



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

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS
AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA PLANTA
PROCESADORA ‘LÁCTEOS ORIENTE DEL ECUADOR’,
UBICADA EN LA PROVINCIA PASTAZA”**

Trabajo de titulación

TIPO: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: LESLY ANABEL CHARIGUAMÁN COELLO

TUTOR: ING. MAYRA ZAMBRANO

Riobamba-Ecuador

2018

©2018, Lesly Anabel Chariguamán Coello

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

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

El tribunal de Trabajo de Titulación certifica que el trabajo de titulación “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA PLANTA PROCESADORA ‘LÁCTEOS ORIENTE DEL ECUADOR’, UBICADA EN LA PROVINCIA PASTAZA**” de responsabilidad de la señorita Lesly Anabel Chariguamán Coello, ha sido revisado por los Miembros del Tribunal, quedando autorizado su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Mayra Zambrano V.

.....

.....

**DIRECTORA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Ing. Mario Villacrés

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

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

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

Riobamba, 05 de junio de 2018

LESLY ANABEL CHARIGUAMÁN COELLO

160053745-8

“Yo, LESLY ANABEL CHARIGUAMÁN COELLO soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación de Grado pertenecen a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”

LESLY ANABEL CHARIGUAMÁN COELLO

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de manera especial a mis queridos padres, quienes han sido el pilar fundamental en mi vida, para cumplir con mis objetivos propuestos.

Ellos, que con infinito amor y sabiduría han sabido guiarme de la mejor manera, alentándome siempre a perseguir mis sueños, sin dejarme caer en ningún momento.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, Norma y Gustavo, quienes han sido mi mayor fortaleza en este camino, puesto que siempre me ayudaron a levantarme cuando en varias ocasiones me sentí derrotada, brindándome su apoyo tanto moral como económico para que pueda cumplir con esta meta.

Agradecer de manera especial a la Ingeniera Mayra Zambrano y al Ingeniero Mario Villacrés por toda la paciencia, conocimiento y el apoyo brindado para la culminación de este trabajo, además de su amistad incondicional en todo momento.

A mi novio, Miguel, por todo el amor, el aliento y ayuda, porque ha sido una fortaleza en esta etapa de mi vida.

A toda mi familia, por siempre animarme a luchar y estar conmigo en todo momento.

Al Ingeniero Alex López Albán, por abrirme las puertas y darme la oportunidad de realizar mi trabajo de titulación en su empresa, por siempre estar presto a brindarme información y las facilidades para llevar a cabo este proyecto.

Gracias infinitas.

Anabel

ABREVIATURAS

\emptyset	Ángulo de inclinación de rejillas
Δ	Densidad del fluido
B	Factor de dependencia de la forma de las barras
μ	Viscosidad dinámica
Al	Área libre
A	Ancho del canal
AR	Agua Residual
Ap	Área de las paletas
B	Ancho floculador
Bg	Suma separación entre barras
°C	Grados Celsius
Cs	Carga superficial
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno (cinco días)
DQO	Demanda Química de Oxígeno
e	Separación entre barras
g	Aceleración de la gravedad
Hab	Habitantes
h	Altura del canal
hf	Diferencia de altura antes y después de las rejas
hs	Altura de seguridad
L	Litros
LAT	Laboratorio de Análisis Técnico

Lb	Longitud entre barras
Lf	Largo sedimentador
Lg	Largo floculador
m	Metros
mL	Mililitros
mg/L	Miligramos por litro
N	Número de varillas
OD	Oxígeno disuelto
OPS	Organización Panamericana de la Salud
P	Fósforo
PCA	Policloruro de Aluminio
pH	Potencial Hidrógeno
Q	Caudal
$Q_{\text{Diseño}}$	Caudal de diseño
$Q_{\text{máx}}$	Caudal máximo
s	Espesor entre barras
SS	Sólidos Suspendidos
ST	Sólidos totales
SST	Sólidos Totales Suspendidos
T	Temperatura
Tr	Tiempo de retención
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente
Vs	Velocidad terminal
V	Volumen

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xvii
SUMMARY	xviii
CAPÍTULO I	
1. DIAGNOSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 Identificación del problema.....	1
1.2 Justificación del proyecto	2
1.3 Línea de base del proyecto.....	4
1.3.1 Antecedentes de la empresa	4
1.3.2 Tipo de estudio.....	5
1.3.3 Metodología	5
1.3.4 Técnicas	6
1.3.5 Medición del caudal de agua residual producido en la planta.....	11
1.3.6 Toma de muestras del agua residual de la planta	12
1.3.7 Caracterización del agua residual de la planta	12
1.3.8 Tratamiento de las aguas residuales	14
1.3.9 Caracterización del agua residual tratada.....	23
1.4 Beneficiarios directos e indirectos	24
1.4.1 Directos.	24
1.4.2 Indirectos.....	24
CAPÍTULO II	
2 OBJETIVOS DEL PROYECTO	25
2.1 Objetivo general	25
2.2 Objetivos específicos.....	25
CAPÍTULO III	
3 ESTUDIO TÉCNICO	26
3.1 Localización del proyecto	26
3.2 Ingeniería del proyecto.....	27
3.2.1 Aguas residuales.....	27

3.2.2	Clasificación de las aguas residuales según su fuente de descarga	27
3.2.3	Composición	27
3.2.4	Características de las aguas residuales	28
3.3	Cálculos del diseño.....	31
3.3.1	Caudal de diseño	31
3.3.2	Diseño del tanque de almacenamiento	32
3.3.3	Canal de entrada.....	33
3.3.4	Rejillas.....	36
3.3.5	Trampa de grasas.....	40
3.3.6.	Diseño del filtro lento.....	43
3.3.7.	Diseño del floculador	49
3.3.8.	Diseño del sedimentador	53
3.4	Propuesta.....	56
3.5	Resumen de los equipos diseñados	57
3.6	Análisis de resultados.....	61
3.7	Costos del diseño.....	63
3.8	Cronograma del proyecto	66
3.9	Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria.....	67

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Métodos utilizados en la determinación de parámetros	7
Tabla 2-1 Medición del caudal.....	12
Tabla 3-1 Caracterización primaria del agua residual.....	13
Tabla 4-1 Caracterización del agua residual después del tratamiento físico.....	15
Tabla 5-1 Equipos, materiales, sustancias y reactivos utilizados en el test de jarras	16
Tabla 6-1 Tratamiento con sulfato de aluminio al 10%	17
Tabla 7-1 Tratamiento con aolicloruro de aluminio.....	19
Tabla 8-1 Tratamiento con cloruro férrico	20
Tabla 9-1 Policloruro de aluminio con polielectrolito	21
Tabla 10-1 Cloruro férrico con polielectrolito	21
Tabla 11-1 Prueba de sedimentación	22
Tabla 12-1 Caracterización del agua residual tratada	23
Tabla 1-3 Características físicas de las aguas residuales	28
Tabla 2-3 Características químicas de las aguas residuales	30
Tabla 3-3 Características biológicas de las aguas residuales	30
Tabla 4-3 Coeficiente de manning para cálculo de canales	34
Tabla 5-3 Criterios de diseño de rejillas de limpieza manual	36
Tabla 6-3 Coeficiente de pérdida para rejillas.....	39
Tabla 7-3 Tiempos de retención hidráulicos en trampas de grasas	41
Tabla 8-3 Parámetros de diseño del filtro	49
Tabla 9-3 Espesor de medios filtrantes	43
Tabla 10-3 Criterios de diseño para el sistema de drenaje	43
Tabla 11-3 Criterio de diseños para tuberías.....	43
Tabla 12-3 Cargas de superficie para diversas suspensiones químicas.....	48
Tabla 13-3 Propiedades del agua a diferentes temperaturas	50
Tabla 14-3 Criterios de diseño de floculadores mecánicos.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Trampa de grasas.....	14
Figura 2-1 Filtración de las aguas residuales	15
Figura 1-3 Localización de la planta Lácteos Oriente del Ecuador	26
Figura 2-3 Formas de rejillas	39

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Dosificación con sulfato de aluminio VS turbidez.....	18
Gráfico 2-1: Dosificación con policloruro de aluminio VS turbidez.....	19
Gráfico 3-1: Dosificación con cloruro férrico VS turbidez.....	20
Gráfico 4-1: Curva de sedimentación	22

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A. Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua

Anexo B. Caracterización inicial del agua residual

Anexo C. Manual Mantenimiento para la PTAR

Anexo D. Puntos de descarga, medición del caudal y toma de muestras del agua residual

Anexo E. Muestras recolectadas

Anexo F. Planta Lácteos Oriente del Ecuador y terreno destinado para la construcción de la PTAR

Anexo G. Tratamiento físico del agua residual

Anexo H. Tratamiento químico mediante test de jarras

Anexo I. Tratamiento químico con polielectrolito

Anexo J. Resultados del agua residual con tratamiento químico

Anexo K. Caracterización de parámetros

Anexo L. Planos

RESUMEN

Con el objetivo de cumplir las disposiciones de la Ley Ambiental, se llevó a cabo el desarrollo de un Sistema de Tratamiento para las aguas residuales generadas en la planta procesadora Lácteos Oriente del Ecuador, ubicada en la provincia Pastaza. Para lo cual se inició con la medición del caudal durante siete días seguidos, cada hora y obteniendo un caudal promedio de 2.052 m³/h. A continuación, se efectuó la caracterización inicial de las aguas residuales provenientes de la planta durante la jornada de trabajo, se tomó muestras de 1,25 L cada hora durante 8 horas, con el fin de obtener una muestra compuesta, en la cual se realizaron los respectivos análisis físicos, químicos y microbiológicos, logrando identificar los parámetros que se encuentran fuera del límite permisible establecidos en la Tabla 9. Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, siendo los siguientes: DBO, DQO, aceites y grasas, nitrógeno total, sólidos totales y sólidos suspendidos. Con valores de: 1874 mg/L, 3300 mg/L, 295.43 mg/L, 171.4 mg/L, 2568 mg/L, 606 mg/L; respectivamente. Se realizó pruebas de tratabilidad mediante un sistema combinado, que consistía en hacer uso de métodos físicos y químicos. El proceso de tratamiento inicia con la operación de separación o eliminación de grasas y aceites contenidos en el agua residual mediante la implementación de una trampa de grasas, para continuar con una filtración haciendo uso de un filtro lento compuesto por grava y arena, posteriormente se realizó un tratamiento químico mediante el uso de test de jarras con el fin de encontrar la dosis óptima de coagulante para tratar las aguas residuales, siendo el PAC el más efectivo. A continuación, se ejecutó los correspondientes cálculos de dimensionamiento de los equipos para el sistema de tratamiento, diseñando así un tanque de almacenamiento, canal de entrada, unas rejillas, seguido de una trampa de grasas, un filtro lento, continuando con un floculador y un sedimentador. Finalmente, se validó el diseño propuesto mediante el análisis de costos, concluyendo que el diseño es eficiente y económico, por lo cual se recomienda implementar de forma inmediata.

PALABRAS CLAVE: <TRATAMIENTO>, < AGUAS RESIDUALES>, < LÁCTEOS>, <DISEÑO>, < DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO >, <PASTAZA>

SUMMARY

The objective of the degree work was the development of a treatment system for the wastewater generated in the Lacteos Oriente dairy processing plant in Ecuador, located in Pastaza province, with the aim to fulfill with the regulations of the Environmental Law. For which it began with the flow measurement for seven consecutive days, every hour and obtaining an average flow of 2,052 m³/h. Then, the study of the residual waters from the work plant during working times, samples of 1,25 L every hour during 8 hours, with the aim to get a composite sample, in which the corresponding physical, chemical, and microbiological analysis done.

Being able to identify the parameters that are outside the allowed limit established in the Table 9. Limits of Discharge of Fresh Water, being the following: BOD, COD, oils and fats, total nitrogen, total solids and suspended solids. With values of: 1874 mg/L, 3300 mg/L, 295,43 mg/L, 171,4 mg/L, 2568 mg/L, 606 mg/L; respectively. Treatability test developed through a combined system that consists in making use of physical and chemical methods. The treatment process begins with the operation of separation or elimination of fats and oils in the wastewater using the implementation of a fat trap, to continue with a filtration using a slow filtering system of sand and gravel.

Afterward, chemical treatment with the use of jars tests done to find the optimal coagulation dose to treat wastewater, being PAC the most effective. Then, the corresponding calculations of dimensioning of equipment for the treatment system were done, designing an entrance channel, a grid, followed by a fat trap, a slow filter, continuing with a flocculator and a settler.

Finally, the proposed design was validated through cost analysis, concluding that the model is efficient and economical, so it is recommended to implement it immediately.

Key words: <EXACT AND NATURAL SCIENCES>, <WATER TREATMENT>, <WASTEWATER>, <DAIRY>, <TREATMENT PLANT DESING>, <PASTAZA (PROVINCE)>.

CAPÍTULO I

1. DIAGNOSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

El proyecto radica en realizar un Diseño de un Sistema de Tratamiento para las aguas residuales generadas en la planta procesadora LÁCTEOS ORIENTE DEL ECUADOR, ubicada en la provincia Pastaza, con la finalidad de proporcionar un adecuado proceso a dichas aguas y de esta manera reducir la contaminación que genera una planta procesadora de lácteos. La totalidad de las aguas residuales generadas en la planta, son conducidas por tuberías PVC y vertidas directamente a un pantano que conduce a un Riachuelo S/N y desemboca en el Río Puyo, sin recibir tratamiento previo, generando contaminación y agravando el problema, lo cual resulta perjudicial tanto para la salud como para el entorno ambiental del sector.

Con el diseño se busca tratar estas aguas para reducir la contaminación que se produce al ser vertidas a los ríos, asimismo constituye un beneficio en el aspecto de salud e higiene. Además, al tratar las aguas residuales, se las podrá reutilizar en algunas actividades de la planta, como es la limpieza de las superficies de la misma, además en las actividades agrícolas y ganaderas, de los habitantes de la zona, los cuales resultan afectados al no poder utilizar el agua de los ríos de ese sector.

El tratar las aguas residuales con un sistema adecuado, representaría bajos índices contaminantes y reduciría la proliferación de vectores, los cuales son causantes de algunas enfermedades.

1.2 Justificación del proyecto

El agua, constituye uno de los recursos vitales de mayor importancia para la vida y el sustento de los seres vivos, misma que es utilizada en todo tipo de procesos, desde actividades domésticas hasta fabriles, lo que provoca que se genere excesivas cantidades de aguas residuales, provocando una inminente contaminación al ambiente, debido a que este tipo de aguas presentan grandes cantidades de contaminantes, que son perjudiciales para la salud e higiene humana y que pueden provocar daños irreversibles.

El crecimiento continuo y excesivo de la población, ha generado un impacto negativo en nuestro planeta, malgastando los recursos que nos brinda la Madre Naturaleza, además de no contribuir a la conservación del ambiente, haciendo que cada vez, el agua que es considerado un recurso renovable limitado, se desperdicie, generando daños que se verán reflejados en años futuros, con la creciente falta de este elemento vital.

La industrialización, ha permitido al ser humano, buscar fuentes de ingresos a pequeña y grande escala; es así que la industria láctea, es una de las actividades más ejecutadas a nivel mundial, generando enormes índices contaminantes hacia el ambiente, en la producción de leche procesada, quesos, mantequillas, entre otros.

El agua representa un factor importante en la actividad industrial láctea, ya que es utilizada en todos los procesos de la misma, desde la limpieza de la planta y equipos, hasta los procesos de producción. El agua generada, se acidifica velozmente, dando paso a la producción de ácido láctico, asimismo contiene sustancias orgánicas disueltas como sales minerales, lactosuero, además de grasas y aceites, entre otras.

La planta se encuentra ubicada en la parroquia Fátima, provincia de Pastaza, la misma no cuenta con un sistema de tratamiento para las aguas residuales que se generan en esta área, lo cual afecta directamente al entorno y a los moradores del sector, ya que altera la calidad de vida de los mismos, además de generar una notable contaminación al ambiente, constituyéndose un foco contaminante y ocasionando problemas medioambientales que afligen a los habitantes del sector.

