



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE LA INDUSTRIA “LÁCTEOS MI VELATA”,
CHAMBO –CHIMBORAZO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: ERIKA PAOLA TUCUNANGO ALTAMIRANO

DIRECTORA: Ing. MÓNICA LILIAN ANDRADE ÁVALOS

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Erika Paola Tucunango Altamirano

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

Yo, Erika Paola Tucunango Altamirano, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular 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 Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 24 de mayo del 2023



Erika Paola Tucunango Altamirano

C.I. 060602781-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico **DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA “LÁCTEOS MI VELATA”, CHAMBO – CHIMBORAZO**, realizado por la señorita: **ERIKA PAOLA TUCUNANGO ALTAMIRANO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas, MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-05-24
Ing. Mónica Lilian Andrade Avalos, Mgs. DIRECTORA DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-05-24
Ing. Cesar Arturo Puente Guijarro, PhD. ASESOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-05-24

DEDICATORIA

El presente trabajo dedicó principalmente a Dios, quien ha sido mi guía y fuerza para continuar en este proceso, para obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más. A mis hermanos Johnatan y Geovanny por su apoyo incondicional, durante todo este proceso y por estar conmigo en todo momento gracias. Finalmente, a mis amigas, por el apoyo y el amor que me brindaron en toda mi etapa estudiantil, mil gracias por formar parte de mi vida. A mi mejor amigo Alexis Guzmán por el apoyo, por sus consejos y por ser el soporte en todo este proceso y también expreso con fervoroso anhelo de gratitud a cada una de las personas que me brindó desinteresadamente su apoyo.

Erika

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento a Dios por estar guiándome en todo momento, por darme la fuerza y el coraje para luchar por mis sueños y estar cumpliendo mis metas, a mis padres, a mis hermanos por apoyarme e inspirarme día tras día durante toda mi formación académica. También a mi tutora Ing. Mónica Andrade, por su paciencia y constancia en este trabajo, es una parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que lo caracterizan. Muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento, cuando más las necesite.

Erika

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación.....	3
1.3.1. <i>Localización del proyecto</i>	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes investigativos.....	6
2.2. Referencias teóricas	7
2.2.1. <i>Industrial láctea</i>	7
2.2.2. <i>Productos de la industria láctea</i>	7
2.2.2.1. <i>Queso</i>	7
2.2.2.2. <i>Yogurt</i>	9
2.2.3. <i>Aguas residuales</i>	10
2.2.4. <i>Clases de aguas residuales</i>	10
2.2.4.1. <i>Aguas residuales domésticas</i>	10
2.2.4.2. <i>Aguas residuales municipales</i>	10
2.2.4.3. <i>Aguas residuales industriales</i>	11

2.2.5.	<i>Características de las aguas residuales</i>	11
2.2.5.1	<i>Características físicas</i>	11
2.2.5.2.	<i>Características químicas</i>	13
2.2.5.3.	<i>Características biológicas</i>	14
2.2.6.	<i>Tratamiento del agua residual</i>	15
2.2.6.1.	<i>Tratamiento primario</i>	15
2.2.6.2.	<i>Tratamientos secundarios</i>	15
2.2.6.3.	<i>Tratamiento terciario</i>	15
2.2.7.	<i>Tratamiento</i>	17
2.2.7.1.	<i>Sistema de rejillas</i>	17
2.2.7.2.	<i>Trampa de grasa</i>	18
2.2.7.3.	<i>Aireación mediante difusores</i>	18
2.2.7.4.	<i>Coagulación-floculación</i>	19
2.2.7.5.	<i>Sedimentación</i>	19
2.2.7.6.	<i>Filtración</i>	19
2.2.8.	<i>Marco legal</i>	20
2.2.8.1.	<i>Legislación ambiental</i>	20
2.2.8.2.	<i>Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado</i>	20

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	22
3.1.	Ingeniería del proyecto	22
3.2.	Tipo de estudio	22
3.2.1.	<i>Métodos y técnicas</i>	22
3.2.1.1.	<i>Técnicas</i>	22
3.2.2.	<i>Métodos</i>	31
3.2.2.1.	<i>Plan de muestreo</i>	31
3.2.2.2.	<i>Caracterización del agua residual previo al diseño</i>	32
3.2.3.	<i>Pruebas de tratabilidad</i>	34
3.2.3.1.	<i>Índice de biodegradabilidad</i>	34
3.2.3.2.	<i>Elección del tipo de tratamiento</i>	34
3.2.3.3.	<i>Elección del tiempo de aireación</i>	35
3.2.3.4.	<i>Elección del coagulante para el agua residual</i>	35
3.2.3.5.	<i>Determinación de la cantidad del Policloruro de aluminio</i>	36
3.2.3.6.	<i>Determinación del floculante</i>	37

3.2.3.7.	<i>Determinación experimental del caudal</i>	38
3.2.3.8.	<i>Datos del caudal</i>	38
3.2.4.	<i>Cálculos de ingeniería</i>	40
3.2.4.1.	<i>Determinación del caudal de diseño</i>	40
3.2.4.2.	<i>Dimensionamiento del sistema de rejillas</i>	45
3.2.4.3.	<i>Dimensionamiento para la trampa de grasa</i>	47
3.2.4.4.	<i>Dimensionamiento tanque de aireación</i>	51
3.2.4.5.	<i>Dimensionamiento para mezclador-sedimentador</i>	56
3.2.4.6.	<i>Dimensionamiento del tanque de filtración</i>	66
3.2.4.7.	<i>Dimensionamiento de lechos de secado</i>	70

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	75
4.1.	Proceso de las operaciones unitarias del sistema de tratamiento	75
4.2.	Resultados	76
4.2.1.	<i>Caudal</i>	76
4.2.2.	<i>Canal</i>	76
4.2.3.	<i>Área de rejillas</i>	76
4.2.4.	<i>Área de la trampa de grasa</i>	77
4.2.5.	<i>Dimensionamiento de aireación</i>	78
4.2.6.	<i>Dimensionamiento para el mezclador-sedimentador</i>	78
4.2.7.	<i>Dimensionamiento de filtración</i>	79
4.2.8.	<i>Dimensionamiento lecho de secado</i>	80
4.2.9.	<i>Resultado de la caracterización del agua residual después del tratamiento</i>	81
4.3.	Porcentaje de remoción	82
4.4.	Costos	87
4.4.1.	<i>Costos de la implementación de la planta de tratamiento-Aproximados</i>	87
4.4.2.	<i>Costos químicos</i>	89
4.4.3.	<i>Costos equipos y químicos</i>	89
4.5.	Análisis y discusión de los resultados	89
	CONCLUSIONES	91
	RECOMENDACIONES	92
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Localización de la Planta de Lácteos "Mi Velata"	4
Tabla 2-1:	Tipos de sólidos	12
Tabla 2-2:	Compuestos orgánicos	14
Tabla 2-3:	Compuestos inorgánicos	14
Tabla 2-4:	Clasificación de los Microorganismos	15
Tabla 2-5:	Características de las principales etapas de los tratamientos del agua residual ...	16
Tabla 2-6:	Tipo de difusores.....	18
Tabla 3-1:	PE-LSA-01- Determinación de pH.....	23
Tabla 3-2:	Determinación de turbiedad- Método HACH 2130-B	23
Tabla 3-3:	Determinación de conductividad - Método HACH DR 2800.....	24
Tabla 3-4:	Determinación de DQO - Standard Methods *5220	24
Tabla 3-5:	Determinación de DBO5- Standard Methods *5210 B.....	25
Tabla 3-6:	Determinación de sulfuros - Método Standard Methods 4500-E.....	26
Tabla 3-7:	Determinación de sulfatos - Método HACH 8051.....	27
Tabla 3-8:	Determinación de sólidos suspendidos totales - APHA 2540-C.....	27
Tabla 3-9:	Método APHA 2540 B.....	28
Tabla 3-10:	Determinación de sólidos sedimentables – STANDARD METHODS 2540-C ..	29
Tabla 3-11:	Determinación de aceites y grasas - Método EPA418,1	30
Tabla 3-12:	Caracterización físico-químico del agua residual sin tratamiento	32
Tabla 3-13:	Caracterización microbiológicos del agua residual sin tratamiento.....	33
Tabla 3-14:	Criterio de biodegradabilidad según la relación DBO5/DQO	34
Tabla 3-15:	Resultado de la Turbiedad de las pruebas de tratabilidad	35
Tabla 3-16:	Coagulante para el agua residual de la quesera "Mi Velata"	36
Tabla 3-17:	Cantidades del coagulante Policloruro de Aluminio.....	36
Tabla 3-18:	Determinación de floculante	37
Tabla 3-19:	Día 1- Medición del Caudal.....	38
Tabla 3-20:	Día 2 Medición del Caudal	39
Tabla 3-21:	Día 3- Medición del Caudal	39
Tabla 3-22:	Día 4- Medición del Caudal	39
Tabla 3-23:	Día 5- Medición del Caudal	40
Tabla 3-24:	Caudal promedio de agua residual	40
Tabla 3-25:	Coeficiente de rugosidad de Manning	41
Tabla 3-26:	Parámetros de las rejillas	45

Tabla 3-27:	Coeficiente de pérdida de carga para rejillas	46
Tabla 3-28:	Criterios de diseño para la trampa de grasas y aceites	47
Tabla 3-29:	Tanque de aireación (dimensionamiento)	51
Tabla 3-30:	Cálculo del número de difusores.....	55
Tabla 3-31:	Tipos de impulsores (Número de potencia)	56
Tabla 3-32:	Parámetros del diseño para mezcladores de turbina	57
Tabla 3-33:	Densidad y viscosidad dinámica del agua a distintas temperaturas	57
Tabla 3-34:	Mezclador por turbinas	57
Tabla 3-35:	Cantidades de los químicos.....	63
Tabla 3-36:	Parámetros para el tanque de filtración.....	66
Tabla 3-37:	Materiales para el tanque filtrante.....	69
Tabla 3-38:	Criterios de diseño de secado.....	70
Tabla 3-39:	Datos para el lecho de secado	71
Tabla 4-1:	Determinación del caudal	76
Tabla 4-2:	Determinación del canal	76
Tabla 4-3:	Área para el sistema de rejillas	77
Tabla 4-4:	Dimensionamiento de la trampa de grasa	77
Tabla 4-5:	Dimensionamiento de aireación.....	78
Tabla 4-6:	Dimensionamiento de mezclador-sedimentador	78
Tabla 4-7:	Dimensionamiento tanque de filtración	79
Tabla 4-8:	Dimensionamiento del lecho de secado	80
Tabla 4-9:	Caracterización físico- química del agua residual tratada.....	81
Tabla 4-10:	Caracterización microbiológicos del agua residual sin tratamiento.....	82
Tabla 4-11:	Caracterización de las grasas y aceites	82
Tabla 4-12:	Caracterización del DBO	83
Tabla 4-13:	Caracterización del DQO	84
Tabla 4-14:	Caracterización de Sólidos Totales	84
Tabla 4-15:	Caracterización de Sólidos Suspendedos.....	85
Tabla 4-16:	Caracterización de Turbiedad	86
Tabla 4-17:	Presupuesto de la implementación de la planta de tratamiento.....	87
Tabla 4-18:	Costos Químicos	89
Tabla 4-19:	Costos Equipos y Químicos	89

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Mapa de Ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales “Mi Velata”.....	4
Ilustración 2-1:	Diagrama de procesos	8
Ilustración 2-2:	Procedo de producción de yogurt.....	10
Ilustración 2-3:	Estabilización de la materia orgánica (DBO) con formación de células nuevas y productos finales	13
Ilustración 3-1:	Lugar de muestreo.....	31
Ilustración 3-2:	Caracterización del agua residual previo.....	32
Ilustración 3-3:	Caracterización físico - químico del agua residual sin tratamiento.....	33
Ilustración 3-4:	Aireación y homogenización de las aguas residuales.....	35
Ilustración 3-5:	Resultados obtenidos de la aplicación de Hcanales	42
Ilustración 3-6:	Canal	44
Ilustración 3-7:	Formas de Rejillas.....	46
Ilustración 3-8:	Rejillas.....	47
Ilustración 3-9:	Trampa de grasas.....	50
Ilustración 3-10:	Tanque de Aireación	56
Ilustración 3-11:	Mezcladores de turbina	61
Ilustración 3-12:	Coagulación-Sedimentación.....	66
Ilustración 3-13:	Tanque de Filtración.....	70
Ilustración 3-14:	Tanque de Secado.....	74
Ilustración 4-1:	Diagrama del proceso del tratamiento de aguas residuales	75
Ilustración 4-2:	Vista General de la planta de tratamiento	75
Ilustración 4-3:	Remoción de Grasas y aceites	83
Ilustración 4-4:	Remoción del DBO	83
Ilustración 4-5:	Remoción del DQO.....	84
Ilustración 4-6:	Remoción de Sólidos Totales	85
Ilustración 4-7:	Remoción de Sólidos Suspendedos	85
Ilustración 4-8:	Remoción de la Turbiedad	86
Ilustración 4-9:	Porcentajes de Remoción	86

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3-1	40
Ecuación 3-2	42
Ecuación 3-3	43
Ecuación 3-4	43
Ecuación 3-5	43
Ecuación 3-6	45
Ecuación 3-7	45
Ecuación 3-8	46
Ecuación 3-9	48
Ecuación 3-10	49
Ecuación 3-11	49
Ecuación 3-12	49
Ecuación 3-13	50
Ecuación 3-14	51
Ecuación 3-15	51
Ecuación 3-16	52
Ecuación 3-17	52
Ecuación 3-18	53
Ecuación 3-19	53
Ecuación 3-20	54
Ecuación 3-21	54
Ecuación 3-22	55
Ecuación 3-23	55
Ecuación 3-24	58
Ecuación 3-25	58
Ecuación 3-26	59
Ecuación 3-27	59
Ecuación 3-28	59
Ecuación 3-29	60
Ecuación 3-30	61
Ecuación 3-31	61
Ecuación 3-32	62
Ecuación 3-33	62

