



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

**“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES, GENERADAS EN LA PLANTA PROCESADORA DE
LÁCTEOS LUMILAC, PARROQUIA LICTO-RIOBAMBA”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTOR: MAYRA ALEXANDRA REINO GUAÑO

DIRECTOR: ING. MARCO RAÚL CHUIZA ROJAS

Riobamba – Ecuador

2020

© 2020, Mayra Alexandra Reino Guaño

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 del Autor.

Yo, Mayra Alexandra Reino Guaño, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 09 de JUNIO del 2020

Mayra Alexandra Reino Guaño

060496782-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto Técnico, “DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, GENERADAS EN LA PLANTA PROCESADORA DE LÁCTEOS LUMILAC, PARROQUIA LICTO-RIOBAMBA” realizado por la señorita: **MAYRA ALEXANDRA REINO GUAÑO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Mayra Paola Zambrano Vinueza
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**MAYRA PAOLA
ZAMBRANO
VINUEZA**
.....

2020-07-13

Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas
**DIRECTOR DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**



Firmado electrónicamente por:
**MARCO RAUL
CHUIZA**
.....

2020-07-13

Ing. Mabel Mariela Parada Rivera
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**MABEL MARIELA
PARADA RIVERA**
.....

2020-07-13

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de titulación a la persona más importante de mi vida, mi madre Rosita quien nunca ha dejado de creer en mí, en lo que puedo llegar a hacer, al ser la mujer que a punta de sacrificios y lágrimas me saco adelante, estando constantemente a mi lado en cada triunfo y derrota, quien me ha enseñado a ser la mujer fuerte que soy. A mi hijo Sebitas Procel, que ha sabido esperar pacientemente a su madre, que entendió desde muy pequeño que debemos sacrificar algunas cosas para obtener otras, dándome alegrías que jamás imagine, te amo pedacito de mi vida.

Mayra

AGRADECIMIENTO

Este trabajo de titulación lo dedico a Dios por ayudarme en cada momento de mi vida, a mi madre y a mi hijo por acompañarme y ser mi fortaleza.

A mi tío, Rafael Toapanta, por ser un hombre incondicional en mi vida, un padre, un amigo, una guía y un apoyo, lo quiero mucho.

Mi agradecimiento eterno a mi hermano Jorge Eduardo por ser mi compañero en este largo camino, por cada regaño, por cada palabra de aliento y por seguir adelante a pesar de las adversidades que nos ha tocado vivir.

A mi tía Paulina por ser ese ejemplo de lucha constante y apoyo incondicional, que nunca me ha abandonado a pesar de nuestras diferencias, mis primos Daniela y Daniel que nos une las mismas circunstancias de vida, sabiendo que siempre existirá algo mejor.

A mis papitos Manuel y Rita por cuidarme, protegerme, guiarme, amarme incondicionalmente y enseñarme el significado de la humildad.

A mis amigas y compañeras de universidad, Victoria, Paola y Lizeth, al Ing. Danny Martínez por los conocimientos compartidos y por cada experiencia.

A mis maestros, directores de tesis, por la paciencia, la tolerancia que han sabido tener conmigo Ing. Marco Chuiza, Ing. Mabel parada y mi querida ESPOCH por abrirme sus puertas.

Mayra

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE GRÁFICOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1 Identificación del Problema.....	2
1.2. Justificación del proyecto	3
1.3. Reconocimiento del lugar de investigación	4
1.3.1. <i>Localización del proyecto</i>	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	5
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	5
1.5 Beneficiarios directos e indirectos	6
1.5.1 <i>Directos</i> 6	
1.5.2 <i>Indirectos</i> 6	
CAPÍTULO II.....	7
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS	7
2.1 Industria láctea en el Ecuador	7
2.2. Aguas residuales lácteas.....	7
2.3. Composición general de aguas residuales	8
2.4. Proceso de elaboración del queso.....	9
2.5. Fuentes de generación de agua residual en la industria láctea	11
2.5.1. <i>Recepción de la leche</i>	11
2.5.2. <i>Tratamientos térmicos</i>	11
2.5.3. <i>Producción de queso</i>	11
2.5.4. <i>Transporte de los productos lácteos líquidos</i>	11
2.5.5. <i>Limpieza del espacio de la industria y equipos</i>	11
2.6. Características de aguas residuales de industrias lácteas.....	11
2.7. Indicadores de contaminación orgánica.....	13
2.7.1. <i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)</i>	13

2.7.2. <i>Demanda química de oxígeno (DQO)</i>	13
2.8. Tratamientos sugeridos de las aguas residuales	14
2.8.1. <i>Pre-tratamiento</i>	14
2.8.2. <i>Tratamientos primarios</i>	14
2.8.3. <i>Tratamientos secundarios</i>	15
2.9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público	19
CAPÍTULO III	22
3. MARCO METODOLÓGICO	22
3.1 Ingeniería del proyecto	22
3.1.1. <i>Tipo de estudio</i>	22
3.1.2. <i>Métodos y Técnicas</i>	22
3.1.2.1. <i>Métodos</i>	22
3.1.2.2. <i>Técnicas</i>	23
3.1.3. <i>Método de Muestreo</i>	24
3.1.3.1. <i>Tratamiento de muestras</i>	25
3.1.4. <i>Proceso de caracterización del agua residual</i>	26
3.1.4.1. <i>Procedimientos empleados para la determinación de parámetros físicos y químicos</i> ... 27	
3.1.4.2. <i>Caracterización inicial del agua residual</i>	32
3.1.5. <i>Tratabilidad del agua residual</i>	33
3.1.5.1. <i>Índice de Biodegradabilidad</i>	33
3.1.5.2. <i>Procesos empleados a nivel laboratorio para el tratamiento del agua residual</i>	33
3.1.5.3 <i>Propuesta a implementar para el tratamiento del agua residual</i>	35
3.1.6. <i>Determinación del caudal de la planta</i>	37
3.1.7. <i>Balance de masa en la producción de queso</i>	38
3.1.8. <i>Dimensionamiento del Sistema de Tratamiento de aguas residuales</i>	39
3.1.8.1. <i>Caudal de diseño</i>	39
3.1.8.2. <i>Canal de entrada</i>	40
3.1.8.3. <i>Sistema de rejillas</i>	44
3.1.8.4. <i>Trampa de grasa y aceite</i>	49
3.1.8.5. <i>Tanque de almacenamiento con agitador (homogeneizador)</i>	51
3.1.8.6. <i>Tanque de aireación y sedimentación</i>	56
CAPITULO IV	70
4. RESULTADOS	70
4.1. Resultados de dimensionamiento	70
4.2. Resultados del tratamiento del agua residual	73
4.3. Comparación de resultados antes y después del tratamiento	75
4.4. Porcentaje de remoción de los parámetros fuera de norma	76

4.4 Análisis de Costo/beneficio del proyecto	79
4.5. Análisis	80
CONCLUSIONES.....	82
RECOMENDACIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	124
ANEXOS	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Ubicación geográfica de la Planta Procesadora de Lácteos “LUMILAC”	4
Tabla 1-2: Principales características organolépticas y físico-químicas del agua residual láctea	12
Tabla 2-2: Relación entre parámetros DBO ₅ y DQO	14
Tabla 3-2: Límites de descarga al alcantarillado público	20
Tabla 1-3: Requerimientos utilizados en la medición del caudal del agua residual	24
Tabla 2-3: Técnicas utilizadas en Laboratorio de Servicios Ambientales	24
Tabla 3-3: Toma y recolección de muestras	25
Tabla 4-3: Materiales y equipos utilizados en la fase inicial del proyecto	26
Tabla 5-3: Requerimientos utilizados en la caracterización de agua residual	26
Tabla 6-3: Método STANDARD METHODS 4500-B	27
Tabla 7-3: Método HACH DR 2800	27
Tabla 8-3: Método HACH 2130-B	28
Tabla 9-3: Método HACH DR 2540 D	28
Tabla 10-3: Método APHA 2540 B	29
Tabla 11-3: STANDARD METHODS 2540 – F	29
Tabla 12-3: Standard Methods *5210 B	30
Tabla 13-3: Standard Methods *5220 D	30
Tabla 14-3: Método STANDARD METHODS 4500 – N – B	31
Tabla 15-3: Método EPA 418.1	31
Tabla 16-3: Caracterización físico-químico, Valor promedio de las muestras compuestas.	32
Tabla 17-3: Aforo de caudal de agua residual	37
Tabla 18-3: Promedio caudal en la semana	37
Tabla 19-3: Caudal de diseño	39
Tabla 20-3: Revisión de la capacidad de conducción de los canales revestidos	41
Tabla 21-3: Coeficiente de rugosidad de Manning en canales abiertos con revestimiento	42
Tabla 22-3: Condiciones para determinar el borde libre de un canal	43
Tabla 23-3: Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica	44
Tabla 24-3: Coeficiente de pérdida para rejillas	48
Tabla 25-3: Dimensiones de trampa de grasas de acuerdo al caudal	50
Tabla 26-3: Gradiente de velocidad y tiempo de retención típica	55
Tabla 27-3: Relación entre diámetro y caudal.	62
Tabla 28-3: Tipos de difusores	65
Tabla 29-3: Régimen y eficiencia	65

Tabla 1-4: Determinación caudal punta	70
Tabla 2-4: Dimensionamiento del sistema de rejillas	71
Tabla 3-4: Dimensionamiento de trampa de aceite y grasa	71
Tabla 4-4: Dimensionamiento de un tanque homogeneizador	72
Tabla 5-4: Dimensionamiento tanque de aireación y sedimentación	72
Tabla 6-4: Resultados agua tratada	74
Tabla 7-4: Comparación antes y después del tratamiento	75
Tabla 8-4: Porcentaje de remoción de DQO	76
Tabla 9-4: Porcentaje de remoción de DBO	76
Tabla 10-4: Porcentaje de remoción de Aceites y Grasas	77
Tabla 11-4: Porcentaje de remoción de sólidos disueltos	77
Tabla 12-4: Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos	78
Tabla 13-4: Porcentaje de remoción de sólidos totales	78
Tabla 14-4: Costo del proyecto	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Localización Planta de Lácteos “LUMILAC”	5
Figura 1-2: Subdivisión de la materia orgánica en las aguas residuales	9
Figura 2-2: Diagrama de elaboración de queso.....	10
Figura 3-2: Lodos activados.....	16
Figura 4-2: Difusor.....	17
Figura 5-2: Laguna Facultativa	18
Figura 6-2: Biodiscos.....	19
Figura 1.3: Embudo de separación.....	34
Figura 2.3: Aireación	35
Figura 3.3: Cono Imhoff	35
Figura 6-3: Canal rectangular.....	41
Figura 7-3: Rejillas.....	44
Figura 9-3: Trampa de grasa simple.....	49
Figura 10-3: Tanque homogeneizador	51
Figura 11.3: Tanque de aireación.....	56
Figura 12-1: Difusores	57

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Curva característica de crecimiento bacteriano	17
Gráfico 1-4: Histograma del porcentaje de remoción para cada parámetro	75
Gráfico 2-4: Remoción DQO	76
Gráfico 3-4: Remoción DBO	77
Gráfico 4-4: Remoción de Aceites y Grasas	77
Gráfico 5-4: Remoción de sólidos disueltos.....	78
Gráfico 6-4: Remoción de sólidos suspendidos.....	78
Gráfico 7-4: Remoción de sólidos totales.....	79

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Planta Láctea “Lumilac”, que se encuentra ubicada en la Provincia de Chimborazo en la Parroquia Licto, para lo cual se realizó las pruebas de calidad de parámetros físicos-químicos dentro de los límites de descarga del Registro Oficial de la Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, Libro VI Anexo 1, Tabla 8 “Límites de descarga al alcantarillado público”. El dimensionamiento se llevó a cabo mediante la toma del caudal en los días de mayor producción de la planta, así como las muestras de agua residual en el punto de descarga a la alcantarillado para su debida caracterización obteniendo los parámetros fuera de norma, con los siguientes valores; Demanda Química de oxígeno (DQO) 2.760 mg/L, Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO) 1.520 mg/L, Sólidos totales 2.712, Sólidos suspendidos 386,0 mg/L, aceites y grasas 238 mg/L, seguidamente se realizó pruebas de tratabilidad, determinándose que el tratamiento más adecuado es la aireación durante 16 horas. Como variable de diseño se determinó la cantidad de agua a tratar, es decir el Caudal. Obteniendo como resultado del tratamiento los siguientes porcentajes de remoción: Aceites y grasas 73,63%; Sólidos disueltos 51,49%; Sólidos suspendidos 95,72%; Sólidos Totales 71,98%; Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 84,87% y Demanda Química de Oxígeno (DQO) 86,96%, valores que permiten la validación del sistema. Concluyendo que la planta de tratamiento de agua residual diseñada contará de: Sistema de rejillas, Homogeneizador, Aireado y sedimentador, sistema que permite que se cumpla la Normativa mencionada anteriormente. Se recomienda realizar periódicamente la caracterización Físico-Químico del agua residual, así como del caudal para obtener un buen funcionamiento del sistema de depuración.

Palabras claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA QUÍMICA>, <TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES>, <TULSMA>, <AGUA RESIDUAL LÁCTEA>, <LICTO (PARROQUIA)>, <CHIMBORAZO (PROVINCIA)>



ABSTRACT

The objective of this study was to design a wastewater treatment system for the "Lumilac" Dairy Plant, which is located in the Province of Chimborazo in the Licto Parish, for which quality tests of physical-chemical parameters were carried out. within the discharge limits of the Official Registry of the Environmental Resource Regulation of the TULSMA Water Resource, Book VI Annex 1, Chart 8 "Discharge limits to the public sewer". The sizing was carried out by taking the flow on the days of greatest production of the plant, as well as the samples of residual water at the point of discharge to the sewer for its proper characterization, obtaining the parameters out of standard, with the following values; Chemical oxygen demand (COD) 2,760 mg / L, Biochemical oxygen demand (BOD) 1,520 mg / L, Total solids 2,712, Suspended solids 386.0 mg / L, oils and fats 238 mg / L, subsequently, treatability tests were carried out, determining that the most appropriate treatment was aeration for 16 hours. As a design variable, the quantity of water to be treated was determined, that is, the Flow. Obtaining as a result of the treatment the following percentages of removal: Oils and fats 73.63%; Dissolved solids 51.49%; Suspended solids 95.72%; Total Solids 71.98%; Biochemical Oxygen Demand (BOD) 84.87% and Chemical Oxygen Demand (COD) 86.96%, values that allow validation of the system. Concluding that the designed residual water treatment plant will have: Grid system, Homogenizer, Aeration and settler, a system that allows compliance with the aforementioned Regulations. It is recommended to periodically carry out the Physical-Chemical characterization of the waste water, as well as the flow to obtain a good operation of the purification system.

Key words: <TECHNOLOGY, AND ENGINEERING SCIENCES>, <CHEMICAL ENGINEERING>, <WASTEWATER TREATMENT>, <TULSMA>, < DAIRY WASTE WATER >, <LICTO (PARISH)>, <CHIMBORAZO (PROVINCE)>

INTRODUCCIÓN

Actualmente una de las preocupaciones a nivel mundial son las descargas de aguas residuales hacia aguas limpias, por el elevando crecimiento de la población y por ende la industria manufacturera que incrementa la variedad de productos pero a su misma vez generan aguas residuales con diferentes composiciones llegando incluso a constituir un problema ambiental peligroso para la humanidad y seres vivos al llegar a constituir un foco de enfermedades (Janet Gil, María Soto, Iván Usma, & Darío Gutiérrez, 2012).

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2001, el 90% de los desagües de América Latina son vertidos sin ningún tratamiento a los ríos y mares o son usados en el riego, generando serios problemas de salud pública y contaminación ambiental.

Ahora bien, el proceso de tratamiento de aguas residuales tiene como objetivo remover los contaminantes presentes en el afluente, en donde se encuentra implicadas transformaciones químicas, físicas y biológicas para lograr tener un efluente que cumpla con los parámetros de calidad, que en muchas de las ocasiones llega ser reutilizada en diferentes procesos o a su vez los sólidos o fangos son utilizados para diferentes propósitos (Rodríguez Fernández-Alba et al., 2006).

La planta de lácteos “Lumilac” no está propensa de efectuar este proceso a sus aguas residuales que son enviadas directamente al alcantarillado sin previo tratamiento, por lo que el objetivo del proyecto es elaborar el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales cuya finalidad es eliminar la problemática que está dando la desembocadura de las aguas sin cumplir con la norma exigida. La importancia de esta planta se basa en elegir la tecnología o proceso para el tratamiento del agua, implementando un tratamiento primario, secundario y terciario, basado en bibliografía y ensayos de laboratorio aplicados para la obtención del proceso final para la eliminación de contaminantes.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

La Parroquia de Licto se encuentra ubicado dentro la mágica provincia de Chimborazo, es una parroquia donde sus habitantes se dedican usualmente a la ganadería y agricultura, formando estas actividades su principal fuente de entrada económica, a lo largo de los últimos años han optado en dar un valor agregado a sus productos sobre todo en el ámbito ganadero, es decir, mediante la obtención de un derivado de la leche como es el queso, dando paso a la aparición de la Planta procesadora de lácteos LUMILAC, que para ser más exactos en su ubicación se encuentra en el barrio la Merced (Naula, 2019).

La problemática que presenta la planta láctea es que durante la elaboración de sus productos genera aguas contaminadas provenientes de la línea de producción, dicho afluente cuenta con márgenes de contaminantes altos en aceites y grasas, sólidos suspendidos y principalmente en carga orgánica. Esto debido que el agua es utilizada en las instalaciones de la planta, así como para la limpieza de equipos e incluso un porcentaje de suero es eliminado como producto secundario de la obtención del queso, entre otras. Dichas descargas se juntan en un canal, y desembocan al alcantarillado sin ningún previo tratamiento de depuración incumpliendo así con las obligaciones ambientales pertinentes exigidas por el ministerio del ambiente.

El agua al ser un recurso insustituible para la vida tanto para humanos, animales y plantas debe ser tratada después de su uso industrial con la finalidad de controlar y prevenir la contaminación ambiental. Por lo tanto, en el Ecuador el organismo encargado de su regulación es el Ministerio de Ambiente que lo normaliza su descarga mediante los valores límites de desembocadura al sistema de alcantarillado, ubicados en el Acuerdo Ministerial No. 028, que Sustituyese el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, Edición Especial N° 387, Registro Oficial-4 de noviembre de 2015.

1.2. Justificación del proyecto

Desde sus inicios el hombre ha utilizado el agua ya sea cotidianamente en quehaceres del hogar o como en la actualidad en diferentes actividades industriales que en muchas de las ocasiones las devuelve al ambiente de manera incorrecta, incumpliendo las normativas exigidas para descargas de aguas contaminadas. Debido a esto la industria láctea también está llamada a contribuir con la eliminación o depuración de sus aguas contaminadas generadas en sus diversas líneas de producción (Prieto Gandarillas, Sánchez Moya, & Viedma Serrano, 2009).

La planta de lácteos hoy en día tiene una capacidad de producción diaria aproximada de 850 quesos frescos y de 200 quesos madurados los mismos que son comercializados en las parroquias aledañas, además se debe tener en cuenta que su producción es netamente producción de quesos, por otro lado, su capacidad de recepción de leche cruda como materia prima para la obtención de sus productos es de 2850 litros diarios aproximadamente. Ahora bien las aguas residuales provenientes del proceso de obtención del queso generalmente contienen como subproducto el suero lácteo lo que ocasiona la alteración de los parámetros normales que debe poseer el agua al ser descargada al sistema de alcantarillado, el agua residual proveniente del proceso de la planta de lácteos “Lumilac” a su vez contiene pequeñas trazas de este haciendo que los parámetros a diferencia de otras aguas residuales sean bajos, pero aun así fuera de normativa he ahí donde nace la necesidad de contar con una Planta de tratamiento de Aguas Residuales (Gavilánez, 2015).

En la actualidad la planta de lácteos pretende tratar la descarga de aguas residuales con la finalidad de cumplir con las normativas exigidas por lo que se ha visto en la necesidad de proponer un **“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, GENERADAS EN LA PLANTA PROCESADORA DE LÁCTEOS LUMILAC, PARROQUIA LICTO-RIOBAMBA”**, cumpliendo con los organismos de regulación ambiental. Ajustado los parámetros a la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Acuerdo Ministerial No. 028, Registro Oficial, Edición Especial N^o 387, Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público”. Para lo cual el Gerente General de la planta ha emitido un AVAL correspondiente que ayude con el desarrollo del presente proyecto, contribuyendo al objetivo planteado.

1.3. Reconocimiento del lugar de investigación

Para la elaboración de este proyecto técnico, se recorrió por la zona afectada por las descargas de aguas residuales, identificando el lugar puntual donde está dando el problema para el incumplimiento de la normativa por parte de la planta láctea.

1.3.1. Localización del proyecto

El presente trabajo de investigación técnico se efectuó en punto de descarga del agua residual de la Planta Procesadora de Lácteos “LUMILAC”, ubicada en la Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Parroquia Licto, en el Barrio La Merced. Dicha parroquia fue constituida en 1588 por Juan Clavijo por la misión delegada por parte de la Real Audiencia de Quito con finalidad de establecer varios pueblos que actualmente son grandes ciudades de mucha importancia para el país como la provincia de Tungurahua y Chimborazo (Naula, 2019).

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) ayuda a esta parroquia para que la leche sea llevada a un centro de acopio donde se realiza un acompañamiento técnico para que sea vendida a un precio justo (Telégrafo, 2017).

En la Parroquia de Licto de la producción de leche el 92% se la vende como leche cruda a las e presas lácteas locales, el 1% se destina para industria propia y el 7% se lo destina para el autoconsumo (Naula, 2019).

Tabla 1-1: Ubicación geográfica de la Planta Procesadora de Lácteos “LUMILAC”

Limites Parroquia de Licto	Norte: Cantón Chambo y Rio Chambo Sur: Parroquia de Cebadas Este: Parroquia Pungalá y Rio Chambo Oeste: Parroquia Flores y Punín.
Rango altitudinal	Oscila desde 2680 m.s.n.m a 2.680 m.s.n.m
Longitud	766405
Latitud	9800166
Clima	Variado
Temperatura	16 °C

Fuente: Plan de Desarrollo Territorial del Cantón Mocha, 2012.
Elaborado por. Mayra Reino, 2020.



Figura 1-1: Localización Planta de Lácteos “LUMILAC”
Fuente: Google maps

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, para en la Planta Procesadora de Lácteos LUMILAC, Parroquia Licto-Riobamba.

1.4.2. Objetivos Específicos

- ✓ Determinar las características físico-químicas del agua residual generada en el proceso, en base al Acuerdo Ministerial No. 028, Registro Oficial - Edición Especial N° 387, Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público”.
- ✓ Identificar las variables de diseño a través de los parámetros fuera de norma para el sistema de tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Efectuar las pruebas de tratabilidad y realizar los cálculos de ingeniería, correspondientes para el dimensionamiento de la PTAR.
- ✓ Validar el diseño propuesto, mediante la caracterización del agua tratada, en base a los límites de descarga del Acuerdo Ministerial No. 028, Registro Oficial - Edición Especial N° 387, Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público”.

1.5 Beneficiarios directos e indirectos

Con la implementación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales sus beneficiarios serán:

1.5.1 Directos

- El beneficiario directo del presente trabajo de titulación es Planta de Lácteos “Lumilac”, la cual será beneficiada con la investigación técnica del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, reduciendo la contaminación ambiental provocada por el efluente contaminado.

1.5.2 Indirectos

- Al implementarse la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, serán beneficiados los habitantes cercanos a la parroquia.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Industria láctea en el Ecuador

En el país la industria láctea ha generado grandes progresos por lo que alcanzado a situarse en una fuente de gran importancia en la economía interna del Ecuador. Su principal materia prima es la leche, que se maneja desde crianza del ganado hasta su ordeño, con finalidad de obtener productos derivados de la misma que cuenten con estándares de calidad, sean productos como yogurt, queso, mantequilla, entre otras (Barragán Fonseca, 2017).