La parroquia Fátima, cuenta con 941 habitantes, que se dedican en su mayoría a la ganadería y la agricultura, haciendo uso del agua de los ríos aledaños a su parroquia, los cuales resultan con altos índices de contaminación; debido a las aguas residuales descargadas de la planta procesadora Lácteos Oriente del Ecuador, siendo perjudicial para el ambiente y para los moradores del sector.

De acuerdo al artículo 5.2.4.9 “Las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia.” Del 5.2.4 Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce del Anexo I DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA; Acuerdo Ministerial 097-A publicado en el registro oficial N° 387 del 04 de noviembre del 2015.

Es por eso que la planta LÁCTEOS ORIENTE DEL ECUADOR se ha preocupado por implementar un Sistema de Tratamiento de aguas residuales, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los pobladores y reducir los impactos ambientales en esta zona, por este motivo, el Gerente General de la planta ha emitido el pertinente aval para desarrollar el proyecto contribuyendo al objetivo planteado, como es el “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA PLANTA PROCESADORA ‘LÁCTEOS ORIENTE DEL ECUADOR’, UBICADA EN LA PROVINCIA PASTAZA**”, cumpliendo con lo establecido en la normativa ambiental legal vigente.

1.3 Línea de base del proyecto

1.3.1 Antecedentes de la empresa

Lácteos Oriente del Ecuador, se encuentra ubicada en la Amazonía ecuatoriana, en la provincia más grande el Ecuador Pastaza, en el cantón que lleva su mismo nombre siendo su cabecera cantonal la ciudad de Puyo, conocida también como “La ciudad canela”.

La planta comienza sus funciones en el año 2001, como una empresa familiar, incursionando en el mercado con la elaboración de leche de consumo y quesos. En un inicio la planta procesaba diariamente 500 litros de leche cruda.

Actualmente, se procesan 1500 litros por día, destinando 50% para la producción de leche de consumo y 50% para la elaboración de quesos.

Además, cuenta con tres marcas, Del Campo, Superior y Megalac, las cuales son distribuidas principalmente en las provincias de Pastaza, Morona Santiago, Sucumbíos, Orellana y parte de Tungurahua.

El lactosuero producido por la planta es recogido en tanques de almacenamiento, ya que el mismo es comercializado a los habitantes de la zona para la alimentación de cerdos.

La gran demanda productiva de la planta, provoca altos índices de contaminación al ambiente, ya que se generan aguas residuales producto del proceso y de la limpieza diaria y que luego son descargadas directamente a un pantano cercano a un Riachuelo S/N, que desemboca en el Río Puyo, lo cual genera una eminente contaminación, atentando contra el bienestar del ser humano y siendo perjudicial para los animales y al sector agrícola.

Es por eso que Lácteos Oriente del Ecuador, se ha visto en la obligación de llevar a cabo el presente estudio para la implementación de un Sistema de Tratamiento de las aguas residuales que allí se generan, con el fin de dar cumplimiento a las exigencias ambientales dispuestas en el artículo 5.2.4.9 “Las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia”.

El tratar el agua residual adecuadamente antes de su vertido, representa una excelente alternativa, reduciendo al máximo la contaminación. La descarga se produce hacia un cuerpo de agua dulce, es por ello que, para el desarrollo del presente estudio, será preciso basarse en la Tabla 9-Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del TULSMA.

1.3.2 Tipo de estudio

El proyecto es de tipo experimental, en el cual se lleva a cabo una recopilación y posterior análisis de datos necesarios para establecer los elementos de estudio.

1.3.3 Metodología

Para diseñar el Sistema de Tratamiento de las aguas residuales generadas en la planta procesadora Lácteos Oriente del Ecuador, será preciso recoger información acerca del sistema de descarga de aguas residuales de la planta. La planta descarga sus aguas directamente a un pantano, a través de un sistema de tubería PVC.

A continuación, se ejecutará el aforo de las descargas con el fin de obtener el valor del caudal y las muestras para la caracterización primaria; de esta manera dar paso al inicio del proceso de diseño.

Como primer punto se ejecutará la caracterización físico-química y microbiológica para conocer los parámetros que se encuentran fuera de los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente. Seguidamente, se realizará pruebas de tratabilidad, para conocer el tratamiento adecuado a utilizar.

Con base en los resultados obtenidos se procederá a realizar los cálculos ingenieriles para dimensionar la planta, al implementar el sistema de tratamiento se obtendrá un agua residual que cumpla con lo establecido en la norma TULSMA tabla 9. Acuerdo Ministerial 097A del 30 de Julio 2015 Límites de descarga a un Cuerpo de Agua Dulce; reduciendo al máximo el daño ambiental y contrariedades a la población, permitiendo el uso del agua en las actividades ganaderas y agrícolas de los moradores.

Finalmente, se llevará a cabo la validación del diseño a través de la caracterización físico-química y microbiológica del agua residual, previo a su descarga, para verificar que han bajado los niveles de contaminación en exceso y se encuentren dentro de la norma permisible.

1.3.4 Técnicas

Las técnicas a utilizar en la caracterización físico-química y microbiológica del agua residual a tratar, se encuentran determinadas en el manual de procedimientos técnicos del laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo, los cuales se encuentran basados en el Estándar Methods for Examination of Water and Wastewater, del año 2017, detallados en la actual edición y el manual de Análisis de Agua, Métodos HACH.

Los métodos a utilizar son los siguientes:

Tabla 1-1 Métodos utilizados en la determinación de parámetros

Parámetro	Método	Procedimiento	Equipo
DQO	STANDARD METHODS 5220 - D mod	Cuando se digiere una muestra, el ion dicromato oxida el material COD en la muestra. Esto da como resultado el cambio de cromo del estado hexavalente (VI) al estado trivalente (III). Ambas especies de cromo están coloreadas y absorben en la región visible del espectro.	Digestor de DQO
DBO ₅	STANDARD METHODS 5210 – B	El método consiste en llenar con muestra, a rebosar, una botella hermética del tamaño especificado e incubarla a la temperatura específica durante 5 d. El oxígeno disuelto se mide inicialmente y después de la incubación, y la DBO se calcula a partir de la diferencia entre DO inicial y final.	Digestor de DBO ₅
Nitrógeno Total	STANDARD METHODS 4500 - N - B mod	En presencia de H ₂ SO ₄ , sulfato de potasio (K ₂ SO ₄) y catalizador sulfato cúprico (CuSO ₄), el nitrógeno amino de muchos materiales orgánicos se convierte en amonio. El amoníaco libre se convierte en amonio. Después de la adición de la base, el amoníaco se destila de un medio alcalino y absorbido en ácido bórico o ácido sulfúrico. El amoníaco puede ser determinado colorimétricamente, mediante un electrodo selectivo de amoníaco, o mediante titulación con un ácido mineral estándar.	Equipo KJELDAHL

Detergentes	STANDARD 5540 - C mod	METHODS	Los tensoactivos entran a las aguas y aguas residuales principalmente mediante la descarga de desechos acuosos del lavado doméstico e industrial y otras operaciones de limpieza. El método comprende tres extracciones sucesivas de medio acuoso ácido que contiene exceso de azul de metileno en cloroformo (CHCl ₃), seguido de un retrolavado acuoso y medición del color azul en el CHCl ₃ por espectrofotometría a 652 nm.	Espectrofotómetro
Cloruros	STANDARD 4500 - Cl - B	METHODS	El cloro liberará yodo libre de las soluciones de yoduro de potasio (KI) a pH 8 o menos. El yodo liberado se titula con una solución estándar de tiosulfato de sodio (Na ₂ S ₂ O ₃) con almidón como indicador. Valorar a pH 3 a 4 porque la reacción no es estequiométrica a pH neutro debido a la oxidación parcial de tiosulfato a sulfato.	Titulación con indicador de color
Fósforo Total	STANDARD 4500 - P - E mod	METHODS	El molibdato de amonio y el tartrato de potasio y antimonio reaccionan en medio ácido con ortofosfato para formar un heteropoliácido-ácido fosfomolibdico, que se reduce a azul de molibdeno intenso con ácido ascórbico.	Espectrofotómetro
pH	STANDARD 4500 - H - B	METHODS	Este método permite la determinación del pH del agua. El principio básico de la medición electrométrica del pH es la determinación de la actividad de los iones de hidrógeno por medida potenciométrica utilizando un electrodo de hidrógeno estándar	pHmetro

Aceites y Grasas	EPA 418.1	<p>y un electrodo de referencia. El electrodo de hidrógeno consiste de un electrodo de platino a través del cual se burbujea gas de hidrógeno en una presión de 101 kPa.</p> <p>Este método es para la medición de petróleo extraíble de fluorocarbono-113 hidrocarburos de aguas superficiales y salinas, desechos industriales y domésticos. La muestra se acidifica a un pH bajo (<2) y se extrae en serie con fluorocarbono-113 en un embudo de separación. Las interferencias se eliminan con sílice gel adsorbente. El análisis infrarrojo del extracto se realiza por directa comparación con los estándares.</p>	Embudos de Separación/Extracción con hexano
Sólidos Suspendidos	STANDARD METHODS 2540 – D	Una muestra bien mezclada se filtra a través de un filtro de fibra de vidrio estándar pesado y el residuo retenido en el filtro se seca a un peso constante de 103 a 105 ° C. El aumento en peso del filtro representa el total de sólidos en suspensión. Si el material suspendido obstruye el filtro y prolonga la filtración, puede ser necesario aumentar el diámetro del filtro o disminuir el volumen de muestra. Para obtener una estimación del total de sólidos suspendidos, calcule la diferencia entre el total de sólidos disueltos y el total de sólidos.	Método Gravimétrico
Sólidos Totales	STANDARD METHODS 2540 – B	Una muestra bien mezclada se evapora en un plato pesado y se seca a peso constante en un horno a 103 a 105 ° C. El aumento de peso sobre el del plato vacío representa los sólidos totales.	Método Gravimétrico

Color Real	STANDARD 2120 – C	METHODS	En esta sección, una introducción proporciona definiciones, pretratamiento para la eliminación de turbidez y orientación en la selección de métodos. Los nuevos métodos son la espectrofotometría de longitud de onda única (2120C).	Espectrofotómetro
Coliformes Fecales	STANDARD 9222 D	METHODS	Filtrar la muestra a través de un filtro de membrana. Coloque la membrana en agar mFC que contenga anilina azul como indicador. Incubar a 44.5C por 22-24 h. Las colonias que tienen varios tonos de azul son positivas para coliformes fecales. El color azul indica la capacidad de fermentar la lactosa en ácido. Requisitos: ingredientes para agar mFC; tampón para enjuague y diluciones; platos de cultivo (50x10 mm); la membrana de 0.65 micras filtra los filtros de membrana micrométrica, certificados para retener completamente los coliformes fecales. Refrigeración; autoclave; colector de filtro múltiple y estéril; pipetas estériles; fórceps, alcohol. Incubadora a 44.5 + - 0.2C. Un microscopio de disección binocular de campo amplio de baja potencia (10-15 aumentos) o equivalente.	Equipo de filtración de membrana

Fuente: (Federation, 2017)

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

1.3.5 Medición del caudal de agua residual producido en la planta

Para la medición del caudal volumétrico, se utilizó un balde graduado de 20 litros y un cronómetro. La medición se realizó cada hora durante siete días, de 08:00 que empieza la jornada de trabajo hasta las 15:00 que finaliza la misma, llenando en el balde 5 litros de agua residual, para así establecer la relación litros por segundo; obteniéndose 8 mediciones al día y 56 a la semana.

Para calcular el caudal se utilizó la siguiente fórmula:

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

Ecuación 1

Donde:

Q= caudal, L/s

V= volumen de llenado, L

t= tiempo de llenado, s

El caudal más alto obtenido fue de 0.57 L/s en el día miércoles y el más bajo fue de 0.42 L/s en el día sábado.

A continuación, en la tabla 2.1 se detalla la medición del caudal:

Tabla 2-1 Medición del caudal

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	L/s						
08:00	0,41	0,58	0,56	0,52	0,45	0,46	0,49
09:00	0,58	0,55	0,58	0,48	0,47	0,43	0,45
10:00	0,53	0,56	0,55	0,57	0,53	0,41	0,43
11:00	0,49	0,56	0,58	0,55	0,50	0,46	0,49
12:00	0,52	0,53	0,57	0,59	0,48	0,46	0,38
13:00	0,51	0,49	0,59	0,55	0,59	0,41	0,46
14:00	0,56	0,48	0,57	0,57	0,46	0,34	0,52
15:00	0,57	0,54	0,58	0,56	0,45	0,42	0,39
Promedio	0,52	0,54	0,57	0,55	0,49	0,42	0,45

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

El caudal que se utilizará para el diseño de la planta será el del día miércoles, siendo el caudal más alto de la planta, con un valor de 0,57 L/s; 2,052 m³/h.

1.3.6 Toma de muestras del agua residual de la planta

El tipo de muestra que será manejado en este proyecto investigativo será una muestra compuesta, la cual consiste en una combinación de muestras recogidas de la tubería de descarga de la planta a distintos tiempos.

La toma de muestras se ejecutó en intervalos de una hora durante toda la jornada de trabajo, desde las 08:00 hasta las 15:00. Para lo cual se utilizó botellas de 1,25 L y un balde de 20 litros. Las muestras tomadas cada hora fueron colocadas en agua fría en sus respectivas botellas, con el fin de preservar la calidad de la misma, una vez obtenida el agua residual del día de jornada, se procedió a realizar una muestra compuesta homogenizada para los análisis correspondientes. La muestra debe mantenerse y ser transportada a temperaturas bajas hasta el laboratorio donde se llevará a cabo la caracterización primaria, para evitar alteraciones en los resultados.

1.3.7 Caracterización del agua residual de la planta

La caracterización primaria de la muestra de agua se llevó a cabo en el laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Los parámetros analizados fueron comparados con lo establecido en la Tabla 9-Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del TULSMA, considerando los parámetros más significativos, dando los resultados consiguientes:

Tabla 3-1 Caracterización primaria del agua residual

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/ PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
pH	-	PE-LSA-01	7,92	+/-0,08	6-9
Conductividad	μS/cm	PE-LSA-02	489	+/-8%	-
*Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	295,43	N/A	30,0
Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	0,47	N/A	0,5
Color Real	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 – C	1645	N/A	Inapreciable en dilución:1/20
Turbiedad	FTU – NTU	STANDARD METHODS 2130 – B	244	N/A	-
*Sólidos Totales	mg/L	PE-LSA-04	2568	+/-6%	1600
*Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2 D	606	N/A	130
*DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D mod	3300	+/-10%	200
*DBO ₅	mgO ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 – B	1874	N/A	100
Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E	9,49	N/A	10,0
Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - Cl – E	354,5	N/A	1000
*Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - N - B mod	171,4	N/A	50,0
Coliformes Fecales	UFC/100ml	STANDARD METHODS 9222 – D	<1 (Ausencia)	N/A	2000

* Parámetros que se encuentran fuera de Norma

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales S.A.

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

Como se puede apreciar los parámetros que se encuentran fuera de norma son DBO=1874 mg/L; DQO=3300mg/L; Aceites y Grasas=245,93 mg/L; SS=606 mg/L; ST=2568 mg/L y Nitrògeno Total=171,4 mg/, por lo cual se deberá analizar y aplicar la correcta tratabilidad a la que serán sometidas las aguas residuales, para disminuir la carga contaminante.

1.3.8 Tratamiento de las aguas residuales

Para el tratamiento de las aguas residuales de la planta procesadora Lácteos Oriente del Ecuador, se optó por un tratamiento físico-químico.

1.3.8.1 Tratamiento físico

- Trampa de grasas

El tratamiento comienza con la operación de separación o eliminación de grasas y aceites contenidos en el agua residual mediante la implementación de una trampa de grasas a escala de laboratorio, para lo cual se utilizó un recipiente rectangular con una tubería de entrada en la parte superior y una tubería de salida en la parte inferior, además se colocó unas pantallas plásticas. El tiempo de retención de los 20 litros del agua residual fue de 3 minutos.