Ecuación 3-34	63
Ecuación 3-35	63
Ecuación 3-36	64
Ecuación 3-37	64
Ecuación 3-38	65
Ecuación 3-39	66
Ecuación 3-40	67
Ecuación 3-41	67
Ecuación 3-42	68
Ecuación 3-43	69
Ecuación 3-44	69
Ecuación 3-45	70
Ecuación 3-46	71
Ecuación 3-47	72
Ecuación 3-48	72
Ecuación 3-49	73
Ecuación 3-50	73

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MUESTREO Y CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

ANEXO B: PRUEBAS DE TRATABILIDAD

ANEXO C: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

ANEXO D: CANAL Y REJILLAS PARA CAPTACIÓN DE AGUA RESIDUAL

ANEXO E: DIMENSIONAMIENTO DE TRAMPA DE GRASA

ANEXO F: DIMENSIONAMIENTO DE AIREACIÓN

ANEXO G: DIMENSIONAMIENTO PARA EL MEZCLADOR- SEDIMENTADOR

ANEXO H: DIMENSIONAMIENTO DE FILTRACIÓN

ANEXO I: DIMENSIONAMIENTO LECHO DE SECADO

RESUMEN

En la industria del procesamiento y producción de productos lácteos existe una problemática que se centra en la contaminación de las aguas residuales incorporando sustancias que deterioran la calidad del agua convirtiéndolas en aguas poco útiles, por ello, este trabajo técnico tiene como objetivo principal el diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales generadas en la industria “Lácteos Mi Velata”, Chambo –Chimborazo; para esto se contempló un plan de metodológico constituido en dos partes, el primero utilizó técnicas que permitieron caracterizar componentes F/Q y microbiológicos del agua residual, mientras en el segundo se aplicaron cálculos de ingeniería para dimensionar la planta de tratamiento. Dentro de los resultados que se obtuvieron en la caracterización de las aguas residuales se detalla que existen cantidades fuera de los parámetros establecidos en la norma (Acuerdo ministerial 097-A, TULSMA:, libro VI – tabla 8), dando valores como: DQO 4840mg/L, DBO 2730 mg/L, aceites y grasas 382mg/, sólidos suspendidos 232 mg/L, sólidos totales 10284 mg/L, turbiedad 350NTU, conductividad 963.2, coliformes totales 161 UFC/100ml, coliformes fecales 83 UFC/100ml; además, se desarrolló un proceso de tratabilidad del agua contaminada, a través, de la prueba de jarra, donde se suministró diferentes flocculantes, en el cual fue eficiente el Policloruro de Aluminio, también se agregó Polielectrolito aniónico, logrando reducir la turbiedad, pH y la concentración de fosfato, basados en ello se procede con el dimensionamiento de la planta la cual necesita un área de 41,12 m²; en conclusión se determina que para la validez del diseño propuesto se registra los porcentajes de remoción de los componentes en los valores: DBO con 94,90%, DQO con 95,70%, aceites y grasas 94,10%, sólidos suspendidos 69,90%, sólidos totales 96,50% y en la turbiedad 96,70%, convirtiéndola en una planta adecuada para el tratamiento de las aguas residuales de la empresa en estudio.

Palabras clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <SISTEMA DE TRATAMIENTO>, <AGUAS RESIDUALES>, <TEST DE JARRA>, <CHAMBO (CANTÓN)>


1746-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

In the industry of processing and production of dairy products there is a problem that focuses on the contamination of wastewater incorporating substances that deteriorate the quality of water, converting it in useless water, therefore, this technical work has as its main objective to design a wastewater treatment plant generated in the industry "Lácteos Mi Velata", Chambo -Chimborazo; The first part used techniques that allowed characterizing the F/Q and microbiological components of the wastewater, while the second part applied engineering calculations to size the treatment plant. Within the results obtained in the characterization of wastewater, it is detailed that there are quantities outside the parameters established in the standard (Ministerial Agreement 097-A, TULSMA:, book VI - table 8), giving values such as: COD 4840mg/L, BOD 2730 mg/L, oils and fats 382mg/, suspended solids 232 mg/L, total solids 10284 mg/L, turbidity 350NTU, conductivity 963.2, total coliforms 161 CFU/100ml, fecal coliforms 83 CFU/100ml; In addition, a process of treatability of contaminated water was developed, through the jar test, where different flocculants were supplied, in which Aluminum Polychloride was efficient, also anionic Polyelectrolyte was added, managing to reduce turbidity, pH and phosphate concentration, based on this we proceed with the sizing of the plant which needs an area of 41,12 m². In conclusion it is determined that for the validity of the proposed design, the percentages of removal of the components in the values are recorded in the values: BOD with 94,90%, COD with 95,70%, oils and fats 94,10%, suspended solids 69,90%, total solids 96,50% and in turbidity 96,70%, making it a suitable plant for the treatment of wastewater from the company under study

Key words: <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <TREATMENT SYSTEM>, <WASTEWATER>, <JAR TEST>, <CHAMBO (CANTON)>
1746-DBRAUPT-2023



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs.

Ced: 1103696132

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, las industrias lácteas son un elemento importante en la economía desde el año 2000, estimula el comercio interno generando empleo directo e indirecto para un número significativo de familias en el sector agropecuario y aporta en la creación de alternativas alimentarias para las diferentes clases sociales medias y bajas.

Las industrias lácteas generan impactos ambientales entre los cuales se encuentran el consumo del agua y energía, que provocan contaminación de sus efluentes líquidos generando aguas residuales, este tipo de agua se caracteriza por su alta cantidad de sustancias de materia orgánica, especialmente grasas y aceites, sólidos en suspensión, DBO5, DQO y sulfuros, también es óptimo conocer el estado de las instalaciones y equipos de las empresas. Para lidiar con los efectos negativos de los efluentes provocados por las industrias lácteas se requiere un tratamiento final, para obtener un efluente menos contaminado que podrían permitir su descarga.

Las aguas residuales industriales contienen contaminantes que deterioran la calidad del agua, provocando cambios en el medio ambiente, una alternativa para atenuar el impacto ambiental es la implementación de plantas de tratamientos de aguas residuales correctamente diseñadas, con el objetivo de dar cumplimiento a las normas establecidas.

Se debe proporcionar un tratamiento adecuado a las aguas residuales de las industrias lácteas, mediante una serie de procesos como: físicos, químicos y biológicos, para identificar un óptimo tratamiento, mediante varias pruebas a nivel de laboratorio como: coagulación, floculación, filtración para lograr reducir las cargas contaminantes y lograr descargar al ambiente sin afectar.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En la provincia de Chimborazo está situada en la región de la sierra del Ecuador. Existen numerosas plantas lácteas en la provincia y están ubicadas estratégicamente debido al fácil acceso a las materias prima y también existe factibilidad de transporte a los distintos puntos de venta.

La planta “Mi Velata” se encuentra ubicada en el sector de Llucud, cantón Chambo, provincia de Chimborazo. Este establecimiento está conformado por 8 personas que están conformadas por familiares y comuneros de la misma zona, lo cual fomenta el crecimiento de la economía del país. A inicios del 2010 se impulsa un proyecto de emprendimiento de la planta procesadora de lácteos, con el fin de impulsar la producción ganadera debido al alcance de la materia prima (leche), siendo su principal fuente de ingreso para el sustento de sus hogares (Pineda, 2021, p.1).

La implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales es un componente clave para una planta de procesamiento, además de ofrecer numerosos beneficios, que incluyen la reutilización del agua, el cumplimiento de las normas ambientales para su descarga (Montezuma, 2015, pp. 1-77).

Se requiere el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales dentro de las instalaciones, lo que incluye la caracterización física-química y biológica del agua proveniente del caudal de la línea de producción, así como la necesidad de un tratamiento previo que cumpla con los estándares establecidos y cumpla con las normas ambientales (Montezuma, 2015, pp. 1-77).

1.2. Planteamiento del problema

A nivel mundial, son muchos países que reconocen el derecho de gozar de un medio ambiente apropiado, por esta razón se han estipulado diferentes leyes y normativas, de esta manera que exigen el cumplimiento de estas normas propuestas. En este sentido, uno de los problemas ambientales que más impacto ha tenido, es la contaminación de las aguas, este se refiere al hecho de incorporar sustancias, las cuales deterioran la calidad del agua y hacen que esta no sea útil, como es el caso en las diversas industrias.

En la actualidad, las industrias han desarrollado varias estrategias para mejorar la calidad de agua, en sus procesos de tratamiento de la misma, empleando tecnología de punta para garantizar la calidad de sus servicios. Es importante tener un debido control de los residuos que desechan las diferentes industrias debido a que su control es escaso.

Las aguas residuales de las Industrias Lácteas provienen por la limpieza y proceso de la leche, generando alrededor de 0,2 a 10 litros de agua residual por litro de leche procesada. Estos tipos de efluentes se caracterizan por una alta demanda de Oxígeno Biológico (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) y generalmente contienen grasas, nutrientes, lactosa, detergentes y desinfectantes, que dañan la calidad del agua.

1.3. Justificación

Las industrias lácteas a no poseer un sistema de tratamiento de aguas residuales, genera contaminación, debido a la presencia de desechos que deterioran la calidad del agua y son desechados directamente al alcantarillado, provocando contaminación ambiental.

Es necesario implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales, para la contaminación potencial, que requieren tratamientos específicos para los desechos, que producen las industrias lácteas del Ecuador. En otras palabras, se busca otras alternativas para mantener y cuidar el agua, buscando como reutilizar el agua tratada en diversas actividades como: limpieza, riego de áreas verdes, enfriamiento, entre otras, se basa en la consideración previa de cumplir con los estándares de calidad de agua establecidos para cada actividad.

Finalmente, la implementación de un sistema de tratamiento dará a la producción de lodo biológico, el cual, después de pasar por el proceso de deshidratación y antigüedad, puede ser aprovechado como un excelente fertilizante orgánico.

1.3.1. Localización del proyecto

El presente proyecto se efectuará a cabo en la Parroquia Lluçud perteneciente del catón chambo; provincia de Chimborazo. En la industria Lácteas “Mi Velata”, perteneciente al señor Cesar Velata.

Tabla 1-1: Localización de la Planta de Lácteos "Mi Velata"

Parámetro	Descripción
Provincia	Chimborazo
Cantón	Chambo
Parroquia	Llucud
Longitud	78°35'0
Latitud	1°44'0
Clima	Variado
Temperatura	Varia la temperatura entre 14°C

Fuente: (Google Maps, 2022)

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

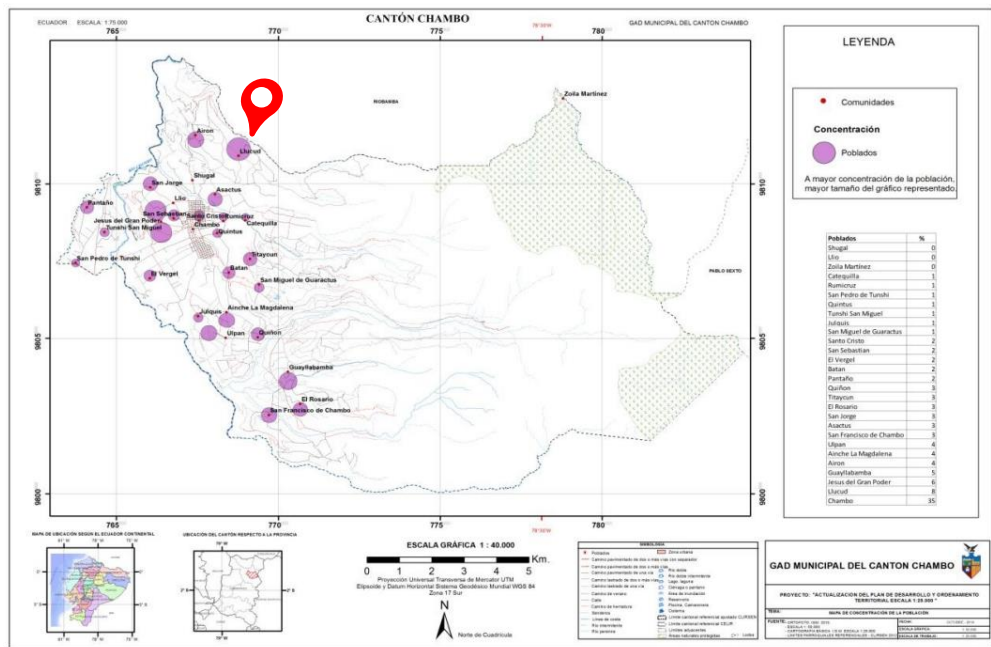


Ilustración 1-1: Mapa de Ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales “Mi Velata”

Fuente: (INEC., 2019, pp. 5-6).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales generadas en la industria “Lácteos Mi Velata”, Chambo –Chimborazo.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar la caracterización Físico - Química y microbiológicos del agua residual con base a la norma vigente ACUERDO MINISTERIAL 097-A TULSMA: ANEXO I, LIBRO VI – TABLA 8.
- Determinar las variables del proceso para el diseño del sistema residual.
- Aplicar cálculos de ingeniería para el dimensionamiento
- Validar el diseño propuesto mediante la caracterización Físico, Química y microbiológicos del agua tratada con base a la norma vigente ACUERDO MINISTERIAL 097-A TULSMA: ANEXO I, LIBRO VI – TABLA 8
- Efectuar la validación técnica y económica del diseño propuesto

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

La industria láctea ecuatoriana ha incrementado su producción, además los ganaderos de las diferentes regiones perciben positivamente las cantidades que se ha reportado en el último trimestre del año pasado. En el Ecuador se producen 5,3 millones de litros por día. Para una comercialización más justa se ha realizado las inversiones necesarias de esta manera para que exista un incremento en el mercado interno. El crecimiento rentable en la producción del sector permite a los ganaderos ver ya una opción viable para aumentar aún más los niveles de producción. Así mismo, una parte de la producción de leche se utiliza para crear varios productos derivados lácteos, siendo el queso uno de ellos (Reyes, 2020, p.1).