Según datos del Censo III Agropecuario ubica que la mayor producción de leche se encuentra en la zona interandina con el 72,8%, seguido por la zona costera con el 18,4% y la zona amazónica con el 8,2%, el resto de porcentaje se encuentra ubicado en las zonas críticas (Censo Nacional Agropecuario, 2003).

La industrialización de la leche como materia prima ha logrado que este conforme unos de los alimentos principales de la humanidad debido a su valor nutritivo, esencialmente contiene calcio, así como proteínas vitaminas y minerales. La transformación de la leche a un producto derivado lácteo le otorga una vida útil prolongada y un valor agregado.

2.2. Aguas residuales lácteas

De acuerdo al Acuerdo Ministerial No. 028, Registro Oficial - Edición Especial N° 387, Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público., se conoce como agua residual a aquella agua de descomposición variable que ha sufrido degradación de su calidad inicial y que procede de descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos (Ministerio del Ambiente, 2015).

La industria láctea en sus diferentes facetas en la producción de leche pasteurizada y otros productos como queso, yogurt, manjares, mantequillas, entre otros productos, suele generar aguas contaminadas con una gran carga de materia orgánica.

Como un dato general una planta láctea puede generar por cada litro de leche a producir un volumen de 1,5 a 2,5 litros de agua residual, llegando en muchas de las ocasiones incluso a producir hasta 5 litros de agua contaminada debido al uso de esta en diversas actividades en las

instalaciones de la planta, sean estas por derrames de la materia prima, por fugas, o como en toda industria de alimentos se debe utilizar grandes cantidades de agua para la limpieza de los diferentes equipos.

Ahora bien, en la industria láctea los afluentes contaminados son generados debido a que al procesar la leche se producen derrames obligatorios o accidentales de la leche o del suero generado al obtener queso, por lo cual al realizar un análisis de DQO se considera que 90% del mismo proviene de los componentes de la leche y tan solo el 10% de otras sustancias causantes de contaminación.

La carga contaminante presente se comprende de sólidos en suspensión, detergentes, aceites y grasas, nitrógeno orgánico y principalmente de materia orgánica, estas aguas son generalmente neutras y poco alcalinas, pero llegando a ser ácidas por la fermentación de azúcares de la leche.

2.3. Composición general de aguas residuales

Como en la mayoría de las empresas pertenecientes al sector agroalimentario, la industria láctea utiliza grandes volúmenes de agua a lo largo de proceso de obtención de productos, especialmente al considerar que deben cumplir con estándares de calidad por lo cual se encuentra ligado al manejo de condiciones sanitarias óptimas. Los componentes del agua residual láctea pueden ser variables, pero por lo general llega a obtener las siguientes características:

- ✓ Presencia de aceites y grasas
- ✓ En casos donde la planta láctea tenga como producto queso, existe la presencia de sólidos en suspensión al igual que alta conductividad debido a la presencia de cloruro de sodio.
- ✓ Valores extremos de pH ácido o básico, según se las soluciones de limpieza aplicados.
- ✓ Un alto índice de biodegradabilidad.

Según el índice de biodegradabilidad se tiene la siguiente figura:

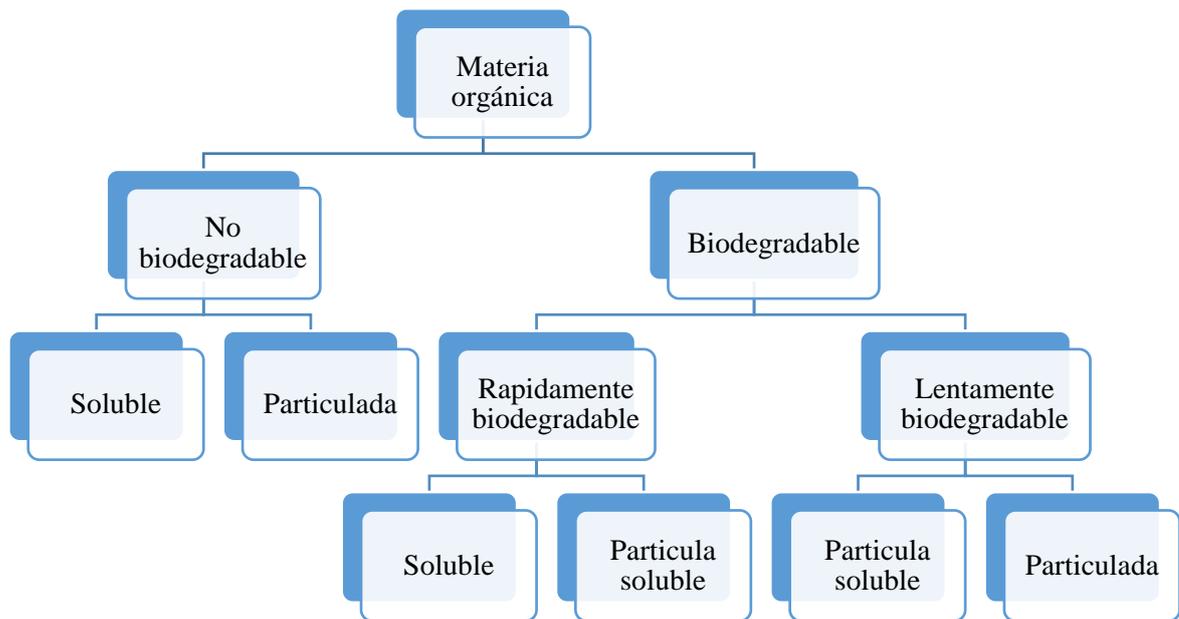


Figura 1-2: Subdivisión de la materia orgánica en las aguas residuales

Fuente: (Robles, Rojo, & Bas, 2010)

2.4. Proceso de elaboración del queso

En la industria láctea existe gran cantidad de variaciones referidas a la producción de queso, ya sea por su método de preparación y formulación, pero existe un método aplicado generalmente para los quesos.

Al momento de elaborar el queso se tiene como principal fuente de contaminación en una planta láctea los vertidos de lactosuero, mismo que posee un alto contenido de lactosa y proteínas en su composición, provocando un aumento de DBO. Por lo cual muchas de las plantas optan por el uso del suero como alimento de ganado. En plantas que cuentan con mayor tecnología y mano de obra especializada se llegan a obtener subproductos del suero láctico por ejemplo el queso cottage.

Los vertidos que se producen durante la elaboración de queso son edificados en cada etapa como se puede ver a continuación:

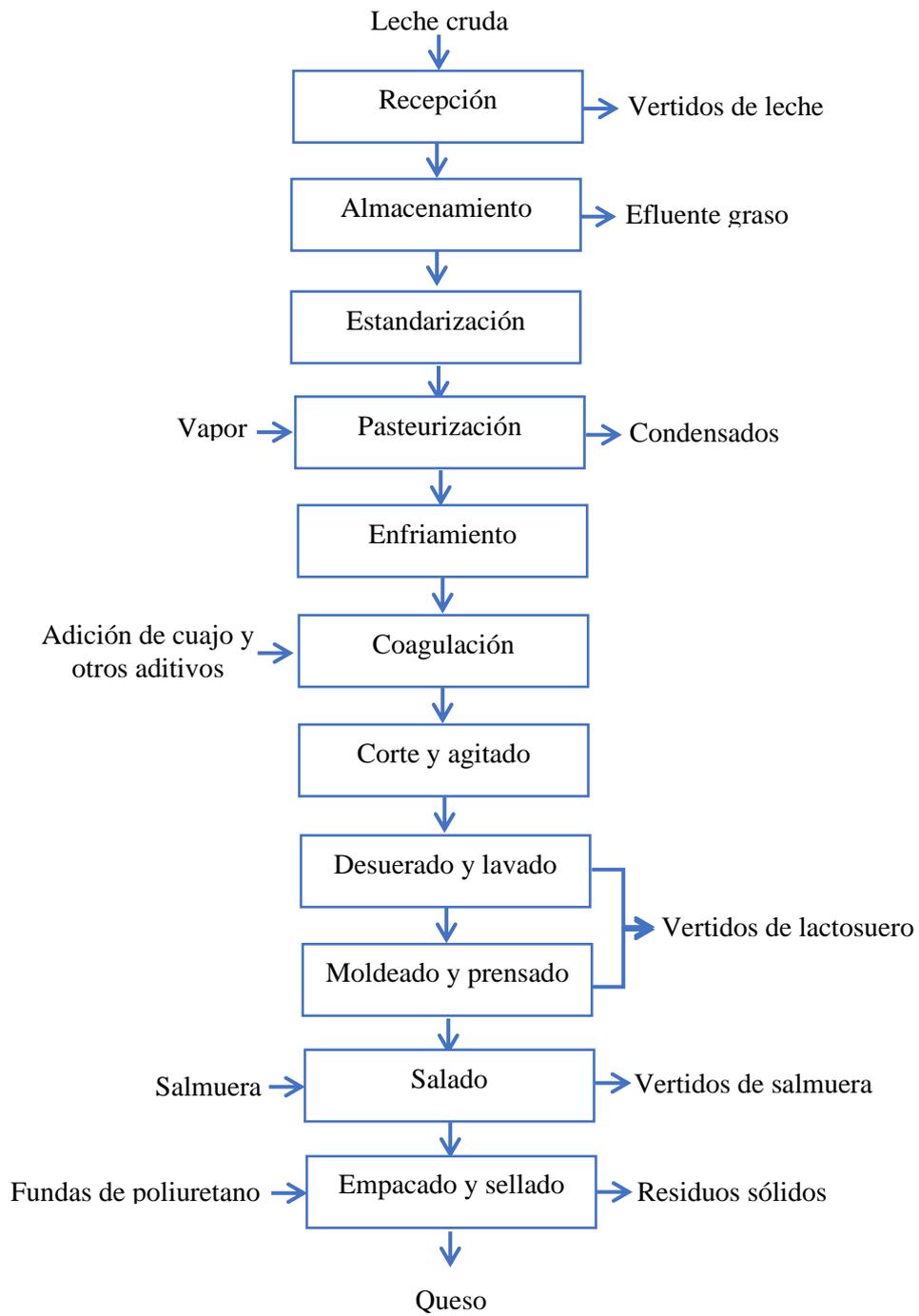


Figura 2-2: Diagrama de elaboración de queso
 Realizado por: Mayra Reino, 2020.

2.5. Fuentes de generación de agua residual en la industria láctea

2.5.1. Recepción de la leche

Con finalidad transportar la leche a la zona de almacenamiento, ya sea una cisterna o tanque se utiliza un sistema de tuberías con la ayuda bombas. Al momento de recepción de la leche se generan residuos con un gran contenido de grasa, que posteriormente deben ser retirados por lo que se envía agua para el lavado de estos restos de materia prima que desembocan al sumidero.

2.5.2. Tratamientos térmicos

Donde suelen producirse depósitos de proteínas por una adhesión a las superficies de intercambiadores de calor y reactores que posteriormente serán arrastrados cuando se realice la limpieza química (Centeno, 2018).

2.5.3. Producción de queso

El proceso con mayor generación de contaminantes, debido a su gran cantidad de material orgánico, e incluso en el proceso de salmuera se genera la emisión de efluentes líquidos contaminados aportando una mayor conductividad (Rodríguez Fernández-Alba et al., 2006).

2.5.4. Transporte de los productos lácteos líquidos

La limpieza que se realiza a la tubería después de hacer el tratamiento para la producción del producto final generando una pequeña mezcla de agua-producto.

2.5.5. Limpieza del espacio de la industria y equipos

La limpieza se realiza mediante carbonato de sodio o hidróxido de calcio diluido para la eliminación de grasa mediante saponificación mediante arrastre. A más de ello un empuje de agua con finalidad de eliminar posibles sólidos restantes (Pallares Bosque, 2016).

2.6. Características de aguas residuales de industrias lácteas

Las características de las aguas residuales son propias de cada una, por lo cual en el laboratorio el tratamiento para su evaluación debe ser propia para su lograr su depuración a continuación, en la Tabla 1-2 se presenta las características que usualmente presenta el afluente.

Tabla 1-2: Principales características organolépticas y físico-químicas del agua residual láctea

Características organolépticas	
Color	La coloración del agua depende de la disolución de algunos minerales especialmente de hierro y manganeso, así como la descomposición de material vegetal. El color del agua se clasifica en verdadero que se obtiene por la remoción de sólidos y aparente es producido por un material de suspensión.
Olor-sabor	Descomposición de compuestos orgánicos e inorgánicos contenida en el agua residual.
Características físicas	
Sólidos totales	Se dividen en sólidos disueltos y sólidos suspendidos, se expresa en mg/L. ES el residuo después de la evaporación a 103-105°C.
Sólidos disueltos	Se encuentran el agua en forma de gases o sales, se expresa en mg/L. Además, incluyen coloides que son de tamaño 0,001 a 1 μ m.
Sólidos disueltos fijos y volátiles	Se somete a 600 °C la muestra filtrada obteniéndose un residuo el cual indica la presencia de sólidos disueltos fijos. Y por diferencia de peso se tiene los sólidos disueltos volátiles.
Sólidos suspendidos	Aquellos que flotan en el agua se determinan por la diferencia entre sólidos totales y sólidos disueltos. La mayoría son orgánicos. Siendo los de mayor prioridad para el diseño de una planta de tratamiento.
Sólidos suspendidos fijos y volátiles	Se determina de forma análoga a los sólidos disueltos fijos y volátiles.
Sólidos sedimentables	Es el material que se sedimenta en el fondo de un recipiente conforme en el transcurso de un tiempo determinado.
Turbiedad	Es la presencia de impurezas que se encuentran suspendidas en el agua que dificultan el paso de la luz. Para medir se utiliza un aparato denominado como turbidímetro. Se expresa en NTU.
Temperatura	El cambio de temperatura influye en la viscosidad al igual que en la cinética de las reacciones químicas. Se expresa en °.
Conductividad	Es la capacidad del agua para conducir electricidad, debido a la presencia de sales disueltas como iones de Ca, Mg, Na, P, entre las más importantes. Se expresa en micromhos/cm o Siemens/cm.
Características químicas	
Potencial de hidrogeno	Da la referencia de las condiciones ácidas y básicas en el agua, provocando la toxicidad sobre la vida acuática en algunos casos.

Acidez	Se considera acida al agua cuando tiene un valor <8,5 y por la presencia de ácidos fuertes.
Alcalinidad	Presencia de sustancias de naturaleza básica en el agua. Se le conoce también como dureza.
Componentes orgánicos	Material orgánico ya sea de procedencia vegetal o animal. Siendo las principales generadoras del mal olor y sabor en las aguas cuando llegan a degradarse.
Componentes orgánicos	
Carbohidratos	Son sustancias biodegradables que se encuentran en forma de azúcares, almidones, celulosas, fibras, entre otras
Aceites y grasas	La presencia de grasas en el agua puede impedir procesos biológicos importantes para los seres vivos.
Componentes inorgánicos	
Nitrógeno	Produce el incremento de la eutrofización y se encuentra en forma de nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitratos y nitrito
Fosfatos	Es partícipe de la proliferación de algas, al igual que el nitrógeno

Fuente: Cisterna & Peña, 2015
Realizado por: Mayra Reino, 2020.

2.7. Indicadores de contaminación orgánica

2.7.1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Conceptualmente es la cantidad de oxígeno que necesita los microorganismos para lograr la descomposición biológica aerobia de desechos orgánicos presente en el agua residual, se obtiene en el laboratorio mediante la incubación de una muestra para medir el consumo de oxígeno para los microorganismos presentes a cabo de 5 días. Se expresa en unidades de mg/L (IDEAM, 2015).

2.7.2. Demanda química de oxígeno (DQO)

Usada para evaluar la cantidad de material orgánico existente al contacto con una solución el dicromato en medio ácido se vuelve susceptible de ser oxidado químicamente. Se expresa en unidades de mg/L (Rodríguez M., 2007).

La relación de estos dos indicadores nos da el índice de biodegradabilidad dando rienda al tipo de tratamiento que puede llevarse a cabo en el afluente contaminado como se puede ver a continuación en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Relación entre parámetros DBO₅ y DQO

$\frac{DBO_5}{DQO}$	TIPO DE BIODEGRADABILIDAD	TIPO DE TRATAMIENTO
>0.5	Muy biodegradable	Materia orgánica muy degradable y requiere de un tratamiento biológico.
0.2-0.5	Biodegradable	Materia orgánica moderadamente biodegradable, un valor que permite cuestionar la selección de un tratamiento biológico.
<0.2	Poco biodegradable	Materia orgánica poco degradable, es un hecho que será viable un tratamiento físico-químico.

Fuente: Cisterna & Peña, 2015

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

2.8. Tratamientos sugeridos de las aguas residuales

2.8.1. Pre-tratamiento

Se trata de un proceso netamente físico, cuyo objetivo es acondicionar el fluido antes de ingresar a la planta de tratamiento, evitando problemas de mantenimiento y operación. Aquí se tiene los siguientes componentes:

- ✓ **Rejillas:** Encargada de retirar sólidos gruesos o de mayor tamaño, comúnmente son construidas con barras de grosor de 6mm y una separación de 100mm.
- ✓ **Tamices:** Es necesario un desnivel entre la entrada y la salida para que pueda tener un buen funcionamiento, es usado posterior a las rejillas aumentando la eficiencia de remoción de sólidos.
- ✓ **Desarenadores:** Su función principal es la remoción de sólidos que tamaño superior a 200 μm tales como arena, grava y sólidos que tengas características sedimentables, reduciendo así taponamiento de tuberías, conductos y canales. Por otro lado, un beneficio más de esta estructura es que posterior a ella disminuye la frecuencia de limpieza de estructuras siguientes. Su mantenimiento se puede llevar a cabo en forma manual o mecánica, la cual se debe ser frecuentemente debido a que el material sólido retenido cuenta con impurezas de material orgánico.

2.8.2. Tratamientos primarios

- ✓ **Trampa de grasas:** Las grasas y aceites pueden ser causantes de daños posteriores en la planta de tratamiento de aguas, más si se trata de aguas contaminadas con material orgánico como son las provenientes de la industria láctea. Su objetivo es separar la grasa del afluente

donde por diferencia de densidad se da la separación dejando en la parte superior los aceites y grasas mientras que el agua clarificada sale por una descarga inferior. El diseño de esta estructura debe ser hidráulica capaz de tener un tiempo de retención suficiente para poder cumplir su objetivo (Vidales, 2010).

- ✓ **Sedimentación primaria:** Se da la separación de sólidos presentes en afluente por acción de la gravedad. Su funcionamiento depende de la morfología y peso de las partículas, son capaces de eliminar un 30% de material orgánico, 60% de sólidos en suspensión y protegen a los procesos posteriores de la oxidación biológica (Colorado Vargas & Herrera barrera, 2017).
- ✓ **Coagulación:** Para lograr la desestabilización química de las partículas coloidales en este proceso de añade coagulantes químicos, siendo necesario para que se dé la mezcla una energía o un resalto hidráulico. Es muy método muy empleado para la remoción de diversas sustancias y pesos (Andía, 2000).
- ✓ **Floculación:** Es el proceso posterior a la coagulación, cuyo objetivo es la formación de aglomerados, es decir, el crecimiento de los flóculos generados recién formados aumentando su peso y logren sedimentar (Andía, 2000).

2.8.3. Tratamientos secundarios

El tratamiento secundario es importante, ya que, constituye un proceso de naturaleza biológica que usa microorganismos en presencia de oxígeno permitiendo acelerar el proceso de eliminación de residuos donde las bacterias aeróbicas transforman el material orgánico biodegradable en formas más estables.

- ✓ **Lodos activados:** En este tratamiento se hace de airear la mezcla del agua residual y el lodo biológico en un tanque llamado reactor. La formación de lodos se da gracias a la acción de los microorganismos al convertir la materia orgánica en biomasa, la cual se lleva a un sedimentador y es redireccionada al reactor nuevamente. Para que se dé la mezcla completa en el reactor se realiza por medios mecánicos superficiales o sopladores sumergidos (difusores).

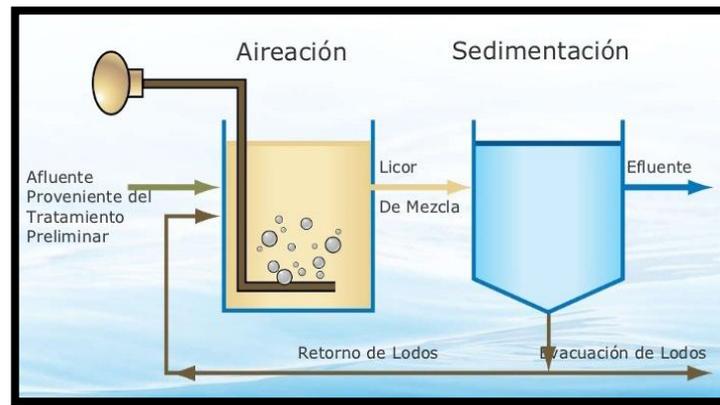


Figura 3-2: Lodos activados

Fuente: (Cropaia, 2017)

Este proceso consta de los siguientes elementos:

- **Tanque de aireación:** Estructura donde el agua y los microorganismos son mezclados (incluyendo retorno de los lodos activados).
- **Tanque de sedimentación:** La mezcla proveniente de la aireación llega al tanque sedimentador es separado los sólidos suspendidos.
- **Equipo de inyección de oxígeno:** Oxígeno necesario para activar los microorganismos (bacterias).
- **Sistema de retorno de lodos:** Su función principal es mantener en el tanque de aireación una alta concentración de bacterias.
- **Exceso de lodos y su disposición:** Se elimina el exceso de lodos generado en el tanque de aireación para posterior ser tratados y dispuestos (Colorado Vargas & Herrera barrera, 2017).

Alrededor del 95% de las bacterias crecen al consumir el material orgánico y en su mayoría conforman la biomasa, gracias a que el afluente existe carbohidratos, lípidos, entre otros. Por otro lado la edad del lodo se conceptualiza al decir que es el tiempo que una partícula de lodo permanece en el reactor (Colorado Vargas and Herrera Barrera, 2017).

El patrón de crecimiento, basado en el número de células, tiene cuatro fases.

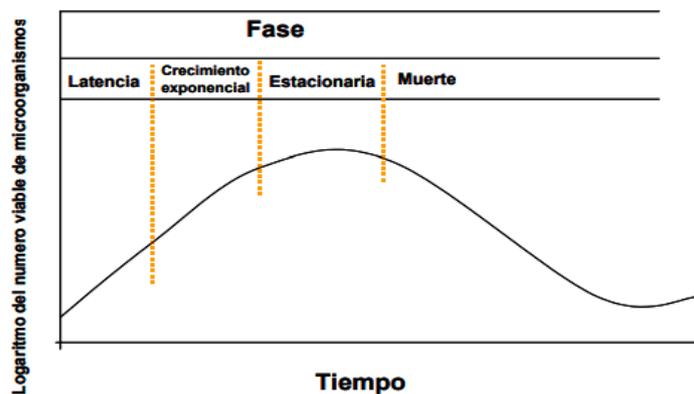


Gráfico 1-2: Curva característica de crecimiento bacteriano en términos de registro del número viable de organismos
Fuente: (Moeller, Ana and Tomasini)

El agua se pone en contacto con el aire modificando las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella. Su principal función en aguas residuales es de proveer oxígeno y mezcla en los procesos de tratamiento biológico aerobios.

Los equipos que generalmente son utilizados para la aireación suelen ser de tres tipos:

- **Sistema de agitación de paletas:** Se realiza mediante el uso de turbinas generando aireación.
- **Sistema de aireación artificial:** La aireación es generada mediante el uso de equipos motores, los mismos que producen una turbulencia superficial.
- **Equipos de aireación difusa:** Es provocado por la acción de soplantes y el uso de difusores ubicados en el fondo del tanque de aireación formando burbujas en el agua residual. Mientras el tamaño del orificio sea menor diámetro, mayor será la eficiencia del sistema de aireación. En caso de ser la presión baja se usan sopladores directos o de presión positiva (Romero, 2002. Pp. 389).