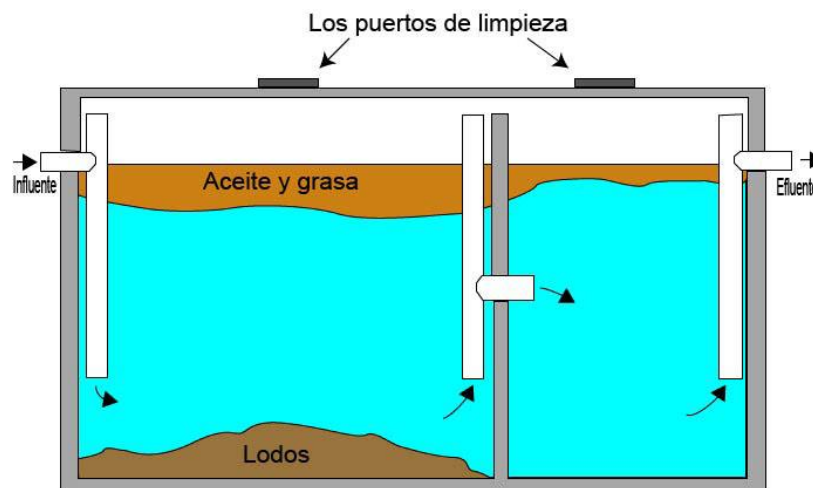


Figura 1-1 Trampa de Grasas

Fuente: http://www.biodyne-bogota.com/agr_trampas_de_grasa.html

- *Filtro lento de grava y arena*

Una vez realizado el proceso de separación de grasas y aceites, se dio paso al siguiente proceso físico que es la filtración, haciendo uso de un filtro lento compuesto por grava y arena. Mediante este proceso se busca eliminar al máximo material sólido que se encuentran en el agua residual.

Entre las ventajas del filtro lento, está la eficiencia en la clarificación del agua, además de facilidad para su construcción y los bajos costos económicos.

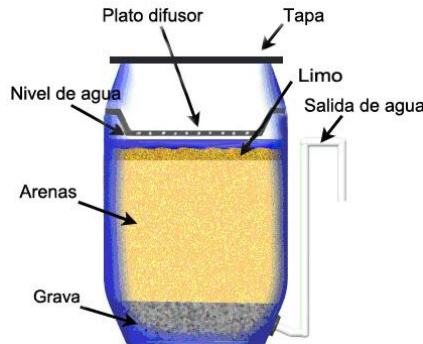


Figura 2-1 Filtración de las Aguas Residuales

Fuente: <http://alnaturalveracruz.blogspot.com/2013/01/filtro-lento-de-arena.html>

Tabla 4-1 Caracterización del agua residual después del tratamiento físico

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
pH	-	3,8	6-9
*Aceites y grasas	mg/l	18	30,0
Turbiedad	FTU – NTU	225	-
*Sólidos Totales	mg/l	1287	1600
Sólidos Suspendidos	mg/l	251	130
DQO	mg/l	2534	200
DBO ₅	mgO ₂ /l	1026	100
Nitrógeno Total	mg/l	147,3	50,0

* Parámetros que cumplen con la Normativa después del tratamiento físico.

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

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

Se puede observar en la tabla 4.1 que después del tratamiento físico aplicado a las aguas residuales, hubo una evidente reducción de carga en los parámetros: Aceites y Grasas con un valor de 18mg/L y Sólidos Totales con un valor de 1287 mg/L, logrando así cumplir con la normativa.

1.3.8.2 Tratamiento químico

- Test de jarras

El Test de Jarras es un tratamiento químico de gran importancia, debido a que permite conocer las dosificaciones óptimas de coagulante y floculante a suministrar a las aguas residuales con el fin de lograr una eficiente precipitación química y una correcta tratabilidad.

Tabla 5-1 Equipos, materiales, sustancias y reactivos utilizados en el test de jarras

EQUIPOS Y MATERIALES	SUSTANCIAS Y REACTIVOS
<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de Jarras • Balón aforado (100ml) • Pipetas graduadas (5ml, 10ml) • Vasos de precipitación (100ml) • Probeta graduada (1000ml) • pH-metro • Turbidímetro • Jarras (1L) • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Coagulantes: <ul style="list-style-type: none"> - Policloruro de Aluminio al 10 % - Solución de Sulfato de Aluminio al 10% - Solución de Cloruro Férrico al 10% • Floculantes: <ul style="list-style-type: none"> - Polielectrolito al 0,05% - NaOH (hidróxido de sodio) 1N • Agua Residual Láctea

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

- Procedimiento:

- Medir la turbiedad y el pH de la muestra cruda.
- Calibrar el pH adicionando NaOH.
- Colocar 1L de muestra cruda en cada jarra.

- Añadir las dosis determinadas de coagulante y floculante en cada jarra (la concentración de floculante debe ser constante).
- Realizar la agitación a 200 rpm durante 5 minutos.
- Dejar reposar las muestras por 30 minutos, con el fin de que estas sedimenten.
- Medir nuevamente el pH y la turbiedad para conocer el grado de clarificación logrado.

- *Tratamiento con sulfato de aluminio*

Se realizó siete muestras a diferentes dosificaciones, con una agitación constante de 200 rpm durante 5 minutos, fue necesario ajustar el pH con 2,5 ml de NaOH a concentración 1N; obteniendo un pH de 7,9 y una turbidez inicial de 225 NTU.

Tabla 6-1 Tratamiento con sulfato de aluminio al 10%

Nº Jarra	ml NaOH	Coagulante (ml) Sulfato de Aluminio	PPM	RPM	Turbidez (30 min)
1	2,5	4	400	200	116
2	2,5	6	600	200	101
3	2,5	8	800	200	96
4	2,5	10	1000	200	75
5	2,5	12	1200	200	113
6	2,5	14	1400	200	82
7	2,5	16	1600	200	65

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

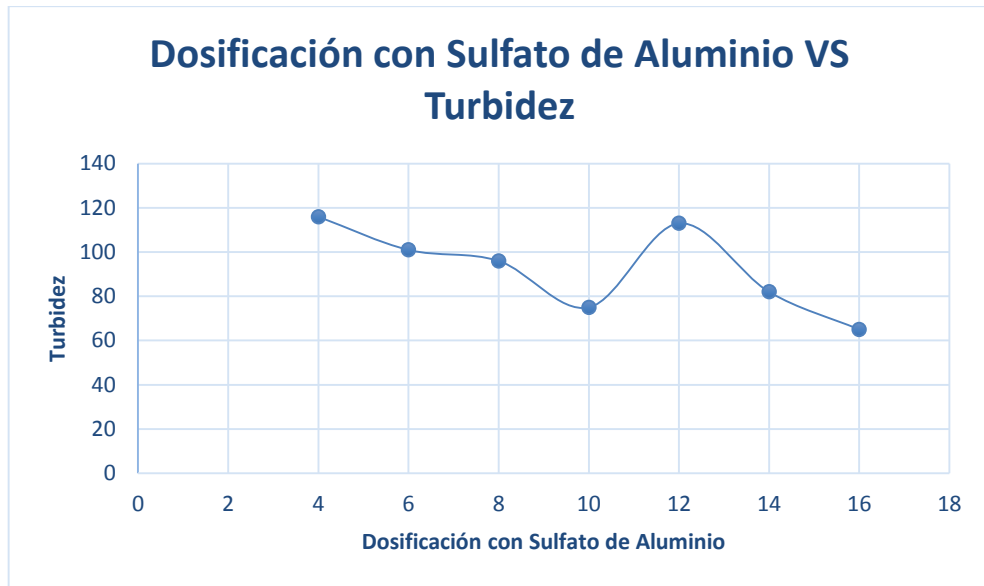


Gráfico 1-1: Dosificación con sulfato de aluminio VS turbidez
 Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

En base a los resultados obtenidos las dosificaciones óptimas son 10 ml y 16 ml de sulfato de aluminio como se puede ver en la tabla 6; dieron los mejores resultados con valores de turbidez de 75 y 65 NTU respectivamente, sin embargo, es demasiado alta la diferencia entre estas dos dosificaciones y el resultado no varía mucho, lo que quiere decir que el sulfato de aluminio no dio efectos positivos en el tratamiento.

- *Tratamiento con policloruro de aluminio*

Se llevó a cabo nueve muestras con dosificaciones distintas, la agitación fue constante a 200 rpm durante 5 minutos, se ajustó el pH con 2,5 ml de NaOH a concentración 1N; obteniendo un pH de 7,8; la turbidez inicial de 225 NTU.

Tabla 7-1 Tratamiento con policloruro de aluminio

N° Jarra	ml NaOH	Coagulante (ml) Policloruro de Aluminio	PPM	RPM	Turbidez (30 min)
1	2,5	1	100	200	92
2	2,5	2	200	200	75
3	2,5	3	300	200	73
4	2,5	3,5	350	200	21
5	2,5	4	400	200	45
6	2,5	4,5	450	200	44
7	2,5	6	600	200	57
8	2,5	8	800	200	171
9	2,5	10	1000	200	170

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

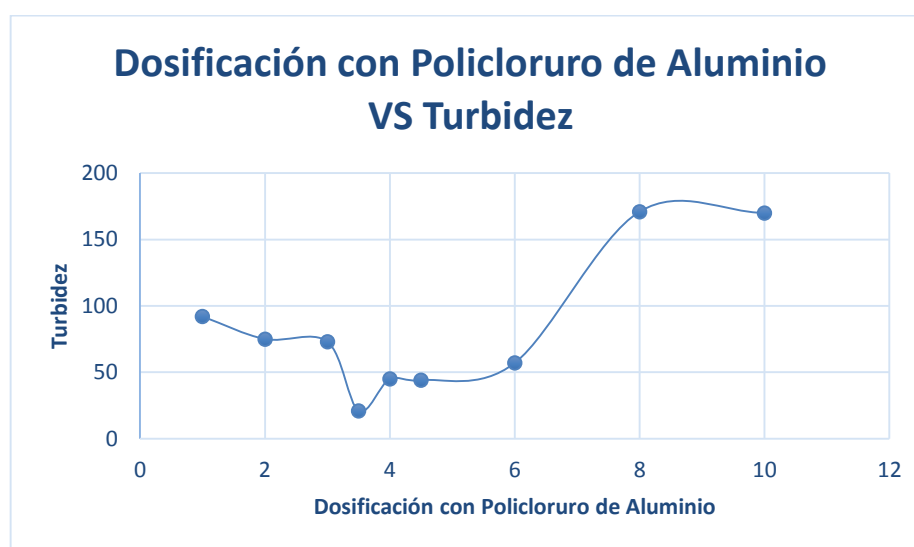


Gráfico 2-1: Dosificación con policloruro de aluminio VS turbidez

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

En la tabla 7-1 se puede observar que la dosificación con 3,5 ml de Policloruro de Aluminio a 350 ppm, es la más óptima, arrojando un resultado de 21 NTU de turbidez, lo cual nos indica que es una buena alternativa para el tratamiento del agua residual en la planta, ya que se utiliza una pequeña cantidad de coagulante.

- *Tratamiento con cloruro férrico*

Para este tratamiento, se preparó ocho muestras, a diferentes dosis de coagulante, no fue necesario ajustar el pH, ya que el cloruro férrico actúa mejor con un pH bajo, el mismo que fue de 3,8 y una turbidez inicial de 225 NTU.

Tabla 8-1 Tratamiento con cloruro férrico

Nº Jarra	Coagulante (ml) Cloruro Férrico	PPM	RPM	Turbidez (30 min)
1	2	200	200	23
2	3	300	200	25
3	3,5	350	200	8
4	4	400	200	13
5	4,5	450	200	17
6	6	600	200	21
7	8	800	200	106
8	10	1000	200	214

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

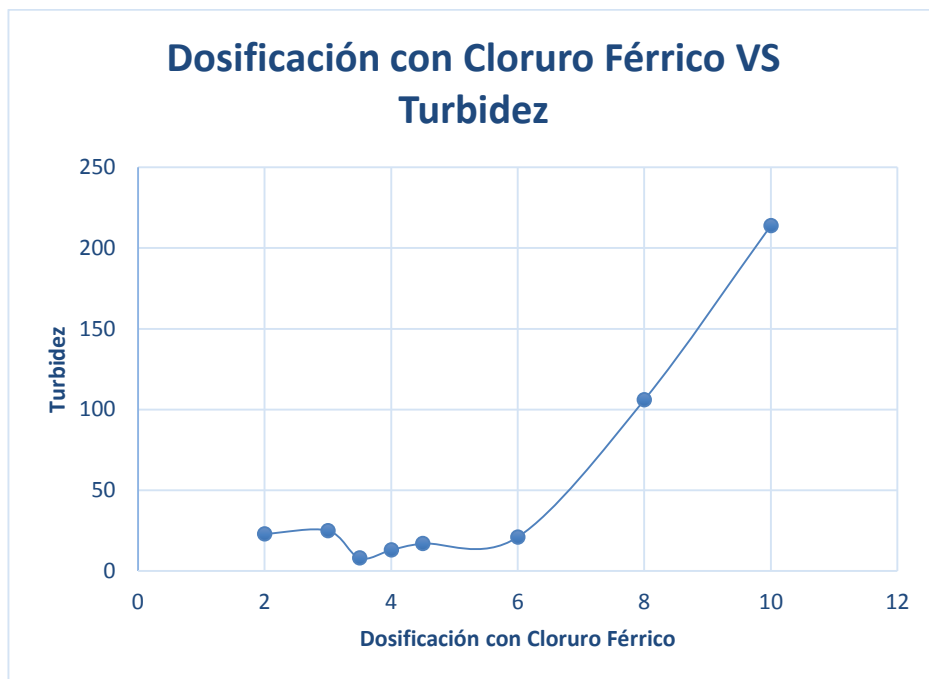


Gráfico 3-1: Dosificación con cloruro férrico VS turbidez

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

Como se puede apreciar en la tabla 8-1, la dosis óptima de coagulante para la clarificación del agua residual es de 3,5 ml, a 350 ppm, obteniendo un resultado de turbidez de 8 NTU.

- *Tratamiento con polielectrolito*

Una vez realizada las pruebas con los coagulantes, se procedió a tomar las muestras con los mejores resultados, la muestra con 3,5 ml de PAC y la muestra con 3,5 ml de cloruro férrico, a los cuales se agregó diferentes cantidades de Polielectrolito a una concentración de 0,05%, alcanzando los siguientes resultados:

Tabla 9-1 Policloruro de aluminio con polielectrolito

Nº Jarra	Polielectrolito (ml)	RPM	pH	Turbidez (30 min)
1	0,25	200	7,7	11
2	0,5	200	7,96	8
3	0,75	200	8,1	21
4	1	200	8,1	24

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

Tabla 10-1 Cloruro férrico con polielectrolito

Nº Jarra	Polielectrolito (ml)	RPM	pH	Turbidez (30 min)
1	0,25	200	6,2	14
2	0,5	200	6,5	10
3	0,75	200	6,5	6
4	1	200	6,3	17

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

- Después de realizar las dosificaciones correspondientes, se realizó los análisis de los parámetros en la muestra con PAC y polielectrolito, dando los siguientes valores: DBO=91 mg/L; DQO=178 mg/L; Nitrógeno=33 mg/L y Sólidos Suspendidos=14 mg/L.
- Para la muestra con cloruro férrico y polielectrolito, los resultados fueron: DBO=107 mg/L; DQO=283 mg/L; Nitrógeno=46 mg/L y Sólidos Suspendidos=38 mg/L.

- *Prueba de sedimentación*

Procedimiento:

1. Colocar el agua tratada dentro de la probeta de 1000 ml.
2. Dejar reposar y registrar a tiempos determinados el volumen de lodo hasta que este sea constante.
3. Realizar un gráfico con los datos conseguidos.