El manejo inadecuado de los efluentes es una de las principales fuentes de contaminación a las aguas subterráneas y las aguas superficiales. Dado que contaminan los recursos hídricos, particularmente en términos de contaminación por nutrientes y eutrofización del sistema acuático, los efluentes residuales tienden a ser una mala influencia para el medio ambiente. La adopción de prácticas de tratamiento de aguas residuales actualmente está cobrando impulso en las grandes empresas de Ecuador, sin embargo, muchas pequeñas empresas aún carecen de sistemas para el tratamiento de estos efluentes. En este momento, los métodos de tratamiento más populares en el país son los métodos de tratamiento biológico aeróbico. La depuración de aguas residuales tiene como objetivo la reducción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) mediante la degradación de materia orgánica presente en las aguas residuales. Para lidiar con los efectos negativos de los efluentes provocados por las industrias lácteas se requiere un tratamiento final, para obtener un efluente menos contaminado que podrían permitir su descarga en cuerpos de agua dulce (FAO, 2014 pág. 28).

Las aguas residuales industriales contienen contaminantes que dañan el medio ambiente y perjudican el desarrollo natural del ecosistema, esta es la razón por la que se los ha visto limitados en los últimos años y debido a los estrictos requisitos normativos actuales. De acuerdo a (Villena, 2014) afirma que la industrias queseras producen diariamente una considerable cantidad de aguas residuales, que suele oscilar entre 4 y 10 lt de agua por cada 1 de leche tratada, esto dependerá del tipo de planta. La mayoría de estas aguas son principalmente el resultado de la limpieza de

maquinaria, equipos y procesos de tratamiento, por lo que contienen residuos lácteos y productos químicos.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Industrial láctea

Inicialmente la industria láctea comienza con el proceso de la pasteurización en la leche, para mantener su conservación. Evidentemente es una de las industrias que se encuentra en crecimiento, además de genera fuentes de trabajo especialmente en el sector agrícola. Sin embargo, todo desarrollo tiene efectos secundarios que resultan de sus procesos, más notablemente como los impactos ambientales, es por ello por lo que en el 2003 se forma el Centro de la Industria Láctea del Ecuador, para cumplir con los estándares de calidad en términos de responsabilidad social y ambiental para sus productos (Vallejo, 2014, pp. 1-2).

2.2.2. Productos de la industria láctea

Los principales productos de la industria láctea son: el queso, yogurt, crema de leche, queso mozzarella, manjares, etc. Para proporcionar un producto apto para el consumo humano, su producción debe cumplir con estrictos estándares de seguridad e higiene (Alban, 2017,p.29).

2.2.2.1. Queso

Es un producto obtenido de la leche, que tiene como característica en ser rico en proteínas y contiene vitaminas, con el cual es beneficio para la salud. A continuación, se presenta las operaciones que intervienen en su producción (Alban, 2017,p.29).

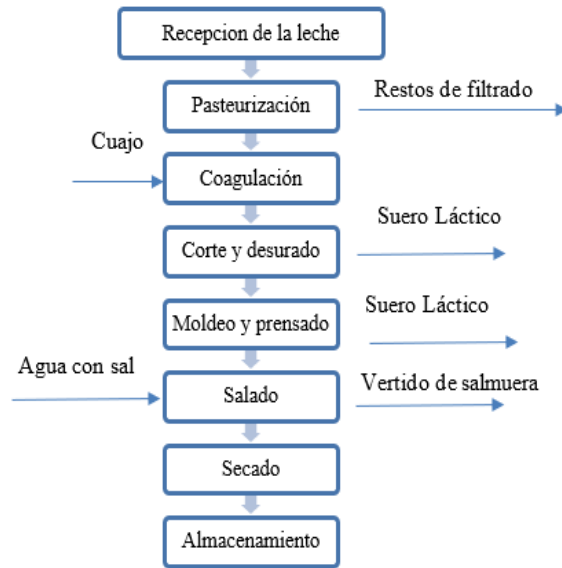


Ilustración 2-1: Diagrama de procesos

Fuente: (Vallejo, 2014, pp. 1-130).

a. Recepción

Durante este proceso se evalúa la calidad de la leche, por medio de su acidez y cantidad de agua. Posteriormente, la materia se coloca en recipientes apropiados para su conservación, si existe la presencia de la grasa, se retira el exceso se transfiere directamente a la marmita para el siguiente paso. Si la leche no se va a consumir y sucede lo contrario se almacena brevemente en un recipiente de acero inoxidable antes de ingresar a la línea de producción (Vallejo, 2014, p. 25).

b. Pasteurización

Es posible reducir significativamente la cantidad de patógenos y cambiar las propiedades físicas de la leche mediante el uso de un tratamiento térmico. Antes de este tratamiento, la leche se filtra y se coloca en una marmita de 800 litros que se calienta a 80 °C durante 15-20 segundos, por medio de tubos, la leche se traspa a una marmita de 500 litros, que sufre un descenso brusco de temperatura de entre 10 y 4 grados centígrados, en este proceso se utiliza recirculación (Vallejo, 2014, p. 25).

c. Coagulación

Se vierte el cuajo y se deja durante 30 minutos en una marmita (Vallejo, 2014, p. 25).

d. Corte y Desuerado

El proceso consiste en cortar cuajos excesivamente grandes, homogeneizarlos para hacer un queso más compacto y luego separar los cuajos de suero utilizando mallas de acero inoxidable. El suero luego se recolecta en canecas, que luego son entregados por los proveedores (Vallejo, 2014, p. 25).

e. Moldeo y Prensado

Los cuajos se colocan en moldes sobre charolas de hierro indestructibles para darle forma y tamaño al queso (Vallejo, 2014, p. 25).

f. Salado

Durante 15 minutos, los quesos se colocan en un recipiente con agua salada para determinar el sabor deseado (Vallejo, 2014, p. 25).

g. Secado

Se saca el queso del tanque y se coloca sobre una mesa para que se seque y se agrande (Vallejo, 2014, p. 25).

h. Almacenamiento

Finalmente se almacena en un cuarto frío para mantenerlos frescos, por corto tiempo hasta ser entregados (Vallejo, 2014, p. 25).

2.2.2.2. Yogurt

Es un alimento primordial para el ser humano por sus propiedades y beneficios que brinda el yogurt, se elabora a partir de la leche descremada y leche entera. Su proceso de elaboración es:

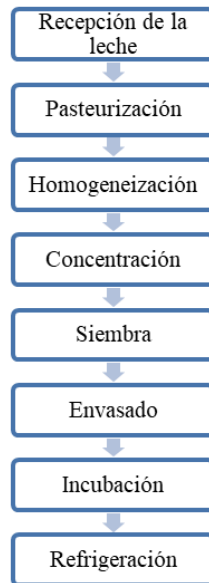


Ilustración 2-2: Procedo de producción de yogurt

Fuente: (Alban, 2017).

2.2.3. *Aguas residuales*

La mezcla de líquidos y sustancias contaminadas que son el resultado de la absorción de alimentos de cualquier área poblada se conoce como agua residual y se desecha alcantarillas o se descarga directamente al medio ambiente (Lazcano, 2016, p. 267).

2.2.4. *Clases de aguas residuales*

2.2.4.1 *Aguas residuales domésticas*

Se le conoce como aguas residuales domésticas son una corriente de agua formada por una combinación de excrementos humanos (heces y orina), también se encuentra residuos de la lava platos, lavandería y residuos de las actividades culinarias (Lazcano, 2016, p. 267).

2.2.4.2 *Aguas residuales municipales*

Este tipo de aguas proviene de las pequeñas industrias al igual que las aguas domésticas y también áreas urbanas como: restaurantes, mercados, etc. Aumenta la contaminación con algunos componentes que pueden ser indeseables para los métodos de tratamiento convencionales (Lazcano, 2016, p. 267).

2.2.4.3 Aguas residuales industriales

Este tipo de agua son de varias industrias que normalmente se encuentran fuera de las áreas urbanas y necesitan abordar sus problemas antes desechar al alcantarillado, siguiendo la normativa establecida (Lazcano, 2016, p. 267).

2.2.5. Características de las aguas residuales

2.2.5.1 Características físicas

a) Temperatura

La temperatura del agua potable es menor que el agua residual, esto se debe porque se vierte líquidos calientes. Este es un parámetro importante ya que afecta el crecimiento, las reacciones químicas y las velocidades de reacción de los organismos acuáticos. Cuando existe un aumento de temperatura anormal en las aguas residuales se produce una, proliferación de plantas acuáticas y hongos. Las altas temperaturas conducen al crecimiento de moho y bacterias. En el proceso de tratamiento, el aumento de temperatura acelera la descomposición del agua residual, se produce un impacto en el ambiente (Lazcano, 2016, p. 236).

b) Olor

Al principio el agua residual presenta un olor “sui generis”, poco sereno; sin embargo, cuando las aguas están putrefactas existe una liberación de gases, esto se debe por la descomposición aeróbica y anaeróbica de sustancias orgánicas, provocando fuertes olores (Lazcano, 2016, p. 237).

c) Turbiedad

Se trata de sustancias que puede estar en dos estados, líquida o gaseosa, también conocida como fase dispersa y fase líquida. Al hablar de la fase dispersa, se trata de un sólido que esta esparcido en partículas insignificantes. En cambio, la fase fluida está formada por un líquido o gas, aquella que impide el ingreso de la luz, que pueden ser provocadas por minerales como: hierro o manganeso (Zambrano, 2017, p. 22).

d) Conductividad

Es una propiedad que tiene el agua para transmitir corriente eléctrica manejando una solución acuosa. Normalmente las aguas residuales poseen más conductividad, esto se debe por la movilidad de sus iones en soluciones, al conocer este parámetro permite identificar qué tan contaminada está el agua residual (Zambrano, 2017, p. 22).

e) Sólidos

Uno de los parámetros clave para determinar el nivel de contaminación del agua es la cantidad de materiales sólidos (Lazcano, 2016, p. 236).

Tabla 2-1: Tipos de sólidos

Tipos	Características
Sólidos totales	Son aquellos residuos que se quedan después de la evaporación a una temperatura de 105°C durante 24 horas.
Sólidos Disueltos	Son materiales que pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas.
Sólidos sedimentables	Estas sustancias se sedimentan en el cono Imhoff después de reposar 1 L de agua durante 1 hora (ml/L). Estas son medidas aproximadas de la cantidad de lodos obtenidos durante la sedimentación primaria de aguas residuales

Fuente: (Lazcano, 2016, p. 236).

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

2.2.5.2. Características químicas

a) Demanda química de oxígeno (DQO)

Esta es la cantidad de oxígeno disuelto utilizada por una determinada cantidad de agua que queda en el proceso de oxidación, que se realiza utilizando sustancias químicas conocidas como oxidantes fuertes (Cueva, 2019, p. 8).

b) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La demanda bioquímica de oxígeno es un proceso biológico que se encarga en que los microorganismos se consumen el oxígeno para realizar la oxidación de la materia orgánica e inorgánica. Se utiliza para determinar el grado de contaminación que tiene un agua residual y es un factor clave en el diseño de las plantas de tratamiento de aguas residuales (Cueva, 2019, p. 8).

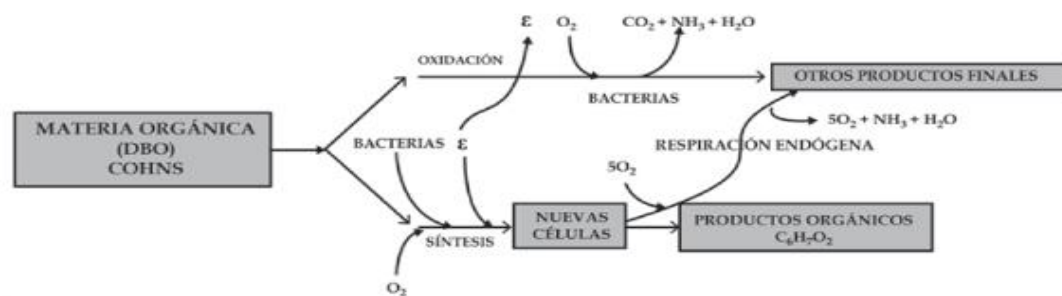


Ilustración 2-1: Estabilización de la materia orgánica (DBO) con formación de células nuevas y productos finales

Fuente: (Lazcano, 2016, p. 241).

c) Potencial de hidrógeno

Las aguas residuales deben presentar condiciones básicas y ácidas por medio del indicador del pH. Habrá dificultades en el tratamiento de la depuración mediante procesos biológicos si el agua residual tiene concentraciones de iones de hidrógeno insuficientes (Cueva, 2019, p. 8).

d) Compuestos orgánicos

Es materia orgánica que proviene de animales o vegetales, debemos tener en cuenta que son causantes de malos olores y sabor en el agua.

Tabla 2-2: Compuestos orgánicos

Características	Descripción
Aceites y grasas:	Compuestos que están presentes en las aguas residuales. Cuando está presente en el agua, la flora no puede crecer porque no se pueden llevar a cabo los procesos biológicos.
Agentes tensoactivos	Son aquellos encargados de reducir la tensión superficial del agua y provocan la formación de espuma suelen ser perjudiciales para la disolución y absorción de oxígeno en las aguas residuales.

Fuente: (Cueva, 2019 p. 44).

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

e) **Compuestos inorgánicos**

Suele presentarse en las aguas residuales los compuestos de origen mineral (Cueva, 2019 p. 44).

Tabla 2-3: Compuestos inorgánicos

Características	Descripción
Nitrógeno	Este tipo de elementos se le considera como contaminantes por ser tóxicos para el ecosistema acuático como: nitrógeno amoniacal, nitrógeno orgánico, nitratos y nitritos.
Fósforo	Este elemento es importante para el crecimiento de los organismos, por lo que favorece la eutrofización. Es importante limitar la cantidad de este elemento. Esto se debe a que puede haber un crecimiento descontrolado de algas en las aguas residuales
Cloruros	Si las aguas residuales no se tratan adecuadamente, se considera un indicador de contaminación, ya que la presencia de exceso de cloruros afecta el medio natural.

Fuente: (Cueva, 2019).