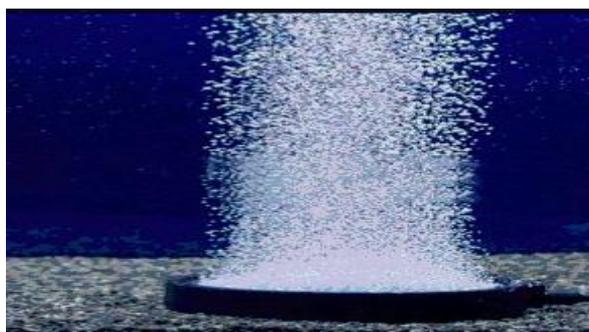


Figura 4-2: Difusor

Fuente: <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/aireacion.pdf>

Los difusores generan burbujas mediante orificios o poros. Los orificios que generalmente son usados son los de poro fino de 2 a 5mm, seguidos por los de poro semifino de 6 a 10mm y poro grueso >10mm. Los poros que cuentan con mayor eficiencia son los de burbuja fina. (Zofranca et al., 2012)

- ✓ **Laguna facultativa:** Se encuentra conformada por una zona anaerobia (fondo) y una aerobia (superficie). Se caracteriza por la proporción de algas presentes. El objetivo de este medio mixto es obtener un efluente de mayor calidad posible donde se haya reducido el contenido de nutrientes y bacterias coliformes, y una estabilidad de materia orgánica.

La profundidad de la laguna facultativa suele encontrarse entre 1 y 2 m que ayudara a mantener un ambiente oxigenado en la mayor parte. Se puede apreciar tres zonas en cuanto una laguna facultativa:

- **Zona fótica:** Es la zona superior se encuentra algas y bacterias aerobias en una relación simbiótica.
- **Zona heterótrofa:** Es la zona media o intermedia, aquí las bacterias facultativas descomponen los residuos, además en esta zona es parcialmente aerobia y anaerobia
- **Zona anaerobia:** Es la zona inferior o zona anaerobia se produce la descomposición de los sólidos acumulados. El dióxido de carbono que se produce sirve como fuente de carbono para las algas (Rosales, 2016).

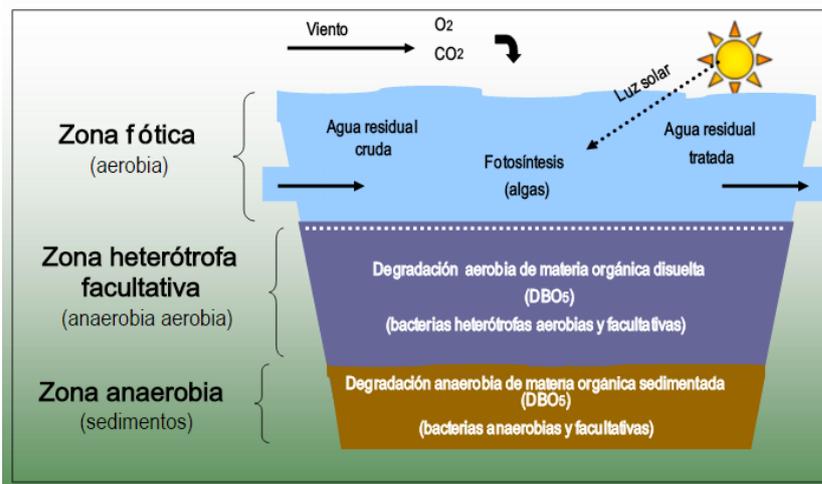


Figura 5-2: Laguna Facultativa

Fuente: (Rosales, 2016)

- ✓ **Biodiscos:** Son discos realizados con plástico donde su diámetro va de 3 a 4 metros. Son utilizados para la remoción de materia orgánica que se encuentra en un tanque de concreto donde se realiza el proceso aerobio. Los discos se encuentran sumergidos en un 40% en el agua residual, además que giran en una velocidad de 1 y 2 rpm. La remoción de la materia orgánica se da mientras se giran formando una película biológica de 2 a 4 mm.



Figura 6-2: Biodiscos

Fuente: (Ramalho, R.S., 1996)

2.9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Se prohíbe la descarga en un sistema de alcantarillado público, de cualquier sustancia que pueda ocasionar bloqueo en colectores o en sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o malolientes, o que causen el deterioro significativo de los materiales de construcción. Se incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros (Ministerio del Ambiente, 2015).

- a) Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).
- b) Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
- c) Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
- d) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.
- e) Fosgeno, cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno, sustancias comprobadamente tóxicas.” (Ministerio del Ambiente, 2015).

Acuerdo Ministerial No. 028, Registro Oficial - Edición Especial N° 387, Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

En el caso de la industria láctea deberá cumplir al menos con los valores establecidos en la norma que se puede observar en la siguiente Tabla 3-2:

Tabla 3-2: Límites de descarga al alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisibles
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	70.0
Explosivos o inflamantes	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN	mg/l	1.0
Cinc	Zn	mg/l	10.0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo	mg/l	0.1
Cobalto Total	Cu	mg/l	0,5
Cobre	Co	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como Fenol	mg/l	0.2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo total	P	mg/l	15.0
Hierro Total	Fe	mg/l	25.0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20.0
Manganeso total	Mn	mg/l	10.0
Mercurio total	Hg	mg/l	0.01
Níquel	Ni	mg/l	2.0
Nitrógeno total kjedahl	N	mg/l	60.0
Compuestos Organofosforados	Especies totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.5
Plomo	Pb	mg/l	0.5
Potencial de Hidrógeno	Ph		6-9
Selenio	Se	mg/l	0.5
Sólidos Sedimentables	SD	mg/l	20,0

Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600,0
Sulfatos	S ₀₄	mg/l	400
Sulfuros	S ²	mg/l	1.0
Temperatura	°C		<40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2.0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1.0

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ingeniería del proyecto

3.1.1. Tipo de estudio

En el presente proyecto es de tipo técnico ya que se registró que los vertidos a lo largo del proceso de elaboración de quesos se dirigen a una sola desembocadura, es decir, son dirigidos a la red de alcantarillado público. Una vez obtenida la muestra de agua residual se lleva a caracterización físico-químico, con finalidad de realizar una comparación con los valores de la normativa del Acuerdo Ministerial No. 028, Registro Oficial - Edición Especial N° 387, Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Según los datos obtenidos se procede a la realización de la tratabilidad mediante ensayos de laboratorio con el objetivo de depurar el agua contaminada y esta pueda ser enviada de manera correcta al alcantarillado, es decir, que se encuentre dentro de los límites exigidos por las entidades reguladoras de la normativa ambiental.

El sistema de tratamiento del agua residual se valida mediante los resultados obtenidos en la caracterización final del agua tratada.

3.1.2. Métodos y Técnicas

3.1.2.1. Métodos

a) Método deductivo

Este método se basa en ir de los conocimientos generales a lo específico, mediante la aplicación de conocimientos más actuales, identificando posibles soluciones al problema generado en la planta de lácteos al no cumplir con los requerimientos necesarios para desechar el afluente sin depurar al alcantarillado. Por lo tanto, mediante comparación con normativa del Acuerdo Ministerial No. 028, Registro Oficial - Edición Especial N° 387, Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público” y el respectivo análisis físico-químico del afluente contaminado se realizó las tabulaciones pertinentes cuyo objetivo es diseñar la planta de tratamiento para la planta láctea con un dimensionamiento adecuado que cumpla con el objetivo planteado.

b) Método inductivo

El método inductivo se basa en un estudio que va de lo particular a lo general, este método nos permite establecer el estado actual que presenta el afluente proveniente de la planta de lácteos “Lumilac” proveniente del proceso de obtención de quesos esto a través de la realización de un muestreo del efluente contaminado y por consiguiente mediante una caracterización físico-química identificando así los parámetros que se encuentran fuera de norma aplicando los valores correspondientes al alcantarillado público, ofreciendo una guía para establecer el proceso de tratamiento adecuado para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales.

c) Método experimental

La eliminación de contaminantes que se encuentran en el agua residual láctea forma parte del método experimental otorgando el uso de equipos, materiales de laboratorio, igual que instrumentos y reactivos propios para su depuración. Por lo que está relacionado con la caracterización del agua residual al determinar los parámetros resultantes por la remoción de contaminantes, indicando la eficiencia de cada proceso y equipo implicado en el tratamiento más adecuado para el dimensionamiento de planta de tratamiento de aguas residuales.

3.1.2.2. Técnicas

- **Técnicas in situ**

Cuyo objetivo es obtener la información de manera inmediata, evitando los riesgos de contaminación cruzada, por lo que es recomendable que su medición se la realicen en campo (AGACE, 2018).

- **Técnica para la Medición de Caudal**

Se tomo la descarga del agua contaminada hacia la alcantarilla proveniente de las aguas de lavado y proceso de obtención del producto, mediante la aplicación del método volumétrico que consiste en tener un volumen de agua en un tiempo determinado.

Tabla 1-3: Requerimientos utilizados en la medición del caudal del agua residual

Materiales y equipos (medición de caudal)	
Método	Materiales
La determinación del caudal se lo realizó mediante el método volumétrico	<ul style="list-style-type: none"> • Cronómetro • Balde graduado • Cámara fotográfica

- **Técnicas de laboratorio**

La caracterización física-química del agua residual está basada normas y técnicas, siendo estas fundamentadas en los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21° EDICION y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21° EDICION.

Tabla 2-3: Técnicas utilizados en Laboratorio de Servicios Ambientales

Parámetros	Método/Norma
Potencial Hidrógeno pH	STANDARD METHODS 4500 - H B
Conductividad	PE-LSA-01
Turbidez	STANDARD METHODS 2130 – B
Sólidos Sedimentables	STANDARD METHODS 2540 – F
Sólidos Suspendidos	STANDARD METHODS 2540 – D
Aceites y grasas	EPA 418.1
Fósforo Total	STANDARD METHODS 4500 – P – E
DQO	STANDARD METHODS 5220 – D
DBO₅	STANDARD METHODS 5210 – B
Nitrógeno Total	STANDARD METHODS 4500 – N – B
Cloruros	STANDARD METHODS 3500 – CI E

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

3.1.3. Método de Muestreo

El muestreo se realizó de manera manual según la normativa NTE INEN 2169:2013 para ale manejo, muestreo y conservación del agua.

El tipo de muestreo en el presente proyecto es de muestra compuesta, que se comprende de 8 alícuotas (muestras simples) tomadas a lo largo del día hasta formar obtener una muestra

compuesta de aproximadamente 4 litros. El muestreo se llevó a cabo los días viernes y sábado debido a que estos días existe mayor producción de queso y por ende mayor leche receptada.

En la Tabla 3-3 que se puede observar a continuación la información de la toma de muestras que se realizó, mismo que se llevó a cabo mediante un cronograma:

Tabla 3-3 Toma y recolección de muestras

DÍAS	Hora	Lugar	# muestras simples	# de Muestra compuestas
Viernes	8:00 a 11:00 y 14:00 a 17:00	Descarga directa al alcantarillado	8	1
Sábado	8:00 a 11:00 y 14:00 a 17:00	Descarga directa al alcantarillado	8	1
Total de muestras				2

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

Posterior a la realización del muestreo el agua residual recolectada se la llevó al laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, en donde se efectuó las caracterizaciones físico-químicas y por ende las pruebas de tratabilidad para la eliminación de contaminantes.

3.1.3.1. Tratamiento de muestras

Con finalidad de llegar obtener muestras de calidad se debe tener en cuenta la importancia de conservación de las muestras, que permitan realizar un correcto análisis de los parámetros del agua residual, retardando los cambios que el agua tiende a sufrir después de ser obtenida del lugar donde se origina, por lo que se debe tener en cuenta que el agua muestreada se debe llevar de manera inmediata al laboratorio para ser realizada el respectivo análisis.

Llevado a cabo los análisis del agua residual e identificando los parámetros fuera de norma aplicando el método de comparación con los valores del Acuerdo Ministerial No. 028, Registro Oficial - Edición Especial N^o 387, Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público” misma que indica los criterios de aceptabilidad para que el agua residual pueda ser desembocada en el alcantarillado público, tales como Sólidos Totales, Sedimentables, Suspendidos, DQO y DBO₅.

Entre la comparación de los datos obtenidos resultantes del análisis y los valores de tablas ya establecidos se logran hallar los mismos que se encuentran fuera de los límites los cuales nos

brindan la capacidad de tomar decisiones oportunas para la selección del tratamiento adecuado para el agua residual proveniente de la planta láctea

3.1.4. Proceso de caracterización del agua residual

Tabla 4-3: Materiales y equipos utilizados en la fase inicial del proyecto

Materiales y equipos utilizados en el muestreo		
Fundamento	Materiales	Procedimiento
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013, Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.	<ul style="list-style-type: none"> • Recipientes de vidrio (Ámbar) • Embudo • Borosilicato para caracterizaciones físico – químico. • Guantes • Balde para la recolección 	<ul style="list-style-type: none"> • La recolección se da con finalidad de obtener muestras simples que posteriormente formaran parte de dos muestras compuestas.

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

Para el presente proyecto se tiene que cubrir las necesidades tanto tecnológicas, equipos y reactivos para llevar a desarrollo del mismo.

Tabla 5-3: Requerimientos utilizados en la caracterización de agua residual

Requerimientos utilizados en la caracterización de agua residual		
Materiales	Equipo	Reactivos
Guantes	pH-metro	Nitrover
Papel filtro	Espectrofotómetro	Agua destilada
Vasos de precipitación	Turbidímetro	Nutrientes para DBO
Pipetas	Conductímetro	Buffer pH 4,0
Piseta	Estufa	Buffer pH 7,0
Cono Imhoff	Destilador	Reactivo nitrógeno total
Tubos de ensayo	Digestor DBO	Nitraver 5
Pera de succión	Digestor DQO	PhosVer 3
Probeta	Bomba de aire	
Celdas de vidrio	Balanza analítica	
Botellas de vidrio	Electrodos	
Toallas absorbentes		
Soporte universal		
Mandil		
Enlermeyer		

Realizado por: Mayra Reino, 2020

3.1.4.1. Procedimientos empleados para la determinación de parámetros físicos y químicos.

✓ **Potencial de Hidrógeno, pH**

Tabla 6-3: Método STANDARD METHODS 4500-B

Concepto	Materiales/equipo	Reactivo	Técnica	Cálculo
Nos indica la acidez o alcalinidad de agua.	✓ pH-metro	✓ Agua residual	✓ Calibrar el pH-metro	Lectura Directa
	✓ Vaso de precipitación de 100ml	✓ Agua destilada	✓ Colocar en el vaso de precipitación el agua residual ✓ Sumergir el electrodo y agitar por breve segundos ✓ Poner READ	

Fuente: STANDARD METHODS, 1996.

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

✓ **Conductividad**

Tabla 7-3: Método HACH DR 2800

Concepto	Materiales/Equipo	Reactivos	Procedimiento	Cálculo
Capacidad de un cuerpo para medir el paso de la corriente a través de él, Varía con la temperatura.	✓ Vasos de precipitación ✓ Limpiadores ✓ Conductímetro	✓ Agua residual ✓ Agua destilada	✓ En el vaso de agua se agrega 100ml de agua residual ✓ Varias veces lavar el electrodo con agua destilada ✓ Colocar el electrodo en el agua residual y medir presionando READ	Lectura directa.

Fuente: STANDARD METHODS, 1996.

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

✓ **Turbidez**

Tabla 8-3: Método HACH 2130-B

Concepto	Materiales	Reactivos	Técnica	Cálculo
Determina la intensidad del color ya sea antes y después del tratamiento, identificando cualquier impureza que pueda estar suspendida en el efluente.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Turbidímetro ✓ Celda ✓ Pizeta 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Agua destilada ✓ Agua residual 	Colocar en la celda el agua residual, colocarlo la celda en el turbidímetro y medir.	Leer de manera directa el resultado en el equipo, las unidades dadas por el mismo son en NTU.

Fuente: STANDARD METHODS, 1996.

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

✓ **Sólidos Totales Disueltos**

Tabla 9-3: Método HACH DR 2540 D

Concepto	Materiales/equipo	Reactivo	Técnica	Cálculo
Representa el material soluble y coloidal.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Filtro ✓ Bomba de succión 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Agua residual 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pesamos el filtro. ✓ Colocamos en la bomba de succión. ✓ Agregar el agua poco a poco hasta que se filtre por completo ✓ Llevar la parte sólida a evaporación del resto sólido a 103-105°C, dejar enfriar en el desecador y pesar. 	<p>Los sólidos totales se determinan con la siguiente ecuación:</p> $mg\ de\ \frac{STD}{L} = \frac{((A - B) * 1000)}{Volumen\ de\ muestra\ en\ ml}$ <p>Dónde</p> <p>A=Peso del filtro + residuo seco en mg</p> <p>B= Peso del filtro en mg</p>

Fuente: STANDARD METHODS, 1996.

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

✓ **Sólidos Totales**

Tabla 10-3 Método APHA 2540 B

Concepto	Materiales	Reactivo	Técnica	Cálculo
Se coloca una cantidad de muestra en una placa y se lo lleva a secado a 103-105°C y pesado posteriormente.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Capsulas de porcelana. ✓ Desecador. ✓ Balanza ✓ Mufla 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Agua residual 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Calentar la capsula limpia durante una hora a temperatura 103-105°C. ✓ Transferir un volumen conocido de muestra y dejar q se evapore completamente ✓ Pesar la cápsula ✓ Repetir el ciclo hasta que el peso sea constante 	<p>Para determinar los sólidos totales se aplica la siguiente ecuación.</p> $mg\ de\ \frac{ST}{L} = \frac{(A - B) * 1000}{Voluemen\ de\ muestra\ en\ ml}$ <p>Dónde A=Peso del residuo seco + cápsula en mg B= Peso de la cápsula en mg</p>

Fuente: STANDARD METHODS, 1996.

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

✓ **Sólidos sedimentables**

Tabla 11-3: STANDARD METHODS 2540 – F

Concepto	Materiales	Reactivo	Técnica	Cálculo
Es la cantidad de material que sedimenta de una muestra en un período de tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conductímetro ✓ Electrodo ✓ Vasos de precipitación ✓ Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Agua destilada ✓ Muestra de agua 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lavar varias veces el electrodo (celda conductimétrica) con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar. ✓ Seleccionamos el parámetro de medida en la pantalla (SS) y presionamos READ. Deje un tiempo hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de sólidos sedimentables directamente de la pantalla. Además, se medirá la temperatura. ✓ Registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Guarde el electrodo hasta volver a utilizar. 	Leer de manera directa el resultado en el equipo

Fuente: STANDARD METHODS, 1996.

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

✓ **DBO**

Tabla 12-3: Standard Methods *5210 B

Fundamento	Equipo/materiales	Reactivos	Técnica	Cálculo
Determina la cantidad de oxígeno necesario para llegar a degradar la materia orgánica de una muestra de agua usando una población microbiana heterogénea.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Botellas winkler de 300ml ✓ Pipeta ✓ Agitador magnético ✓ Probeta ✓ Balón aforado de 100ml ✓ Tapa de sello ✓ Cabezales de medición 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Agua destilada ✓ Muestra de agua residual ✓ Ampolla de nutrientes ✓ Escamas de hidróxido de potasio. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ En un balón aforado diluir 10ml de la muestra con 100 ml de agua destilada. ✓ Hacer este procedimiento una vez más hasta obtener 200ml de muestra diluida. ✓ Colocar 150 ml de la dilución en la botella winkler y añadir una ampolla de nutrientes e introducir el agitador magnético. ✓ En el tapón colocar una escama de hidróxido de potasio y sellar la botella con el mismo. ✓ Enroscar el cabezal de medición y encender. ✓ Colocar la botella en la incubadora de aire y esperar un periodo de 5 días. ✓ Transcurrido el tiempo indicado tomar la lectura de los datos obtenidos en el cabezal de medición y anotar. 	Lectura directa.

Fuente: STANDARD METHODS, 1996.

Realizado por: Jessenia Chamorro, 2020.

✓ **DQO**

Tabla 13-3: Standard Methods *5220 D

Fundamento	Equipo/Materiales	Reactivos	Técnica	Cálculo
Este método define la cantidad de un oxidante específico que reacciona con la muestra bajo condiciones controladas.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Espectrofotómetro ✓ Termorreactor ✓ Gradilla ✓ Pipeta ✓ Vaso de precipitación ✓ Viales de 16 mm de diámetro ✓ Paños para limpiar los viales ✓ Tapas roscas 	<ul style="list-style-type: none"> -Agua destilada. -Muestra de agua residual doméstica. -Solución patrón de absorbancia. -Solución patrón ftalato ácido de potasio. 	<ul style="list-style-type: none"> -Agitar el vial de la solución patrón y ubicar en la gradilla. -Tomar 2 ml de muestra para verter en el vial. -Tapar y homogenizar el contenido. -Encender el turborreactor a la temperatura de $148 \pm 2^\circ\text{C}$ y colocar el vial durante 2 horas. -Terminada la reacción en el tiempo indicado, dejar enfriar. -Limpiar las paredes externas del vial con agua destilada y secar con un paño seco y limpio. -Seleccionar el método en el espectrofotómetro y calibrar con la solución patrón. -Colocar el vial con la muestra y medir. Leer los resultados y anotar. 	Lectura directa.

Fuente: STANDARD METHODS, 1996

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

✓ **Nitrógeno total**

Tabla 14-3: Método STANDARD METHODS 4500 – N – B

Concepto	Materiales/equipo	Reactivo	Técnica	Cálculo
Nos indica la acidez o alcalinidad de agua.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Espectrofotómetro DR 2800 ✓ Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml ✓ Limpiadores ✓ Enlermeyer 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Set de reactivos de nitrógeno amoniacal ✓ Estabilizante mineral ✓ Alcohol polivinílico ✓ Reactivo Nessler ✓ Agua destilada ✓ Muestra de agua 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 380 N, amoniacal Ness. ✓ Preparación de la muestra. - Colocar 25ml de muestra en un enlermeyer. ✓ Preparación del blanco. - Colocar 25 ml de agua destilada. ✓ Adicionar tres gotas de estabilizante mineral en cada enlermeyer, agitar varias veces para mezclar. ✓ Adicionar tres gotas de agente dispersante alcohol polivinílico a cada uno, agitar varias veces para mezclar. ✓ Pipetear 1 ml de reactivo Nessler en cada tubo, agitar varias veces para mezclar. ✓ Aforar las cubetas y la pipeta con cada solución preparada respectivamente antes de usarlas. Colocar 10 ml de muestra y de blanco en las cubetas. ✓ Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.00mg/L N-NH3. ✓ Dentro de los 1 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha. 	Lectura Directa

Fuente: STANDARD METHODS, 1996.

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

✓ **Aceites y grasas**

Tabla 15-3: Método EPA 418.1

Concepto	Materiales/equipo	Reactivo	Técnica
Nos indica la acidez o alcalinidad de agua.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Embudos de Separación 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Extracción con hexano 	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

Fuente: STANDARD METHODS, 1996.

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

3.1.4.2. Caracterización inicial del agua residual

Una vez obtenidas las muestras compuestas y llevadas a laboratorio para su análisis, se realizó la caracterización inicial físico- químico del agua residual resultante de los procesos realizados en la planta de lácteos “Lumilac”, como se puede observar en la Tabla 16-3.

Tabla 16-3: Caracterización físico-químico, Valor promedio de las muestras compuestas.