Tabla 11-1 Prueba de sedimentación

Tiempo (min)	0	5	10	15	20	25	30
Volumen (ml)	1000	750	600	450	300	200	150

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

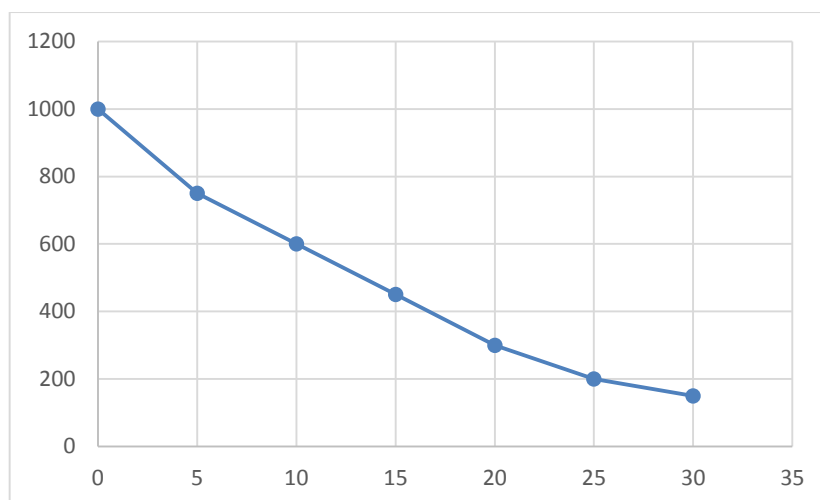


Gráfico 4-1 Curva de sedimentación

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

1.3.9 Caracterización del agua residual tratada

Tabla 12-1 Caracterización del agua residual tratada

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
pH	-	7,92	6-9
Aceites y grasas	mg/l	18	30,0
Turbiedad	FTU – NTU	8	-
Sólidos Totales	mg/l	1287	1600
Sólidos Suspendidos	mg/l	14	130
DQO	mg/l	178	200
DBO ₅	mgO ₂ /l	91	100
Nitrógeno Total	mg/l	33	50,0

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1 Directos.

- Planta Procesadora 'LÁCTEOS ORIENTE DEL ECUADOR'

1.4.2 Indirectos.

- La población de la parroquia Fátima, cantón Pastaza.

CAPÍTULO II

2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo general

“Diseñar un Sistema de Tratamiento para las Aguas Residuales generadas en la planta procesadora ‘LÁCTEOS ORIENTE DEL ECUADOR’, ubicada en la provincia Pastaza”

2.2 Objetivos específicos

- Determinar las características físico - químicas y microbiológicas de las aguas residuales generadas en la planta.
- Identificar los parámetros obtenidos, mediante los análisis del agua residual.
- Efectuar pruebas de tratabilidad y realizar los cálculos ingenieriles correspondientes para dimensionar el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Validar el diseño y los costos para llevar a cabo el estudio técnico propuesto, de acuerdo a la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9-Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del TULSMA.

CAPÍTULO III

3 ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del proyecto

La planta procesadora Lácteos Oriente del Ecuador, se encuentra ubicada en el Km 3 vía Napo, en la parroquia Fátima, del cantón Pastaza perteneciente a la provincia Pastaza, la misma que limita al norte con la parroquia Teniente Hugo Ortiz, al sur con la cabecera cantonal Puyo, al este con la parroquia Diez de Agosto y al oeste con el cantón Mera.

La extensión de la parroquia Fátima es de 93 Km². Entre los ríos más importantes anotamos: Anzu, Arajuno, Guamanyacu y Puyo; y su temperatura oscila entre 18° C. y 24° C.”

El nombre de Fátima es en honor a la Virgen de Fátima, por sugerencia de los misioneros Josefinos. (GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DE PASTAZA, 2017)

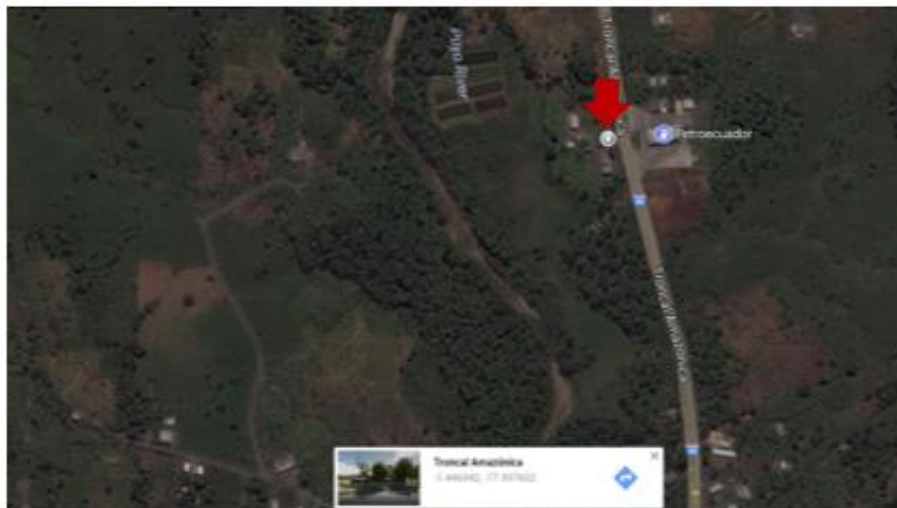


Figura 1-3 Localización de la planta Lácteos Oriente del Ecuador

Fuente: Google Earth 2018

3.2 Ingeniería del proyecto

3.2.1 Aguas residuales

Se entiende por aguas residuales a los residuos líquidos generados a partir de procesos cotidianos. Toda planta de producción genera residuos, los cuales representan una inminente contaminación hacia el ambiente, ya que poseen componentes con altos índices de contaminantes como el ácido láctico, sustancias orgánicas disueltas, grasas y aceites, entre otras.

Es por ello que es necesario dar un adecuado tratamiento a las aguas con el fin de bajar los niveles de contaminación.

3.2.2 Clasificación de las aguas residuales según su fuente de descarga

- a. Agua Residual Domésticas: son los líquidos que proceden de viviendas y servicios, son producidas por actividades domésticas y poseen principalmente materia orgánica, nitrógeno y sales minerales.
- b. Aguas Residuales Industriales: aguas generadas de la producción de las industrias, con un grado de contaminación alto y siendo más difícil su eliminación.
- c. Aguas Residuales Urbanas: constituye generalmente una mezcla entre las aguas residuales domésticas y las industriales, las cuales son transportadas a través de un sistema de alcantarillado hacia una planta para su respectivo tratamiento.

3.2.3 Composición

Las aguas residuales industriales provienen de las actividades realizadas en todos los procesos de una industria, desde el proceso productivo hasta la limpieza de la planta, están compuestas principalmente por sustancias orgánicas e inorgánicas, aceites, detergentes, ácidos, metales pesados, entre otros.

3.2.4 Características de las aguas residuales

Las aguas residuales pueden clasificarse en físicas, químicas y biológicas.

Tabla 1-3 Características físicas de las aguas residuales

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
pH	El pH es un factor importante que determina el nivel de acidez o basicidad que poseen las sustancias. La escala del pH va desde 0 hasta 14. Los valores menores que 7 indican el rango de acidez y los mayores que 7 el de alcalinidad o basicidad. El valor 7 se considera neutro.
Conductividad	La conductividad eléctrica, por lo tanto, es la capacidad de los cuerpos que permiten el paso de la corriente a través de sí mismos. Esta propiedad natural está vinculada a la facilidad con la que los electrones pueden atravesarlos y resulta inversa a la resistividad.
Temperatura	La temperatura es una propiedad intensiva de las sustancias. Indica el grado de movimiento de las partículas de un cuerpo. La temperatura de un agua se establece por la absorción de radiación en las capas superiores del líquido, estando ligada a la energía cinética media de sus moléculas.
Turbiedad	La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez.
Aceites y Grasas	Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo.
Color Real	El color del agua es importante no sólo para beber, sino también para los ambientes acuáticos, el hogar y el uso industrial. El color del agua puede ser causado por los materiales disueltos y suspendidos dentro de ella. El color verdadero es el color de la muestra luego de que ha sido filtrada y los materiales suspendidos han sido removidos, tales como algas y demás partículas que pueden causar turbidez.

Sólidos Suspendidos	Los sólidos suspendidos son los principales responsables de la turbiedad en el agua, son de composición altamente heterogénea.
Sólidos Totales	Los sólidos totales incluyen toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos. Se definen como la materia que permanecen como residuos después de evaporación y secado a 103°C. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos).
Sólidos Disueltos	La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2.0 μm (o más pequeños). Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas.
Sólidos Sedimentables	Volumen de las partículas sólidas que se depositan por la fuerza de la gravedad en un recipiente donde el líquido permanezca inmóvil durante 60 minutos. Materia en el agua residual que no permanece en suspensión durante un período predeterminado, por ejemplo 1 hora, sino que se deposita en el fondo.

Realizado por: Anabel Chariguamán., 2018

Tabla 2-3 Características químicas de las aguas residuales

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
DBO ₅	Es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable existente en un agua residual. Es por tanto una medida del componente orgánico que puede ser degradado mediante procesos biológicos.
DQO	Es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia orgánica y oxidable presente en un agua residual. Es por tanto una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente siendo un parámetro a controlar dentro de las distintas normativas de vertidos y que nos da una idea muy real del grado de toxicidad del vertido.
Nitrógeno Total	A medida que el agua se estabiliza, por oxidación bacteriana en medio aerobio se generan nitritos y posteriormente nitratos. El nitrógeno total es la suma del nitrógeno orgánico, amonio, nitrito y nitrato. El agua residual doméstica suele contener 20-50 mg/L de nitrógeno total y 12-40 mg/L de amonio.
Cloruros	Las elevadas concentraciones de cloruro presentes en aguas residuales, afectan de manera significativa la calidad del suelo.
Fósforo	El fósforo, es un elemento esencial para el crecimiento biológico, ya que favorece la eutrofización, provocando el crecimiento de las algas planctónicas
Detergentes	Reducen la tensión superficial del agua produciendo espuma asimismo interfieren en la absorción y disolución de oxígeno en el agua, lo que provoca que aumente la concentración de parámetros como DBO y DQO.

Realizado por: Anabel Chariguamán., 2018

Tabla 3-3 Características biológicas de las aguas residuales

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Coliformes Fecales	Se aprecian bacterias gran negativas aeróbicas y anaeróbicas, facultativas, entre otras.
Coliformes Totales	Formadas en gran parte por Escherichia coli y otras especies de Klesbiella.

Realizado por: Anabel Chariguamán., 2018

3.3 Cálculos del diseño

3.3.1 Caudal de diseño

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

Ecuación 2

Donde:

Q: Caudal aforado; $\frac{m^3}{s}$

V: Volumen; m^3

t: Tiempo; s

$$Q = \frac{0,57L}{s} * \frac{1m^3}{1000L} = 0,00057 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 0,00057 \frac{m^3}{s}$$

Se utilizará un factor de seguridad de 20% para calcular el caudal de diseño:

$$Q_d = Q + QFM$$

Ecuación 3

Donde:

Q_d: Caudal de diseño; $\frac{m^3}{s}$

FM: Factor de mayorización; adimensional

$$Q_d = 0,00057 \frac{m^3}{s} + 0,00057 \frac{m^3}{s} (0,2)$$

$$Q_d = \frac{0,00068m^3}{s} = \frac{0,68L}{s}$$

3.3.2 Diseño del tanque de almacenamiento

- Cálculo del volumen del tanque

$$V_{TA} = Q_{diseño} * tr$$

Ecuación 4

Donde:

V_{TA}: Volumen del tanque; m³

Q_{diseño}: Caudal de diseño; m³/día

tr: Tiempo de retención; día

$$V_{TA} = 19,699 \frac{m^3}{día} * 3 \text{ días}$$

$$V_{TA} = 59,098 \text{ m}^3$$

- Cálculo del área del tanque

Se asume 5 m para la altura del tanque.

$$A_{TA} = \frac{V_{TA}}{H_{TA}}$$

Ecuación 5

Donde:

A_{TA}: Área del tanque; m²

V_{TA}: Volumen del tanque; m³

H_{TA}: Altura del tanque; m

$$A_{TA} = \frac{59,098 \text{ m}^3}{5 \text{ m}}$$

$$A_{TA} = 11,819 \text{ m}^2$$

- Cálculo del ancho del tanque

El tanque tendrá una geometría estructural cuadrada, por lo cual el cálculo será:

$$B_{TA} = \frac{A_{TA}}{H_{TA}}$$

Ecuación 6

Donde:

B_{TA}: Ancho del tanque; m

A_{TA}: Área del tanque; m²

H_{TA}: Altura del tanque; m

$$B_{TA} = \frac{11,819m^2}{5m}$$

$$B_{TA} = 2,364m$$

- *Cálculo de la longitud del tanque*

$$L_{TA} = \frac{V_{TA}}{B_{TA} * H_{TA}}$$

Ecuación 7

Donde:

L_{TA}: Longitud del tanque; m

V_{TA}: Volumen del tanque; m³

B_{TA}: Ancho del tanque; m

H_{TA}: Altura del tanque; m

$$L_{TA} = \frac{59,098m^3}{2,364m * 5m}$$

$$L_{TA} = 5m$$

3.3.3 *Canal de entrada*

- *Cálculo del radio hidráulico, RH*

El ancho del canal es de 0,25 m.

La altura de agua en el canal fue calculada mediante ecuaciones para tirante normal y tiene un valor de 0,030 m.

$$RH = \frac{B_c * H}{B_c + 2H}$$

Ecuación 8

Donde:

RH: Radio hidráulico; m

B_c: Ancho del canal; m

H: Altura de agua en el canal; m

$$RH = \frac{(0,25 * 0,030) m^2}{0,25 m + 2(0,030 m)}$$

$$RH = 0,024 m$$

- *Velocidad de flujo en el canal, v:*

Para el cálculo de la velocidad de flujo es necesario conocer el coeficiente de Manning, obtenido de la Tabla 16:3 el cual tiene un valor de 0,013 para un canal revestido de Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas y trabajamos con una pendiente de 0,005 m/m.

Tabla 4-3 Coeficiente de Manning para cálculo de canales

Canales revestidos	N	1/n
Tablas bastante derechas y sin vegetación	0,013	76,92
Tablas, con crecimiento de algas/musgos	0,015	66,67
Tablas bien cepilladas y firmemente fijadas	0,011	90,91
Ladrillos, paredes bien construidas	0,013	76,92
Ladrillos, paredes rugosas	0,015	66,67
Membrana de plástico sumergida	0,027	37,04
Ladrillos de mortero de cemento	0,020	50,00
Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas	0,013	76,92
Hormigón, piezas prefabricadas, sin terminar, paredes rugosas	0,015	66,67

Fuente: Metcalf y Eddy, 1995

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

$$v = \frac{1}{n} RH^{2/3} S^{1/2}$$

Ecuación 9

Donde:

v: Velocidad de flujo en el canal; m/s

RH: Radio hidráulico; m

S: Pendiente canal rectangular revestido de hormigón; m/m

n: Coeficiente de rugosidad de Manning; 0,013 adimensional (ver Tabla 4-3)

$$v_{md} = \frac{1}{0,013} (0,024m)^{2/3} (0,005)^{1/2}$$

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

- Área de la sección transversal del canal, A_{sc} :

$$A_{sc} = \frac{Q_d}{v}$$

Ecuación 10

Donde:

A_{sc} : Área de la sección transversal del canal; m^2

Q_d : Caudal de diseño; m^3/s

v : Velocidad de flujo en el canal; m/s

$$A_{sc} = \frac{0,00068 \text{ m}^3/s}{0,45 \text{ m/s}}$$

$$A_{sc} = 0,002 \text{ m}^2$$

- Altura total del canal, H_{TC} :

$$H_{TC} = H + H_s$$

Ecuación 11

Donde:

H_{TC} : Altura total del canal; m

H : Altura de agua en el canal; m

H_s : Altura de seguridad; m

$$H_{TC} = (0,030 + 0,15)m$$

$$H_{TC} = 0,18 \text{ m}$$

3.3.4 Rejillas

Para el diseño de rejillas es indispensable tener en cuenta la limpieza de las mismas. La cual se ejecuta mediante rastrillos especiales y es necesario que las rejillas se encuentren inclinadas en relación a la horizontal con un ángulo Θ , para que la limpieza sea más fácil. Según la forma en que se realice la limpieza, se conocerá el valor del ángulo. El valor de la velocidad de flujo hacia las barras debe estar entre 0,5 y 1,2 m/s, y la pérdida de carga se será calculada de acuerdo a la fórmula de Kirschmer (Krochin, 1986).

- Número de barras, N_b :

Es necesario usar rejillas gruesas para el tratamiento de aguas residuales, con un ancho entre 0,5 y 1,5 cm, se aconseja 1 cm.

La separación entre barras que se recomienda utilizar, es de 2,5 cm, con el fin de retener la mayor cantidad de materia sólida y evitar obstáculos o daños en los equipos (Romero, 2010).