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

2.2.5.3. *Características biológicas*

Los microorganismos presentes en grandes cantidades en las aguas residuales interfieren con el tratamiento biológico, al oxidar y descomponer la materia orgánica e inorgánica, se logra un tratamiento eficiente de las aguas residuales. Debido a la gran cantidad de patógenos presentes en

el agua, se ha considerado la inclusión de comunidades microbianas conocidas como coliformes en los indicadores bacterianos de la calidad del agua (Hernández, 2014, p. 31).

Tabla 2-4: Clasificación de los Microorganismos

Grupo	Estructura celular	Caracterización	Miembros Representativos
Eucariotas	Eucariota(a)	Multicelular con gran diferenciación de las células y el tejido. Unicelular, con escasa o nula diferenciación de tejidos.	Plantas (plantas de semilla, musgos y helechos). Animales (vertebrados e invertebrados). Protistas (algas, hongos y protozoos).
Bacterias	Procariota(b)	Química celular parecida a las eucariotas.	La mayoría de las bacterias
Arqueobacterias	Procariota(b)	Química celular distintiva.	Metanógenos, halófitos, termoacidófilos.

Fuente: (Hernández, 2014, p. 32).

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

2.2.6. Tratamiento del agua residual

2.2.6.1. Tratamiento primario

Su principal objetivo es eliminar todos los contaminantes que se acumulen, incluidos: sólidos suspendidos y Demanda Química de Oxígeno. A continuación, unos ejemplos de tratamientos primarios como: coagulación- floculación, sedimentación, y filtración (Hernández, 2014, p. 32).

2.2.6.2. Tratamientos secundarios

En realidad, este tratamiento se encarga de reducir o transforma la materia orgánica en floculantes únicamente sedimentables que pueden ser separados por tanques de sedimentación. Además, los procesos biológicos más utilizados son los lodos activados y filtros percoladores. Los tratamientos biológicos tienen una eficiencia remocional de la DBO entre 85-95% (Hernández, 2014, p. 32).

2.2.6.3. Tratamiento terciario

Finalmente, este tratamiento se encarga de eliminar los contaminantes que están presentes en pequeñas cantidades, incluidas las sustancias tóxicas o los compuestos no biodegradables. Además, permite la adquisición de un efluente de mayor calidad con características y valores apropiados que se encuentran dentro de los límites, que luego se puede devolver de manera segura al medio ambiente (Hernández, 2014, p. 32).

Tabla 2-5: Características de las principales etapas de los tratamientos del agua residual

Etapas de tratamiento	Mecanismos predominantes	Operaciones o procesos unitarios	Contaminantes removidos	Eficiencias de reducción
Preliminar	Físicos	Rejas o tamices, trituradores, desarenadores, desengrasados, pre aireación	Sólidos gruesos, grasas y aceites	SS: <10% DBO5: <10% Coliformes: ≈0% Nutrientes: ≈ 0%
Primario	Físicos y químicos	Procesos de separación sólido-liquido: (sedimentación o decantación primaria, flotación, proceso mixto: decantación flotación) Procesos complementarios: (floculación, coagulación)	Sólidos suspendidos sedimentables y/o flotantes, materia orgánica (parcialmente)	SS: 40-50% DBO5: 25-35% Coliformes: 30-40% Nutrientes: <20%
Secundario	Biológicos	Separación de sólidos en suspensión, adsorción de carbón activado,	Sólidos no sedimentables, materia orgánica suspendida fina	SS: 60-99% DBO5: 60-99% Coliformes: 60-99%

		intercambio iónico, osmosis inversa, electrodiálisis, oxidación química.	/soluble, patógenos	Nutrientes: 10-50%
Terciario	Físicos, químicos y biológicos	Separación de sólidos en suspensión, adsorción de carbón activado, intercambio iónico, osmosis inversa, electrodiálisis, oxidación química, métodos de eliminación de nutrientes y sonozone.	Contaminantes específicos, materia orgánica, nutrientes (N y P), patógenos.	SS: >99% DBO5: >99% Coliformes:>99% Nutrientes: >90%

Fuente: (TORRES, 2012, p. 4).

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

2.2.7. Tratamiento

Para eliminar las partículas que provocan la descomposición de las aguas residuales, se debe realizar un tratamiento adecuado y de esta manera cumplir con los parámetros permitidos del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente Anexo I recurso agua, descarga para alcantarillado público. A continuación, se mostrará el diseño para el sistema de tratamiento:

2.2.7.1. Sistema de rejillas

Generalmente son elementos con aberturas, que se utilizan al principio de un diseño del tratamiento, con el objetivo de retener cualquier partícula presente en las aguas residuales. Su

principal función es cuidar el sistema de tratamiento de cualquier posible daño, causado por materiales de gran tamaño como quesillos y fundas plásticas.

Por otra parte, tiene una estructura de 15 o más barras, su mantenimiento se puede realizar mecánicamente o manual, normalmente este tipo de rejillas se implementan en plantas pequeñas, con una inclinación de 30 a 45° (Alban, 2017, p. 37).

2.2.7.2. Trampa de grasa

Son dispositivos especiales para separar los residuos sólidos y las grasas del agua, esta separación se produce por la diferencia de densidades entre las grasas y el agua de esta manera se retira fácilmente cualquier sólido. Es importante destacar que el diseño de trampa de grasa se basa en la velocidad de flujo y tiempo de retención.

Es esencial ubicar la trampa de grasa lo más cerca de la fuente de descarga, para evitar dificultades en las tuberías provocando malos olores por otra parte para calcular el caudal de la trampa de grasa, se debe tener en cuenta las cantidades que ingresara a la unidad (Alban, 2017, p. 40).

2.2.7.3. Aireación mediante difusores

Es ingresar oxígeno al agua residual, para adaptar a los microorganismos que se encargan de eliminar la materia orgánica, debido a que les servirá como alimentación. Por lo tanto, es necesario resaltar que es uno de los factores que ayuda a reducir el DBO Y DQO.

➤ Difusores

Tabla 2-6: Tipo de difusores

Tipos de difusores	
Difusores porosos	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Placa ◦ Domo ◦ Tubular ◦ Disco
Difusores no porosos	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Orificio con válvula ◦ Spagers
Otros	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Burbuja finas ◦ Membrana

Fuente: (Alban, 2017).

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

2.2.7.4. *Coagulación- floculación*

Es el método que se emplea para la remoción de los sólidos suspendidos, se basa en una agitación lenta de modo que se forma floc. Los principales objetivos de la coagulación- floculación son:

- Se encargan de reunir los Flóculos en partículas más grandes.
- Reduce el floc para contraer el grado de hidratación, además produce una eficiencia en la etapa de separación
- Destrucción de microorganismos que producen mal olor (Haro, 2015, p. 52).

2.2.7.5. *Sedimentación*

El propósito del sedimentador es excluir las partículas y algún residuo de la floculación por medio de la gravedad. Se produce un bajo rendimiento del tanque, si las dimensiones son deficientes, en otras palabras, quiere decir que afectara a los demás procesos. Sin embargo, si tiene un correcto diseño, se eliminará del 25% al 40% en DBO y de solidos suspendidos de 50% a un 70% (Haro, 2015, p. 52).

2.2.7.6. *Filtración*

En el proceso de filtración existe una variedad de filtros, por ejemplo, filtro de medios mezclados o invertido, también existe el filtro de arena en cual interviene el uso de gravilla, arena, carbón activado, zeolita es uno de los métodos más eficaz y menos costoso (Alban, 2017, p. 53).

a) Zeolita

Es un mineral poroso, que es considerado como medio filtrante y se utiliza para los tratamientos de aguas residuales por su abundancia en el medio ambiente, además es capaz de eliminar metales pesado, malos olores y materias orgánicas (Alban, 2017, p. 53).

b) Carbón Activado

Es un mineral de origen vegetal que tiene una alta capacidad de adsorción de contaminantes como gases, metales pesados, hidrocarburos, detergentes, pesticidas, etc. Es de uso común en el

tratamiento biológico de aguas residuales ya que es muy simple de aplicar y tiene varias ventajas (Alban, 2017, p. 54).

c) Arena

Se utiliza como medio filtrante en el tratamiento de aguas residuales, por su rápida adaptación al medio que lo coloquen, además se emplea para procesos lento y rápidos. Finalmente se debe tener en cuenta el diámetro y la granulometría de la arena (Alban, 2017, p. 54).

2.2.8. Marco legal

2.2.8.1. Legislación ambiental

La norma técnica ambiental vigente es exigida por la Ley de Gestión Ambiental y el Reglamento de la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de Contaminación Ambiental y Disposiciones, y debe ser cumplida al pie de la letra en territorio nacional (TULSMA, 2015).

2.2.8.2. Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado

Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas. Las descargas tratadas deben cumplir con los valores establecidos en la Tabla 8 (TULSMA, 2015, p. 3).

Las descargas líquidas provenientes de sistemas de potabilización de agua no deberán disponerse en sistemas de alcantarillado, a menos que exista capacidad de recepción en la planta de tratamiento de aguas residuales, ya sea en funcionamiento o proyectadas en los planes maestros o programas de control de la contaminación, en implementación. En cuyo caso se deberá contar con la autorización de la Autoridad Ambiental Nacional o la Autoridad Ambiental Competente que corresponda (TULSMA, 2015, p. 3).

Cuando los sujetos de control, aun cumpliendo con las normas de descarga, contribuyan con una concentración que afecte a la planta de tratamiento, la Entidad Prestadora de Servicio podrá exigirles valores más restrictivos en la descarga, previo a los estudios técnicos que deberán realizar para justificar esta decisión (TULSMA, 2015, p. 3).

Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado sanitario, combinado o pluvial cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

- 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, minerales usados, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.
- e) Cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno y sustancias tóxicas (TULSMA, 2015, p. 4).

La EPS podrá solicitar a la Entidad Ambiental de Control, la autorización necesaria para que los regulados, de manera parcial o total descarguen al sistema de alcantarillado efluentes, cuya calidad se encuentre por encima de los estándares para descarga a un sistema de alcantarillado, establecidos en la norma (TULSMA, 2015, p. 4).

La EPS deberá cumplir con los parámetros de descarga hacia un cuerpo de agua, establecidos en esta Norma (TULSMA, 2015, p. 4).

Las descargas al sistema de alcantarillado provenientes de actividades sujetas a regularización deberán cumplir, con los valores establecidos en la TABLA 8, en la cual las concentraciones corresponden a valores medios diarios (TULSMA, 2015, p. 4).

Cuando los regulados, aun cumpliendo con las normas de descarga, produzcan concentraciones en el cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado, que excedan los criterios de calidad, la Entidad Ambiental de Control podrá exigirles valores más restrictivos en la descarga, previo a los estudios técnicos realizados por la Entidad Ambiental de Control, justificando esta decisión (TULSMA, 2015, p. 4).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ingeniería del proyecto

El proyecto actual se dividió en cuatro fases: en la primera etapa se realizó la recolección de muestras y almacenamiento, y la segunda etapa se caracterizó la muestra en naturaleza fisicoquímica en el Laboratorio de Calidad de Agua de la ESPOCH, en la tercera etapa pruebas para tratar. Finalmente, en el cuarto paso, se realizan los cálculos de ingeniería para dimensionar y validar el sistema de tratamiento de aguas residuales.

3.2. Tipo de estudio

Es un estudio técnico debido a que se realizó varias pruebas para encontrar el tratamiento adecuado y para reducir contaminantes de las aguas residuales por métodos de oxidación, coagulación y floculación donde se establece las cantidades y concentraciones del catalizador (coagulante y floculante), de esta manera respetando los límites de los parámetros de las normas vigentes. Se debe realizar la parte del dimensionamiento, los cálculos para el diseño considerando el caudal, volumen y tamaño de los tanques.

3.2.1. *Métodos y técnicas*

3.2.1.1. *Técnicas*

- **Técnica para la caracterización físico – química y microbiológica del agua residual**

➤ **Potencial de Hidrógeno, Ph**

Tabla 3-1: PE-LSA-01- Determinación de pH

Fundamento	
<p>Determina la medición electrométrica del pH es la actividad de los iones de hidrógeno por medida potenciométrica utilizando un electrodo de hidrógeno estándar y un electrodo de referencia. El pH es un indicador de la acidez o alcalinidad del agua, tiene un rango de 1 a 14. Si el agua tiene un pH menor a 7 se dice que es ácida, mayor a 7, básica y un valor igual a 7 es neutra.</p>	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • pH-metro • Vaso de precipitación 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua residual • Agua destilada
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar o calibrar el equipo 2. Limpiar el electrodo del pH-metro con agua destilada. 3. Colocar el electrodo en el interior del vaso de precipitación que contiene la muestra. 	

Fuente: Standard Methods, 1996

Realizado por: Tucunango, E, 2023.

➤ **Turbiedad**

Tabla 3-2: Determinación de turbiedad- Método HACH 2130-B

Fundamento	
<p>Es una comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas, con la dispersada por una suspensión patrón de referencia en las mismas condiciones.</p>	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Turbidímetro • Celda para turbidímetro • Vaso de precipitación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua residual • Agua destilada
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Lavar la celda con agua destilada. 2. Poner la muestra en la celda y colocar en el equipo. 3. Observar el valor en la pantalla del equipo y anotar la lectura. 	

Fuente: Standard Methods, 1996.

Realizado por: Tucunango, E, 2023.

➤ **Conductividad**

Tabla 3-3: Determinación de conductividad - Método HACH DR 2800

Fundamento	
La conductividad es la capacidad que tiene una solución acuosa para conducir corriente eléctrica.	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Conductímetro • Vaso de precipitación 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua residual • Agua destilada
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar la muestra en el vaso de precipitación, la misma que debe ser agitada. 2. Colocar el electrodo del conductímetro en el interior del vaso de precipitación que contiene la muestra. 3. Tomar la lectura. 	

Fuente: Standard Methods, 1996.

Realizado por: Tucunango, E, 202

➤ **Demanda Química de Oxígeno**

Tabla 3-4: Determinación de DQO - Standard Methods *5220

Fundamento	
Este método define la cantidad de oxidante que reacciona con la muestra bajo condiciones controladas	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro y Termorreactor • Pipeta • Vaso de precipitación • Viales de 16 mm de diámetro • Gradilla 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua residual • Agua destilada • Solución patrón acido de potasio. • Solución patrón de absorbancia
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Preparar la solución patrón. Tomar 2 ml de muestra en el vial con el reactivo. Tapar el vial y homogenizar. 2. Encender el Termorreactor a la temperatura de $148 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y colocar el vial durante 2 horas. 3. Terminada la reacción en el tiempo indicado, dejar enfriar. 4. Leer los resultados y anotar. 	

