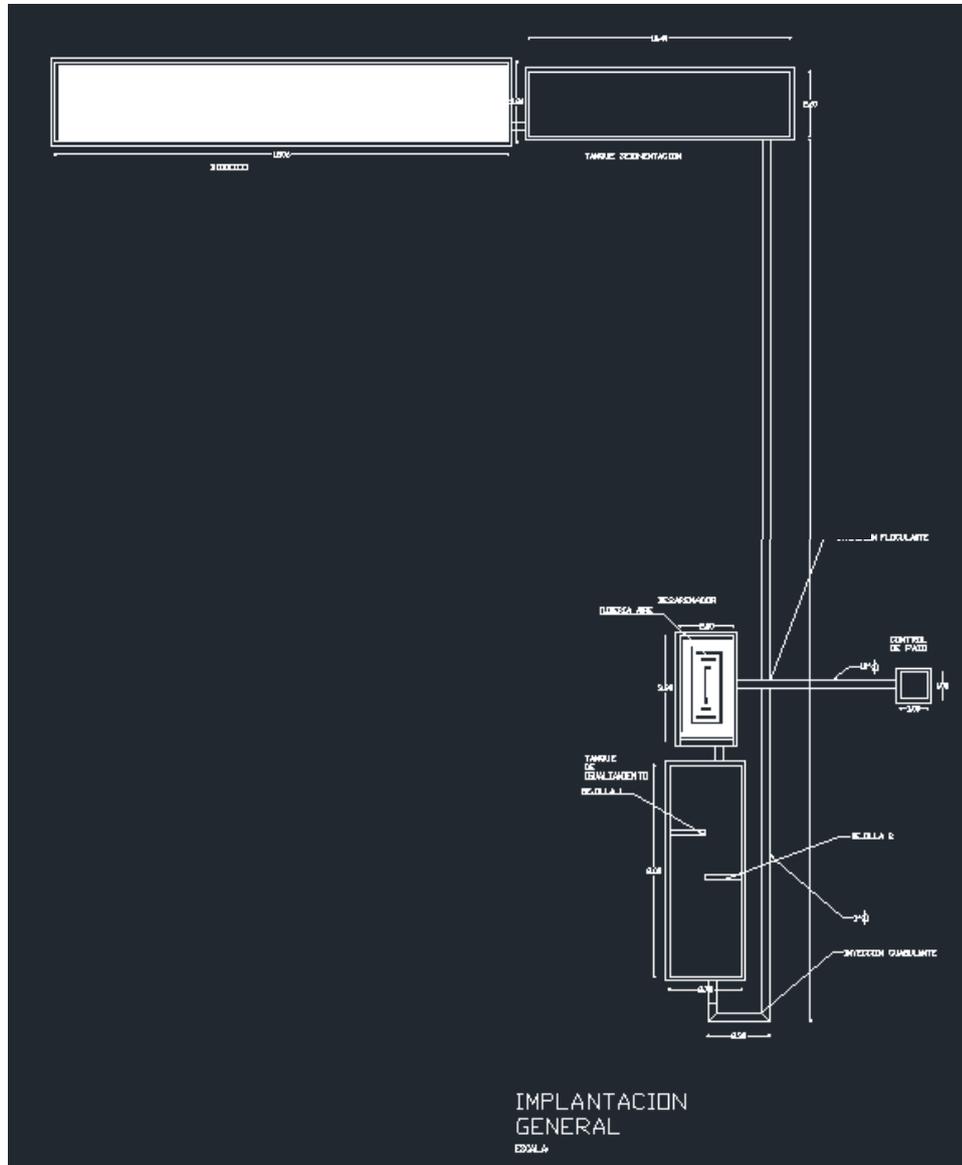
NOTA	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA	PLANO 3D PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
a) Planta Tratamiento	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado	CAROLINA MAYORGA O.	Escala:	N°:	Fecha:
b) Canal de paso	<input type="checkbox"/> Aprobado				
c) Inyección de coagulante	<input type="checkbox"/> Por Eliminar				
d) Desarenador aireado	<input type="checkbox"/> Por Calificar				
e) Tanque igualamiento.	<input type="checkbox"/> Por aprobar				
	<input type="checkbox"/> Para Información	A4	10	15/01/2013	

ANEXO 11 PLANO 3D PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



NOTA	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA	PLANO 3D PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
a) Planta de Tratamiento	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para Información	CAROLINA MAYORGA O.	Escala:	N°:	Fecha:
b) Inyección de floculante			A4	11	15/01/2013
c) Sedimentador					
d) Biodisco					

ANEXO 12 PLANO 2D PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



NOTA	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	PLANO 2D PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
a) Plano de Plantade Tratami ento de aguas residuales en 2D	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA	Escala:	N°:	Fecha:
		CAROLINA MAYORGA O.	A4	12	15/01/ 2013