Tabla 5-3 Criterios de diseño de rejillas de limpieza manual

CARACTERÍSTICAS	LIMPIEZA MANUAL	UNIDAD
Ancho de la barra	1,0	cm
Profundidad	2,5	cm
Separación entre barras, mm	2,5	Cm
Pendiente en relación a la vertical	45	Grados
Velocidad de aproximación	0,30 – 0,60	m/s
Pérdida de carga admisible	15	Cm

Fuente: Romero, 2010

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

$$N_b = \frac{B_c - S_b}{e_b + S_b}$$

Ecuación 12

Dónde

N_b : Número de barras

e_b : Espesor de barra: m (Ver Tabla 5-3)

B_c : Ancho del canal; m

S_b : Separación entre barras; m (Ver Tabla 5-3)

$$N_b = \frac{0,25 \text{ m} - 0,025 \text{ m}}{0,01 \text{ m} + 0,025 \text{ m}}$$

$$N_b = 6 \text{ barras}$$

- Longitud de las barras, L_b :

$$L_b = \frac{H_{TC}}{\text{Sen } \phi}$$

Ecuación 13

Donde:

L_b : Longitud de las barras; m

H_{TC} : Altura total del canal; m

ϕ : Ángulo de inclinación de las barras; 45° (ver Tabla 5-3)

$$L_b = \frac{0,18 \text{ m}}{\text{Sen } 45}$$

$$L_b = 0,25 \text{ m}$$

- Área libre entre barras, A_L :

$$A_L = \frac{Q_d}{v}$$

Ecuación 14

Donde:

A_L : Área libre entre barras; m²

Q_d : Caudal de diseño; m³/s

v : Velocidad de flujo; m/s

$$A_L = \frac{0,00068 \text{ m}^3/\text{s}}{0,45 \text{ m/s}}$$

$$A_L = 0,002 \text{ m}^2$$

- Área de la sección transversal de flujo

$$A_f = \frac{A_L(s + e)}{s}$$

Ecuación 15

Donde:

A_f : Área de la sección transversal de flujo

A_L : Área libre entre barras; m²

s : Separación entre barras, m

e : Espesor de la barra, m

$$A_f = \frac{0,002 \text{ m} (0,025 \text{ m} + 0,01 \text{ m})}{0,025 \text{ m}}$$

$$A_f = 0,002 \text{ m}$$

- Cálculo del nivel máximo de agua, $dm_{\text{máx}}$:

$$dm_{\text{máx}} = \frac{Q_d}{v * B_c}$$

Ecuación 16

Donde:

$dm_{\text{máx}}$: Nivel máximo de agua; m

Q_d : Caudal de diseño, m³/s

v : Velocidad de flujo; m/s

B_c : Ancho del canal; m

$$dm_{\text{máx}} = \frac{0,00068 \text{ m}^3/\text{s}}{0,45 \text{ m/s} * 0,25 \text{ m}}$$

$$dm_{\text{máx}} = 0,0030 \text{ m}$$

- Longitud sumergida de las rejillas, L_{sum} :

$$L_{\text{sum}} = \frac{dm_{\text{máx}}}{\text{sen}\phi}$$

Ecuación 17

Donde:

Lsum: Longitud sumergida de las rejillas; m

dmáx: Nivel máximo de agua; m

ϕ : Ángulo de inclinación de las barras; 45° (ver Tabla 5-3)

$$L_{sum} = \frac{0,030 \text{ m}}{\text{sen } 45}$$

$$L_{sum} = 0,042 \text{ m}$$

- Pérdida de carga en rejillas, h_p :

Para calcular se utiliza la ecuación de Kirschmer y los datos de la tabla siguiente.

Tabla 6-3 Coeficiente de pérdida para rejillas

FORM	A	B	C	D	E	F	G
β	2,42	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,79

Fuente: RAS, 2000

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

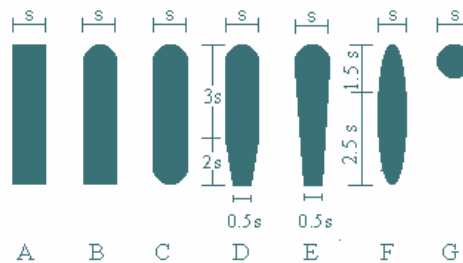


Figura 2-3 Formas de rejillas

Fuente: RAS, 2000

$$h_p = \beta \left(\frac{e_b}{S_b} \right)^{4/3} \left(\frac{v^2}{2g} \right) \text{sen } \phi$$

Ecuación 18

Donde:

h_p : Pérdida de carga; m

β : Coeficiente de pérdida según la forma de la rejilla; 1,79 (Ver Tabla 6-3)

S_b : Separación entre barras; 25 mm, 0,025 m (Ver Tabla 5-3)

e_b : Espesor de barra; 0,01 m (Ver Tabla 5-3)

v: Velocidad de flujo; m/s

g: Gravedad; 9,8 m/s²

∅ : Ángulo de inclinación de las barras; 45° (Ver Tabla 5-3)

$$h_p = 1,79 \left(\frac{0,01}{0,025} \right)^{4/3} \left(\frac{0,45^2}{2 * 9,8 \text{ m/s}^2} \right) \text{sen } 45$$

$$h_p = 0,004 \text{ m}$$

3.3.5 Trampa de grasas

Se ha considerado las normas RAS-2000 y OPS/CEPIS 2003

- Cálculo del área del tanque, A_T :

El área del tanque deberá ser de 0.25m² por cada litro por segundo. La velocidad ascendente mínima de 4mm/s y la relación ancho/longitud de 1:4 hasta 1:18 (RAS, 2000).

$$A_T = Q_d * a$$

Ecuación 19

Donde:

A_T : Área del tanque; m²

Q_d : Caudal de diseño, L/s

a : Área mínima del tanque por cada litro por segundo; 0,25 m²

$$A_T = 0,68 \text{ L/s} * \frac{0,25 \text{ m}^2}{1 \text{ L/s}}$$

$$A_T = 0,17 \text{ m}^2$$

- Cálculo del ancho del tanque, b_T :

$$b_T = \sqrt{\frac{A_T}{4}}$$

Ecuación 20

Donde:

b_T : Ancho del tanque; m

A_T : Área del tanque; m²

$$b_T = \sqrt{\frac{0,17 \text{ m}^2}{4}}$$

$$b_T = 0,21 \text{ m}$$

- Cálculo del largo del tanque, L_T :

$$L_T = b_T * 4$$

Ecuación 21

Donde:

L_T : Largo del tanque; m

b_T : Ancho del tanque; m

4: Relación ancho/longitud de 1:4

$$L_T = 0,21 \text{ m} * 4$$

$$L_T = 0,83 \text{ m}$$

- Cálculo del volumen útil, V_u :

Tabla 7-3 Tiempos de retención hidráulicos en trampas de grasas

Caudal de entrada (L/s)	Tiempo de retención (minutos)
20 o más	5
10 – 19	4
>9	3

Fuente: RAS, 2000

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

$$V_u = Q_d * T_{RH}$$

Ecuación 22

Donde:

V_u : Volumen útil; m^3

Q_d : Caudal de diseño, m^3/s

T_{RH} : Tiempo de retención; 3 min; 180 s (Ver Tabla 7-3)

$$V_u = 0,00068 \text{ m}^3/s * 180 \text{ s}$$

$$V_u = 0,12 \text{ m}^3$$

- *Cálculo de la profundidad útil, P_u :*

$$P_u = \frac{V_u}{A_T}$$

Ecuación 23

Donde:

P_u : Profundidad útil; m

V_u : Volumen útil; m^3

A_T : Área del tanque; m^2

$$P_u = \frac{0,12 \text{ m}^3}{0,17 \text{ m}^2}$$

$$P_u = 0,72 \text{ m}$$

- *Cálculo de la profundidad total del tanque, P_T :*

$$P_T = P_u + P_s$$

Ecuación 24

Donde:

P_T : Profundidad total del tanque; m

P_u : Profundidad útil; m

P_s : Profundidad de seguridad; 0,28 m

$$P_T = 0,72 \text{ m} + 0,28 \text{ m}$$

$$P_T = 1 \text{ m}$$

Ecuación 25

3.3.6. Diseño del filtro lento

Tabla 8-3 Parámetros de diseño del filtro

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Altura de drenaje	m	0,4-0,7
Altura de agua sobre el lecho	m	1-1,5
Altura de la capa de agua sobrenadante	m	1-1,15
Profundidad del medio	m	2-12

Fuente: ROMERO, 2002

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

Tabla 9-3 Espesor de medios filtrantes

MEDIO	Ø GRANO (mm)	ESPESOR (cm)
Capa de grava	2,4	10-45
Capa de arena	0,45-0,65	>0,30

Fuente: ROMERO, 2002

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

Tabla 10-3 Criterios de diseño para el sistema de drenaje

PARÁMETRO	VALOR
Separación de los laterales (m)	1-2
Diámetro de los orificios laterales (mm)	2-4
Espaciamiento de los orificios de laterales (cm)	10-30
Velocidad en el orificio (m/s)	0,3

Fuente: ROMERO, 2002

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

Tabla 11-3 Criterios de diseño para tuberías

PARÁMETRO	VALOR (m/s)
Velocidad de diseño (efluente)	0,9-1,8
Velocidad de diseño (afluente)	0,3-12

Fuente: ROMERO, 2002

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

- Número de filtros

$$n_f = 0.044 \sqrt{Q_p}$$

Ecuación 26

Donde

n_f : Número de filtros

Q_d : Caudal de diseño; m³/h

$$n_f = 0.044 \sqrt{19,699 \frac{m^3}{día}}$$
$$n_f = 1$$

- Área del filtro

$$A_f = \frac{Q_d}{n_f * v_F}$$

Ecuación 27

Donde:

A_f : Área del filtro; m²

Q_d : Caudal; m³ /h

n_f : Número de filtros

v_F : Velocidad de filtración; m/h. En el libro del autor CÉSAR MARRON, LIMA, 1999 sugiere una velocidad de filtración 1-1,5 m/h

$$A_s = \frac{2,462 \frac{m^3}{h}}{1 * 1,2 \frac{m}{h}}$$
$$A_s = 2,052 m^2$$

- Coeficiente de mínimo costo

$$K = (2 * n_f)/(n_f + 1)$$

Ecuación 28

Donde:

K : Coeficiente de mínimo costo; adimensional

n_f : Número de filtros; adimensional

$$K = (2 * 1)/(1 + 1)$$

$$K = 1$$

- Longitud del filtro

$$L = (Af * K)^{1/2}$$

Ecuación 29

Donde:

Af: Área superficial real; m²

K: Coeficiente de mínimo costo; adimensional

$$L = (2,052m^2 * 1)^{1/2}$$

$$L = 1,432 \text{ m}$$

- Ancho del filtro lento

$$B = \left(\frac{Af}{K}\right)^{1/2}$$

Ecuación 30

Donde:

B: Ancho del filtro lento; m

Af: Área superficial real; m²

K: Coeficiente de mínimo costo; adimensional

$$B = \left(\frac{2,052}{1}\right)^{1/2}$$

$$B = 1,432 \text{ m}$$

- Altura del lecho filtrante

$$H_{LF} = e_a + e_g$$

Ecuación 31

Donde:

H_{LF}: Altura del lecho filtrante; m

e_a: Espesor de la capa de arena; m. Tomado de la Tabla 9-3

e_g: Espesor de la capa de grava; m. Tomado de la Tabla 9-3

$$H_{LF} = 0,30 \text{ cm} + 0,25 \text{ cm}$$

$$H_{LF} = 0,55 \text{ cm}$$

- *Altura del filtro*

$$Z_f = f_s (C_a + H_{LF} + C_S + F_C)$$

Ecuación 32

Donde:

Z_f : Altura del filtro (m)

f_s : Factor de seguridad

C_a : Altura de la capa de agua (m). Tomado de la Tabla 8-3

H_{LF} : Altura del lecho filtrante; m.

C_S : Altura de la capa de soporte de grava (m). Tomado de la Tabla 9-3

F_C : Altura de drenaje (m). Tomado de la Tabla 8-3

$$Z_f = 1,10(1\text{ m} + 0,55\text{ m} + 0,25\text{ m} + 0,5\text{ m})$$

$$Z_f = 2,53\text{ m}$$

- *Volumen del filtro*

$$V_f = Z_f * L_f * a_F$$

Ecuación 33

Donde:

Z_f : Altura del filtro; m

L_f : Longitud del filtro; m

a_F : Ancho del filtro; m

$$V_f = 2,53\text{ m} * 1,432\text{ m} * 1,432\text{ m}$$

$$V_f = 5,191\text{ m}$$

- *Diámetro de la tubería a la entrada del filtro*

$$D_{te} = \sqrt{\frac{4 * Q_d}{v_e * \pi}}$$

Ecuación 34

Donde:

D_{te} : Diámetro de la tubería a la entrada del filtro; m

Q_d : Caudal de diseño; m³/s

v_e : Velocidad de entrada en la tubería; 3 m/s. Tomado de la Tabla 11-3

$$D_{te} = \sqrt{\frac{4 * 0,000684 \frac{m^3}{s}}{3 \frac{m}{s} * \pi}}$$
$$D_{te} = 0,017 \text{ m}$$

- *Diámetro de la tubería a la salida del filtro*

$$D_{ts} = \sqrt{\frac{4 * Q_d}{v_s * \pi}}$$

Ecuación 35

Donde:

D_{ts} : Diámetro de la tubería a la salida del filtro; m

Q_d : Caudal de diseño; m³/s

v_e : Velocidad de entrada en la tubería; 3 m/s. Tomado de la Tabla 1-3

$$D_{ts} = \sqrt{\frac{4 * 0,000684 \frac{m^3}{s}}{0,65 \frac{m}{s} * \pi}}$$
$$D_{ts} = 0,037 \text{ m}$$

- *Determinación del sistema de drenaje*

- *Cálculo del área de cada orificio*

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

Ecuación 36

Donde:

A_o : Área de cada orificio; m²

D : Diámetro del orificio; m. Tomado de la Tabla 10-3

$$A_o = \frac{\pi * (0,004 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_o = 0,0000126 \text{ m}^2$$

- Caudal que ingresa a cada orificio

$$Q_o = A_o * V_o$$

Donde:

Q_o : Caudal que ingresa a cada orificio; m³/s

A_o : Área de cada orificio; m²

V_o : Velocidad en el orificio; m/s. Tomado de la Tabla 11-3

$$Q_o = 0,0000126 \text{ m}^2 * 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q_o = 0,00000377 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- Número de laterales

$$\neq Lat = n * \frac{L_{tf}}{eL}$$

Ecuación 37

Donde:

$\neq Lat$: Número de laterales; adimensional

n : Número de laterales por lado. Valor asumido 2

L_{tf} : Longitud del filtro; m

eL : Separación entre laterales; m. Tomado de la tabla 10-3

$$\neq Lat = 2 * \frac{1,432 \text{ m}}{2 \text{ m}}$$

$$\neq Lat = 1,432$$

$$\neq Lat \approx 2$$

3.3.7. Diseño del floculador

La finalidad de este equipo es tratar el agua residual mediante la adición de productos químicos, para lo cual se ha diseñado un floculador mecánico vertical de paleta.

El equipo actúa a través de un motor que gira las paletas a determinadas revoluciones dentro del tanque, lo cual produce una mezcla uniforme entre el agua residual y los productos agregados.