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua ESPOCH,2023.

Realizado por: Tucunango, E, 2023.

➤ **Demanda Bioquímica de Oxígeno**

Tabla 3-5: Determinación de DBO5- Standard Methods *5210 B

Fundamento	
Expresa la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica en una muestra del agua en el transcurso de cinco días utilizando una población de microbianas heterogéneas .	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Incubadora de aire controlada termostáticamente • Botellas winkler de 300 ml. • Cabezales de medición. • Pipeta. -Probeta. • Tapa de sello. 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua residual • Agua destilada • Ampolla de nutrientes • Escamas de hidróxido de potasio
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. En un balón aforado diluir 10ml de la muestra con 100 ml de agua destilada. 2. Se vuelve a repetir el proceso hasta obtener 200ml de muestra diluida. 3. Invertir 150 ml de la disolución en la botella winkler y añadir una ampolla de nutrientes e introducir al agitador magnético. 4. Colocar un tapón en la escama de hidróxido de potasio y sellar la botella 5. Colocar la botella en la incubadora de aire y esperar un periodo de 5 días. 6. Anotar el resultado 	

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua ESPOCH,2023

Realizado por: Tucunango, E, 2023.

➤ **Sulfatos**

Tabla 3-7: Determinación de sulfatos - Método HACH 8051

Fundamento	
Es útil eliminar las especies azufradas que se han eliminado del proceso de biotratamiento de las aguas residual Bajo condiciones reductoras, las corrientes ricas en sulfatos pueden derivar en sulfuros, que son compuestos tóxicos, corrosivos y que generan mal olor.	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro • Pipetas de 10 mL 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua residual • Agua destilada • Sobres de reactivo SulfaVer en polvo.
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Llenar una celda con 10 ml de muestra, después se coloca el reactivo de SulfaVer en polvo. Agitar la cubeta con rotación. 2. Empieza un periodo de reacción de 5 minutos 3. Preparar el blanco con 10 ml de agua destilada en la celda y ubicarla en el soporte de la celda del equipo. Presionar cero. 4. Colocar la celda que contiene la muestra en el soporte de la celda del equipo. Presionar el botón de medida. 	

Fuente: Standard Methods, 1996.

Realizado por: Tucunango, E, 2023.

➤ **Solidos Suspendidos totales**

Tabla 3-8: Determinación de sólidos suspendidos totales - APHA 2540-C

Fundamento	
Es la cantidad de material disuelto en un volumen de agua. Se puede calcular tomando la suma de las concentraciones de todos los cationes y aniones indicados en la parte del análisis del agua o puede también ser medida evaporando una muestra de agua para secarla y posteriormente pesar sus residuos	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua residual • Agua destilada
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar 10 ml de agua destilada en la celda y ubicarla en el soporte de la celda del equipo. Presionar cero. 2. Llenar otra celda con 10 ml de muestra y colocar en el soporte de la celda. 3. Presionar el botón de medida. 	

Fuente: Standard Methods, 1996.

Realizado por: Tucunango, E, 2023.

➤ **Sólidos totales**

Tabla 3-9: Método APHA 2540 B

Fundamento	
Las mediciones de extracto seco total son útiles para estimar el contenido de sólidos disueltos y suspendidos en el agua, pero los resultados dependen de la temperatura y el tiempo de secado.	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Estufa. ° Caja Petri. • Balanza analítica. ° Vaso de precipitación. • Equipo para Baño María. ° Desecador. 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua residual
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar la caja Petri en la estufa durante 1 hora y llevar al desecador durante 1 hora 2. Pesar y registrar el peso de la caja Petri vacía 3. Homogenizar la muestra y añadir 25 ml de la muestra en la caja Petri (Peso 1) 4. Situar la caja en el equipo para secado a baño maría. 5. Retirar del equipo una vez que se haya secado totalmente. 6. Llevar nuevamente a la estufa y dejar 1 hora. 7. Colocar después en el desecador durante una hora y Finalizado el tiempo, pesar y registrar (Peso 2) 	
Cálculos	
Los sólidos totales se determinan mediante la siguiente ecuación:	
$\frac{mg}{l} ST = \frac{(A - B) * 1000}{Volumen\ de\ muestra\ (ml)}$	
Dónde: A=Peso de la cápsula + residuo seco (mg), B= Peso de la cápsula vacía (mg)	

Fuente: Standard Methods, 1996.

Realizado por: Tucunango, E, 2023.

➤ **Sólidos sedimentables**

Tabla 3-10: Determinación de sólidos sedimentables – STANDARD METHODS 2540-C

Fundamento	
Son aquellas partículas que se están retenidas en el agua residual, generalmente se elimina en los primeros procesos de un tratamiento	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Cono Imhoff } • Soporte 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua residual
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Llenar la muestra en el cono Imhoff con la muestra bien mezclada 2. Dejar sedimentar por 1 hora. 3. Anotar el valor indicado. 	

Fuente: Standard Methods, 1996.

Realizado por: Tucunango, E, 2023

➤ **Aceites y grasas**

Tabla 3-11: Determinación de aceites y grasas - Método EPA418,1

Fundamento	
Son sustancias extraídas con un solvente orgánico de una muestra acuosa acidificada	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Embudo de separación • Caja Petri 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua residual • Hexano
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar 250 mL de muestra en un embudo de separación. 2. Añadir 30 mL de hexano. 3. Dejar separar las dos fases y extraer la grasa para luego colocar en una caja Petri previamente pesada. 4. Lavar con la misma muestra dos veces. 5. Calentar la grasa a baño maría hasta su evaporación total. 6. Pesar la caja Petri con el residuo. 	

Fuente: Standard Methods, 1996

Realizado por: Tucunango, E, 2023.

3.2.2. Métodos

3.2.2.1. Plan de muestreo

Las selecciones de las muestras del agua residual a tratar se realizaron en dos etapas para reducir el factor de error, se recolectó durante toda una producción (mezcla compuesta). Luego, cada muestra se rotuló y se conservó las muestras en lugares especiales, para su conservación.

Cabe mencionar que el monitoreo de las muestras se realizó de manera continua durante todo el proceso de producción, la toma de muestra se obtuvo en equipos volumétricos con una capacidad de 15 litros. Debido a esto se sacó diferentes muestras, posteriormente ser mezclados homogéneamente y de esta manera obtener una muestra final. Su almacenamiento se realizó en contenedores donde la temperatura no influya a su descomposición.

Se utilizó el equipo adecuada para la recolección de las muestras como es el uso de mandil, gorros, mascarilla y guantes para asegurar la calidad de la recolección, cabe recalcar que siempre se mantuvo el cuidado necesario y la limpieza en cada uno de los materiales que estuvo en contacto con las muestras para obtener una muestra de calidad que refleje con precisión el nivel de contaminación en el agua residual de la empresa de lácteos “Mi Velata”.

Adicionalmente, se llevó las muestras recolectadas para los análisis fisicoquímicos de aguas residuales y las pruebas de tratabilidad al Laboratorio de Calidad de Agua de la ESPOCH, con el fin de determinar las cantidades de los tratamientos y de esta manera cumplir con los límites permisibles de la norma.



Ilustración 3-1: Lugar de muestreo

Fuente: Quesera Mi Velata.

3.2.2.2. Caracterización del agua residual previo al diseño

Se caracterizó el agua residual de la quesera Mi Velata en el Laboratorio de Calidad de Agua de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, para reconocer los niveles de contaminación en que se encontraba el agua residual de la quesera como el DBO Y DQO que se encontraba fuera de los parámetros de la norma establecida.

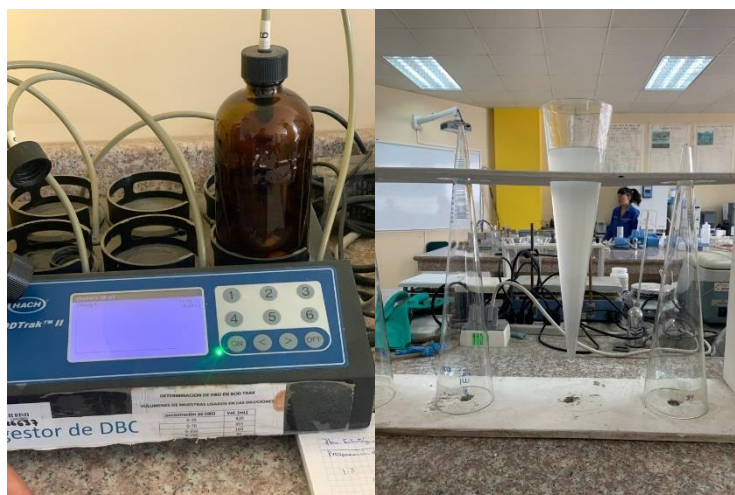


Ilustración 3-2: Caracterización del agua residual previo

Fuente: Lab. Calidad de Agua.

Tabla 3-12: Caracterización físico-químico del agua residual sin tratamiento

Parámetros	Límite máximo permisible	Resultado-Lácteos "Mi Velata"	Unidades
pH	6,5-8,5	5,24	Unid.
Aceite y Grasas	70	382	mg/L
DBO	250	2730	mg/L
DQO	500	4840	mg/L
Nitrógeno total	60	40	mg/L
Cloro Activado	0,5	----	mg/L
Sulfatos	400	94,88	mg/L
Sulfuros	1,0	12,4	
Fósforo Total	15	3	mg/L
Nitrógeno Total	60	40	mg/L
Solidos suspendidos	220	232	mg/L

3.2.3. Pruebas de tratabilidad

Para tratar el agua residual del proceso de la empresa de Lácteos Mi Velata, se desarrolló en el Laboratorio de Calidad de Agua en el cual se inició con un proceso de aireación, después se procedió a utilizar los coagulantes como: policloruro de aluminio, cloruro férrico y de floculantes se utilizó compuestos catiónicos, aniónicos y no iónicos en diversas concentraciones con el fin de determinar la dosis ideal para tratar la afección.

3.2.3.1. Índice de biodegradabilidad

En base a la relación entre el DBO5 y el DQO como se muestra en la Tabla 3-13, el índice de biodegradabilidad nos permite determinar el tipo de tratamiento que se va a utilizar para el agua residual. Este tratamiento podría ser un físico-químico, biológicos o una combinación de ambos.

Tabla 3-14: Criterio de biodegradabilidad según la relación DBO5/DQO

DBO ₅ /DQO	Carácter	Tipo de tratamiento
> 0,5	Muy biodegradable	Sistemas biológico
0,2– 0,5	Biodegradable	Tratamiento biológico y/o físico químico
< 0,2	Poco biodegradable	Físico - Químico

Fuente: (Vinueza, 2015).

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

➤ Cálculo del índice de biodegradabilidad del agua

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = \frac{DBO_5}{DQO}$$

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = \frac{2730}{4840}$$

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = 0,5$$

3.2.3.2. Elección del tipo de tratamiento

A partir de los resultados obtenidos del índice de biodegradación del agua, se tiene un valor de 0,56, por lo cual se optó por un tratamiento Físico-químico, debido a que las aguas residuales utilizan químicos biodegradables. Se realizaron diversas pruebas de laboratorio con el fin de reducir la carga contaminante.

3.2.3.3. Elección del tiempo de aireación

Se realizó un proceso de aireación, se tomó una muestra de 15 litros de agua residual y se colocó una bomba de aire donde permaneció durante 5 días, el agua se volvió a caracterizar después de los 5 días del tratamiento para confirmar que el tratamiento biológico por aireación existió una respuesta positiva.



Ilustración 3-4: Aireación y homogenización de las aguas residuales

Fuente: Laboratorios de Calidad de Agua, ESPOCH

El primer resultado de las pruebas del tratamiento del agua fue la reducción de la turbiedad significativamente como se puede observar en la Tabla 3-15.

Tabla 3-15: Resultado de la Turbiedad de las pruebas de tratabilidad

	Tiempo de Aireación		
Tiempo	2 día	4 día	5 día
Turbiedad	200	140,2	100

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

Según los resultados obtenidos en la tabla 3-15 se encontró óptimo realizar una aireación en un tiempo de 4 a 5 días lo cual disminuyó una gran cantidad de la turbiedad, con estos datos esenciales nos permitió continuar con el proceso de tratabilidad

3.2.3.4. Elección del coagulante para el agua residual

Para determinar la cantidad del coagulante apropiado, se utilizó 1 litro de muestra de agua residual, se debe ajustar el pH a 8,5 y la turbidez a 15, el objetivo de ajustar es lograr una

coagulación efectiva y, en última instancia, una mejor clarificación al usar el coagulante. Durante las diferentes pruebas, se mantuvo condiciones de agitación de 100 rpm durante 15 segundos y posteriormente 20 rpm por 10 minutos.

Tabla 3-16: Coagulante para el agua residual de la quesera "Mi Velata"

N° Muestra	Coagulante	Rpm	Tiempo de sedimentación		Flóculos
			1h	4h	
			Turbiedad	Turbiedad	
1	PAC	120	32,9	21,3	(+++)
2	FeCl ₃	120	30,9	27,1	(+)

Realizado por: Tucunango, E, 2023.

Donde:

(+): Flóculos pequeños y precipita con lentitud

(++): Flóculos bien formados que se sedimenta lento o no se sedimentan

(+++): Flóculos que precipita rápido y se sedimentan completamente.

De acuerdo a los datos obtenidos en la Tabla 3-16, se obtuvo que la muestra 1 fue el mejor coagulante que es el Policloruro de Aluminio (PAC). Es el reactivo más eficaz para reducir valores de turbidez de 54,1 a 21,3 mg/L, pH de 5,24 a 8,13 y eliminar grandes cantidades de sólidos en suspensión

3.2.3.5. Determinación de la cantidad del Policloruro de aluminio

Inmediatamente se realizó las pruebas para determinar las cantidades adecuadas del coagulante; la cual debe presentar el menor consumo de coagulante y al mismo tiempo una menor turbidez.