PARÁMETROS	UNIDAD	Resultado		Valores promedio	Norma TULSMA
		Muestra 1	Muestra 2		Lim.Max.Per*
Conductividad	uS/cm	802,0	845,0	823,5	———
pH	.....	6,19	5,68	5,94	6-9.
Turbiedad	NTU	575	565	570	———
Alcalinidad	mg/L	90,0	95,0	92,5	———
Cloruros	mg/L	269,0	241,0	255	———
Nitrógeno Orgánico Total	mg/L	24,8	48,0	36,4	60.0
Fosfatos	mg/L	4,8	11,12	7,96	15.0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	2690,0	2830,0	2760	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	1400	1640,0	1520	250
Aceites y Grasas	mg/L	252,0	224,0	238	70.0
Sólidos Disueltos	mg/L	520,0	490,0	505	———
Sólidos Suspendidos	mg/L	386,0	386,0	386.0	220
Sólidos Sedimentables	mg/L	0,3	0,2	0,25	20
Sólidos Totales	mg/L	2848,0	2576,0	2712,0	1600

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

* Acuerdo Ministerial No. 028, Registro Oficial, Edición Especial N0 387, Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público”

3.1.5. Tratabilidad del agua residual

3.1.5.1. Índice de Biodegradabilidad

De los valores iniciales de la caracterización del agua residual proveniente de la planta de lácteos tanto el DBO₅ y el DQO se encuentra fuera de la normativa mismos que nos ayudarán a obtener el índice de biodegradabilidad.

Por cada muestra compuesta se tiene un valor de índice de biodegradabilidad mismo que aporta con una guía a seguir para el tratamiento del afluente contaminado, según sea su naturaleza, es decir, si es muy biodegradable, poco biodegradable o muy poco biodegradable por lo que se opta por un tratamiento físico-químico. Cuyo valor de índice de biodegradabilidad son obtenidos en una temperatura aproximada de 20°C.

Se tiene un valor promedio de todos los índices de biodegradabilidad, tal como se puede observar a continuación:

$$I_{BIOD} = \frac{DBO_5}{DQO}$$

Ecuación 2

$$I_{BIOD} = \frac{1520}{2760}$$

$$I_{BIOD} = 0,55$$

Según la Tabla 2-2 el valor de 0,55 nos orienta a la tomar una decisión que nos indica que se trata de materia orgánica moderadamente biodegradable, pero el valor se acerca más a ser altamente degradable por lo cual se opta por un tratamiento biológico.

3.1.5.2. Procesos empleados a nivel laboratorio para el tratamiento del agua residual

Se aplica las pruebas de tratabilidad con finalidad de comprobar que los contaminantes en el agua residual son susceptibles a su eliminación mediante el tratamiento seleccionado. El cual ayuda a determinar el tamaño, tipo del dimensionamiento de los equipos a formar parte del sistema.

El objetivo de realizar las pruebas de tratabilidad es descartar los procesos que no estén acorde o no cumplan con la eliminación de los contaminantes presentes en el agua permitiendo así llegar a aplacar costos que influyan en la economía de la planta de lácteos admitiendo así tener un ahorro.

Una vez conocido los resultados de la caracterización se tuvo que tomar en consideración los diferentes parámetros fuera de norma tanto físicos y químicos de las muestras compuestas, a las cuales se les aplicó el tratamiento para su remoción.

- **Trampa de aceite y grasa**

Mediante el uso de un embudo de separación de 1000ml se llevó a cabo la separación del aceite y grasas, esto al colocar el agua residual en el embudo y dejando en reposo un tiempo en reposo (una hora), tanto para la primera como segunda muestra compuesta obteniendo la separación del líquido insoluble gracias a la diferencia de densidades. Posteriormente al tiempo estimado se realiza la separación de los líquidos regulando el flujo mediante el uso de la válvula que se encuentra en la parte inferior del embudo.



Figura 1.3: Embudo de separación
Realizado por: Mayra Reino, 2020.

- **Aireación**

Una vez cumplido el objetivo de dejar al agua libre de grasa pasa a un balde donde se le va a aplicar una aireación, la oxigenación se dará mediante el uso de una bomba que ejercía una presión de 0,012MPa por medio de dos conductos a los cuales se les añadió las boquillas al final de estas con orificios actuando como difusores, ocasionando que se produzca burbujas en un tiempo de 16 horas.



Figura 2.3: Aireación
Realizado por: Mayra Reino, 2020.

- **Sedimentación**

Después del tiempo anteriormente mencionado en la aireación se deja en reposo para que el material sólido sedimente hacia el fondo finalizando así el proceso de depuración. Esto mediante el uso de un cono Imhoff que permita separar los sólidos sedimentables contenidos en el agua residual durante aproximadamente entre 5 a 6 horas.



Figura 3.3: Cono Imhoff
Realizado por: Mayra Reino, 2020.

Posterior a la sedimentación se lleva el agua obtenida a su respectivo análisis para verificar que los parámetros estén dentro de los valores exigidos por la norma.

3.1.5.3 Propuesta a implementar para el tratamiento del agua residual

Según los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial No. 028, Registro Oficial - Edición Especial N° 387, Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público”, y mediante ensayos de laboratorio se tiene la propuesta a implementar tal forma que cumpla con la necesidad de eliminar los contaminantes del afluente sin depurar a tratar.

El dimensionamiento de la planta de tratamiento se encuentra basada en criterios de diseño, en las cuales constan las ecuaciones de diseño, mismos que son obtenidos de fuentes bibliográficas de diferentes autores, tales como: Norma RAS 2000, OPC/CEPIS 2003, Rodríguez Araya. Dejando como esquema de la planta de tratamiento de aguas residuales con sus etapas como se puede observar en la figura 4-3:

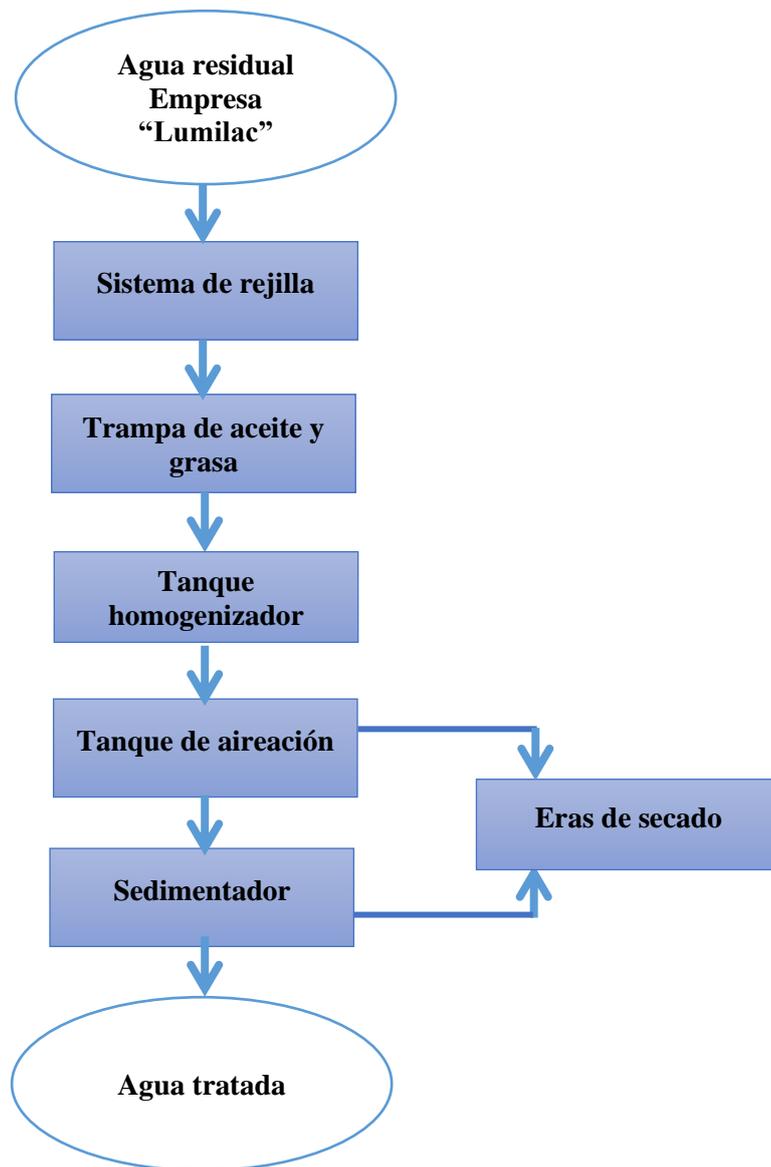


Figura 4-3 Sistema de Tratamiento de aguas residuales

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

3.1.6. Determinación del caudal de la planta

La medición se llevó a cabo en los 4 días que la planta cuenta con mayor producción como se puede ver en la Tabla 17-3, que va desde las 8:00 hasta las 17:00 en intervalos de una hora, mediante el uso de un balde graduado de 5L y un cronómetro. El método volumétrico aplica la siguiente fórmula:

$$Q = V/t$$

Ecuación 1

Dónde:

Q= Caudal ($\frac{m^3}{s}$)

V= Volumen (m^3)

t= Tiempo (s)

A continuación, se tiene las mediciones de los caudales:

Tabla 17-3: Aforo de caudal de agua residual

Días	Lunes	Miércoles	Viernes	Sábado
08:00	0,143	0,111	0,132	0,166
09:00	0,132	0,132	0,166	0,161
10:00	0,111	0,128	0,161	0,147
11:00	0,122	0,119	0,143	0,143
14:00	0,125	0,125	0,132	0,132
15:00	0,143	0,122	0,125	0,132
16:00	0,132	0,135	0,147	0,161
17:00	0,128	0,122	0,147	0,161
Promedio (L/s)	0,130	0,124	0,144	0,150

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

Tabla 18-3: Promedio caudal en la semana

Días	Caudal (L/s)	Caudal (L/día)
Lunes	0,130	11188,8
Miércoles	0,124	10735,2
Viernes	0,144	12452,4
Sábado	0,150	12992,4
Promedio	0,137	11842,2

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

3.1.7. Balance de masa en la producción de queso

La producción de la empresa se enfoca en la elaboración de queso, para la cual cuenta con la recepción de la leche dato que fue facilitado por parte de la gerencia, cuyo volumen de leche se tiene en cuenta para elaboración del balance de masa, a más de tener la relación de consumo de agua potable por litro de leche y por ende la generación del agua residual como se puede ver a continuación en la Figura 5-3:

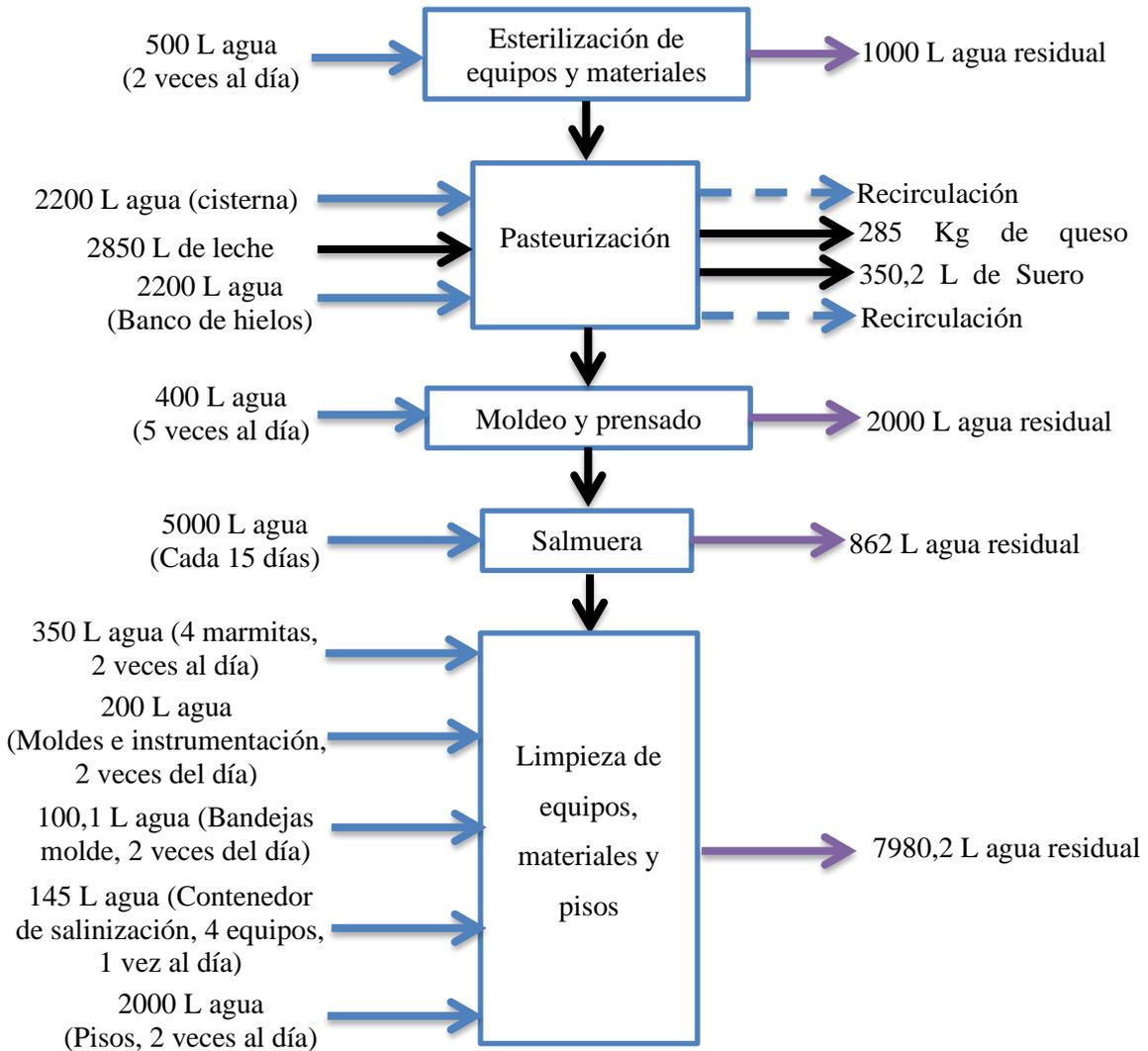


Figura 5-3: Balance de masa

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

En el sector agroalimentario la industria láctea, así como otras industrias se da el consumo diario de grandes cantidades de agua ya sea en el proceso o en mantener las condiciones sanitarias.

Dependiendo de las instalaciones, itinerario de limpieza (siendo este donde se consume entre 25-40%) y el manejo de recurso agua puede llegar a superar varias veces el volumen de leche receptada (Saenz Roldan, 2013). La cantidad de agua necesaria en relación a la leche tratada varía entre 1-10L, dependiendo de la actividad de la planta, el consumo puede ser menor si se cuenta con automatización donde se trabaja en continuo. Ahora bien, en la planta procesadora de lácteos “Lumilac” la relación de consumo es de 4,15. Debido a que tanto el proceso de obtención de queso como la limpieza requerida se realizan de manera manual sin ningún plan de consumo de efluente. El suero obtenido se lo reserva para su posterior distribución a personas particulares quienes lo usan para consumo de animales.

3.1.8. Dimensionamiento del Sistema de Tratamiento de aguas residuales

3.1.8.1. Caudal de diseño.

Una vez realizado el balance de masa, según la leche receptada y el agua residual generada en el proceso de producción de queso se tiene el caudal de diseño, mismo que se presenta a continuación en la Tabla 19-3.

Tabla 19-3: Caudal de diseño

Producto	Leche/producción (L/día)	Relación	Agua residual (L/día)
Queso	2850	4,15	11842,2

Realizado por: Mayra Reino, 2019.

El proyecto debe considerar la proyección del aumento de las aguas residuales a futuro, cuando la capacidad máxima de producción empleada aumente, por lo que se proyecta un caudal para los próximos 10 años, dato facilitado por empresa que es de 8550 L.

$$Q = \frac{\frac{11842,2 \text{ L agua residual}}{\text{día}}}{\frac{2850 \text{ L leche receptada}}{\text{día}}} \times \frac{8550 \text{ L de leche que se receptara a futuro}}{\text{día}}$$

Ecuación 3

$$Q = 35526,6 \text{ L/día}$$

Obteniendo el caudal de diseño para el sistema de tratamiento de agua residual por día que es igual a:

$$Q_D = 1,48 \frac{m^3}{h} \cong 1,5 \frac{m^3}{h}$$

En la empresa se trabaja 8 horas por lo que se va a tener una carga de agua residual

$$Q_D = 1,5 \frac{m^3}{h} (8h)$$

$$Q_D = 12 m^3$$

Teniendo en cuenta un 30% de factor de seguridad se tiene:

$$Q_D = 12 m^3 (1,3)$$

$$Q_D = 15,6 m^3 \cong 16 m^3$$

3.1.8.2. Canal de entrada

Se denomina canal a un conductor cerrado o abierto por donde corre agua por acción de la gravedad gracias a que el líquido se encuentra en contacto con una atmósfera.

Los canales según su origen pueden ser:

- ✓ **Canales naturales:** Tiene una sección transversal de manera irregular y cambiante a lo largo de su recorrido, Por ejemplo, de canales naturales se tiene ríos, lagos, arroyuelos, entre otros.
- ✓ **Canales artificiales:** Son construidos por el ser humano, los mismos cuentan con formas geométricas (Parabólica, triangular, trapezoidal y rectangular), además de secciones transversales constantes. Por ejemplo, se tiene el alcantarillado, canal de riego, entre otros (Barragán Fonseca, 2017).

Con finalidad de evitar la acumulación de sólidos se debe preferir un canal recto y una sección transversal rectangular, siendo este por donde el agua contaminada será guiada al sistema de tratamiento.

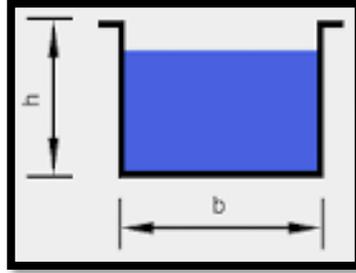


Figura 6-3: Canal rectangular

Realizado por: Mayra Reino, 2019.

✚ Dimensionamiento del canal de entrada

- **Radio hidráulico**

Tabla 20-3 Revisión de la capacidad de conducción de los canales revestidos

Anchura del fondo (m)	Altura del agua (m)	Pendiente longitudinal (porcentaje)			
		0.02	0.05	0.10	0.15
0.30	0.30	20-30*	30-40	40-60	40-70
0.50	0.40	40-70	70-120	100-160	120-200
0.80	0.60	140-240	230-370	320-530	400-650

Fuente: (Estructuras De Conducción De Agua)

$$RH = \frac{B * h}{B + 2h}$$

Ecuación 4

Datos:

RH: Radio hidráulico (m)

h: Altura máxima del agua en el canal (m); 0.30 m (Valor considerado de la Tabla 20-3)

B: Ancho del canal (m); 0.3 m (Valor considerado de la Tabla 20-3)

$$R_h = \frac{(0,3m)(0,3m)}{0.3m + 2(0,3m)}$$

$$R_h = 0,10m$$

- **Velocidad media del canal**

La rugosidad de Manning permite relacionar la capacidad de conducción y la forma para el canal de entrada con respecto al material con el cual va ser implementado.

Tabla 21-3 Coeficiente de rugosidad de Manning en canales abiertos con revestimiento

Canales revestidos	<i>N</i>	1/ <i>n</i>
Ladrillos de mortero de cemento	0.020	50.00
Hormigón, piezas prefabricadas, sin terminar, paredes rugosas	0.015	66.67
Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas	0.013	76.92
Ladrillos, paredes rugosas	0.015	66.67
Ladrillos, paredes bien construidas	0.013	76.92
Tablas, con crecimiento de algas/musgos	0.015	66.67
Tablas bastante derechas y sin vegetación	0.013	76.92
Tablas bien cepilladas y firmemente fijadas	0.011	90.91
Membrana de plástico sumergida	0.027	37.04

Fuente: Crites & Tchobanoglous, 2000.

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

Ecuación 5

Datos:

v: Velocidad media del canal (m/s)

RH: = Radio hidráulico (m); 0.24 m

S: Pendiente canal rectangular revestido de hormigón (%); 0.02 % (*Valor considerado de la Tabla 20-3*)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional); 0.013 (*Valor considerado de la Tabla 21-3*)

$$v = \frac{1}{0,013} (0,10m)^{2/3} (0,0002)^{1/2}$$

$$v = 0,234 \frac{m}{s}$$

- Área de la sección transversal mojada

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

Ecuación 6

Dónde:

A: Área de la sección transversal

Q: Caudal de diseño ($\frac{m^3}{h}$); $2 \frac{m^3}{h}$

v: Velocidad media del canal ($\frac{m}{s}$); $0,234 \frac{m}{s}$

$$A = \frac{2 \frac{m^3}{h} \left(\frac{1h}{3600s} \right)}{0,234 \frac{m}{s}}$$

$$A = 2,4 \times 10^{-3} m^2$$

- **Altura efectiva (máxima altura del agua en el canal)**

Se sabe que para las dimensiones óptimas de un canal se tiene que $b=2h$, en tanto $b=2h$, entonces:

$$A = b * h$$

$$A = 2H * H$$

$$A = 2H^2$$

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

Ecuación 7

Dónde:

h: Altura máxima del agua en el canal (m)

A: Área del canal (m^2); $2,4 \times 10^{-3} m^2$

$$h = \sqrt{\frac{2,4 \times 10^{-3} m^2}{2}}$$

$$h = 34,64 \times 10^{-3} m$$

- **Altura total del canal, H:**

Para el buen funcionamiento del canal se debe tener una altura total que tome en cuenta el borde libre, teniendo en cuenta el caudal como se muestra en la Tabla 22-3:

Tabla 22-3 Condiciones para determinar el borde libre de un canal

Caudal (m^3/s)	Borde libre (m)
Menor a 0.50	0.30
Mayor a 0.50	0.40

Fuente: (Pedro Rodríguez Rubio, 2008)

$$H = h + hs$$

Ecuación 8

Datos:

H: Altura total del canal

h: Altura máxima del agua en el canal (*m*)

h_s: Factor de seguridad(*m*); 0.30m (*Valor considerado de la Tabla 22-3*)

$$H = (34,64 \times 10^{-3} m + 0.30)m$$

$$H = 0.3m$$

3.1.8.3. Sistema de rejillas

El cribado, es utilizado para retirar los sólidos con finalidad de impedir que se produzca un bloqueo de las siguientes etapas en el sistema de tratamiento de agua contaminada, eliminando material flotante superior a 2mm.



Figura 7-3: Rejillas

Fuente: (Temmisa, 2017)

Se utiliza rejas o barrotes que pueden ser de limpieza manual o mecánica. Lo cual ayuda a aumentar la eficiencia posterior al cribado de cada unidad que conforma la planta. Se puede reducir o eliminar un aproximado de 5% a 20 % de sólidos en suspensión. (Guzmán, 2013)

Tabla 23-3: Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica

Condiciones	Unidad	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Tamaño de la barra:			
Anchura	<i>mm</i>	5-15	5-15
Profundidad	<i>mm</i>	25-37.5	25-37.5
*Separación entre barras	<i>mm</i>	25-50	15-75
Pendiente en relación a la vertical	<i>Grados</i>	60-45	0-60
Velocidad de aproximación	<i>m/s</i>	0.30-0.60	0.6-1.1
Perdida de carga admisible	<i>mm</i>	150	150

*Fuente: Metcalf & Eddy, 1995

Fuente: Norma RAS, 2000.

✚ Dimensionamiento del sistema de rejillas

- **Área libre del paso de agua**

Aplicando la Norma RAS 2000. La velocidad de flujo (v) considerado para el dimensionamiento de rejillas de limpieza manual será el valor de 0.45 m/s .