Tabla 12-3 Cargas de superficie para diversas suspensiones químicas

Suspensión	Intervalo	Carga de superficie (m ³ /m ² d)
		Caudal punta
Floculo de cal	30 – 60	60
Floculo y hierro	25 – 50	50
Floculo de alúmina	25 – 50	50
Agua residual cruda	25 – 50	50

Fuente: (Eddy, 1995)

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

- *Cálculo del área superficial*

$$As = \frac{Q_d}{Cs}$$

Ecuación 38

Donde:

As: Área superficial; m²

Q_d: Caudal de diseño; m³/día

Cs: Carga superficial 50 (m³/m²-día) valor de la tabla 8-3 Cargas de superficie para diversas suspensiones químicas.

$$As = \frac{59,098 \frac{m^3}{día}}{50 m^3/m^2 día}$$

$$As = 1,182 m^2$$

- *Cálculo del ancho del floculador*

$$b = \sqrt{\frac{As}{2}}$$

Ecuación 39

Donde:

b: Ancho del tanque floculador; m

As: Área superficial; m²

$$b = \sqrt{\frac{1,182m^2}{2}}$$
$$b = 0,769 m$$

- *Cálculo del largo del tanque de floculador*

$$Lg = 2b$$

Ecuación 40

Donde:

Lg: Largo del tanque; m

b: Ancho del tanque floculador; m

$$Lg = 2(0,769m)$$

$$Lg = 1,538 m$$

- *Cálculo del volumen del tanque floculador*

Se considera una altura total de 1,5 metros.

$$V = Lg * b * H$$

Ecuación 41

Donde:

V: Volumen del tanque floculador (m³)

Lg: Largo del tanque; m

b: Ancho del tanque floculador; m

H: Altura del tanque; m

$$V = (1,538m) * (0,769m) * (1,5m)$$

$$V = 1,765 m^3$$

- *Cálculo del tiempo de retención*

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

Ecuación 42

Donde:

T_d: Tiempo de retención

V: Volumen del tanque floculador (m³)

Q: Caudal de diseño; m³/h

$$T_d = \frac{1,765 \text{ m}^3}{2,4624 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}$$

$$T_d = 0,71 \text{ h}$$

$$T_d = 42,6 \text{ min}$$

- *Cálculo de la potencia*

Tabla 13-3 Propiedades del agua a diferentes temperaturas

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA			
TEMPERATURA (°C)	DENSIDAD (Kg/m ³)	VISCOSIDAD DINÁMICA (N.s/m ²)	VISCOSIDAD CINEMÁTICA (m ² /s)
0	999,8	1,781*10 ⁻³	1,785*10 ⁻⁶
5	1000,0	1,518*10 ⁻³	1,519*10 ⁻⁶
10	999,7	1,307*10 ⁻³	1,306*10 ⁻⁶
15	999,1	1,139*10 ⁻³	1,139*10 ⁻⁶
20	998,2	1,102*10 ⁻³	1,003*10 ⁻⁶
25	997,0	0,890*10 ⁻³	0,893*10 ⁻⁶
30	995,7	0,708*10 ⁻³	0,800*10 ⁻⁶

Fuente: (Eddy, 1995)

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

Tabla 14-3 Criterios de diseño de floculadores mecánicos

Tiempo de retención (min)	Gradiente medio de velocidad (s ⁻¹)	Velocidad (m/s)
20-40	15-75	0,3-0,75

Fuente: RAS 2000

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

Tabla 15-3 Valores de CD

CANTIDAD	CD
1	1,16
5	1,20
20	1,50
∞	1,95

Fuente: ROUSE., 2003

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

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

Ecuación 43

Donde:

P: Potencia disipada; W

G2: Gradiente medio de velocidad; s⁻¹. Tomado de la Tabla 14-3

μ : Viscosidad dinámica (N.s/m²). Tomado de la Tabla 13-3 a una Temperatura de 15°C

V: Volumen del floculador; m³

$$P = (50s^{-1})^2 * 0,001139 \frac{Kg}{m^3} * 2,956 m^3$$

$$P = 8,41 W$$

$$P = 1,128 HP$$

- Área de las paletas

$$Ap = \frac{2P}{C_d * \delta * V^3}$$

Ecuación 44

Donde:

Ap: Área de las paletas; m²

P: Potencia disipada; W

V: Velocidad; m/s. Tomado de la Tabla 14-3

C_d: Valores de CD. Tomado de la Tabla 15-3

δ : Densidad de fluido; Kg/m³. Tomado de la Tabla 13-3

$$Ap = \frac{2(8,41 W)}{1,20 * 999,1 \frac{Kg}{m^3} * (0,5m)^3}$$

$$Ap = 0,112 m^2$$

3.3.8. Diseño del sedimentador

Tabla 16-3 Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria y secundaria

CARACTERÍSTICAS	INTERVALO	TÍPICO
Sedimentación primaria y secundaria		
Carga de superficie m ³ /m ² *día	20-50	40
Tiempo de retención, h	1.5-2.5	2
Profundidad; m	3-4,5	3,6

Fuente: (Eddy, 1995)

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

- Área superficial del sedimentador circular

$$As = \frac{Q_d}{Cs}$$

Ecuación 45

Donde:

As: Área superficial del sedimentador; m²

Cs: Carga superficial 40 (m³/m² día) valor de la tabla 16-3 Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria y secundaria

Qd: Caudal punta; m³/día

$$As = \frac{2,4624 \frac{m^3}{h}}{1,67 \frac{m^3}{m^2 día}}$$

$$As = 1,474 m^2$$

- *Diámetro del sedimentador*

$$\varnothing = \sqrt{4 * \frac{As}{\pi}}$$

Ecuación 46

Donde:

\varnothing : Diámetro del sedimentador; m

As : Área superficial del sedimentador; m²

$$\varnothing = \sqrt{4 * \frac{1,474m^2}{\pi}}$$

$$\varnothing = 1,37 \text{ m}$$

- *Radio del sedimentador*

$$r = \frac{\varnothing}{2}$$

Ecuación 47

Donde:

r : Radio del sedimentador; m

\varnothing : Diámetro del sedimentador; m

$$r = \frac{1,37 \text{ m}}{2}$$

$$r = 0,685 \text{ m}$$

- *Volumen del sedimentador*

$$V = As * H$$

Ecuación 48

Donde:

V : Volumen del sedimentador; m³

As : Área superficial del sedimentador; m²

H : Altura del sedimentador 1,5 (m)- Altura establecida por la SENAGUA, está comprendida entre 1,5 m y 2,5 m

$$V = 1,474 \text{ m}^2 * 1,5 \text{ m}$$

$$V = 2,212 \text{ m}^3$$

- *Carga sobre el vertedero de salida*

$$C = \frac{Q_d}{\pi * \emptyset}$$

Ecuación 49

Donde:

C: Carga sobre el vertedero; m³/m-día

∅: Diámetro del sedimentador; m

Qd: Caudal de diseño; m³/día

$$C = \frac{2,4624 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{\pi * 1,37 \text{ m}}$$

$$C = 0,57 \frac{\text{m}^3}{\text{m/h}}$$

- *Tiempo de retención hidráulica*

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

Ecuación 50

Donde:

Trh: Tiempo de retención hidráulica; h

Qd: Caudal de diseño; m³/h

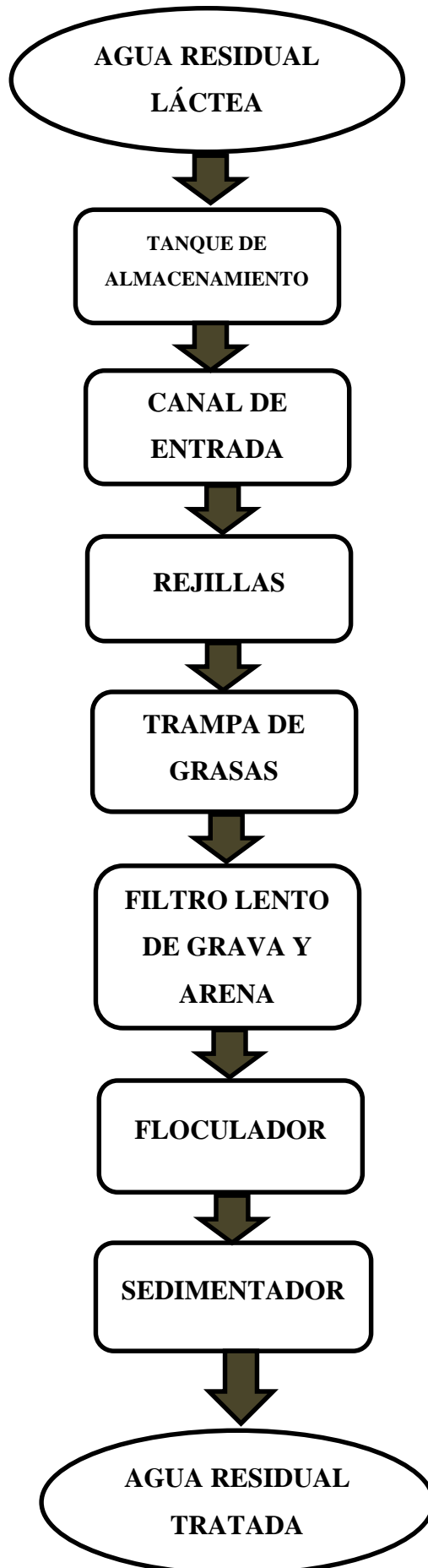
V: Volumen del sedimentador; m³

$$Trh = \frac{2,212 \text{ m}^3}{2,462 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}$$

$$Trh = 0,89 \text{ h}$$

$$Trh = 53,4 \text{ min}$$

3.4 Propuesta



3.5. Resumen de los equipos diseñados

- Caudal de diseño

Tabla 13-3 Caudal de diseño

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
Caudal aforado	0,00057	m3/s
Caudal de diseño	0,00068	m3/s

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

- Tanque de almacenamiento

Tabla 14-3 Tanque de almacenamiento

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
Volumen del tanque	59,098	m3
Área del tanque	11,819	m2
Ancho del tanque	2,364	m
Longitud del tanque	5	m

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

- Canal de entrada

Tabla 15-3 Canal de entrada

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
Radio hidráulico	0,024	m
Velocidad de flujo en el canal	0,45	m/s
Área de la sección transversal del canal	0,002	m2
Altura de agua en el canal	0,030	m
Altura total del canal	0,18	m
Ancho del canal	0,25	m

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

- *Rejillas*

Tabla 16-3 Rejillas

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
Número de barras	6	-
Longitud de barras	0,25	m
Ancho de las rejillas	1	cm
Separación entre barras	2,5	cm
Área libre entre barras	0,002	m ²
Área de la sección transversal de flujo	0,002	m ²
Nivel máximo de agua	0,0030	m
Longitud sumergida de las rejillas	0,042	m
Pérdida de carga en las rejillas	0,004	m

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

- *Trampa de grasas*

Tabla 17-3 Trampa de grasas

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
Área del tanque	0,17	m ²
Ancho del tanque	0,21	m
Largo del tanque	0,83	m
Volumen útil	0,12	m ³
Profundidad útil	0,72	m
Profundidad total del tanque	1	m

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

- *Filtro Lento*

Tabla 18-3 Filtro lento

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
Número de filtros	1	-
Área del filtro	2,052	m ²
Coefficiente de mínimo costo	1	-
Longitud de unidad del filtro	1,432	m
Ancho de filtro lento	1,432	m
Altura del lecho filtrante	0,55	m
Altura del filtro	2,53	m
Espesor de la capa de arena	0,30	cm
Espesor de la capa de grava	0,25	cm
Volumen del filtro	5,192	m ³
Diámetro de la tubería a la entrada del filtro	0,017	m
Diámetro de la tubería a la salida del filtro	0,037	m
Área de cada orificio	0,00001256	m ²
Caudal que ingresa a cada orificio	0,00000377	m ³ /s
Número de laterales	2	-

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

- *Floculador*

Tabla 19-3 Floculador

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
Área superficial	1,182	m ²
Volumen del tanque floculador	1,77	m ³
Ancho del tanque floculador	0,769	m
Largo del tanque floculador	1,537	m
Altura del tanque floculador	2	m
Tiempo de retención	0,72	h
Potencia	0,011	HP
Área de las paletas	0,112	m ²

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

- *Sedimentador*

Tabla 20-3 Sedimentador

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
Área superficial del sedimentador circular	1,474	m ²
Diámetro del sedimentador	1,37	m
Radio del sedimentador	0,685	m
Altura del sedimentador	1,5	m
Volumen del sedimentador	2,212	m ³
Carga sobre el vertedero de salida	13,729	m ³ /m/día
Tiempo de retención hidráulica	0,89	h

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

3.6 Análisis de resultados

- *Porcentajes de remoción*

Tabla 21-3 Porcentajes de remoción

PARÁMETRO	RESULTADO INICIAL (mg/l)	RESULTADO FINAL (mg/l)	PORCENTAJE REMOVIDO (%)
DBO ₅	1874	84	95,92
DQO	3300	167	94,94
Nitrógeno Total	171,4	39	77,25
Aceites y Grasas	295,43	14	95,26
Sólidos Suspendidos	606	18	97,03
Sólidos Totales	2568	648	74,77

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH
Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

$$\%Remoción = \frac{\text{Análisis Inicial} - \text{Análisis Final}}{\text{Análisis Inicial}} * 100$$

Ecuación 51

- *Comparación de resultados del agua residual cruda y los resultados del agua residual tratada*

Tabla 38-3 Comparación de resultados del agua residual cruda con los resultados del agua residual tratada

PARÁMETRO	Resultado Inicial	Resultado Final	Límite Máximo Permisible
DBO	1874	84	100
DQO	3300	167	200
Aceites y Grasas	295,43	14	30
Nitrógeno Total	171,4	39	50
Sólidos Totales	2568	648	1600
Sólidos Suspendidos	606	18	130

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

- *Comparación de resultados con los coagulantes*

Tabla 39-3 Comparación de resultados con los coagulantes

COAGULANTE	CANTIDAD(ml)	TURBIDEZ
Sulfato de aluminio	16	65
PAC	3,5	21
Cloruro férrico	3,5	8

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

Analizando los valores, se puede observar que el tratamiento con PAC y cloruro férrico arrojaron los mejores resultados.

- *Comparación de resultados con los floculantes*

Tabla 40-3 Comparación de resultados con floculante

FLOCULANTE	CANTIDAD(ml)	TURBIDEZ
PAC	0,5	8
Cloruro férrico	0,75	6

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

Al comparar los resultados entre estas dos alternativas, se llegó a la conclusión que la óptima para el tratamiento es la solución con PAC. Las cantidades y concentraciones finales a utilizar son 3,5 ml de PAC al 10%; 0,5 ml de polielectrolito al 0,05% y 2,5 ml de NaOH 0,1N.