Tabla 3-17: Cantidades del coagulante Policloruro de Aluminio

N° Muestra	Ph Inicial	PAC (ml)	Tiempo de sedimentación		Flóculos
			1h	4h	
			Turbiedad	Turbiedad	
1	8	5	32,9	21,3	(++)
2	8	10	27	24,6	(++)
3	8	12	12,43	11,41	(+++)

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

Donde:

(+): Flóculos pequeños y precipita con lentitud

(++): Flóculos bien formados que se sedimenta lento o no se sedimentan

(+++): Flóculos que precipita rápido y se sedimentan completamente.

De acuerdo a los datos obtenidos en la Tabla 3-17 se determinó que la muestra 3 con 12 ml de Policloruro de aluminio presento un valor en el cual disminuyo la turbidez de 54,1 mg/L a 11,41mg/L indicando que cantidad utilizada fue la adecuada porque se utilizó en un menor consumo de coagulante y fue eficaz.

3.2.3.6. Determinación del floculante

Para la selección del floculante, se realizaron pruebas bajo las condiciones previamente establecidas de esta manera se escogería el floculante que acumule las partículas desestabilizadas en flóculos.

Tabla 3-18: Determinación de floculante

Nº Muestra	Floculante	rpm	PA C	Tiempo de sedimentación		Flóculos
				1h	4h	
				Turbiedad	Turbiedad	
1	Poliectrolito	1	12	12,43	11,41	(+++)
2	AKA-8400	1	12	27	24,6	No reacciona
3	AKA830	1	12	32,9	21,3	(++)

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

De acuerdo a los datos obtenidos en la Tabla 3-18 se determinó que la muestra, con el floculante Polielectrolito es más eficiente debido a que disminuyo la turbiedad de 54,1 mg/L a 11,41mg/L, pero en cambio con los demás floculantes su turbidez aumentó. Además, se eligió una cantidad baja de floculante para reducir los costos, pero aun así produce resultados positivos.

3.2.3.7. Determinación experimental del caudal

Para determinar el caudal del diseño del agua residual de la quesera Mi Velata, se utilizó el método volumétrico, que se realizó de forma manual y se requirió del uso de un cronómetro y recipientes graduados.

El caudal de diseño se determina mediante la siguiente ecuación:

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

Dónde:

V= Volumen del recipiente (L)

T= Tiempo (s)

3.2.3.8. Datos del caudal

La toma de los datos del caudal se realizó durante 5 días en la quesera Mi Velata, demostrando que los días jueves, viernes y sábados tiene un alto valor de caudal. La información obtenida desde el día 1 hasta el día 5 se detalla a continuación:

Tabla 3-19: Día 1- Medición del Caudal

Fecha: 15/11/2022			
Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal(L/S)
9:00	9	2.33	3.9
9:30	9	2.34	3.8
10:00	9	2.58	3.5
10:30	9	1.81	5.0
11:00	9	1.5	6.0
11:30	9	1.3	6.9
12:30	9	1.3	6.9
13:00	9	1.3	6.9
Caudal Prom(L/s)=			5.4

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

Tabla 3-20: Día 2 Medición del Caudal

Fecha: 16/11/2022			
Hora	Volumen (L)	Tiempo(s)	Caudal(L/S)
9:00	7	2.56	2.7
9:30	7	2.33	3.0
10:00	7	2.62	2.7
10:30	7	1.16	6.0
11:00	7	1.31	5.3
11:30	7	1.33	5.3
12:30	7	1.35	5.2
13:00	7	1.1	6.4
Caudal Prom(L/s)=			4.6

Realizado por: Tucunango, E, 2023.

Tabla 3-21: Día 3- Medición del Caudal

Fecha: 17/11/2022			
Hora	Volumen (L)	Tiempo(s)	Caudal(L/S)
9:00	9	2.84	3.2
9:30	9	1.73	5.2
10:00	9	1.74	5.2
10:30	9	1.16	7.8
11:00	9	1.15	7.8
11:30	9	1.11	8.1
12:30	9	1.31	6.9
13:00	9	1.23	7.3
Caudal Prom(L/s)=			6.4

Realizado por: Tucunango, E, 2023.

Tabla 3-22: Día 4- Medición del Caudal

Fecha: 18/11/2022			
Hora	Volumen (L)	Tiempo(s)	Caudal(L/S)
9:00	9	1.31	6.9
9:30	9	1.12	8.0
10:00	9	1.14	7.9
10:30	9	1.26	7.1
11:00	9	1.28	7.0
11:30	9	1.29	7.0
12:30	9	1.68	5.4
13:00	9	1.67	5.4
Caudal Prom(L/s)=			6.8

Realizado por: Tucunango, E, 2023.

Tabla 3-23: Día 5- Medición del Caudal

Fecha: 19/11/2022			
Hora	Volumen (L)	Tiempo(s)	Caudal(L/S)
9:00	9	0.85	10.6
9:30	9	1.21	7.4
10:00	9	1.25	7.2
10:30	9	1.28	7.0
11:00	9	1.32	6.8
11:30	9	1.49	6.0
12:30	9	0.68	13.2
13:00	9	0.56	16.1
Caudal Prom(L/s)=			9.3

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

La empresa operativamente funciona desde el año 2010, por lo que su aumento en la producción se encuentra en el rango estipulado, es por este motivo que se calculó el caudal promedio a partir de los 5 días como se muestran en la Tabla 24-3, dando un resultado de un caudal promedio de 6,5 (L/s).

Tabla 3-24: Caudal promedio de agua residual

Día	Caudal(L/S)
Martes	5.4
Miércoles	4.6
Jueves	6.4
Viernes	6.8
Sábado	9.3
Caudal Promedio (L/s)	6.5

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

3.2.4. Cálculos de ingeniería

3.2.4.1. Determinación del caudal de diseño

➤ Caudal Experimental

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

Ecuación 3-1.

Donde:

Q_D =Caudal de diseño (L/s)

V=Volumen (L)

t= Tiempo (s)

$$Q_D = \frac{6,5 L}{1 s}$$

$$Q_D = 6,5 L/s$$

$$Q_D = 6,5 \frac{L}{s} \times \frac{1m^3}{1000L} \times \frac{3600s}{1h} \times \frac{4h}{1día}$$

$$Q_D = 93,6 \frac{m^3}{Día}$$

El valor del caudal es de 6,5 L/s, pero trasformando a la producción diaria obtenemos un valor de 93,6 m³/día este resultado demuestra la estabilidad que ha mantenido la empresa, porque el volumen constante que se mantenido en los últimos años.

a) Canal de entrada

En cuanto a la circulación del agua residual se realiza el transporte por un canal rectangular, se optó por este tipo de vertedero por su fácil construcción y para disminuir costo. Por otra parte, se calculó el caudal de diseño dando un resultado de: 6,5 L/s, también se evaluó el ancho del canal que es 0,50 mediante por medio de la aplicación HCANALES, el valor del coeficiente de rugosidad para hormigón se tomó de la Tabla 25-3, la cantidad de la pendiente máxima es de 0.05% considerando la ubicación y la zona en la que se encuentra.

Tabla 3-25: Coeficiente de rugosidad de Manning

Material	Coficiente de Rugosidad (n)
Ladrillos de mortero de cemento	0,020
Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas	0,013
Hormigón, piezas prefabricadas, sin terminar, paredes rugosas	0,015
Ladrillos, paredes bien construidas	0,013
Ladrillos, paredes rugosas	0,015
Membrana de plástico sumergida	0,027

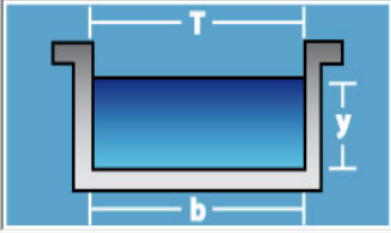
Tablas, bien cepilladas y firmemente fijadas	0,011
Tablas, bastante derechas y sin vegetación	0,013
Tablas con crecimiento de algas/musgos	0,015

Fuente: (Sotelo, 1998).

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

Datos:

Caudal (Q):	0.0065	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.50	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.0005	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0,0580	m	Perímetro (p):	0,6160	m
Area hidráulica (A):	0,0290	m ²	Radio hidráulico (R):	0,0471	m
Espejo de agua (T):	0,5000	m	Velocidad (v):	0,2242	m/s
Número de Froude (F):	0,2973		Energía específica (E):	0,0605	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

Ilustración 3-5: Resultados obtenidos de la aplicación de Hcanales

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

Se obtuvo una altura (y) de 0,0580, al mismo tiempo se calculó el ancho interno del canal (T) de la entrada dando o un valor de 0,50. La altura del tirante (y) presentó una cantidad menor a 0,15 m se optó por una dimensión ya establecidas para el diseño de rejillas, para evitar un derrame del caudal.

b) Radio hidráulico

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

Ecuación 3-2.

Donde:

RH= Radio hidráulico; m

b= Ancho de espejo de agua; 0,50 m

h= Altura de tirante normal; 0,058 m

$$R_H = \frac{0,50 * 0,058}{0,50 + 2(0,058)}$$

$$R_H = 0,0471\text{m}$$

c) Cálculo de la velocidad del flujo

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

Ecuación 1-3.

Donde:

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

n = Coeficiente de rugosidad de Manning; 0,013 (Tabla 25-3)

R_H = Radio hidráulico; 0,0471 m

S = Pendiente de fondo; 0,0005 m/m

$$v = \frac{1}{0,013} (0,0471)^{\frac{2}{3}} * (0,0005)^{\frac{1}{2}}$$

$$v = 0,0224 \text{ m/s}$$

➤ **Área del canal**

$$A_C = b * h$$

Ecuación 3-2.

Donde:

A_C = Área del canal; m²

b = Ancho del canal; 0,50m

h = longitud del canal; 1,00 m

$$A_C = 0,50 * 1,00$$

$$A_C = 0,50 \text{ m}^2$$

d) Altura afectiva

$$h = \frac{A_C}{b}$$

Ecuación 3-5.

Donde:

h = Altura afectiva

AC = Área del canal; m²

b = Base; en una dimensión optima de una canal $b= 2h$

$$h = \frac{A_C}{2h}$$

$$h^2 = \frac{A_C}{2}$$

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

$$h = \sqrt{\frac{0,50}{2}}$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

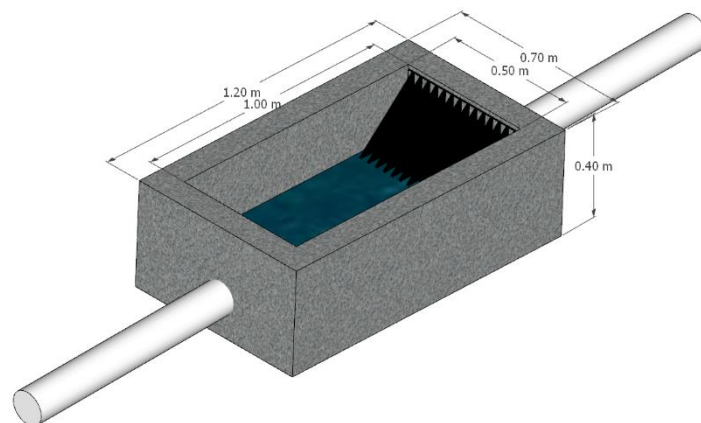


Ilustración 3-6: Canal

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

3.2.4.2. Dimensionamiento del sistema de rejillas

➤ Longitud de las barras

Tabla 3-26: Parámetros de las rejillas

Características	Unidad	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Ancho de las barras	Mm	5-15	5-15
Profundidad de las barras	Mm	25-37.5	25-37.5
Abertura o espaciamiento	Mm	25-50	15-75
Pendiente con la vertical	Grados	60-45	0-60
Velocidad de acercamiento	m/s	0.30-0.60	0,6-1,1
Perdida de energía permisible	mm	150	150

Fuente: (Metcalf, 1995).

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

$$L_b = \frac{H_{MC}}{\text{sen } 60}$$

Ecuación 3-3.

Donde:

L_b= Longitud de las barras; m

H_{MC}= Altura total del canal; 0,5 m

θ= Ángulo de inclinación de las barras; 60° (Tabla 26-3)

$$L_b = \frac{0,5}{\text{sen } 60}$$

$$L_b = 0,58 \text{ m}$$

➤ Número de barras

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

Ecuación 3-4.

Donde:

N_b: Número de barras

b: Ancho del canal (m); 0,50 m

S: Separación entre las barras (m); 0,025 m (Tabla 26-3)

e: Espesor de las barras(m); 0.01 m (Tabla 27-3)

$$N_b = \frac{0,50m}{0,01m + 0,025}$$

$$N_b = 14,29 \approx 14 \text{ barras}$$

➤ **Pérdida de carga**

Para la pérdida de cargas se debe tener en cuenta que las barras deben ser de forma circular, según los datos de la siguiente tabla.

Tabla 3-27: Coeficiente de pérdida de carga para rejillas

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.

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

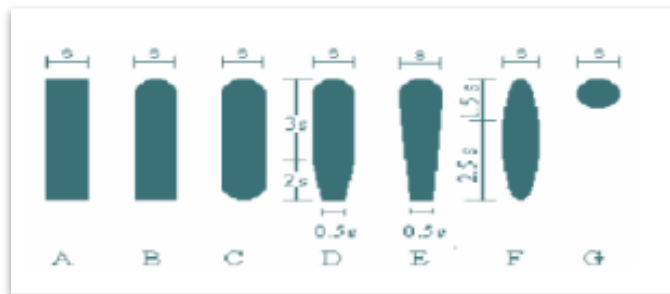


Ilustración 3-7: Formas de Rejillas

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

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

Ecuación 3-5.