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

Ecuación 9

Dónde:

A_L : Área libre del paso de agua (m^2)

Q_D : Caudal de diseño (m^3/s); $5,55 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

v : Velocidad de flujo (m/s); 0.45 m/s

$$A_L = \frac{5,55 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{0,45 \text{ m/s}}$$

$$A_L = 1,23 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

- **Altura del tirante en el canal**

Mediante el uso de la norma RAS 2000 que aconseja valores para el ancho del canal, se asumió el valor de 0.3m y despejando la altura del tirante en el canal.

$$h_{a'} = \frac{A_L}{B}$$

Ecuación 10

Dónde:

$h_{a'}$: Altura del tirante en el canal (m)

A_L : Área libre del paso de agua (m^2); 0.0009 m^2

B : Ancho del canal (m); 0.3 m

$$h_{a'} = \frac{1,23 \times 10^{-3} \text{ m}^2}{0.30 \text{ m}}$$

$$h_{a'} = 4,11 \times 10^{-3} \text{ m}$$

- **Altura del tirante de construcción**

Para evitar que el fluido se desemboque del canal se toma un valor de 0.3 como factor de seguridad.

$$h_a = h_{a'} + h_s$$

Ecuación 11

Dónde:

h_a : Altura del tirante de construcción (m)

$h_{a'}$: = Altura del tirante en el canal (m); $4,11 \times 10^{-3} m$

h_s : Altura de seguridad (m); 0.3 m

$$h_a = 4,11 \times 10^{-3} m + 0.3 m$$

$$h_a = 0.3 m$$

- **Longitud de las barras**

Considerando la Norma RAS 2000, se consideró el valor de 60° inclinación de las barras para el diseño del sistema de rejillas.

$$L_b = \frac{h_a}{\text{Sen } \theta}$$

Ecuación 12

Datos:

L_b : Longitud de las barras (m)

h_a : Altura del tirante de construcción (m); 0.30 m

θ : Ángulo de inclinación de las barras (grados); 60° (Valor considerado de la Tabla 23-3)

$$L_b = \frac{0.30 m}{\text{Sen } 60}$$

$$L_b = 0.346 m$$

- **Nivel máximo de agua en la rejilla**

$$N_{max} = \frac{Q}{v * B}$$

Ecuación 13

Dónde:

N_{max} : Nivel máximo de agua en la rejilla (m)

B : Ancho del canal (m); 0.3 m

Q_D : Caudal de diseño ($\frac{m^3}{s}$); $5,55 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$

v : Velocidad de flujo ($\frac{m}{s}$); $0,45 \frac{m}{s}$ (Valor considerado de la Tabla 23-3)

$$N_{max} = \frac{5,55 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{0,45 \frac{m}{s} * 0,3 m}$$

$$N_{max} = 0,00411 m$$

- Longitud sumergida de barras

$$L_{SR} = \frac{N_{max}}{\text{Sen}\theta}$$

Ecuación 14

Datos:

L_{SR} : Nivel máximo de agua en la rejilla (m)

N_{max} : Nivel máximo de agua en la rejilla (m); 0.00411 m

θ : Ángulo de inclinación de las barras (grados); 60°

$$L_{SR} = \frac{0,00411 m}{\text{Sen } 60^\circ}$$

$$L_{SR} = 0,0048 m$$

- Número de barras

Mediante consideración de los valores dados en criterios de diseño de la Norma RAS 2000 y Metcalf & Eddy 1995, se tomó los valores de 0.04 m para la separación entre las barras y de $1,00 \times 10^{-2}$ m de espesor de las mismas.

$$N_b = \frac{B}{e + S}$$

Ecuación 15

Dónde:

N_b : Número de barras

B : Ancho del canal (m); 0.3 m

S : Separación entre las barras (m); 0.03 m

e : Espesor de las barras(m); $1,00 \times 10^{-2}$ m

$$N_b = \frac{0.3 \text{ m}}{1.00 \times 10^{-2} \text{ m} + 0.03 \text{ m}}$$

$$N_b = 7.5 \cong 7$$

Para el cálculo de pérdida de carga se usan con los datos expuesto en el siguiente cuadro:

Tabla 24-3: Coeficiente de pérdida para rejillas

Sección transversal							
Forma	A	B	C	D	E	F	G
β	2.48	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Fuente: Norma RAS, 2000, Pp 51.

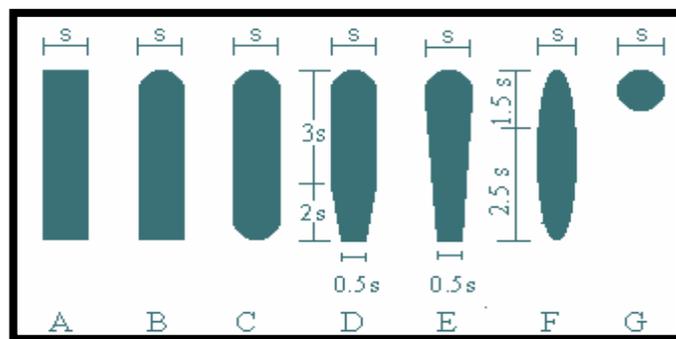


Figura 8-3. Diferentes formas de rejillas

Fuentes: RAS, 2000

- **Perdida de carga**

La pérdida hidráulica existente en las rejillas está en función de la velocidad del fluido.

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

Ecuación 16

Datos:

β : Factor dependiente de la forma de barras(adimencional); 1.79 (Valor considerado de la Tabla 24-3)

S : Separación entre las barras (m); 0.03 m (Valor considerado de la Tabla 23-3)

e : Espesor de las barras (m); 1.00×10^{-2} m (Valor considerado de la Tabla 23-3)

v : Velocidad de flujo (m/s); 0.45 m/s (Valor considerado de la Tabla 23-3)

g : Gravedad (m/s^2) = 9.8 m/s^2

θ : Ángulo de inclinación de las barras (grados); 60° (Valor considerado de la Tabla 23-3)

$$H = 1.79 \left(\frac{0,03 \text{ m}}{1.00 \times 10^{-2} \text{ m}} \right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{0,60^2}{2 * 9.8 \text{ m/s}^2} \right) \text{Sen } 60$$

$$H = 0.123 \text{ m} < 0,15 \text{ m admisibles} *$$

3.1.8.4. Trampa de grasa y aceite

Con este dispositivo se busca eliminar los compuestos orgánicos (grasas y aceites), ya sean estos de origen animal o vegetal, además de material flotante más ligero en el agua teniendo como característica principal su baja solubilidad con el agua.

En la industria láctea la presencia de un desengrasador es una parte fundamental en un sistema de tratamiento de aguas residuales, ya que, suele ser un apoyo en evitar el taponamiento de tuberías, bombas, además de obstruir sistemas de tratamiento causando problemas de flujo. Dentro de los cuales se distingue dos tipos:

- ✓ Desengrasadores estáticos.
- ✓ Desengrasadores aireados.

Siendo la trampa de grasa como el desengrasador estático más conocido el cual se caracteriza por tener un tabique se impide el paso de la grasa debido a que por densidad esta permanece en la superficie. Estas aguas grasas pueden componer alrededor del 20% de DBO (Romero, 2009).

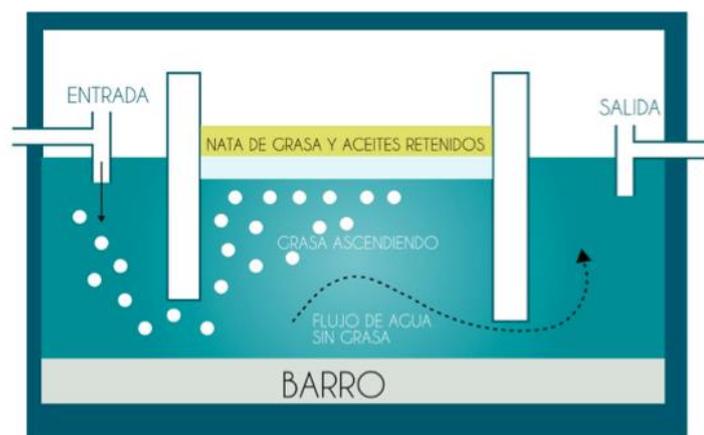


Figura 9-3: Trampa de grasa simple
Fuente: (UNATSABAR, 2013)

Se diseñan tomando en cuenta el caudal, la velocidad de flujo o el tiempo de retención hidráulica.

Tabla 25-3: Dimensiones de trampa de grasas de acuerdo al caudal

Rango de caudales (L/s)	Volumen de trampa de grasa (m ³)	Dimensiones estimadas (m)		
		Profundidad H	Ancho A	Largo L
0-1	1,8	1	1	1,8
0-1	1,8	1,5	0,67	1,2
1-2	3,6	1,5	1,33	2,4
2-3	5,4	2	1,5	2,7
3-4	7,2	2	2	3,6
4-5	8,1	2	1,5	2,7

Fuente: Unatsabar, 2013

✚ Dimensionamiento del sistema de trampa de grasas y aceites

Para su dimensionamiento se consideró la norma Unatsabar, 2013, así como la Norma RAS, 2000.

Las dimensiones de largo, ancho y profundidad del tanque vienen dadas en normativa según el caudal de agua residual a tratar como se puede ver en la Tabla 24-3, por lo que se tiene:

Largo: 1,8m

Ancho: 1m

Profundidad: 1m

- **Tiempo de retención**

$$V_u = Q * Tr$$

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

Ecuación 17

Dónde:

Tr: Tiempo de retención hidráulica (min)

V_u: Volumen útil (m³); 1,8 m³ (Valor considerado en la Tabla 25-3)

Q: Caudal diseño (L/s); $\frac{16m^3}{8h}$; $2 \frac{m^3}{h}$ (Valor considerado debido a que la planta trabaja 8 horas diarias)

$$Tr = \frac{1,8m^3}{2 \frac{m^3}{h}}$$

$$Tr = 0,9h$$

$$Tr = 54 \text{ min}$$

3.1.8.5. Tanque de almacenamiento con agitador (homogeneizador)

Para el dimensionamiento de este dispositivo se debe tener en cuenta su función la que será de homogeneizar el agua residual proveniente de planta del agua residual a lo largo de la jornada de trabajo, por lo cual contará con una forma geométrica circular. Teniendo en cuenta que el afluente contaminado cuenta con carga orgánica diferente en cada descarga, así como un caudal variable, por lo que se busca con el dimensionamiento del tanque tener un caudal uniforme a las siguientes unidades para su tratabilidad.

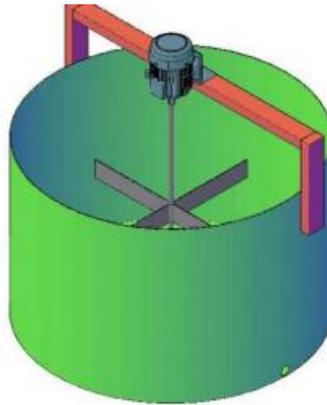


Figura 10-3: Tanque homogeneizador

➤ Cálculo del área del homogeneizador

Se tiene por conocimiento que el volumen de un tanque circular se tiene mediante la siguiente ecuación:

$$V = A * h$$

De la que despejando el área nos queda:

$$A = \frac{V}{h}$$

Ecuación 18

Dónde:

A: Área del tanque homogeneizador (m^2)

V: Volumen de agua residual a tratar (m^3); $16m^3$

h: Altura del tanque homogeneizador (m); 2,5m

$$A = \frac{16m^3}{2,5m}$$

$$A = 6,4m^2$$

➤ **Cálculo del radio**

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Ecuación 19

Dónde:

r : Radio del tanque homogenizador (m)

A : Área del tanque homogenizador (m^2); $6,4m^2$

$$r = \sqrt{\frac{6,4m^2}{\pi}}$$
$$r = 1,43m$$

➤ **Cálculo del diámetro**

$$\emptyset = 2r$$

Ecuación 20

Dónde:

\emptyset : Diámetro del tanque homogenizador (m)

r : Radio del tanque homogeneizador (m); $1,43m$

$$\emptyset = 2(1,43m)$$
$$\emptyset = 2,86m$$

➤ **Cálculo del volumen**

$$V = \pi r^2 h$$

Ecuación 21

Dónde:

V : Volumen de agua residual a tratar (m^3);

r : Radio del tanque homogenizador (m); $1,43m$

h : Altura del tanque homogenizador (m); $2,5m$

$$V = \pi(1,43m)^2 * 2,5$$
$$V = 16m^3$$

✚ Consideración de diseño del agitador de paletas

➤ Diámetro del impulsor

$$d = \frac{1}{3} \emptyset$$

Ecuación 22

Dónde:

d : Diámetro del impulsor (m)

\emptyset : Diámetro del tanque homogenizador (m); 2,86m

$$d = \frac{1}{3}(2,86m)$$
$$d = 0,95m$$

➤ Altura del impulsor respecto del fondo

$$H = d$$

Ecuación 23

Dónde:

H : Altura del impulsor respecto del fondo (m)

d : Diámetro del impulsor (m); 0,95m

$$H = 0,95m$$

➤ Ancho de las palas del impulsor

$$q = \frac{1}{5} d$$

Ecuación 24

Dónde:

q : Ancho de las palas del impulsor (m)

d : Diámetro del impulsor (m); 0,95m

$$q = \frac{1}{5}(0,95m)$$
$$q = 0,19m$$

➤ Longitud de las palas del impulsor

$$l = \frac{1}{4} d$$

Ecuación 25

Dónde:

l : Longitud de las palas del impulsor (m)

d : Diámetro del impulsor (m); $0,95m$

$$l = \frac{1}{4} (0,95m)$$

$$l = 0,24m$$

➤ **Diámetro del disco central**

$$S = \frac{1}{4} \emptyset$$

Ecuación 26

Dónde:

S : Diámetro del disco central (m)

\emptyset : Diámetro del tanque homogenizador (m); $2,86m$

$$S = \frac{1}{4} (2,86m)$$

$$S = 0,72m$$

➤ **Longitud de las palas del impulsor montadas en el disco central**

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

Ecuación 27

Dónde:

l_{DC} : Longitud de las palas del impulsor montadas en el disco central (m)

l : Longitud de las palas del impulsor (m); $0,24m$

$$l_{DC} = \frac{0,24m}{2}$$

$$l_{DC} = 0,12m$$

➤ **Cálculo de la potencia requerida del motor para la operación de mezclado**

Tabla 26-3: Gradiente de velocidad y tiempo de retención típica

Proceso		Intervalo de valores	
		Tiempo de retención	Valor de G, s ⁻¹
Mezclado	Operaciones de mezcla rápida típicas	5-20 s	250-1500
	Mezcla rápida en procesos	<1-5 s	1500-7500
Floculación	Procesos de floculación típicamente empleados en el tratamiento de aguas residuales	10-30 min	20-80
	Floculación en procesos de filtración directa	2-10 min	20-100
	Floculación en procesos de filtración de contacto	2-5 min	30-150

Fuente: Metcalf-Eddy, 1995. PP.245

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

Ecuación 28

Dónde:

P: Potencia (W)

G: Gradiente de velocidad; 250s⁻¹ (Valor considerado en la Tabla 26-3)

μ: Viscosidad dinámica; 1,102x110⁻³ $\frac{N.s}{m^2}$

V: Volumen del homogenizador: 16 m³

$$P = (250s^{-1})^2 * 1,102x110^{-3} \frac{N.s}{m^2} * 16 m^3$$

$$P = 1102W * \frac{1HP}{745,7W}$$

$$P = 1,48HP$$

Como en el mercado no existe un valor de 1,48Hp se deberá realizar la compra de un motor de 1^{1/2} Hp.

3.1.8.6. Tanque de aireación y sedimentación

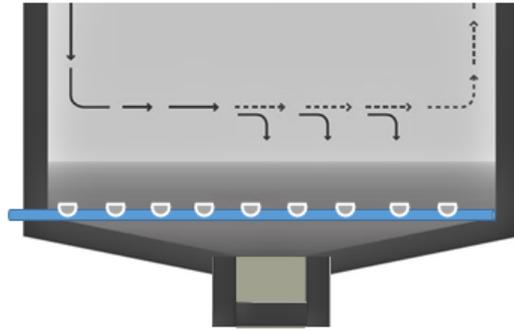


Figura 11.3: Tanque de aireación

Realizado: Mayra Reino, 2020.

✚ Dimensionamiento del tanque de aireación y sedimentación

El dimensionamiento se llevó a cabo mediante la aplicación de ecuaciones obtenidas en distintos estudios, ya sea en trabajos de titulación como de Julio Rondal de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad de las Américas, así como de Aníbal Meza de la Facultad de Ingeniería en el Programa de Ingeniería Química de la Universidad de Cartagena. Y bajo normativa de libro de Aguas Residuales de Romero J, Capítulo de Aireación.

➤ Elección del tipo de reactor

Los reactores adecuados para el proceso de aireación son de tipo de mezcla completa y reactor en flujo pistón, debido a que se debe manejar altas cargas de choque por vertidos con un elevado contenido de materia orgánica se va a trabajar con un reactor de mezcla completa al ser más adecuado para suministrar el oxígeno necesario y proporcionar una mezcla homogénea en todos los puntos.

• Ancho del tanque de aireación

$$a = \sqrt[3]{V * Fs}$$

Ecuación 29

Dónde:

a : Ancho del tanque (m)

V : Volumen de agua a tratar; $16m^3$

$$a = \sqrt[3]{16m^3 * 0.96}$$

$$a = 2,5m$$

- **Longitud del tanque**

$$l = 1,5 * a$$

Ecuación 30

Dónde:

l: Longitud del tanque de aireación (m)

a: Ancho del tanque de aireación (m); 2,5m

$$l = 1,5(2,5m)$$

$$l = 3,75m$$

- ❖ **Calculo para la potencia y difusores**

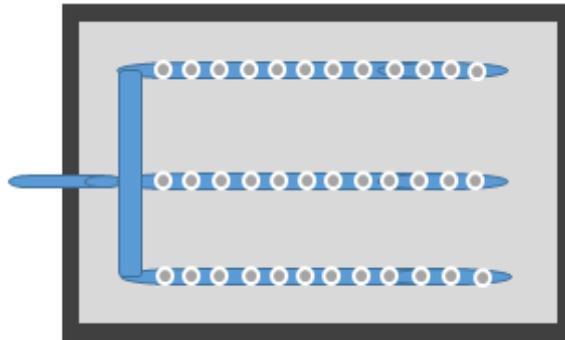


Figura 12-1: Difusores

Realizado: Mayra Reino, 2020.

- ✓ **Aireadores con difusores**

La aireación se puede llevar a cabo por medio de dos métodos: Por agitación mecánica y por adicción de oxígeno mediante el uso de difusores sumergidos.

Por el grosor de la burbuja se puede variar según el régimen de turbulencia que presenta el aire comprimido, existen tres tipos de difusores: Poros finos, No porosos y otros. Para que estos cumplan con su funcionamiento debe ser complementados con soplantes o compresores de aire, siendo los más utilizados son los soplantes centrifugas y de desplazamiento positivo (Metcalf & Eddy, 1995).

La necesidad de potencia de un compresor data de la necesidad de lograr al agua residual de aire por lo que se debe tener en cuenta diversos parámetros tales como el caudal y temperatura del afluente, así como del tamaño del tanque y la carga de DBO₅ existente. Y cuya potencia debe para lograr satisfacer de oxigenación necesaria.

✓ **Consideraciones para la elección de la tubería**

Se debe considerar las siguientes condiciones para llegar a la elección de la tubería:

- Debido a que las presiones que se manejan no son muy altas las tuberías pueden ser ligeras.
- Las pérdidas en las tuberías son menores que las proporcionadas por los difusores.
- Materiales de tuberías:
 - a) Acero comercial
 - b) Acero recubierto con vinilo o resina epoxi.
 - c) Plásticos y resinas resistentes a altas temperaturas
 - d) Fibras de vidrio
 - e) Acero inoxidable (Fair, 2012)

• **Cálculo de DBO₅ alimentado diariamente a la planta**

El cálculo del caudal de agua que necesitará el agua residual en función del DBO₅ que alimenta el sistema de tratamiento del efluente contaminado, mediante la siguiente ecuación:

$$DBO_5 \text{ diario} = \frac{DBO_5 * Q * 1000}{1 * 10^6}$$

Ecuación 31

Dónde:

DBO₅ diario: Demanda de oxígeno diaria necesaria en la planta (Kg/día)

DBO₅: Demanda Biológica de Oxígeno; 1520 mg/L (Valor considerado de la Tabla 15-3)

Q : Caudal de diseño (m³); 2 $\frac{m^3}{h}$

$$DBO_5 \text{ diario} = 1520 \frac{mg}{L} * \frac{1 Kg DBO_5}{1x10^6 mg DBO_5} * 2 \frac{m^3}{h} * \frac{1000 L}{1m^3} * \frac{8h}{dia}$$
$$DBO_5 \text{ diario} = 24,32 \frac{Kg DBO_5}{dia}$$

- **El caudal de aire que va ser suministrado**

Con finalidad de determinar la potencia del motor y teniendo en cuenta que en simulación hecha en laboratorio se tiene que la aireación tiene una duración de 16 horas diarias.

$$Q_{Aire} = \frac{DBO_5 \text{ diario} * Ca}{16 * 60}$$

Ecuación 32

Dónde:

Q_{Aire} : Caudal de aire ($\frac{m^3 \text{aire}}{min}$)

$DBO_5 \text{ diario}$: Demanda de oxígeno diaria necesaria en la planta (Kg/día); $24,32 \frac{Kg DBO_5}{dia}$

Ca : Cantidad de aire necesario para remover 1 Kg de DBO; de acuerdo al autor (Cueto, 2016), ese valor es igual a $154 m^3$

$$Q_{Aire} = 24,32 \frac{Kg DBO_5}{dia} * \frac{154 m^3 \text{aire}}{1 Kg DBO_5} * \frac{1 dia}{16 h} * \frac{1 h}{60 min}$$

$$Q_{Aire} = 3,9 \frac{m^3 \text{aire}}{min}$$

- **Cálculo de la presión hidrostática**

Tomando en cuenta que la altura del tanque de 2m y teniendo en cuenta la densidad del agua a 18°C, se tiene la presión con la siguiente ecuación:

$$P_{H_2O} = \rho * g * h$$

Ecuación 33

Dónde:

ρ : Densidad del agua a 18°C; $1210 \frac{Kg}{m^3}$

g : Gravedad: $9,8 \frac{m}{s^2}$

h : Altura del tanque: 2m

$$P_{H_2O} = 1210 \frac{Kg}{m^3} * 9,8 \frac{m}{s^2} * 2m$$

$$P_{H_2O} = 2,37 \times 10^4 Pa$$

$$P_{H_2O} = 2,37 \times 10^4 Pa * \frac{1 atm}{101325 Pa} * \frac{14,7 psi}{1 atm}$$

$$P_{H_2O} = 3,4 psi$$

- **Presión absoluta**

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{H_2O}$$

Ecuación 34

Dónde:

P_{atm} : Presión atmosférica; 10,53 psi (*Presión obtenida del anuario climático de la ESPOCH del año 2019*)

P_{atm} : Presión hidrostática; 3,4 psi

$$P_{abs} = 10,53 \text{ psi} + 3,4 \text{ psi}$$

$$P_{abs} = 13,93 \text{ psi}$$

- **Variación térmica del aire de compresión**

Según la estación agrometeorológica perteneciente a la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, reporta que la presión atmosférica de la ciudad de Riobamba en el año 2019 borda un promedio de 10,53 psi desde el mes de enero hasta noviembre.

$$\Delta T_{ad} = \frac{T_1}{\eta} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

Ecuación 35

Dónde:

ΔT_{ad} : Variación térmica del aire de compresión

T_1 : Temperatura ambiente; 18°C

$P_2 = P_{abs}$: Presión absoluta; 13,93 psi

$P_1 = P_{atm}$: Presión atmosférica; 10,53 psi

η : Eficiencia compresor; 75%

$$\Delta T_{ad} = \frac{273 + 18^\circ\text{C}}{0,75} \left[\left(\frac{13,93}{10,53} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$\Delta T_{ad} = 31,97^\circ\text{C}$$

- **Temperatura de la salida del aire**

$$T_2 = T_1 + \Delta T_{ad}$$

Ecuación 36

Dónde:

T_2 : Temperatura de la salida del aire

T_1 : Temperatura ambiente; 18°C

ΔT_{ad} : Variación térmica del aire de compresión; 31,97°C

$$T_2 = 18^\circ\text{C} + 31,97^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 49,97^\circ\text{C}$$

- Variación de caudal a tener en cuenta para que no afecte el proceso

$$Q_1 = \frac{T_1 P_2 Q_{\text{Aire}}}{P_1 T_2}$$

Ecuación 37

Dónde:

Q_1 : Variación de caudal

T_1 : Temperatura ambiente: 18 °C

$P_2 = P_{abs}$: Presión absoluta; 13,93psi

$P_1 = P_{atm}$: Presión atmosférica; 10,53 psi

Q_{Aire} : Caudal de aire suministrado; 3,9 $\frac{m^3 \text{aire}}{\text{min}}$

T_2 : Temperatura salida del aire; 49,97°C

$$Q_1 = \frac{(18^\circ\text{C})(13,93\text{psi})(3,9 \frac{m^3 \text{aire}}{\text{min}})}{(10,53\text{psi})(49,97^\circ\text{C})}$$

$$Q_1 = 1,86 \frac{m^3 \text{aire}}{\text{min}}$$

- **Velocidad a la salida del compresor**

Según el valor considerado de la Tabla 27-3 la tubería debería ser un diámetro de 100mm, al tener en cuenta que el mercado se comercializa tuberías de tamaños estándares se tiene que se va trabajar con una medida de 4 pulgadas.