3.7 Costos del diseño

- Costos fijos

Tabla 22-3 Costos de la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales

Ítems	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Tanque de almacenamiento					
1	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	Kg	40	2,1	84
2	Hormigón simple f'c= 210 kg/cm ² Inc. Encofrado	m3	3	113,22	339,66
3	Enlucido con impermeabilizante mortero 1:3	m2	35	9,25	323,75
4	Tubería Corrugada 200 mm x 6 m	U	1	54,67	54,67
Subtotal:					802,08
1	Excavación manual del suelo	m3	0,15	8,1	1,215
Canal de Llegada y Rejillas					
1	Excavación manual del suelo	m3	0,15	8,1	1,215
2	Replanteo y nivelación	m2	0,75	1,1	0,825
3	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	kg	20	2,1	42
4	Hormigón simple f'c= 210 kg/cm ² Inc. Encofrado	m3	0,12	121,22	14,5464
5	Enlucido con impermeabilizante mortero 1:3	m2	2	9,25	18,5
6	Varrilla de acero inoxidable 10mm x 6m	u	1	35	35
7	Costo de instalación de rejillas en el actual canal	-	1	10	10
8	Tubería Corrugada 200 mm x 6 m	u	1	54,67	54,67
Subtotal:					176,76
Trampa de Grasas					
1	Excavación manual del suelo	m3	0,3	8,1	2,43
2	Replanteo y nivelación	m2	0,2	1,1	0,22
3	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	kg	40	2,1	84
4	Hormigón simple f'c= 210 kg/cm ² Inc. Encofrado	m3	0,17	121,22	20,6074
5	Enlucido con impermeabilizante mortero 1:3	m2	4,1	9,25	37,925
6	Tubería PVC lisa 200 mm x 6m	u	1	54,06	54,06
Subtotal:					199,24

Filtro Lento de Arena y Grava					
1	Excavación h=0 a 2	m3	70,7	2,75	194,425
2	Replanteo y nivelación	m2	36	1,1	39,6
3	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	kg	60	2,1	126
4	Hormigón simple f'c= 210 kg/cm ² Inc. Encofrado	m3	36	121,22	4363,92
5	Enlucido con impermeabilizante mortero 1:3	m2	54	9,25	499,5
6	Malla para filtro 6mm	m2	10,5	7,25	76,125
7	Grava	m3	14	7	98
8	Arena	m3	35	7	245
Subtotal:					5642,57
Floculador					
1	Estructura de acero inoxidable	m3	1	312,33	312,33
2	Replanteo y nivelación	m2	0,75	1,1	0,825
3	Estructura de soporte de acero	u	1	245	245
4	Excavación de suelo h=1m	m3	1	2,75	2,75
5	Turbina de 4 aspas	u	1	125	125
6	Motor de agitación industrial (flow control)	u	1	1270	1270
Subtotal:					1955,91
Sedimentador					
1	Excavación h=0 a 1,5	m3	2	2,75	5,5
2	Replanteo y nivelación	m2	1,75	1,1	1,925
3	Estructura circular de acero inoxidable	m3	4	412	1648
4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	2	4,5	9
Subtotal:					1664,43

Ítems	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Mano de Obra					
1	Chofer	-	1	560	560
3	Albañil (jefe)	-	1	800	800
4	Albañil (ayudante)	-	4	500	2000
5	Soldador	-	1	200	200
6	Operador de maquinaria pesada	-	1	560	560
Subtotal:					4.120,00

Descripción	Costofijo
Tanque de almacenamiento	802,08
Canal y Rejillas	176,76
Trampa de Grasas	199,24
Filtro Lento	5642,57
Floculador	1955,91
Sedimentador	1664,43
Mano De Obra	4120,00
Costo Total:	14.560,99
Gastos Imprevistos (10%):	1.560,99
TOTAL:	16.121,98

- *Costos variables*

Tabla 23-3 Determinación de los costos de dosificación

Detalle	Dosificación Kg/día	Costo por unidad \$	Costo diario\$	Costo mensual \$	Costo anual \$
Policloruro de aluminio PAC	20	0,90	18	558	6570
Poliectrolito	2	5,50	11	341	4015
Total			29	899	10585

Fuente: <http://www.quiminet.com/productos/policloruro-de-aluminio-1005158244/precios.htm>

Tabla 23-3 Costos de operación de la planta

Detalle	Remuneración mensual \$	Remuneración anual
Operador de la planta	400	4800

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

3.8 Cronograma del proyecto

ACTIVIDADES	TIEMPO																											
	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Revisión de Fuente Bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Determinación de Línea Base Teórica			■	■																								
Toma de muestras					■	■	■	■																				
Caracterización física, química y biológica de las aguas residuales					■	■	■	■																				
Identificación de parámetros fuera de norma									■																			
Realización de pruebas de tratabilidad									■	■	■	■	■	■														
Realización de cálculos de Ingeniería para el diseño													■	■	■													
Validación técnica y económica del diseño															■	■	■	■										
Revisión y Corrección															■	■	■	■										
Sustentación final del proyecto																			■	■	■	■	■	■				

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

3.9 Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

Tabla 24-3 Equipos utilizados

EQUIPO	CANTIDAD	FUNCIÓN
Espectrofotómetro DR 2800	1	Análisis de agua y otros
Fotómetro PF-12	1	Análisis de agua y otros
Turbidímetro	1	Medición de turbiedad
Potenciómetro	1	Potencial de Hidrógeno
Cámara incubadora	1	Determinar unidades formadores de colonia
Autoclave	1	Esterilización
Medidor de caudal	1	Medición de caudal
Colorímetro	1	Medición de color
Termómetro	1	Medición de temperatura

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018

CONCLUSIONES

- Se realizó la caracterización inicial de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua residual de la planta de lácteos, a través de los métodos normalizados APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21° EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21° EDICIÓN. El resultado de la carga contaminante presente en el agua residual fue comparado con la norma general para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce del libro VI TULSMA, ANEXO I, TABLA 9.
- Se identificó los parámetros que se encuentran fuera de la normativa ambiental vigente, los mismos que fueron: DBO5 1874 mg/L; DQO 3300 mg/L; Nitrógeno Total 171,4 mg/L; Aceites y Grasas 295,43 mg/L; SS 251 mg/L; ST 2568 mg/L. Para lo cual se debió establecer un tratamiento efectivo con la finalidad de reducir la carga contaminante y cumplir con el límite máximo establecido en la tabla 9 del TULSMA.
- Se efectuaron pruebas de tratabilidad con el objetivo de minimizar las concentraciones de contaminación presentes en el agua residual, llevando a cabo un tratamiento físico-químico, el cual constó de eliminación de grasas y aceites, filtración y test de jarras para encontrar la dosis óptima de coagulante a usar, siendo favorecedor el PAC al 10% con 3,5ml y el polielectrolito al 0,05% con 0,5ml. Mediante estos resultados se procedió a realizar el respectivo dimensionamiento de la planta, la cual se compone de un tanque de almacenamiento, canal de entrada, una zona de pre-tratamiento a través de las rejillas, una trampa de grasas que cumple la función de separar las grasas y aceites del agua residual, seguido de un filtro lento compuesto de grava y arena con la finalidad de eliminar los sólidos de mayor tamaño, un floculador en el cual se ejecutará la adición del coagulante y floculante que cumplirá una función muy importante ya que se encarga de reducir en gran proporción la concentración de contaminación presente en el agua residual y finalmente un sedimentador.
- A través de pruebas experimentales a escala de laboratorio se ejecutó el tratamiento de las aguas residuales generadas en la planta de lácteos y se efectuó la validación de los resultados, mismos que fueron realizados en el laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo. Mediante los resultados que obtuvimos se estableció que el diseño que se ha propuesto es efectivo para realizar la reducción de la carga contaminante de las aguas residuales que son generadas en la planta Lácteos Oriente del Ecuador y así cumplir con la norma.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la planta Lácteos Oriente del Ecuador implementar de manera inmediata el sistema de tratamiento propuesto, con el fin de evitar la contaminación generada en la misma y cumplir con la Normativa Vigente.
- Realizar habitualmente el mantenimiento de los equipos de la planta de tratamiento de aguas residuales con el fin de evitar daños o problemas futuros.
- Es recomendable limpiar periódicamente las rejillas y la trampa de grasas, para evitar taponamientos.
- Efectuar constantemente pruebas físico-químicas y microbiológicas del agua residual tratada, para verificar que la planta está trabajando de forma eficiente.
- Se recomienda dar capacitaciones al personal que opera en la planta en temas medioambientales, con el objetivo de contribuir en soluciones a los problemas que afectan al entorno.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Aguilar, Mario.** *Tratamiento físico-químico de las aguas residuales: coagulación-floculación.* 2ª ed., Murcia-España: Graf S.L, 2002, pp. 34-56.
2. **Cegarra, José.** *Metodología de la investigación científica y tecnológica.* Madrid-España: Ediciones Díaz de Santos, 2012, pp. 81-84.
3. **Centro de Nuevas Tecnologías del Agua.** *Manual de depuración de aguas residuales urbanas:* Ideasmares, 2010, pp. 224-258.
4. **Eddy, M.** *Ingeniería de aguas residuales.* 2ª ed. Madrid-España. McGraw-Hill, 2007. pp. 46-56.
5. **Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.** *Especificaciones Técnicas para el Diseño de Trampa de Grasa.* [En línea]. Lima: OPS/CEPIS, 2003. [Consulta: 12 diciembre 2017]. Disponible en: http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/sanea/et_trampa_grasa.pdf.
6. **EPA. STANDARD METHODS.** [En línea]. United State of America, 2017. [Consulta: 12 diciembre 2017]. Disponible en: <https://www.standardmethods.org/>
7. **Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza.** *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Cantón Pastaza.* [En línea]. Quito: Sistema Nacional de Información, 2011. [Consulta: 5 marzo 2018.]. Disponible en: <http://www.pastaza.gob.ec/pastaza/fatima>
8. **Hammer, Donald.** *Constructed Wetlands for waste water treatment municipal, industrial and agricultural.* Nueva York-USA: Lewis Publisher, INC, 1989, pp. 59-67
9. **Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN NTE INEN 2176:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO.** Quito-Ecuador: 2013.
10. **Krochin, Sviatoslav.** *Diseño Hidráulico.* 3ª ed. Quito-Ecuador: Editorial de la Escuela Politécnica Nacional, 1986, pp. 315-316

11. **Mackenzie, Davis.** *Water and Wastewater Engineering.* Washington-USA: McGraw-Hill, 2010. pp. 18-20

12. **Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS.**
Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO B. Sistemas de Acueducto. Bogota-Colombia: Minevi. 2000.

13. **Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS.**
Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO D. Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Pluviales. Bogota-Colombia: Minevi. 2000.

14. **Rigola, Miguel. 1990.** *Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales.* Barcelona-España: Marcombo, S.A., 1990, pp. 305-309.

15. **Romero, Jairo.** *Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseño.* Bogota-Colombia. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2010, pp 108-116.

ANEXOS

Anexo A: Tabla 9, Libro VI, TULSMA. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN^-	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl^-	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes fecales	NMP	$NMP/100ml$	2000
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno(5 días)	DBO_5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200

Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso Total	Mn	mg/l	2,0
Materia Flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio Total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados Totales	mg/l	0,05
Compuestos organofosforados	Organofosforados Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	Ph		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO_4^{-2}	mg/l	1000
Sulfuros	S^{-2}	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ±3
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de Carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

FUENTE: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA). Tabla 9 Acuerdo Ministerial 097* del 30 de Julio 2015.

Anexo B. Caracterización inicial del agua residual




LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

N° SE: 235-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Anabel Chariguamán **INFORME N°** 235- 17

EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **N° SE:** 235-17

DIRECCIÓN: Av. 11 de Noviembre y Canónigo Ramos **FECHA DE RECEPCIÓN:** 08- 12 -17

TELÉFONO: 0969022098 **FECHA DE INFORME:** 15 - 12- 17

NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual industria láctea, Puyo, Pastaza **TIPO DE MUESTRA:**

IDENTIFICACIÓN: Agua

MA - 416-17



Dr. Juan Carlos Lara
TECNICO L.S.A.

Anexo C. Manual de Mantenimiento para la PTAR

<i>Equipo</i>	Actividades	Observaciones	Responsable	Herramientas, equipos e insumos utilizados
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar diariamente que las tapas o compuertas de las cámaras de válvulas estén bien cerradas y aseguradas. - Limpiar semanal de la estructura interna y externa. - Revisar mensualmente la estructura para encontrar fugas, daños o deterioro del conjunto. 	Las válvulas de entrada, salida, desagüe y de paso directo deben cuidarse de la corrosión. Por lo tanto, periódicamente se las debe proteger con pintura anticorrosiva y lubricarlas cuando se requiera	Operador de la planta	<ul style="list-style-type: none"> - Herramientas (palas, palustres, cepillos metálicos) - Pintura anti-corrosiva, brocha, balde.
CANAL	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar semanalmente un mantenimiento preventivo del canal, utilizando un rastrillo o un elemento similar para extraer los sólidos que hayan sido detenidos por las rejas del canal. 	Lo más común que sucede con el canal de rejas es la oxidación de las barras que lo forman, por consiguiente, es recomendable aplicar pintura anticorrosiva mensualmente.	Operador de la planta	<ul style="list-style-type: none"> - Rastrillo - Pintura anticorrosiva
REJILLAS	<ul style="list-style-type: none"> - Retirar con la ayuda de un rastrillo el material sólido retenido en las rejillas. - Depositar los desechos recogidos en un recipiente plástico perforado en el fondo para que sean escurridos y posteriormente recogidos el día de recolección de la basura. - Limpiar con un cepillo grueso las rejillas. 	Esta operación debe realizarse dos veces por semana y en épocas de lluvia con mayor periodicidad.	Operador de la planta	<ul style="list-style-type: none"> - Rastrillo - Cepillo grueso
TRAMPA DE GRASAS	<ul style="list-style-type: none"> - Levantar la cubierta de la trampa de grasas. - Inspeccionar el nivel de agua y los componentes de la trampa de grasas. - Usar una cubeta para retirar las grasas acumuladas en la superficie. - Almacenar en un contenedor cilíndrico los aceites y las grasas eliminados. 	Esta limpieza se realizará una vez por semana o con mayor periodicidad dependiendo de la cantidad de aceites y grasas retenidas en el dispositivo.	Operador de la planta	<ul style="list-style-type: none"> - Jabón arranca grasa. - Cubeta - Contenedor cilíndrico




	<ul style="list-style-type: none"> - Limpiar las paredes superiores y la tapa de la trampa de grasas con el uso de jabón arranca grasa. - Colocar nuevamente la cubierta de la trampa de grasas. 			
FILTRO	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar diariamente que las válvulas estén funcionando en forma adecuada. - Lavar los filtros cada 24 horas o cuando sea necesario. - Revisar mensualmente la estructura para encontrar fugas, daños o deterioro del conjunto. 	Esta limpieza se realizará diariamente.	Operador de la planta	<ul style="list-style-type: none"> - Herramientas (palas, palustres, cepillos metálicos)
FLOCULADOR	<ul style="list-style-type: none"> - Lavar la unidad cuando sea necesario, se debe programar ya que afecta la operación de la PTAR. Para el lavado de la unidad, abrir la válvula de entrada y desaguar la unidad. - Revisar diariamente de estado físico y de funcionamiento (caudal). - Limpiar de la estructura cada 15 días. 	Se recomienda realizar esta actividad cada semana.	Operador de la planta	<ul style="list-style-type: none"> - Herramienta menor (cepillos)
SEDIMENTADOR	<ul style="list-style-type: none"> - Inspeccionar visual y movimientos de las válvulas. (Realizar diariamente) - Revisar del estado físico y del funcionamiento (caudal, volumen de agua, rebose, fugas, etc.) (Realizar esta actividad cada 15 días) - Realizar el lavado del sedimentador, para lo cual se debe programar con anterioridad y preferiblemente en época de verano - Lavar canaletas de recolección de agua sedimentada. Cerrar válvulas una vez terminado el lavado. 	Es recomendable realizar esta actividad periódicamente para verificar el buen funcionamiento del equipo.	Operador de la planta	<ul style="list-style-type: none"> - Registro de la información en libros, bitácoras o formularios.