Donde:

H: Pérdida de carga

β: Factor dependiente de la forma de barras(adimensional); 1,79 (Tabla 28-3)

S: Separación entre las barras (m); 0,025 m (Tabla 27-3)

e: Espesor de las barras (m); 1,00x10⁻² m (Tabla 27-3)

v : Velocidad de flujo (m/s); 0,0224

g : Gravedad (m/s²) = 9,8 m/s²

θ : Ángulo de inclinación de las barras (grados); 60° (Tabla 3-26)

$$H = 1,79 \left(\frac{0,025\text{m}}{1 \times 10^{-2}\text{m}} \right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{0,0224^2}{2 * 9,8\text{m/s}} \right) \sin 60^\circ$$

$$H = 0,01 < 0,15\text{m admisible}$$

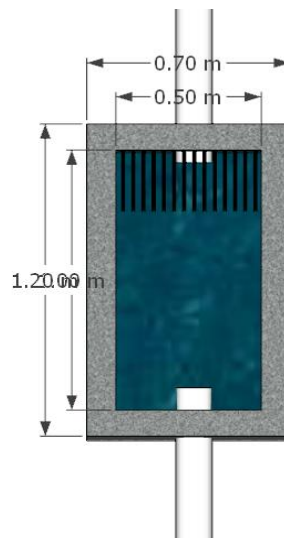


Ilustración 3-8: Rejillas

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

3.2.4.3. Dimensionamiento para la trampa de grasa

Tabla 3-28: Criterios de diseño para la trampa de grasas y aceites

Parámetros del diseño	Valor	Unidad
Relación ancho/largo	1:4 – 1:18	-
Tiempo de retención	0.5 – 3	h
Profundidad	Menor a 0.8	m
Velocidad ascendente mínima	4	mm/s
Ingreso	Codo de 90° diámetro mínimo de 75	mm
Parte inferior del codo de entrada	0.15 por debajo del nivel de líquido	m

Parte superior de la tubería de salida deberá tener una ventilación	No menor de 0.05	m
El espacio sobre el nivel del líquido	Mínimo 0.03	m
Salida	con diámetro mínimo de 75	mm
Pendiente	45 a 60	°
Diferencia de nivel entre tubería de ingreso y tubería de salida	Mayor a 0.05	m
Diámetro de tuberías de entrada	Mínimo 50	mm
Parte inferior de la tubería de salida	No menos de 0.075 ni más de 0.15 del fondo	m
Diámetro de tuberías de salida	Mínimo 100	mm
Carga Hidráulica	4	L/ s m ²

Fuente: (Soria, 2019, p. 45).

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

➤ Área del tanque

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

Ecuación 3-9.

Donde:

A_T : Área del tanque (m^2);

Q : Caudal diseño (L/ min); $390L/ min$

CS : Carga Hidráulica ($L/s m^2$); (Tabla 30-3)

$$A_T = \frac{6,5 \frac{L}{seg}}{4 \frac{L}{s m^2}}$$

$$A_T = 1,63 m^2$$

➤ **Ancho del tanque**

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

Ecuación 3-10.

Donde:

b: Ancho del tanque (m)

A: Área del tanque (m^2); $1,63m^2$

$$b = \sqrt{\frac{1,63 m^2}{4}}$$

$$b = 0,64 m$$

➤ **Longitud del tanque**

$$L = b * 4$$

Ecuación 3-11.

Donde:

L: Largo (m)

b: Ancho del tanque (m); 0.49 m

$$L = 0.64m * 4$$

$$L = 2,56 m$$

➤ **Volumen de la trampa de grasa**

$$V_t = b * l * h$$

Ecuación 3-12.

Donde:

V_t : Volumen de la trampa de grasa (m^3)

L: Longitud (m)

b: Ancho (m)

h: Altura recomendada (m)

$$V_t = 0,64 * 2,56 * 0,8$$

$$V_t = 1,310 \text{ m}^3$$

➤ **Tiempo de permanencia**

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

Ecuación 3-13.

Donde:

TR: Tiempo de permanencia (h)

Q: Caudal máximo (m³/h), es el tomado cuando la producción en la empresa es máxima. 6,5 L/s
= 23,4 m³/h

V: Volumen (m³)

$$TR = \frac{1,31 \text{ m}^3}{23,4 \text{ m}^3/\text{h}}$$
$$TR = 0,056 \text{ h}$$

$$TR = 3,36 \text{ minutos}$$

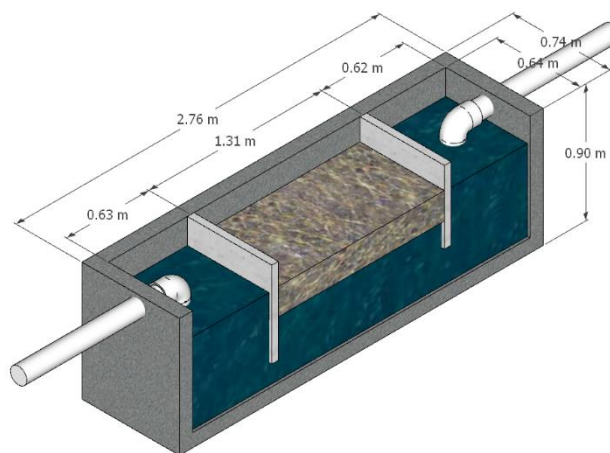


Ilustración 3-9: Trampa de grasas

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

3.2.4.4. Dimensionamiento tanque de aireación

Tabla 3-29: Tanque de aireación (dimensionamiento)

Variable	Unidades	Medidas
Ancho	m	1,20
Longitud	m	2,52
Profundidad	m	1,95

Realizado por: Tucunango, E, 2023

➤ Volumen del tanque de aireación

$$V_{TA} = b_{TA} * L_{TA} * h_{TA}$$

Ecuación 3-14.

Donde:

Vt1: Volumen del tanque de aireación; m^3

bTA: Ancho de tanque de aireación; 1,2 m

LTA: Largo tanque de aireación; 2,5 2m

hTA: Altura tanque de aireación; 1,95 m

$$V_{TA} = 1,2m * 2,52 m * 1,95 m$$

$$V_{TA} = 5,67 m^3$$

➤ Presión hidrostática del agua

$$P_H = \rho * g * h$$

Ecuación 3-15.

Donde:

PH: Presión hidrostática; psi

ρ : Densidad del agua; 998 kg/ m^3

g: Gravedad; 9,8 m/s²

hTA: Altura del tanque 1,95 m

$$P_H = 998 \frac{kg}{m^3} * 9.8 \frac{m}{s^2} * 1.95m$$

$$P_H = 19071,78 \text{ Pa}$$

$$P_H = 19071,78 \text{ Pa} * \frac{1 \text{ atm}}{101325 \text{ Pa}} * \frac{14,7 \text{ psi}}{1 \text{ atm}}$$

$$P_H = 2,77 \text{ psi}$$

➤ **Presión absoluta**

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

Ecuación 3-16.

Donde:

Pabs: Presión absoluta; psi

PH: Presión hidrostática; 2,48 psi

Patm: Presión atmosférica; 14,7 psi

$$P_{abs} = 2,77 \text{ psi} + 14,7 \text{ psi}$$

$$P_{abs} = 17,47 \text{ psi}$$

➤ **Determinación de la variación térmica del aire (compresión)**

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

Ecuación 3-17.

Donde:

ΔTad; Temperatura adiabática: °C

T1: Temperatura ambiente; 25 °C → 298 K

P2=*Pabs*: Presión absoluta; 17,32 psi

P1 = *Patm*: Presión atmosférica; 14,7 psi

η: Eficiencia compresor; 75%

$$\Delta T_{ad} = \frac{298 \text{ K}}{0,75} \left[\left(\frac{17,32}{14,7} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$\Delta T_{ad} = 18,88 \text{ °C}$$

➤ **Temperatura del aire (salida)**

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

Ecuación 3-18.

Donde:

T₂: Temperatura de salida del aire; °C

T₁: Temperatura ambiente; 25°C

ΔT_{ad}=Variación térmica del aire de compresión; 18,88 °C

$$T_2 = 25^\circ C + 18,88^\circ C$$

$$T_2 = 43,88^\circ C$$

➤ **Caudal de aire**

Para disminuir el DBO se debe tener como referencia que por cada metro cubico de agua residual se necesita 120m³ de aire, para calcular el caudal de aire que ingresa al sistema del tratamiento de aguas residuales.

$$Q_{aire} = \frac{120m^3 aire}{m^3 agua residual} * \frac{5.75 m^3}{tratamiento} * \frac{1 tratamiento}{6h}$$

Ecuación 3-19.

$$Q_{aire} = 115 \frac{m^3 aire}{h}$$

Donde:

Q_{aire}: Caudal de aire a suministrar; m³ /día

$$Q_{aire} = 115 \frac{m^3 aire}{min} * \frac{ft^3}{(0.3048m)^3} * \frac{1h}{60 min}$$

$$Q_{aire} = 67.69 \frac{ft^3 aire}{min}$$

➤ **Cálculo de la densidad del aire**

$$\rho_a = \frac{1.293}{1 + 0.00367 * T_2} * \left(\frac{P_{abs}}{14.7} \right)$$

Ecuación 3-20.

Donde:

ρ_a : Densidad del aire; kg/m³

P_{abs} : Presión absoluta; 17,47 psi

T_2 : Temperatura de gas a la salida; 39,56 °C

$$\rho_a = \frac{1.293}{1 + 0.00367 * 43,88 \text{ °C}} * \left(\frac{17.32 \text{ psi}}{14.7} \right)$$

$$\rho_a = 1.31 \text{ kg/m}^3$$

➤ **Cálculo del diámetro de los orificios**

$$d_o = \frac{d_b^3 * g * (\rho_{H2O} - \rho_a)}{6 * \sigma}$$

Ecuación 3-21.

Donde:

d_o : Diámetro del orificio; m

d_b : Diámetro de burbuja; 0,005 m

ρ_{H2O} : Densidad del agua; 1000 kg/m³

ρ_a : Densidad del aire; 1,34 kg/m³

σ : Tensión superficial; 0 00087 N/m

g : Aceleración gravitacional; m/s²

$$d_o = \frac{(0.005 \text{ m})^3 * (9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) * (1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1.31 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}{6 * 0.08 \frac{\text{N}}{\text{m}}}$$

$$d_o = 0,003 \text{ m}$$

➤ **Cálculo del número de difusores**

Tabla 3-30: Cálculo del número de difusores

Modelo	Oxyplate 9S
Material	Caucho de etileno propileno dieno (EPDM)
Diámetro	9"
Conector de entrada de aire	NPT 3/4
Flujo de aire	Caudal límite: 10 m ³ /h

Fuente: ZENIT

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

$$N_{dif} = \frac{Q_{aire\ necesario}}{Q_{aire\ dif}}$$

Ecuación 3-22.

Donde:

N_{dif}: Número de difusores necesario; adimensional

Q_{aire necesario}: Caudal de aire necesario; 115 m³/h

Q_{aire dif}: Caudal o flujo de aire del difusor a emplear; 10 m³/h (Tabla 3-30)

$$N_{dif} = \frac{115\text{ m}^3/\text{h}}{10\text{ m}^3/\text{h}}$$

$$N_{dif} = 11.5 \approx 12$$

Cálculo de la potencia del compresor

$$P_C = \frac{0.22 Q_{aire}}{\eta} \left[\left(\frac{P_{abs}}{P_{atm}} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

Ecuación 3-23.

Donde:

P_C: Potencia del compresor; Hp

Q_{aire}: Caudal de aire; 115m³/h; 67.69 ft³/min

η: Eficiencia asumida de compresión; 75%

P_{abs}: Presión absoluta; 17,47 psi

P_{atm}: Presión atmosférica; 14,7 psi

$$P_c = \frac{0.22 * 67.69}{0.75} \left[\left(\frac{17.47 \text{ psi}}{14.7 \text{ psi}} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

$$P_c = 0.99 \text{ hp}$$

$$P_c = 0.99 \text{ hp} + (0.99 \text{ hp}) * 0.3$$

$$P_c = 2 \text{ hp}$$

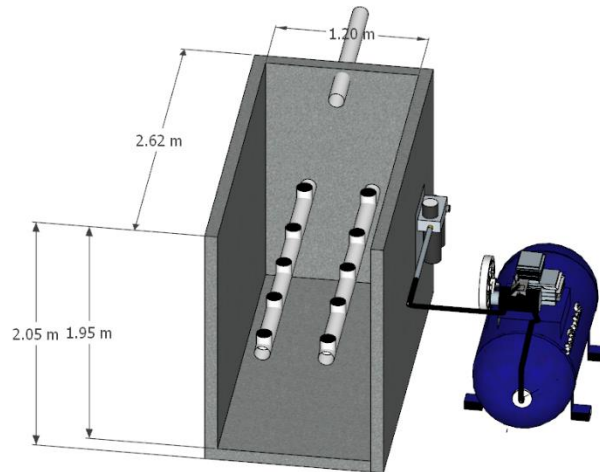


Ilustración 3-10: Tanque de Aireación

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

3.2.4.5. Dimensionamiento para mezclador-sedimentador

Tabla 3-31: Tipos de impulsores (Número de potencia)

Impulsor	Nº de potencia k
Hélice pinch cuadrada, 3 aletas	0,32
Hélice pinch 2, 3 aletas	1,00
Turbina, 6 aletas planas	6,30
Turbina, 6 aletas curvas	4,80
Turbina, 6 aletas punta de flecha	4,00
Turbina ventilador, 6 aletas	1,65

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992.

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

Tabla 3-32: Parámetros del diseño para mezcladores de turbina

Parámetros	Medida
Gradiente de velocidad (s-1)	500 - 1000
Tiempo de retención (s)	1 - 7

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992.

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

Tabla 3-33: Densidad y viscosidad dinámica del agua a distintas temperaturas

Temperatura (°C)	Densidad (kg/m ³)	Viscosidad Dinámica (N s/m ²)
15	999,19	1,139*10 ⁻³
16	999,03	-
17	999,86	-
18	999,68	-
20	999,49	1,102*10 ⁻³

Fuente: Mott, Roberth, 2013.