El diámetro de la tubería se tiene mediante relación al caudal de aire., como se puede ver a continuación:

Tabla 27-3: Relación entre diámetro y caudal.

Diámetro (mm)	Caudal ($\frac{m^3}{min}$)
100	3,75
150	11,05
225	32,2
300	69,7
375	126
450	204
525	311
600	437
675	601
750	802

Fuente: Romero, 2012.

$$v = \frac{Q_{Aire}}{A}$$
$$v = \frac{Q_{Aire}}{\frac{\pi}{4} * (D)^2}$$

Ecuación 38

Dónde:

v : Velocidad a la salida del compresor

Q_{Aire} : Caudal de aire suministrado; $1,86 \frac{m^3 \text{ aire}}{min}$

D : Diámetro de la tubería; 0,100m

$$v = \frac{1,86 \frac{m^3 \text{ aire}}{min}}{\frac{\pi}{4} * (0,100m)^2}$$
$$v = 236,82 \frac{m}{min} * \frac{min}{60s}$$
$$v = 3,95 \frac{m}{s}$$

- **Potencia del compresor**

$$P_c = \frac{0,22 * Q_{aire}}{\eta} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

Ecuación 39

Dónde:

P_c : Potencia del compresor

Q_{aire} : Caudal del aire de compresión; $1,86 \frac{m^3 aire}{min}$; $65,69 \frac{ft^3 aire}{min}$

$P_2=P_{abs}$: Presión absoluta; $13,93 psi$

$P_1 = P_{atm}$: Presión atmosférica; $10,53 psi$ (Presión obtenida del anuario climático de la ESPOCH del año 2019)

η : Eficiencia; 75%

$$P_c = \frac{0,22 * 65,69 \frac{ft^3 aire}{min}}{0,75} \left[\left(\frac{13,93}{10,53} \right)^{0,283} - 1 \right]$$
$$P_c = 1,59 HP$$

La presión es 1,5HP ya que en el mercado existen compresores con esta característica, por otro lado, se aconseja que se coloque un filtro que contenga los sólidos que puedan causar taponamiento en los poros de los difusores.

- **Densidad del aire**

$$\rho_a = \frac{1,293}{1 + 0,00367(T_2)} \left(\frac{P_2}{76} \right)$$

Ecuación 40

Dónde:

ρ_a : Densidad del aire

T_2 : Temperatura salida del aire; $49,97^\circ C$

$P_2=P_{abs}$: Presión absoluta; $13,93 psi$; $72,03 cmHg$

$$\rho_a = \frac{1,293}{1 + 0,00367(49,97)} \left(\frac{72,03 cmHg}{76} \right)$$
$$\rho_a = 1,04 \frac{Kg}{m^3}$$

- **Viscosidad del aire**

$$\mu = (170 + 0,504 * T_2) \times 10^{-4}$$

Ecuación 41

Dónde:

μ : Viscosidad del aire

T_2 : Temperatura salida del aire; $49,97^\circ C$

$$\mu = (170 + 0,504 * 49,97) \times 10^{-4}$$

$$\mu = 0,019 Pa \cdot s$$

- **Número de Reynolds**

$$N_R = \frac{v * D * \rho_a}{\mu}$$

Ecuación 42

Dónde:

N_R : Número de Reynolds

v : Velocidad a la salida del compresor; $3,95 \frac{m}{s}$

D : Diámetro de la tubería; 0,100m

ρ_a : Densidad del aire; $1,04 \frac{Kg}{m^3}$

μ : Viscosidad del aire; $0,019 Pa \cdot s$

$$N_R = \frac{3,95 \frac{m}{s} * 0,100m * 1,04 \frac{Kg}{m^3}}{0,019 Pa \cdot s}$$

$$N_R = 21,62$$

- **Número de Tuberías paralelas en el tanque**

$$N_T = \frac{\text{Ancho del tanque}}{\text{Distancia entre cada tubería}}$$

Ecuación 43

$$N_T = \frac{3,75m}{1m}$$

$$N_T = 3,75 \cong 3 \text{ tuberías}$$

➤ **Cálculo para el diseño de difusores porosos**

Estos difusores permiten la homogenización de lodos en el agua residual. Estos son elementos que se encuentran al final los cuales permiten la liberación del aire en forma de burbujas las mismas que pueden ser finas o gruesas. Las burbujas finas logran una mayor eficiencia al otorgar mayor transferencia de aire al afluyente (Zofranca et al, 2012).

Tabla 28-3: Tipos de difusores

Tipos	Eficiencia	Material	Ubicación	O ₂ disuelto
Placa	Alta	Cerámica	Soportes fijos	26-33%
Domo	Alta	Cerámica	Fondo tanque	27-39%
Disco	Alta	Cerámica	Solera tanque	25-40%
Tubo	Moderada	Cerámica	Tubo distribución	28-30%

Fuente: (Romero., 2002)

Tabla 29-3: Régimen y eficiencia

Burbujas	Régimen	Eficiencia	Tamaño de burbuja
Burbuja simple o fina	$0 < N_R < 200$	10-30%	2-5 mm
Burbuja intermedia semifina	$200 < N_R < 2000$	6-15%	6-10 mm
Burbuja a chorro	$N_R > 2000$	4-8%	10 mm

Fuente: Kister et al, 2008.

- **Diámetro agujeros de difusores**

El tamaño de burbuja según el número de Reynolds obtenido anteriormente se tiene que debe ser simple o fina.

$$d_o = \frac{D_b^3 g (\rho_L - \rho_g)}{6\sigma}$$

Ecuación 44

Dónde:

 d_o : Diámetro agujeros de difusores **D_b** : Diámetro de burbuja; 0,002m (Valor considerado en la Tabla 29-3) **g** : Gravedad; $9,8 \frac{m}{s^2}$ **ρ_L** : Densidad del agua residual; $1210 \frac{Kg}{m^3}$ **ρ_g** : Densidad de aire; $1,04 \frac{Kg}{m^3}$ **σ** : Tensión superficial de la película gas-liquido; $0,087 \frac{N}{m}$

$$d_o = \frac{(0,002m)^3 \left(9,8 \frac{m}{s^2}\right) \left(1210 \frac{Kg}{m^3} - 1,04 \frac{Kg}{m^3}\right)}{6 \left(0,087 \frac{N}{m}\right)}$$

$$d_o = 0,18mm$$

- **Frecuencia de formación de burbuja**

$$f = \frac{Q}{\frac{\pi * D_b^3}{6}}$$

Ecuación 45

Dónde:

f : Frecuencia de formación de burbuja

Q_{aire} : Caudal del aire de compresión; 1,86 $\frac{m^3 aire}{min}$; 0,031 $\frac{m^3 aire}{s}$

d_b : Diámetro de burbuja; 0,002m

$$f = \frac{0,031 \frac{m^3 aire}{s}}{\frac{\pi(0,002m)^3}{6}}$$

$$f = 7,4x10^6 s^{-1}$$

- **Número de orificios**

$$N = \frac{0,7 * D}{d_o}$$

Ecuación 46

N : Número de orificios

D : Diámetro de la tubería; 90mm

d_o : Diámetro agujeros de difusores (m); 0,18mm

$$N = \frac{0,7 * 100mm}{0,18}$$

$$N = 388$$

- ❖ **Cálculo para la sedimentación**

El dimensionamiento de la zona de sedimentación se llevó a cabo mediante la aplicación de la guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores de la normativa OPS/CEPIS/05.158,

- **Velocidad de sedimentación**

$$v_s = \frac{Q}{a * l}$$

Ecuación 47

Dónde:

v_s : Velocidad de sedimentación

l : Longitud del tanque de aireación (m); 3,75m

a : Ancho del tanque de aireación (m); 2,5m

$$v_s = \frac{2 \frac{m^3}{h}}{3,75 * 2,5m}$$

$$v_s = 0,21 \frac{m}{h}$$

$$v_s = 0,21 \frac{m}{h}$$

➤ **Cálculo de la zona de lodos**

- **Longitud de la primera placa en el fondo del sedimentador, L' :**

$$L' = \frac{1}{2} * a$$

Ecuación 49

Datos:

L' : Longitud de la primera parte del sedimentador (m)-

a : Longitud del tanque (m); 2,5 m

$$L' = \frac{1}{2} * 2,5 m$$

$$L' = 1,25m$$

- **Altura de la zona de lodos de la primera placa, H' :**

Se asumió una pendiente de 10% (criterio de diseño de 5-10%). Para la descarga de lodos, ubicada en el primer tercio de la unidad.

$$H' = L' * X$$

Ecuación 50

Datos:

H' : Altura de la zona de lodos de la primera placa (m)

L' : Longitud de la primera parte del sedimentador (m); 1,25 m

X : Pendiente de la primera placa en el fondo del sedimentador (%); 10%

$$H' = 1,25 m * 0,10$$

$$H' = 0,125 m$$

- **Longitud de la segunda placa en el fondo del sedimentador, L':**

$$L' = \frac{1}{2} * a$$

Ecuación 51

Datos:

L': Longitud de la segunda parte del sedimentador (m)

a: Ancho del sedimentador (m); 2,5 m

$$L' = \frac{1}{2} * 2,5 \text{ m}$$

$$L' = 1,25 \text{ m}$$

- **Pendiente de la segunda placa en el fondo del sedimentador, X':**

$$X' = \frac{H'}{L''}$$

Ecuación 52

Datos:

X': Pendiente de la segunda placa en el fondo del sedimentador (%)

H': Altura de la zona de lodos de la primera placa (m); 0,125 m

L'': Longitud de la segunda parte del sedimentador (m); 1,25 m

$$X' = \frac{0,125 \text{ m}}{1,25 \text{ m}}$$

$$X' = 0,1$$

$$X' = 10\%$$

- **Volumen del canal de limpieza de la zona de lodos, V':**

$$V' = V_d * V_{\%}$$

Ecuación 53

Datos:

V': Volumen del canal de limpieza de la zona de lodos del sedimentador (m^3)

V_d : Volumen útil de cada sedimentador (m^3); $16m^3$

$V_{\%}$: Porcentaje acumulación de lodos en el canal de limpieza (%); 10%

$$V' = 16 \text{ m}^3 * 0,10$$

$$V' = 1,6 \text{ m}^3$$

- **Dimensiones del canal de limpieza de la zona de lodos**

Datos:

$L_{c,l}$: Longitud del canal de limpieza (m); 2,5m (*Ancho del sedimentador*)

$H_{c,l}$: Alto del canal de limpieza (m); 0,8 m

$A_{c,l}$: Ancho del canal de limpieza (m); 0,8m

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Resultados de dimensionamiento

A continuación, se tiene los resultados del dimensionamiento del proceso de tratamiento del efluente contaminado, mismos que se encuentran basados en criterios, normas y guías para su debido diseño

a. Caudal de diseño

La determinación del caudal de diseño es considerada como una parte fundamental para la obtención del sistema de tratamiento, obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 1-4: Determinación caudal punta

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal de diseño	Q_D	$\frac{m^3}{h}$	2

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

b. Diseño de rejillas

Una vez que ingrese el efluente al sistema de tratamiento de aguas residuales y con ayuda de criterios de diseño bajo la Norma RAS 200, se dimensiono un sistema de cribado como son las rejillas de limpieza manual que contarán un ángulo de 60°. A continuación, se da a conocer los resultados obtenidos:

Tabla 2-4: Dimensionamiento del sistema de rejillas

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Velocidad de flujo	V	<i>m/s</i>	0,45
Altura del tirante de construcción	h_a	<i>m</i>	0.3
Ancho del canal	B	<i>m</i>	0.3
Ángulo de inclinación	α	<i>°</i>	60
Espesor de las barras	E	<i>m</i>	1.00×10^{-2}
Longitud de barras	L_b	<i>m</i>	0.346
Número de barras	N_b	<i>Unidades</i>	7
Pérdida de carga	H	<i>m</i>	0.123
Separación entre barras	S	<i>m</i>	0.04

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

c. Diseño del dimensionamiento de trampa de aceite y grasa

Con finalidad de evitar que se taponen las tuberías y se dé inconvenientes en los procesos posteriores del tratamiento se realiza la renovación de los aceites y grasas contenido en la leche, bajo criterios de las normas OPS/CEPIS 2003, Unatsabar 2013 y RAS 2000.

Tabla 3-4: Dimensionamiento de trampa de aceite y grasa

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Ancho del tanque	<i>A</i>	<i>m</i>	1
Largo del tanque	<i>L</i>	<i>m</i>	1,8
Volumen útil	V_u	m^3	1,8
Tiempo de retención hidráulica	<i>Tr</i>	<i>min</i>	54
Profundidad	H	<i>m</i>	1
Diámetro de tuberías (entrada)	-	<i>mm</i>	110
Diámetro de tuberías (salida)	-	<i>mm</i>	110

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

d. Diseño de un tanque homogeneizador

El dimensionamiento de un tanque homogeneizador tiene como propósito la tener una mezcla de homogénea de los efluentes provenientes de la planta láctea a lo largo de la jornada de trabajo. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 4-4: Dimensionamiento de un tanque homogeneizador

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Tanque homogeneizador			
Volumen	V	m^3	16
Altura	h	m	2,5
Área	A	m^2	6,4
Radio	r	m	1,43
Diámetro	\emptyset	m	2,86
Agitador de paletas			
Diámetro del impulsor	d	m	0,95
Altura del impulsor respecto del fondo del tanque	H	m	0,95
Ancho de las palas del impulsor	q	m	0,19
Longitud de las palas del impulsor	l	m	0,24
Diámetro del disco central	S	m	0,72
Longitud de las palas del impulsor montadas en el disco central	l_{DC}	m	0,12
Potencia del motor requerido			
Potencia del motor requerido	P	HP	1,5

Realizado por: Mayra Reino, 2019.

e. Diseño del tanque de aireación y sedimentación

:

Tabla 5-4: Dimensionamiento tanque de aireación y sedimentación

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Volumen	V_{TA}	m^3	16
Altura	h	m	2
Longitud	l	m	3,75
Ancho	a	m	2,5
Aireadores con difusores			

Caudal de aire a ser suministrado	Q_{Aire}	$\frac{m^3 \text{ aire}}{\text{min}}$	3,9
Presión hidrostática	P_{H_2O}	psi	3,4
Presión absoluta	P_{abs}	psi	13,93
Temperatura de la salida del aire	T_2	m	49,97
Velocidad a la salida del compresor	v	$\frac{m}{s}$	4,87
Potencia del compresor	P	HP	1,5
Diámetro tubería	D	m	0,09
Número de tuberías paralelas en el tanque	N_T	Unidad	3
Diseño de difusores porosos			
Diámetro de burbuja	d_b	m	0,002
Diámetro agujeros de difusores	d_o	mm	0,18
Frecuencia de formación de burbujas	f	s^{-1}	$1,26 \times 10^8$
Número de orificios	N	Unidad	350
Zona de sedimentación			
Velocidad de sedimentación	v_s	$\frac{m}{h}$	0,21
Tiempo de retención en el tanque	ts	h	5
Longitud de la primera placa del sedimentador	L'	m	1,25
Altura de la zona de lodos de la primera placa	H'	m	0,125
Longitud de la segunda placa del sedimentador	L''	m	1,25
Pendiente de la segunda placa en el fondo del sedimentador	X'	%	10
Volumen del canal de limpieza de la zona de lodos	V'	m^3	1,6
Longitud del canal de limpieza	$L_{c.l}$	m	2,6
Alto del canal de limpieza	$H_{c.l}$	m	0,8
Ancho del canal de limpieza	$A_{c.l}$	m	0,8

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

4.2. Resultados del tratamiento del agua residual

El agua residual proveniente de los diferentes procesos inmersos en la elaboración de queso no cumplía con normativa perteneciente Acuerdo Ministerial No. 028, Registro Oficial - Edición Especial N° 387, Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público”, por lo cual, se optó por el diseño de una planta de tratamiento que este enfocada a disminuir los contaminantes presentes en el afluente.

Mediante simulaciones del proceso o ensayos de laboratorio se llegó a obtener los valores finales de las muestras del agua residual tratada, esto se logró mediante la aplicación de aireación al agua residual que es una parte fundamental en los tratamientos de tipo biológico para la depuración de afluentes mismo que va a actuar proporcionando oxígeno permitiendo que en los componentes contaminantes se dé una degradación aeróbica los cuales mediante comparación con los límites permisibles.

Tabla 6-4: Resultados agua tratada

PARÁMETROS	UNIDAD	Agua residual tratada		Promedio	Norma TULSMA
		Muestra 1	Muestra 2		Lim.Max.Per*
		Conductividad	uS/cm		550	542	546	-----
pH	.....	6,3	6,68	6,49	6-9.
Turbiedad	NTU	8,91	8,13	8,5	-----
Alcalinidad	mg/L	31,9	28,1	30	-----
Cloruros	mg/L	228,89	214,85	221,87	-----
Nitrógeno Orgánico Total	mg/L	1,6	1,4	1,4	60.0
Fosfatos	mg/L	6,98	6,02	6,5	15.0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	374,42	345,58	360	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	235,8	224,2	230	250
Aceites y Grasas	mg/L	65,4	60,12	62,76	70.0
Sólidos Disueltos	mg/L	259	241	245	-----
Sólidos Suspendidos	mg/L	18,77	14,31	16,54	220
Sólidos Sedimentables	mg/L	0,14	0,13	0,14	20
Sólidos Totales	mg/L	783,56	736,4	760	1600

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

* Límites permisibles establecidos en el TULSMA, Recurso Agua, del Libro VI, Anexo 1, Tabla 8, Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

4.3. Comparación de resultados antes y después del tratamiento

Mediante el proceso de depuración del afluente contaminado proveniente de la elaboración de queso y con ayuda de la caracterización del mismo en el Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH que validaron los resultados obtenidos en el tratamiento.

Tabla 7-4: Comparación antes y después del tratamiento

PARÁMETROS	UNIDAD	Agua sin tratar	Agua tratada	Norma TULSMA
				Lim.Max.Per*
Conductividad	uS/cm	823,5	546	————
pH	.....	5,94	6,49	6-9.
Turbiedad	NTU	570	8,5	————
Alcalinidad	mg/L	92,5	30	————
Cloruros	mg/L	255	221,87	————
Nitrógeno Orgánico Total	mg/L	36,4	1,4	60.0
Fosfatos	mg/L	7,96	6,5	15.0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	2760	360	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	1520	230	250
Aceites y Grasas	mg/L	238	62,76	70.0
Sólidos Disueltos	mg/L	505	245	————
Sólidos Suspendidos	mg/L	386.0	16,54	220
Sólidos Sedimentables	mg/L	0,25	0,14	20
Sólidos Totales	mg/L	2712,0	760	1600

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

* Límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial No. 028, Registro Oficial - Edición Especial N0 387, Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

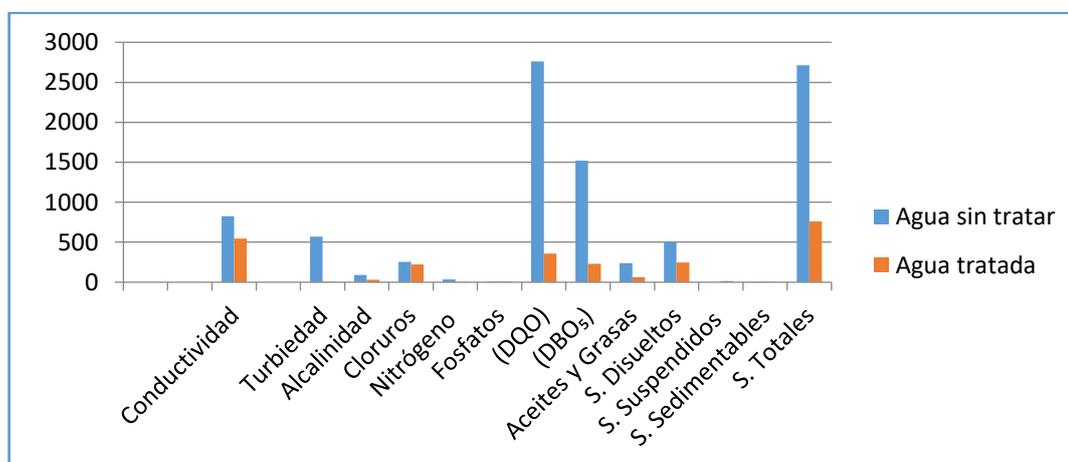


Gráfico 1-4: Histograma del porcentaje de remoción para cada parámetro

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

4.4. Porcentaje de remoción de los parámetros fuera de norma

El proceso propuesto para la remoción de contaminantes presentes en el agua residual obtuvo el resultado deseado, mismo que podemos comprobar mediante los valores promediales de cada análisis y parámetros, al igual se tiene los porcentajes de remoción de cada uno con la siguiente expresión:

$$E = \frac{X_0 - X_f}{X_0} * 100$$

Dónde:

E: Eficiencia de remoción para cada parámetro

X_0 : Carga inicial del contaminante

X_f : Carga final del contaminante

✓ Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Tabla 8-4: Porcentaje de remoción de DQO

Parámetro	Agua sin tratar	agua tratada	% de remoción
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	2760	360	86,96

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

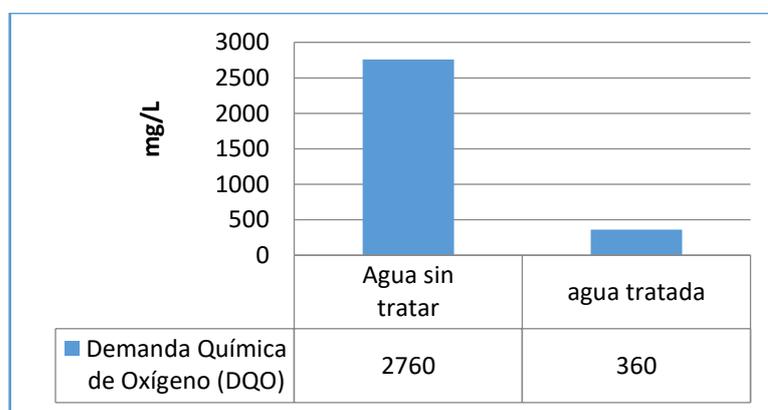


Gráfico 2-4: Remoción DQO

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

✓ Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Tabla 9-4: Porcentaje de remoción de DBO

Parámetro	Agua sin tratar	agua tratada	% de remoción
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	1520	230	84,87

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

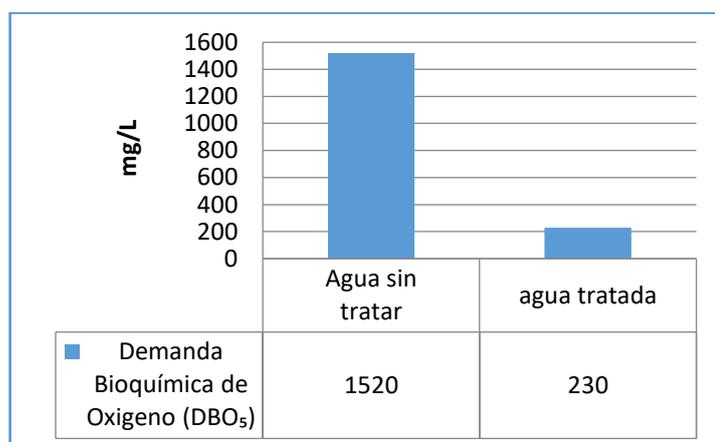


Gráfico 3-4: Remoción DBO

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

✓ **Aceites y grasas**

Tabla 10-4: Porcentaje de remoción de Aceites y Grasas

Parámetro	Agua sin tratar	agua tratada	% de remoción
Aceites y Grasas	238	62,76	73,63

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

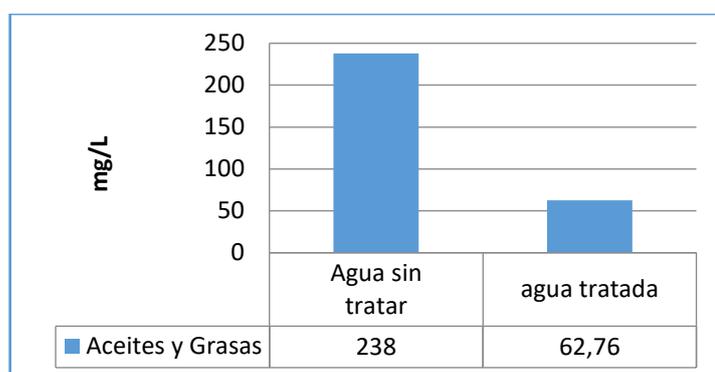


Gráfico 4-4: Remoción de Aceites y Grasas

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

✓ **Sólidos disueltos**

Tabla 11-4: Porcentaje de remoción de sólidos disueltos

Parámetro	Agua sin tratar	agua tratada	% de remoción
Sólidos Disueltos	505	245	51,49

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

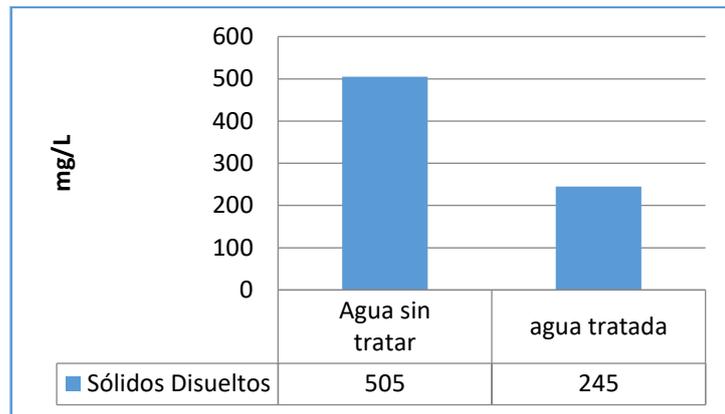


Gráfico 5-4: Remoción de sólidos disueltos
Realizado por: Mayra Reino, 2020.