Realizado por: Anabel Chariguamán, 2018



Anexo D. Puntos de descarga, medición del caudal y toma de muestras del agua residual

<p style="text-align: center;">A</p> 	<p style="text-align: center;">B</p> 	<p style="text-align: center;">C</p> 	
<p style="text-align: center;">NOTAS</p> <p>A. Tubería de descarga. B. Medición del caudal C. Toma de muestras del AR</p>	<p style="text-align: center;">CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p>CERTIFICADO POR ELIMINAR APROBADO POR CALIFICAR POR APROBAR <u>INFORMACIÓN</u></p>	<p style="text-align: center;">ESPOCH</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p style="text-align: center;">LESLY ANABEL CHARIGUAMÁN COELLO</p>	<p style="text-align: center;">“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA PLANTA PROCESADORA ‘LÁCTEOS ORIENTE DEL ECUADOR’, UBICADA EN LA PROVINCIA PASTAZA”</p>

Anexo E. Muestras Recolectadas

<p style="text-align: center;">A</p> 	<p style="text-align: center;">B</p> 	<p style="text-align: center;">C</p> 	
<p style="text-align: center;">NOTAS</p> <p>A. Muestras recolectadas B. Mezcla de las muestras C. Muestra compuesta</p>	<p style="text-align: center;">CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p>CERTIFICADO POR ELIMINAR APROBADO POR CALIFICAR POR APROBAR <u>INFORMACIÓN</u></p>	<p style="text-align: center;">ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA LESLY ANABEL CHARIGUAMÁN COELLO</p>	<p style="text-align: center;">“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA PLANTA PROCESADORA ‘LÁCTEOS ORIENTE DEL ECUADOR’, UBICADA EN LA PROVINCIA PASTAZA”</p>




Anexo F. Planta Lácteos Oriente del Ecuador y terreno destinado para la construcción de la PTAR

<p>A</p> 		<p>B</p> 	
<p>NOTAS</p> <p>A. Planta Lácteos Oriente del Ecuador B. Terreno destinado para el diseño de la PTAR</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p>CERTIFICADO POR ELIMINAR</p> <p>APROBADO POR CALIFICAR</p> <p>POR APROBAR <u>INFORMACIÓN</u></p>	<p>ESPOCH</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>LESLY ANABEL CHARIGUAMÁN COELLO</p>	<p>“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA PLANTA PROCESADORA ‘LÁCTEOS ORIENTE DEL ECUADOR’, UBICADA EN LA PROVINCIA PASTAZA”</p>

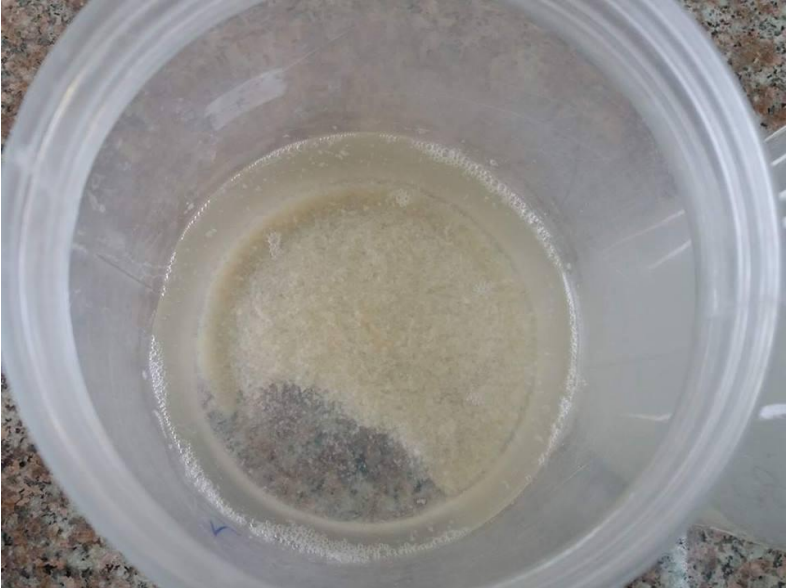
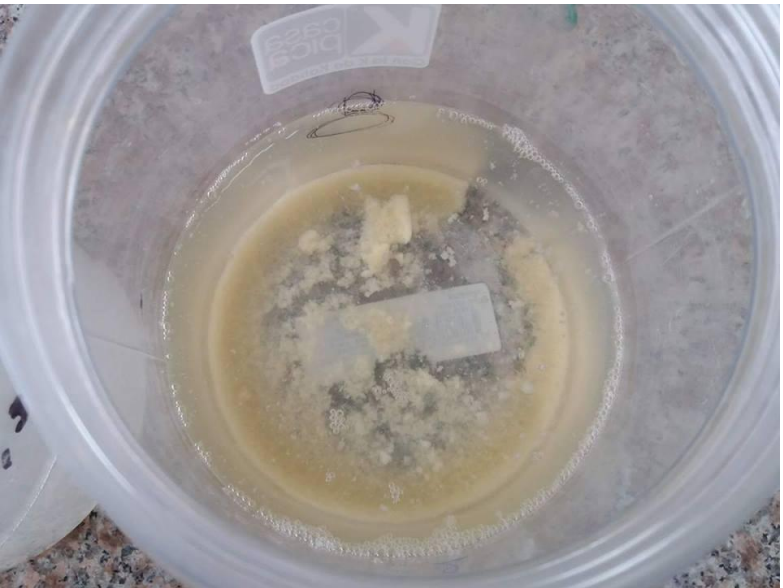
Anexo G. Tratamiento físico del agua residual

<p style="text-align: center;">A</p> 	<p style="text-align: center;">B</p> 	<p style="text-align: center;">C</p> 	
<p style="text-align: center;">NOTAS</p> <p>A. Tratamiento de las grasas</p> <p>B. Filtración</p> <p>C. Agua residual tratada mediante tratamiento físico</p>	<p style="text-align: center;">CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p>CERTIFICADO POR ELIMINAR</p> <p>APROBADO POR CALIFICAR</p> <p>POR APROBAR <u>INFORMACIÓN</u></p>	<p style="text-align: center;">ESPOCH</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p style="text-align: center;">INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p style="text-align: center;">LESLY ANABEL CHARIGUAMÁN</p> <p style="text-align: center;">COELLO</p>	<p style="text-align: center;">“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA PLANTA PROCESADORA ‘LÁCTEOS ORIENTE DEL ECUADOR’, UBICADA EN LA PROVINCIA PASTAZA”</p>



Anexo H. Tratamiento químico mediante test de jarras

A	B	C	
			
<p>NOTAS</p> <p>A. Tratamiento con Sulfato de Al B. Tratamiento con PAC C. Tratamiento con Cloruro Férrico</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p>CERTIFICADO POR ELIMINAR</p> <p>APROBADO POR CALIFICAR</p> <p>POR APROBAR <u>INFORMACIÓN</u></p>	<p>ESPOCH</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>LESLY ANABEL CHARIGUAMÁN COELLO</p>	<p>“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA PLANTA PROCESADORA ‘LÁCTEOS ORIENTE DEL ECUADOR’, UBICADA EN LA PROVINCIA PASTAZA”</p>

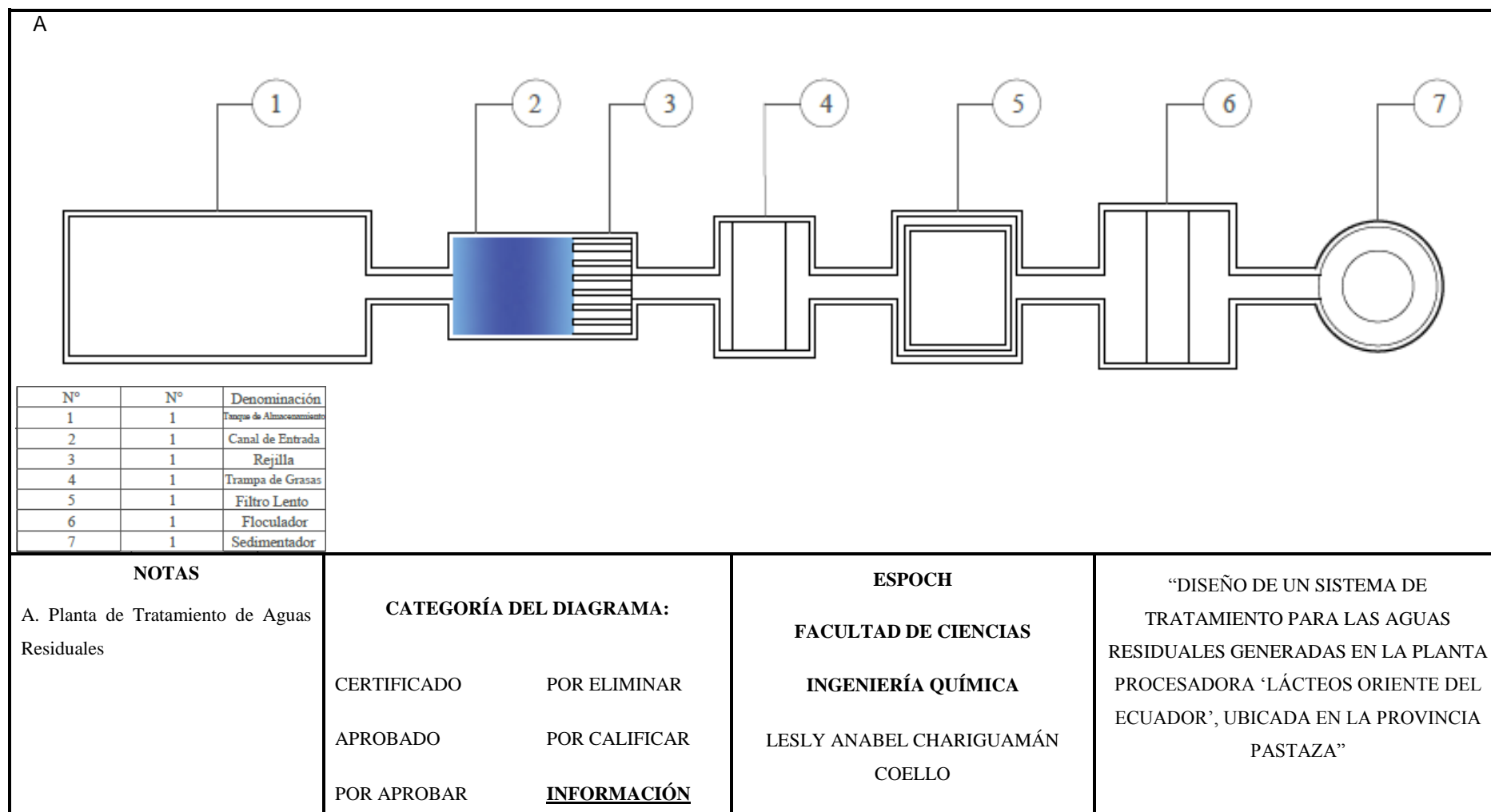
Anexo I. Resultado del agua residual con tratamiento químico

A		B	
			
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:		ESPOCH
A. PAC con polielectrolito	CERTIFICADO	POR ELIMINAR	FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA LESLY ANABEL CHARIGUAMÁN COELLO
B. Cloruro Férrico con polielectrolito	APROBADO	POR CALIFICAR	
	POR APROBAR	<u>INFORMACIÓN</u>	
“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA PLANTA PROCESADORA ‘LÁCTEOS ORIENTE DEL ECUADOR’, UBICADA EN LA PROVINCIA PASTAZA”			

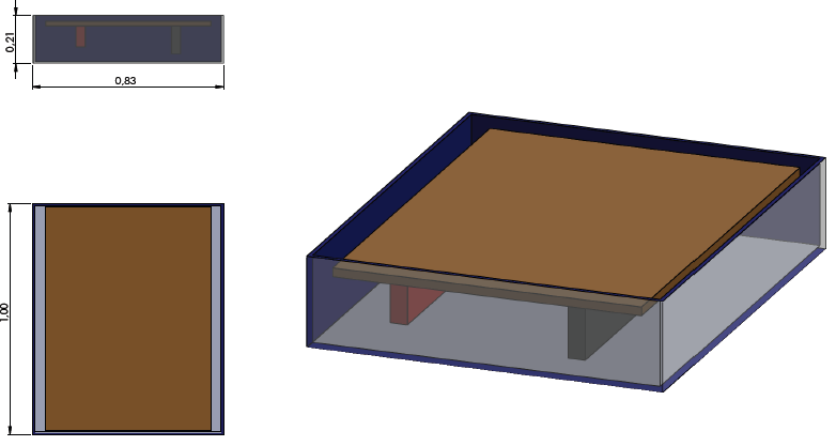
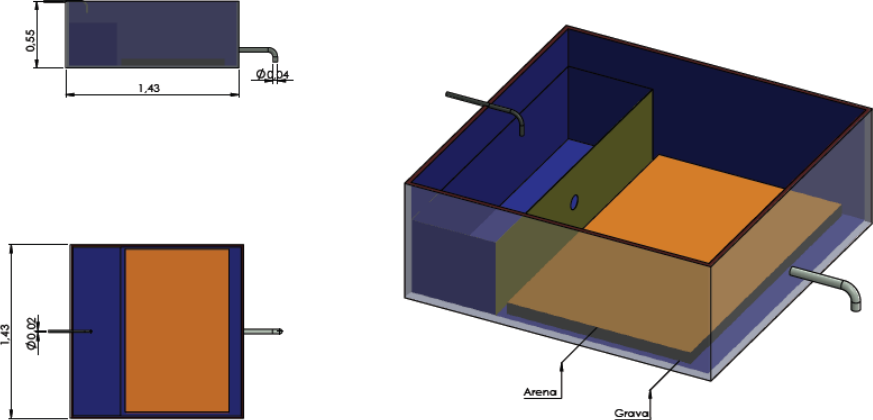
Anexo J. Caracterización de parámetros

<p>A</p> 	<p>B</p> 		
<p>NOTAS</p> <p>A. Medición del DQO B. Medición del DBO₅</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p>CERTIFICADO POR ELIMINAR</p> <p>APROBADO POR CALIFICAR</p> <p>POR APROBAR <u>INFORMACIÓN</u></p>	<p>ESPOCH</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>LESLY ANABEL CHARIGUAMÁN</p> <p>COELLO</p>	<p>“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA PLANTA PROCESADORA ‘LÁCTEOS ORIENTE DEL ECUADOR’, UBICADA EN LA PROVINCIA PASTAZA”</p>

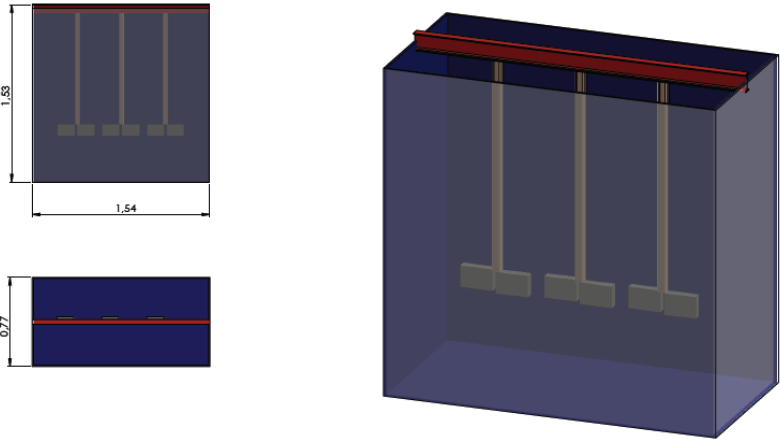
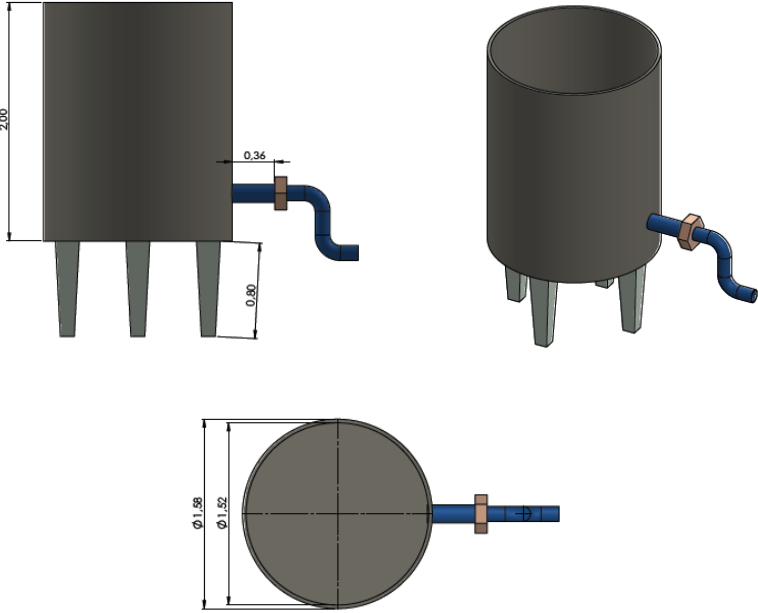
Anexo K. Planos – Planta de Tratamiento de Aguas Residuales



Anexo L. Planos – Equipos

<p>A</p>  <p>B</p>  <p>Escala 1:10</p>	<p>NOTAS</p> <p>A. Trampa de Grasas B. Filtro Lento</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p>CERTIFICADO POR ELIMINAR</p> <p>APROBADO POR CALIFICAR</p> <p>POR APROBAR <u>INFORMACIÓN</u></p>	<p>ESPOCH</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>LESLY ANABEL CHARIGUAMÁN</p> <p>COELLO</p>	<p>“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA PLANTA PROCESADORA ‘LÁCTEOS ORIENTE DEL ECUADOR’, UBICADA EN LA PROVINCIA PASTAZA”</p>
---	--	---	--	--

Anexo M. Planos – Equipos

<p>A</p>  <p>B</p> 	<p>NOTAS</p> <p>A. Floculador B. Sedimentador</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p>CERTIFICADO POR ELIMINAR</p> <p>APROBADO POR CALIFICAR</p> <p>POR APROBAR <u>INFORMACIÓN</u></p>	<p>ESPOCH</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>LESLY ANABEL CHARIGUAMÁN</p> <p>COELLO</p>	<p>“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA PLANTA PROCESADORA ‘LÁCTEOS ORIENTE DEL ECUADOR’, UBICADA EN LA PROVINCIA PASTAZA”</p>
--	--	--	--	--