✓ **Sólidos suspendidos**

Tabla 12-4: Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos

Parámetro	Agua sin tratar	agua tratada	% de remoción
Sólidos Suspendidos	386	16,54	95,72

Realizado por: Mayra Reino, 2020.



Gráfico 6-4: Remoción de sólidos suspendidos
Realizado por: Mayra Reino, 2020.

✓ **Sólidos totales**

Tabla 13-4: Porcentaje de remoción de sólidos totales

Parámetro	Agua sin tratar	agua tratada	% de remoción
Sólidos Totales	2712	760	71,98

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

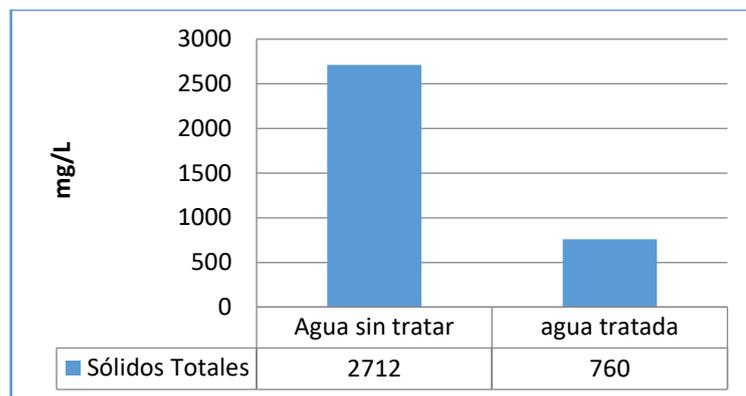


Gráfico 7-4: Remoción de sólidos totales
Realizado por: Mayra Reino, 2020.

4.5. Análisis de Costo/beneficio del proyecto

Tabla 14-4. Costo del proyecto

Cantidad	Rubro/Descripción	Valor Unitario (\$)	Precio Global (\$)
CANAL DE ENTRADA y REJILLAS			
1	Construcción de criba de sólidos en acero inoxidable con mate 304	450,00	450,00
TRAMPA DE GRASA Y ACEITE			
1	Construcción de trampa de grasas en hormigón con paredes lisas	1200,00	1200,00
TANQUE MEZCLADOR			
1	Construcción de un homogeneizador cilíndrico en hormigón con paredes lisas	3778,00	3778,00
TANQUES DE AIREACIÓN-SEDIMENTACIÓN			
1	Construcción de un tanque rectangular para proceso biológico con descargas de agua y lodos	4300,00	4300,00
SISTEMA ELECTRICO Y FISICO			
1	Sistema eléctrico	700,00	700,00
1	Sistema de aireación	2800,00	2800,00
1	Instalación hidráulica	1175,00	1175,00
1	Motor para agitación	1185,00	1185,00
PRECIO TOTAL DEL SISTEMA FÍSICO DE TRATAMIENTO			15588,00

Realizado por: Mayra Reino, 2020.

4.6. Análisis y Discusión de Resultados

Mediante la simulación en laboratorio se llegó a establecer el proceso de depuración con el cual se obtuvo la mejor eficiencia de remoción de contaminantes, dicha simulación consto en primer lugar con la eliminación de sólidos de gran tamaño con ayuda de una espátula haciendo énfasis en el sistema de rejillas, posterior aquello con ayuda de un embudo de separación de 1000ml se llevó a cabo la remoción de los aceites y grasas en el cual después de un tiempo de reposo y por diferencia de densidades se da la separación del líquido insoluble, una vez cumplido este objetivo el agua libre de grasa pasa a un balde donde se le va a aplicar una aireación, la oxigenación se dará mediante el uso de una bomba que ejercía una presión de 0,012MPa por medio de dos conductos a los cuales se les añadió las boquillas al final de estas con orificios actuando como difusores, ocasionando que se produzca burbujas en un tiempo de 16 horas, después del tiempo anteriormente mencionado se deja en reposo para que el material sólido sedimente hacia el fondo finalizando así el proceso de depuración.

El proceso propuesto tuvo los resultados esperados, considerando que en la Planta de lácteos “Lumilac” el caudal no es constante debido a que en los diferentes días de producción la cantidad de quesos a producir es diferente lo cual percute en la cantidad de agua a utilizar y por ende influye en el volumen de agua residual a generar. El caudal de diseño se obtuvo mediante el método volumétrico.

El promedio las dos muestras compuestas obtenidas presentaban una turbiedad de 570 NTU y un pH de 5,94 y que posterior a su tratamiento para la eliminación de contaminantes obtuvo una turbiedad de 8,5NTU y un pH 6,49. Así mismo, se tiene los parámetros fuera de normativa como DBO con una concentración de 1520 mg/L y posterior al tratamiento se obtuvo un valor de 230mg/L siendo su límite permisible 250 mg/L, DQO con una concentración de 2760 mg/L y posterior al tratamiento se obtuvo un valor de 360mg/L siendo su límite permisible 500 mg/L. aceites y grasa con una concentración de 238 mg/L y posterior al tratamiento se obtuvo un valor de 62,76mg/L siendo su límite permisible 70 mg/L, y una concentración inicial de sólidos suspendidos y totales de 386 mg/L y 2112 mg/L respectivamente, que posterior al tratamiento tuvo una disminución en su concentración a 16,54 mg/L y 760 mg/L respectivamente. Como se indican en la Tabla 34-3.

Los resultados de la caracterización del agua residual antes y después del tratamiento demuestran la reducción de contaminantes en los parámetros fuera de normativa, los mismos que se detallan a continuación en porcentajes:

Las grasas y aceites presentaron un porcentaje de remoción de 73.63%, para DBO₅ y DQO fueron de 84,87% y 86,96% respectivamente.

El sistema planteado para la depuración del afluente constara de un canal de entrada, un sistema rejillas, un tanque homogeneizador, una aireación y sedimentación, logrando que el agua de vertido cumpla con los parámetros exigidos para descargar al alcantarillado público. En la planta se le debe realizar un dimensionamiento con una inversión de \$ 15588,00.

CONCLUSIONES

- ✓ Las características físicas y químicas del agua residual proveniente de la línea de proceso de elaboración de queso de la planta de lácteos “Lumilac” se determinaron mediante la caracterización de la misma obteniendo así los parámetros fuera de norma ambiental establecida, tales como: pH (5,94); DBO₅ (1520 mg/L); DQO (2760 mg/L); Aceites y grasa (238 mg/L); Sólidos suspendidos (386 mg/L) y Sólidos totales (2112 mg/L).
- ✓ Las variables de dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales fueron el caudal de diseño que se obtuvo mediante el método volumétrico $2\frac{m^3}{h}$, así como los parámetros fuera de los límites permisibles de la normativa ambiental, los que permitieron elegir el tipo de tratamiento a realizar mediante la aplicación del índice de biodegradabilidad el cual tiene el valor de 0,55 mismo que indica que se debe seguir un tratamiento biológico al tener materia orgánica muy biodegradable.
- ✓ Mediante pruebas de tratabilidad en laboratorio se determinó que la mejor opción para el tratamiento de aguas residuales de la Planta “Lumilac”, mediante un proceso de aireación difusa durante 16 horas con un caudal de aire de $1,86\frac{m^3\text{aire}}{\text{min}}$. Mediante el uso de difusores sumergidos de poro fino o burbuja fina.
- ✓ Una vez obtenidos las variables de proceso se realizó los respectivos cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del sistema de tratamiento aplicando criterios de diseño cuyo volumen a trabajar es de 16m³, dicho proceso de depuración consta de los siguientes procesos: Rejillas, Trampa grasa y Aceite, tanque mezclador, aireación y sedimentación.
- ✓ La validación del diseño propuesto se hizo mediante la caracterización final del agua residual, obteniendo resultados que están dentro del Acuerdo Ministerial No. 028, Registro Oficial - Edición Especial N^o 387, Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público”, obteniendo resultados como DQO (360mg/L), DBO₅ (230 mg/L), Aceites y grasas (62,76mg/L), Sólidos suspendidos (16,54mg/L) y Sólidos totales (760mg/L), de los cuales se obtuvo un porcentaje de remoción de 86,96%; 84,87%, 73,63%; 51,49%; 95,72% y 71,98% respectivamente. Obteniendo una remoción promedio de 77,44% de los contaminantes gracias al proceso propuesto.

RECOMENDACIONES

- Se debe realizar periódicamente la caracterización Físico-Químico del agua residual, así como del caudal para obtener un buen funcionamiento del sistema de depuración.
- Es recomendable mantener una limpieza constante de los equipos para evitar su mal funcionamiento, tales como la remoción de la grasa obtenida de la trampa de la misma cada semana y de los lodos generados en el proceso cada mes.
- Se debe incorporar al sistema dos eras de secado, con finalidad de depositar los lodos extraídos del sistema de tratamiento.
- Realizar capacitaciones a los operadores o trabajadores del uso del sistema de tratamiento de agua, implementación de ideologías a los trabajadores en buenas prácticas ambientales, optimizando el consumo del líquido vital en diferentes puntos del proceso de obtención de los productos realizados en la empresa láctea.
- Realizar un proceso en el que se pueda reutilizar el suero lácteo.

GLOSARIO

Agua Residual: Las aguas residuales se pueden definir como aquellas que, por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos (Marín, R, 1999).

Aireación: La aireación es un método para purificar el agua. Mediante un proceso por el cual se lleva al agua a un contacto íntimo con el aire (Jenkins, 2014, p.16).

Biodegradabilidad: La biodegradabilidad es la capacidad que tienen las sustancias y los materiales orgánicos de descomponerse en sustancias más sencillas debido a la actividad enzimática de microorganismos. Cuando se completa el proceso biológico, se obtiene la transformación total de las sustancias orgánicas iniciales en moléculas inorgánicas simples como agua, dióxido de carbono y metano (Ecozema, 2019).

Contaminación: La contaminación es la introducción de un agente contaminante, que puede ser líquido, sólido o gaseoso, y que por sus características químicas, cuando se adentra en un medio natural, causa su inestabilidad y daña el funcionamiento del ecosistema. De esta manera se afecta conllevando riesgos para los seres vivos que residen en él (Concepto, 2020).

Depuración: Puede decirse que la depuración busca la pureza. Depurar el agua, en este sentido, consiste en diversas operaciones químicas, biológicas y físicas cuyo objetivo es reducir o eliminar la contaminación. Gracias a la depuración del agua, es posible asegurar a quienes la beban o la utilicen con fines higiénicos o culinarios que no correrán ningún riesgo de contraer enfermedades o infecciones (Marín, R, 1999).

Desengrasadores: Es un sistema compacto cuyo objetivo es la separación física, por diferencia de densidades, de las grasas y aceites de origen vegetal y animal (Fernández, R, 2016).

Difusores de aire: Los difusores de aire son dispositivos comúnmente utilizados para transferir oxígeno en el tratamiento de aguas residuales, ya que incrementan la concentración de oxígeno disuelto y promueven la circulación de agua (Jenkins, 2014, p.16).

Diseño: La vinculación del dominio funcional al dominio físico es el objetivo del diseño, lo cual implica una continua interacción entre lo que se quiere conseguir y cómo se consigue aclarando la importancia de establecer un vínculo entre disciplinas académicas (Pugh, 1990).

Espectrofotómetro: Es un instrumento usado en la física óptica que sirve para medir, en función de la longitud de onda, la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica relativos a dos haces de radiaciones. También es utilizado en los laboratorios de química para la cuantificación de sustancias y microorganismos (Duymovich, C, 2005).

Homogenización: Estrictamente se puede decir que la homogenización se refiere a unificar las características del agua residual e igualación cuando se requiere regular el flujo o caudal. Se requiere que este tanque (homogenización o igualación) debe mantenerse bien mezclado para prevenir malos olores y sedimentación de sólidos.

Impulsor: Es un disco giratorio de hierro o acero con álabes en una bomba centrífuga. El impulsor transfiere energía desde el motor que impulsa a la bomba al líquido que se va a bombear, sin más que acelerar radialmente el líquido hacia fuera desde el centro de giro (Grundfos, 2019).

Leche: La leche es el líquido secretado por las glándulas mamarias, cuyo fin es servir de alimento al recién nacido (Spreer, 1991).

Presión hidrostática: Es aquella que ejerce un líquido o fluido que se encuentra en reposo (Conceptos, 2020).

Sedimentación: Los sedimentos son transportados por las corrientes de agua hasta zonas que se conocen como cuencas sedimentarias, en este sentido, la gravedad resulta fundamental en el proceso de sedimentación, ya que es la responsable de que las partículas suspendidas acaben depositándose en el fondo.

Suero lácteo: Es la fracción líquida obtenida durante la coagulación de la leche en el proceso de fabricación del queso y de la caseína, después de la separación del coágulo o fase micelar (Ecured, 2018).

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. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua (Chang, J, 2019).

BIBLIOGRAFÍA

AGACE. *Muestreo de aguas* [blog]. 2018 [Consulta: 30 de Mayo de 2019].

Disponible en:

http://www.cegesti.org/agace/presentaciones/08_manual_aguas_muestreo_de_aguas.pdf

ALLENDE, A. *Manual de tratamiento de aguas residuales*. 2ª ed. La Habana : Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, 1994. pp.200-246.

ANDÍA, Y. “Tratamiento de agua coagulación y floculación”. [En línea], 2000, *Sedapal*, pp. 1–44. [Consulta: 24 de Mayo de 2019]. Disponible en: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154

ARBOLERA, Jorge. *Teoria y Practica de Purificación de Agua*. Bogota-Colombia : Mc Graw-Hill, 2000, pp.03-09.

ARÉVALO, P. N. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la empresa Nuvinat s.a. ubicada en el cantón Riobamba parroquia San Juan [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador. 2015. pp. 23-56, [Consulta: 2019-07-12]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4775/1/236T0142.pdf>

ARTEAGA, Jhoselyn. *Tratamiento de Aguas Residuales* [blog]. 2014. [Consulta: 24 de Mayo de 2019]. Disponible en: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/interesantes/tratamientoresiduales/tratamientoresidual>

BARRAGAN, G. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales de las líneas del proceso en la Planta de Lácteos Paraíso del cantón Salcedo. (Trabajo de titulación) (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2015. pp. 45-56

BORJA, M. 2011. Diseño de una Planta de Tratamiento para Aguas Residuales de la Ciudad de Guaranda (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2011. pp.12-45

BVSDE. *Unidades Hidráulicas*. [En línea] [Consulta: 23 de Julio de 2019]. Disponible en: www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/027757/027757-03b.pdf.

CABANILLA, Frank. *Medición de fluidos en canales abiertos con vertederos*. [En línea] 2015. [Consulta: 04 de Junio de 2019]. Disponible en: <http://documents.mx/documents/medicion-de-fluidos-en-canales-abiertos-con-vertederos-corregidodocx.html>

CENSO NACIONAL AGROPECUARIO. *El cultivo del chocho a través de los datos del III Censo Nacional Agropecuario*. 57. [En línea] 2003. [Consulta: 04 de Junio de 2019]. Disponible en: http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=111&Itemid=126&TB_iframe=true&height=800&width=1745

CENTENO, C. “Aplicación de modelo matemático predictivo para la determinación de incrustaciones en pasteurizadores a placas en la Industria Láctea” [en línea], 2018, (Ecuador) 97(1). [Consulta: 04 de Junio de 2019]. Disponible en: http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/12230/MALDONADO_CENTENO_JUAN_CARLOS.pdf?sequence=2&isAllowed=y

COLORADO, D. & HERRERA BARRERA, M. Propuesta para el diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Bituima, Cundinamarca Diana. Fundación Universidad de América. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Fundación Universidad de América, Facultad de Ingenierías, Programa Ingeniería Química, Bogota-Colombia. 2017. pp.12-45

CRITES, R. 2000. *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. Bogotá-Colobia: McGraw Hil, 2000, pp. 21, 33, 42-44, 46-48.

CROPAIA. El proceso de lodos activados. [En línea] 2017. [Consulta: 04 de Junio de 2019]. Disponible en: <https://cropaia.com/es/blog/lodos-activados/>

GIL, M; USMA, J., & GUTIÉRREZ, O. “Emerging contaminants in waters: effects and possible treatments” [En línea], 2012. (United State of America) 7(2), pp. 52–73. [Consulta: 23 Diciembre 2019], Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>

FONSECA, K. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la central ecuatoriana de servicios agrícolas-Riobamba 2013. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado)

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador. 2015. pp. 23-56, [Consulta: 2019-07-12]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3393/1/236T0090.pdf>

HARO, Y. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la fábrica lácteos San José del Cantón Pillaro [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Riobamba-Ecuador. 2014. Pp. 34-67, [Consulta: 2018-04-06]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4695/1/96T00305%20UDCTFC.pdf>

LEMA, Alexis. Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para la parroquia San Luis de Pambil del cantón Guaranda [En línea] (Trabajo de titulación).(Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Riobamba-Ecuador. 2011. Pp.12-45. [Citado el: 2020-01-26]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4860/1/96T00335%20UDCTFC.pdf>.

LLERENA, A. M. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la quesera “EL PAJONAL” Quimiag 2013 [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2014. Pp. 23-45. 2015 [Consulta: 2020-01-26]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3640/1/236T0106%20UDCTFC.pdf>

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). “Demanda bioquímica de oxígeno 5 días, incubación y electrometría. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales”. [En línea] 2015, (Colombia) 2, pp. 2-9. [Consulta: 04 de Junio de 2019]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/>

NAULA, A. *Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Licto* [blog]. 2019 [Consulta: 30 de Mayo de 2019]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660823340001_PD%20YOT%20FINAL%20ACTUALIZACI%C3%93N%20JUNIO%202016_02-07-2016_19-51-59.pdf

METCALF & EDDY. Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales. 3ª ed. Madrid- España: MacGraw-Hill., 1995, pp. 41; 60; 95.509-514.

METCALF & EDDY. Ingeniería de Aguas residuales. Madrid-España : San Cristobal, 2005. pp.02-14

OPS/CEPIS/05.158. *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores.* [En línea] 2005. [Consulta: 06 de Junio de 2016.] Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>.

PALLARES, C. *Diseño y dimensionamiento de la línea de agua de una PTAR procedente de un matadero porcino.* [En línea] 2016. [Consulta: 04 de Junio de 2019]. Disponible en: http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/165304/TFG_2016_PallaresBosqueCristina.pdf?sequence=1

PRIETO, L; SÁNCHEZ, T & VIEDMA, R. “Estación depuradora de aguas residuales de una industria láctea”. *Escuela de Negocios* 22.(2009) (España) pp. 2-22.

RAS-2000. *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento: Tratamiento de Aguas.* [En línea] 2000. [Citado el: 07 de Junio de 2016]. Disponible en: http://cra.gov.co/apcafiles/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de_aguas_residuales.pdf

RAMOS, K. *Diseño de un sistema de tratamiento del agua residual de la fábrica de textiles Hilario en el Cantón Guano* [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Riobamba-Ecuador. 2017. Pp. 12-34, [Consulta: 2018-04-06]. Disponible en:

RAMOS, K., PARADA, M., & GODOY, S. “Evaluación y diseño de un sistema de tratamiento de agua residual para la fábrica textil hilario”. *Perfiles* [En línea] 2018. (Ecuador) 1(2477–9105), pp. 19. [Consulta: 07 de Junio de 2019]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7883/1/96T00401.PDF>

RAMALHO, R.S. *Introduction to Wastewater Treatment Processes.* 2ª ed. Barcelona-España: Editorial Reverté S.A Barcelona, 1996, pp. 12-14.

ROBLES, F & BAS, M. S. *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes.: Aplicación de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales.* Días Santos, 2010. 22-34.

RODRÍGUEZ, A; GARCÍA, P & SANZ, J. M. “Tratamientos Avanzados De Aguas Residuales Industriales” Citme [En línea], 2006, (Colombia) 6(8). pp. 13, 30, 34. [Consulta: 07 de Junio de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/M-30985-2006>

Rodríguez M., C. H. *Demanda química de oxígeno por refluo cerrado y volumetría.* 5, 11. [En línea] 2007. [Consulta: 07 de Junio de 2019]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Química+de+Oxígeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>

ROJAS, R. 2002. *Sistemas de tratamiento de aguas residuales: Gestión integral de tratamiento de aguas residuales* . Lima-Perú : CEPIS/OPS-OMS, 2002.

ROJAS, R. & GUEVARA, S. *Construcción, operación y mantenimiento del filtro de arena.* Hoja de Divulgación Técnica, Lima-Perú: OPS/CEPIS, UNATSABAR, 2000.p.76

ROMERO, Jairo. 2008. *Calidad del Agua:Teoria y Principios de Diseño.* Bogota-Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería , 2008.

ROSALES, A. *Laguna Facultativa – Tratamiento del Agua.* [En línea] 2016. [Citado el: 07 de Junio de 2019]. Disponible en: <http://www.tratamientodelagua.com.mx/laguna.facultativa/>

SAENZ ROLDAN, L. F. Diseño del sistema de tratamiento y reutilización del agua residual en la Planta de Lácteos OASIS [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2011. pp. 23-34 [Consulta: 04 de Mayo de 2019]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3217/1/96T00221.pdf>

SUÁREZ, J. B. & TRUJILLO, B. M. *CONTAMINACIÓN ORGÁNICA DEL RÍO CHAMBO* *Organic Contamination of The Chambo River in The Wastewater Discharge Area of The City of Riobamba.* 2. 2018.

TELÉGRAFO. *Noticias del Ecuador y del mundo - Asociación de Licto.* [En línea] 2017. [Citado el: 07 de Junio de 2019]. Disponible en: [//www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/asociacion-de-licto-procesa-cada-dia-1-500-litros-de-leche](http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/asociacion-de-licto-procesa-cada-dia-1-500-litros-de-leche)

VALDEZ & VAZQUEZ. *Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales.* 2ª ed. México D.F : Fundación ICA, 2003.

VIDALES, A. Extracción de Grasas y Aceites en los Efluentes de una Industria Automotriz. *Conciencia Tecnológica*, 40ª ed, 2010, pp. 29–34

VILLARROEL, W. *Diseño para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales en el estadio de la Universidad Técnica del Norte, Cantón Ibarra Provincia de Imbabura.* (Tesis). (Pregrado) Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Ibarra-Ecuador. 2015.

ANEXOS

Anexo A. Etapas del proceso de producción de quesos



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de un sistema de depuración de agua residual		
	Certificado Por eliminar				
a) Marmita	Por Aprobar	Para informar	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA	LAMINA
b) Moldeado			ESCUELA DE ING. QUIMICA	16/01/2020	01
c) Prensado	Aprobado	Por calificar	MAYRA REINO		ESCALA
d) Empaquetado					1:1

Anexo B. Estado actual de la planta de lácteos

A



B



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de un sistema de depuración de agua residual		
	Certificado	Por eliminar		FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	FECHA	LAMINA	ESCALA
a) Salmuera b) Limpieza de equipos	Por Aprobar	Para informar	MAYRA REINO		16/01/2020	02	1:1
	Aprobado	Por calificar				

Anexo C. Simulación en laboratorio del proceso

A



B

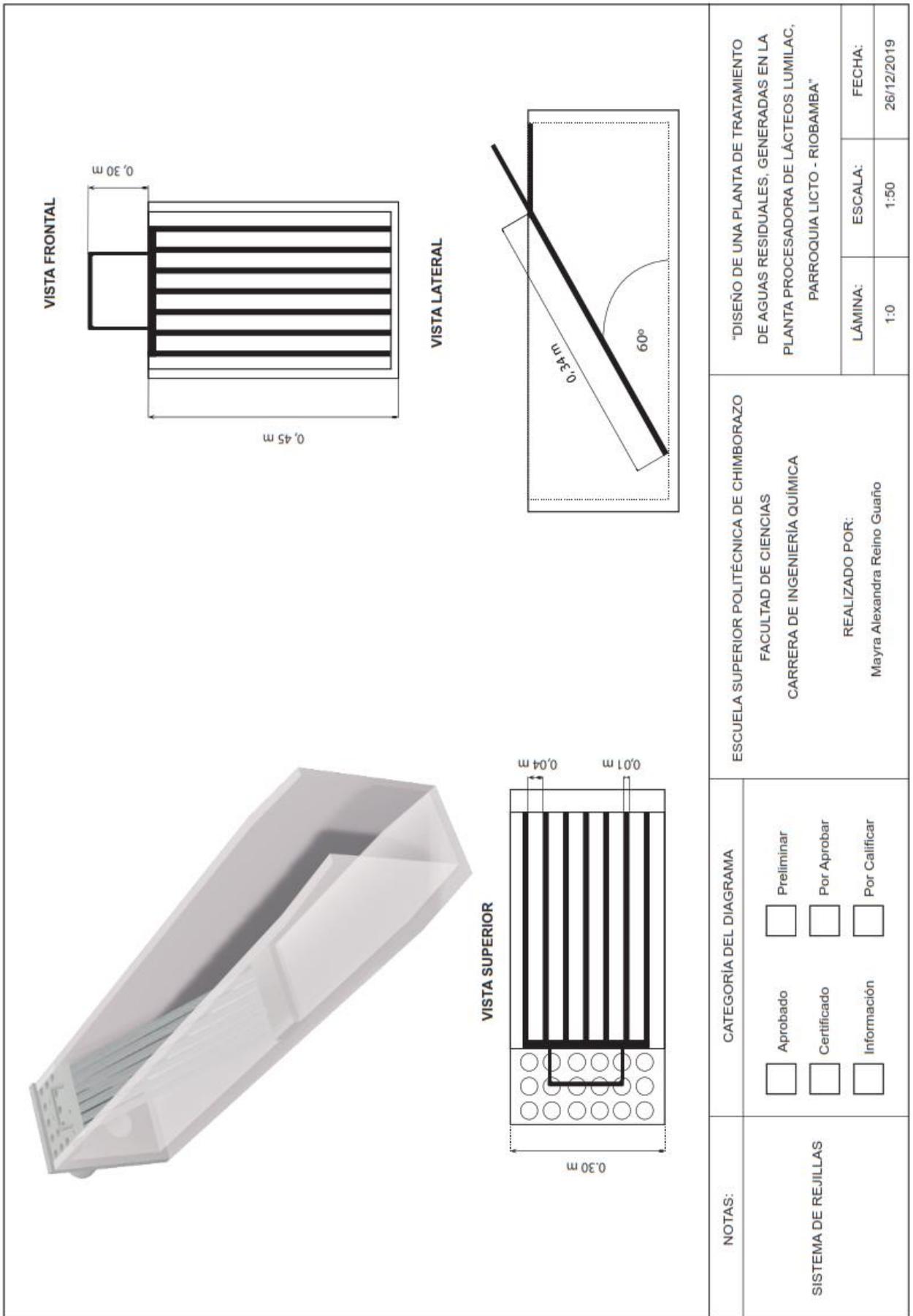


C



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA MAYRA REINO	Diseño de un sistema de depuración de agua residual		
	FECHA	LAMINA		ESCALA		
A) Embudo de separación B) Aireación C) Cono IMHOFF	Certificado Por Aprobar Aprobado	Por eliminar Para informar Por calificar		10/01/20	01	1:1

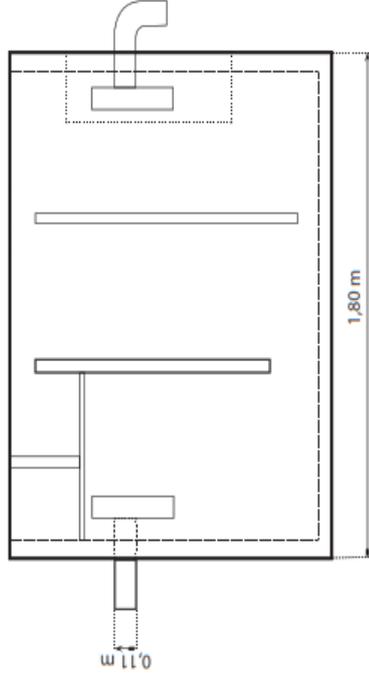
Anexo D. Planos de la planta de tratamiento



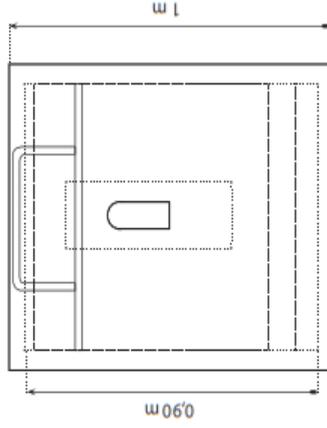
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, GENERADAS EN LA PLANTA PROCESADORA DE LÁCTEOS LUMILAC, PARROQUIA LICTO - RIOBAMBA"	
	<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar	<input type="checkbox"/> Escala:	1:50
SISTEMA DE REJILLAS	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por Aprobar	LÁMINA:	1:0
	<input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por Calificar	FECHA:	26/12/2019
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA		REALIZADO POR: Mayra Alexandra Reino Guaño		



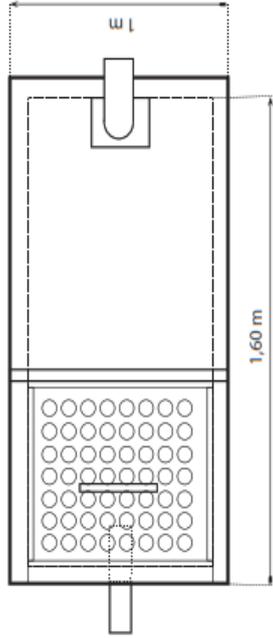
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR



NOTAS:

TRAMPA DE
ACEITE Y GRASA

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

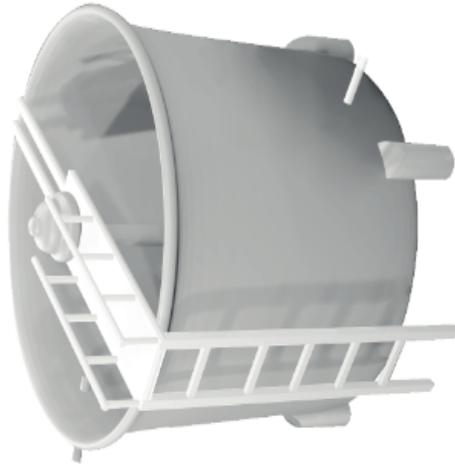
- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por Aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por Calificar |

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

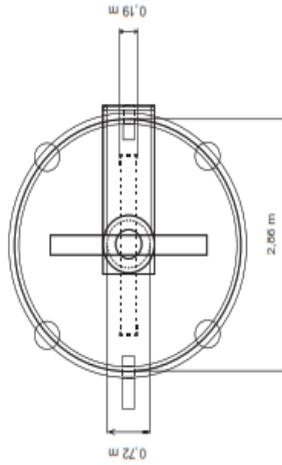
REALIZADO POR:
Mayra Alexandra Reino Guaño

"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES, GENERADAS EN LA
PLANTA PROCESADORA DE LÁCTEOS LUMILAC,
PARROQUIA LICTO - RIOBAMBA"

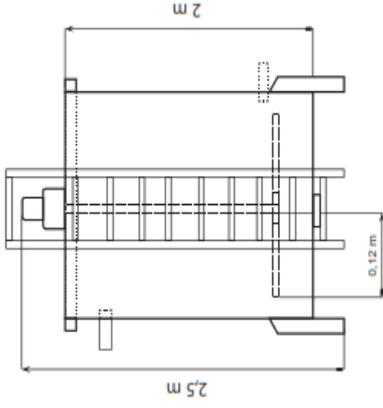
LÁMINA:	ESCALA:	FECHA:
2:0	1:50	26/12/2019



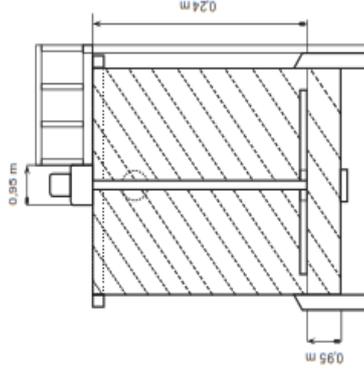
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



NOTAS:

TANQUE
HOMOGENIZADOR

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por Aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por Calificar |

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

REALIZADO POR:

Mayra Alexandra Reino Guano

"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES, GENERADAS EN LA
PLANTA PROCESADORA DE LÁCTEOS LUMILAC,
PARROQUIA LICTO - RIOBAMBA"

LÁMINA:

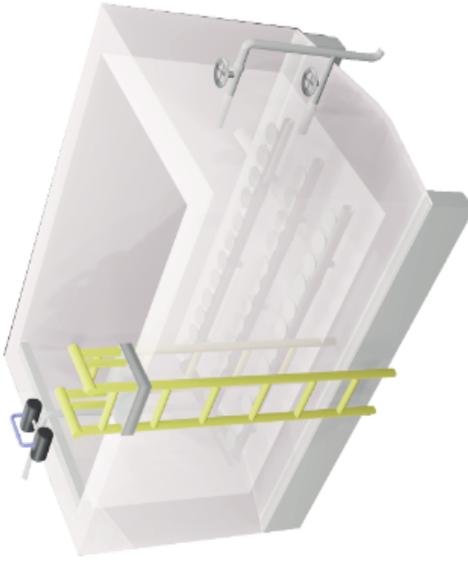
3:0

ESCALA:

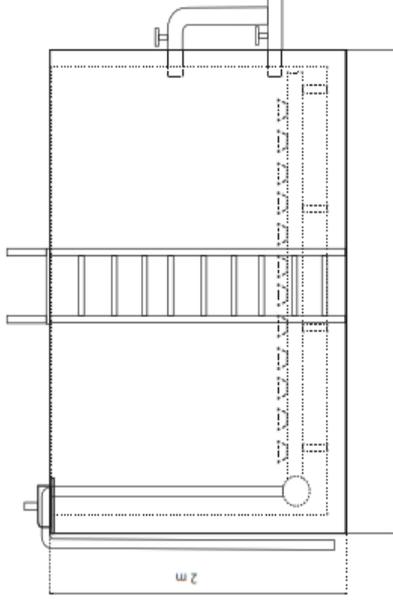
1:50

FECHA:

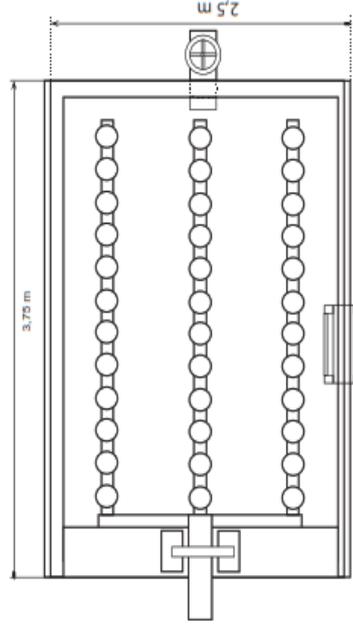
26/12/2019



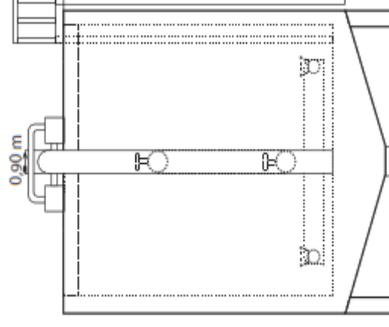
VISTA FRONTAL



VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL



NOTAS:

TANQUE DE
AIREACIÓN
Y
SEDIMENTACIÓN

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

<input type="checkbox"/>	Aprobado	<input type="checkbox"/>	Preliminar
<input type="checkbox"/>	Certificado	<input type="checkbox"/>	Por Aprobar
<input type="checkbox"/>	Información	<input type="checkbox"/>	Por Calificar

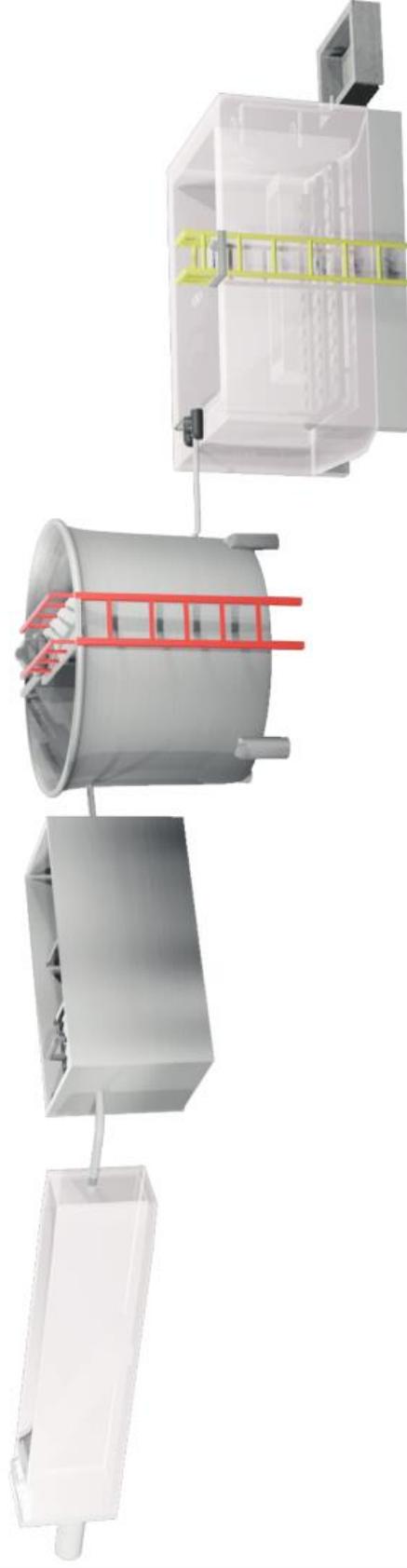
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

REALIZADO POR:
Mayra Alexandra Reino Guafío

"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES, GENERADAS EN LA
PLANTA PROCESADORA DE LÁCTEOS LUMILAC,
PARROQUIA LICTO - RIOBAMBA"

LÁMINA: 4-0	ESCALA: 1:50	FECHA: 26/12/2019
----------------	-----------------	----------------------



<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p> <table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Aprobado</td> <td><input type="checkbox"/> Preliminar</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Certificado</td> <td><input type="checkbox"/> Por Aprobar</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Información</td> <td><input type="checkbox"/> Por Calificar</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por Aprobar	<input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por Calificar	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>REALIZADO POR: Mayra Alexandra Reino Guatío</p>	<p>"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, GENERADAS EN LA PLANTA PROCESADORA DE LÁCTEOS LUMILAC, PARROQUIA LICTO - RIOBAMBA"</p> <table border="1"> <tr> <td>LÁMINA:</td> <td>ESCALA:</td> <td>FECHA:</td> </tr> <tr> <td>6:0</td> <td>1:50</td> <td>26/12/2019</td> </tr> </table>	LÁMINA:	ESCALA:	FECHA:	6:0	1:50	26/12/2019
<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar														
<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por Aprobar														
<input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por Calificar														
LÁMINA:	ESCALA:	FECHA:													
6:0	1:50	26/12/2019													

Anexo F. Resultados agua residual sin tratar



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Reino Guaño Mayra Alexandra

Fecha de Análisis: 27/04/2019

Tipo de muestras: Agua Residual de Láctea, Planta Procesadora de Lácteos Lumilac.

Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.

TRABAJO DE TITULACION

Parámetro	Método	Unidad	Límite máximo permisible	Resultados de la caracterización
				M2
Análisis Físico				
Ph	4500-H ⁺ -B	-	5-9	5,68
Turbiedad	2130-B	NTU	-	565,0
Conductividad	2510-B	mS/cm	-	845,0
Alcalinidad	2320-B	mg/L	-	95,0
Sólidos Suspendedos Totales	2540-D	mg/L	220	386
Sólidos disueltos	2540-C	mg/L	-	490
Sólidos sedimentables	2540-B	ml/l.	20	0,2
Sólidos totales	2540-A	mg/L	1600	2576,0
Análisis Químico				
Nitrógeno orgánico total	4500-N org-C	mg/L	60,0	48,0
Cloruros	4500-Cl-D	mg/L	-	241,0
Fosfatos	4500-P-D	mg/L	15,0	11,12
Aceites y grasas	5520-B	mg/L	70,0	224,0
DQO	5220-C	mg/L	500	2830
DBO ₅ (5 días)	5210-B	mg/L	250	1640

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

**TULSMA.

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. CALIDAD DEL AGUA



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Reino Gualaño Mayra Alexandra

Fecha de Análisis: 26/04/2019

Tipo de muestras: Agua Residual de Láctea, Planta Procesadora de Lácteos Lumilac.

Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.

TRABAJO DE TITULACION

Parámetro	Método	Unidad	Límite máximo permisible	Resultados de la caracterización
				M1
Análisis Físico				
pH	4500-H ⁺ -B	-	5-9	6,19
Turbiedad	2130-B	NTU	-	575,0
Conductividad	2510-B	mS/cm	-	802,0
Alcalinidad	2320-B	mg/L	-	90,0
Sólidos Suspendidos Totales	2540-D	mg/L	220	386,0
Sólidos disueltos	2540-C	mg/L	-	520
Sólidos sedimentables	2540-B	mL/L	20	0,3
Sólidos totales	2540-A	mg/L	1600	2848,0
Análisis químico				
Cloruros	4500-Cl-D	mg/L	-	269,0
Nitrógeno orgánico total	4500-N org-C	mg/L	60,0	24,8
Fosfatos	4500-P-D	mg/L	15,0	4,8
Aceites y grasas	5520-B	mg/L	70,0	252,0
DOO	5220-C	mg/L	500	2690
DBO ₅ (5 días)	5210-B	mg/L	250	1400

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

**TULSMA.

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. CALIDAD DEL AGUA

Anexo E. Resultados agua residual sin tratar



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Reino Guaño Mayra Alexandra

Fecha de Análisis: 15/08/2019

Tipo de muestras: Agua Residual de Láctea Tratadas de la Planta Procesadora de Lácteos Lumilac.

Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.

TRABAJO DE TITULACION

Parámetro	Método	Unidad	Límite máximo permisible	Resultados de la caracterización
				MI
Análisis Físico				
pH	4500-H ⁺ -B	-	5-9	6,3
Turbiedad	2130-B	NTU	-	8,91
Conductividad	2510-B	mS/cm	-	550,0
Alcalinidad	2320-B	mg/L	-	31,9
Sólidos Suspendidos Totales	2540-D	mg/L	220	18,77
Sólidos sedimentables	2540-B	mL/L	20	0,14
Sólidos totales	2540-A	mg/L	1600	783,56
Sólidos disueltos	2540-C	mg/L	-	259
Análisis Químico				
Nitrógeno orgánico total	4500-N org-C	mg/L	60,0	1,6
Cloruros	4500-Cl-D	mg/L	-	228,89
Fosfatos	4500-P-D	mg/L	15,0	6,98
Aceites y grasas	5520-B	mg/L	70,0	65,4
DQO	5220-C	mg/L	500	374
DBO ₅ (5 días)	5210-B	mg/L	250	235

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

**TULSMA.

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. CALIDAD DEL AGUA



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Reino Guaño Mayra Alexandra

Fecha de Análisis: 20/08/2019

Tipo de muestras: Agua Residual de Láctea tratadas de la Planta Procesadora de Lácteos Lumilac.

Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Parámetro	Método	Unidad	Límite máximo permisible	Resultados de la caracterización
				M2
Análisis Físico				
Ph	4500-H ⁺ -B	-	5-9	6,68
Turbiedad	2130-B	NTU	-	8,13
Conductividad	2510-B	mS/cm	-	542,0
Alcalinidad	2320-B	mg/L	-	28,1
Sólidos Suspendedos Totales	2540-D	mg/L	220	386
Sólidos disueltos	2540-C	mg/L	-	241
Sólidos sedimentables	2540-B	mL/L	20	0,13
Sólidos totales	2540-A	mg/L	1600	736,4
Análisis Químico				
Nitrógeno orgánico total	4500-N org-C	mg/L	60,0	1,4
Cloruros	4500Cl-D	mg/L	-	14,31
Fosfatos	4500-P-D	mg/L	15,0	6,02
Aceites y grasas	5520-B	mg/L	70,0	60,12
DQO	5220-C	mg/L	500	345
DBO ₅ (5 días)	5210-B	mg/L	250	224

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

**TULSMA.

Observaciones:

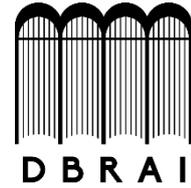
Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. CALIDAD DEL AGUA



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO



DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 13 / 07 / 2020

INFORMACIÓN DEL AUTORA	
Nombres – Apellidos: MAYRA ALEXANDRA REINO GUAÑO	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad: CIENCIAS	
Carrera: INGENIERÍA QUÍMICA	
Título a optar: INGENIERA QUÍMICA	
f. Analista de Biblioteca responsable:	



0085-DBRAI-UPT-2020