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

➤ **Mezcladores rápidos mecánicos de turbina**

Tabla 3-34: Mezclador por turbinas

Parámetros	Datos	Unidades	Expresión
Tiempo de retención	7	seg	Trh
Temperatura promedio del agua	19	°C	T°
Gradiente de velocidad	1000	s ⁻¹	G
Volumen proveniente del sedimentador	1	m ³	V
Relación de geometría	DT/D= 2		a
Relación de geometría	HD= 1		b
Viscosidad dinámica	1,139 X 10 ⁻³	N* s/m ²	u
Numero de potencia	6,3	-	K
Densidad del agua	999,19	Kg/ m ³	ρ

Fuente: Mott, Roberth, 2013.

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

➤ **Volumen del tanque**

$$V = Q * Trh$$

Ecuación 3-24.

Donde:

v= volumen (m^3)

Q= caudal (m^3/s)

Trh= tiempo de retención (s)

$$V = 0,0065 \frac{m^3}{s} * 3600s$$

$$V = 23,4 m^3$$

➤ **Diámetro de la cámara de mezcla**

$$V = \frac{\pi * DT^3}{4} * \frac{a}{b}$$

Ecuación 3-25.

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

Donde:

DT= diámetro de la cámara de mezcla (m)

V= volumen (m^3)

a= relación de geometría, adimensional (2) (Valor sugerido por el Municipio y EP EMAPAR)

b= relación de geometría, adimensional (1) (Valor sugerido por el Municipio y EP EMAPAR)

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4 * 23,4 * 2}{\pi * 1}}$$

$$DT = 3,90 m$$

➤ **Profundidad de la cámara de mezcla**

$$H = b * \frac{DT}{a}$$

Ecuación 3-26.

Donde:

DT= diámetro de la cámara de mezcla (m)

a= relación de geometría, adimensional ($DT/D= 2$) (Valor sugerido por el Municipio y EP EMAPAR)

b= relación de geometría, adimensional ($H/D= 1$) (Valor sugerido por el Municipio y EP EMAPAR)

H= Profundidad de la cámara de mezcla (m)

$$H = 1 * \frac{3,9}{2}$$

$$H = 1,95m$$

➤ **Diámetro de la turbina**

$$D = \frac{DT}{a}$$

Ecuación 3-27.

Donde:

DT= diámetro de la cámara de mezcla (m)

a= relación de geometría, adimensional (2)

D= diámetro de la turbina (m)

$$D = \frac{3,90 m}{2}$$

$$D = 1,95 m$$

➤ **Anchura de los deflectores**

$$W_d = \frac{D}{10}$$

Ecuación 3-28.

Donde:

W_d = anchura de los deflectores (m)

D = diámetro de la turbina (m)

$$W_d = \frac{1,95}{10}$$

$$W_d = 0,195 \text{ m}$$

➤ **Dimensión de las paletas**

$$B = \frac{D}{4}$$

$$W = \frac{D}{4}$$

Ecuación 3-29.

Donde:

B = longitud de la paleta (m)

W = alto de la paleta (m)

D = diámetro de la turbina (m)

$$W = \frac{1,95}{4}$$

$$W = 0,49 \text{ m}$$

$$B = 0,49 \text{ m}$$

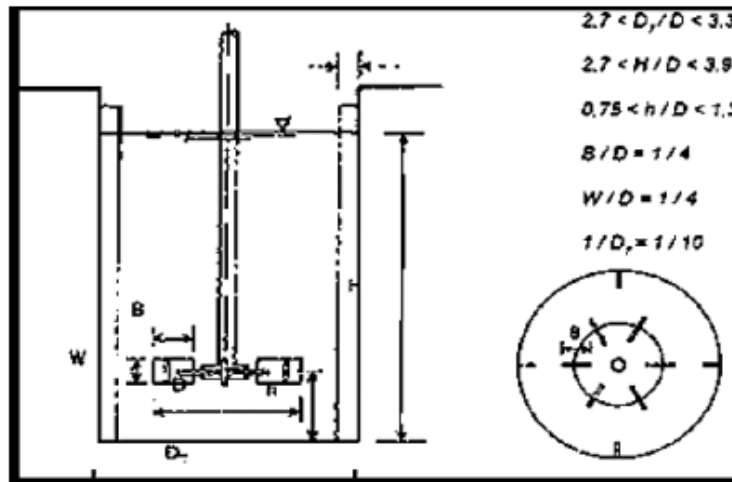


Ilustración 3-11: Mezcladores de turbina

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

➤ **Potencia aplicada al agua residual**

$$P = u * v * G^2$$

Ecuación 3-30.

Donde:

P= potencia (Watt)

u= viscosidad dinámica (N·s/m²)

v= volumen del mezclador (m³)

G= gradiente de velocidad (s⁻¹) Tabla 35-3

$$P = (1,102 \times 10^{-3}) * (23,4) * (1000 \text{ s}^{-1})^2$$

$$P = 25786,8 \text{ W}$$

➤ **Velocidad de rotación**

$$N = \sqrt[3]{\frac{P}{K * \rho * D^5}}$$

Ecuación 3-31.

Donde:

N= velocidad de rotación (rpm)

P= potencia (Watt)

k= número de potencia (adimensional)

ρ = densidad del agua (kg/m³) Tabla 34-3

D= diámetro de la turbina (m)

$$N = \sqrt[3]{\frac{25786,8 \text{ Watt}}{6,3 * 999,49 * 1,95^5}}$$

$$N = 0,525 \text{ rps} = 46 \text{ rpm}$$

➤ **Anchura de las paletas del impulsor**

$$q = \frac{D}{5}$$

Ecuación 3-32.

Donde:

q= ancho de las paletas del impulsor (m)

D= diámetro de la turbina (m)

$$q = \frac{1,95}{5}$$

$$q = 0,39 \text{ m}$$

➤ **Diámetro del disco central**

$$S = \frac{DT}{4}$$

Ecuación 3-33.

Donde:

S= Diámetro del disco central (m)

DT= diámetro de la cámara de mezcla (m)

$$S = \frac{3,90}{4}$$

$$S = 0,98 \text{ m}$$

➤ **Altura del impulsor respecto al fondo del tanque**

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

Ecuación 3-34.

Donde:

h= altura del impulsor respecto al fondo del tanque (m)

D= diámetro de la turbina (m)

$$h = \frac{1,95}{1}$$

$$h = 1,95 \text{ m}$$

➤ **Cantidades para los productos químicos**

A continuación, se presenta las dosificaciones de los químicos resultado del medio de las pruebas de tratabilidad.

Tabla 3-35: Cantidades de los químicos

Parámetros	Unidad	Resultado
Cantidad de Policloruro de Aluminio	ppm	100
Cantidad de Polielectrolito	ppm	100
Turbiedad inicial	NTU	349
Turbiedad final	NTU	11.41
pH inicial	-	5.24

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

➤ **Cantidad de Policloruro de Aluminio**

En base a la prueba de tratabilidad realizada, después del proceso de aireación se preparó 1g en 100ml de agua destilada. La dosis óptima para una muestra de 1000 ml es de 12 ml.

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

Ecuación 3-35.

Donde:

C1: Concentración de policloruro de aluminio de la solución; 1 g policloruro de aluminio

C2: Concentración de policloruro de aluminio en la dosificación óptima;

V1: Volumen de la dosificación óptima de la solución; 12 mL

V2: Volumen del tanque de coagulación; 1000 mL

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

$$C_2 = \frac{0.01 \frac{g}{ml} * 12ml}{1000ml}$$

$$C_2 = 1.2 \times 10^{-4} \frac{g}{ml} * \frac{1000ml}{1L}$$

$$C_2 = 0.12g/L$$

➤ **Cantidad de Policloruro de Aluminio requerida por día**

$$D_{MPAC} = Q_D * C_2$$

Ecuación 3-36.

Donde:

DPAC: Dosificación de policloruro de aluminio

Q2: Caudal de diseño; 56500 L/día

C2: Concentración de policloruro de aluminio en la dosificación óptima; 0,1 g/L

$$D_{MPAC} = 56500 \frac{L}{dia} * 0,001 \frac{Kg}{dia}$$

$$D_{MPAC} = 56,5 \frac{kg}{dia}$$

➤ **Cantidades de floculantes**

En base a la prueba de tratabilidad realizada, en el proceso de coagulación se preparó 1g en 100ml de agua destilada. La dosis óptima para una muestra de 1000 ml es de 1 ml.

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

Ecuación 3-37.

Donde:

C1: Concentración de floculante

C2: Concentración de floculante de la solución; 0.01g

V1: Volumen de la dosificación óptima de la solución; 1 ml

V2: Volumen de la dosificación óptima de la solución; 1000 ml

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

$$C_2 = \frac{0.01 \frac{g}{ml} * 1ml}{1000ml}$$

$$C_2 = 2.5 \times 10^{-4} \frac{g}{ml} * \frac{1000ml}{1L}$$

$$C_2 = 0,01g/L$$

➤ **Cantidad de floculante requerida por día**

$$D_{floculante} = Q_D * C_2$$

Ecuación 3-38.

Donde:

DPAC: Dosificación de floculante

Q2: Caudal de diseño; 56500 L/día

C2: Concentración de policloruro de aluminio en la dosificación óptima; 0,01 g/L

$$D_{floculante} = 56500 \frac{L}{día} * 0,001 \frac{Kg}{día}$$

$$D_{floculante} = 56,5 \frac{kg}{día}$$

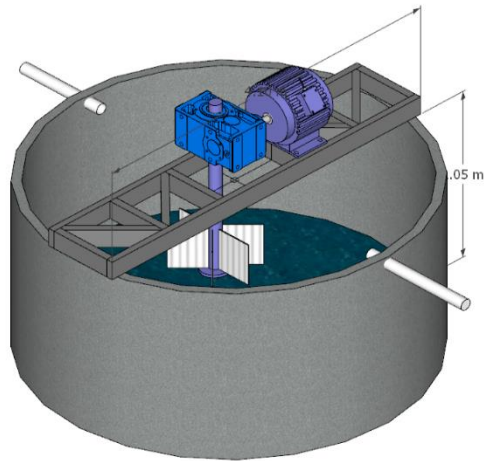


Ilustración 3-12: Coagulación-Sedimentación

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

3.2.4.6. Dimensionamiento del tanque de filtración

Tabla 3-36: Parámetros para el tanque de filtración

Parámetros	Valor	Valor típico
Tasa de filtración	120-150	120
Altura de agua sobre el lecho	1-1,5	1,25
Altura de drenaje	0,2-0,7	0,55

Fuente: (MALDONADO, 2004).

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

En su dimensionamiento se trabajó con una caudal al 5% menos por la remoción de los sólidos que se produce.

$$Q_D = 56,5 \frac{m^3}{dia} * 0,95$$

$$Q_D = 53,68 \frac{m^3}{dia}$$

➤ Numero de filtros

$$n = 0,044 * \sqrt{Q_D}$$

Ecuación 3-39.

Donde:

n: Número de filtros

QD: Caudal de diseño; $53,68 \frac{m^3}{día}$

$$n = 0,044 * \sqrt{53,68}$$

$$n = 0,5 \approx 1$$

➤ **Caudal de diseño de filtración**

$$Q_f = \frac{Q_D}{n}$$

Ecuación 3-40.

Donde:

Qf: Caudal de diseño de filtración

QD: Caudal de diseño; $69,83 \text{ m}^3/\text{día}$

n: Número de filtros; 1

$$Q_f = \frac{53,68 \frac{m^3}{día}}{1}$$

$$Q_f = 53,68 \frac{m^3}{día}$$

➤ **Área del filtro**

$$A_f = \frac{Q_f}{T_f}$$

Ecuación 3-41.

Donde:

Qf: Caudal de diseño de filtración; $69,83 \text{ m}^3 / \text{día}$

Tf: Tasa de filtración; $120 \text{ m}^3 / \text{día}$ (Tabla 3-38)

$$A_f = \frac{53.68 \frac{m^3}{\text{día}}}{120 \frac{m^3}{\text{día}}}$$

$$A_f = 0,45 \frac{m^3}{\text{día}}$$

➤ **Coefficiente de costo mínimo**

$$Kc = \frac{2 * n}{1 + n}$$

Donde:

Kc: Coeficiente de mínimo costo (adimensional)

n: Número de filtros; 1

$$Kc = \frac{2 * 1}{1 + 1}$$

$$Kc = 1$$

➤ **Diámetro del filtro**

$$d_f = \sqrt{\frac{4 * A_f}{\pi}}$$

Ecuación 3-42.

Donde:

d_f: Diámetro del filtro; m

A_f: Área del filtro, 0.45

$$d_f = \sqrt{\frac{4 * 0,45}{\pi}}$$

$$d_f = 0,76m$$

➤ **Cálculo de la altura del filtro**

El filtro está combinado por zeolita, carbón activado, arena y grava, en la tabla siguiente presenta las profundidades:

Tabla 3-37: Materiales para el tanque filtrante

Materiales	Tamaño de las partículas (mm)	Profundidad (cm)
Zeolita	10-15	20
Grava	1,18	20
Carbón Activado	0,25	10
Arena (fina)	0,5-1	20

Fuente: (SAMAL, 2020).

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

$$H_{LF} = e_{af} + e_z + e_c + e_g$$

Ecuación 3-43.

Donde:

HLF: Altura del lecho filtrado; cm

eah: Espesor de la capa de arena fina; 20 cm

ez: Espesor de la paca de zeolita; 20cm

ec: Espesor de la capa de carbón activado; 10cm

eg: Espesor de la capa de grava; 20 cm

$$H_{LF} = 20cm + 20cm + 10cm + 20cm + 150cm$$

$$H_{LF} = 220 \text{ cm}$$

➤ **Altura del filtro**

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

Ecuación 3-44.

Donde:

Zf: Altura del filtro; m

fs: Factor de seguridad, 10%

HLF: Altura del lecho filtrante; 0,70 m

Ca: Altura de la capa de agua; 1m

FC: Altura de drenaje; 0,2m

$$Z_f = 1,10(1m + 0,7m + 0,2m)$$

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

➤ **Volumen del filtro**

$$V_f = A_f * Z_f$$

Ecuación 3-45.

Donde:

V_f : Volumen del filtro

Z_f : Altura del filtro; 2,1 m

A_f : Área del filtro

$$V_f = 2,2\text{m} * 0,45\text{m}^2$$

$$V_f = 0,99\text{m}^3$$

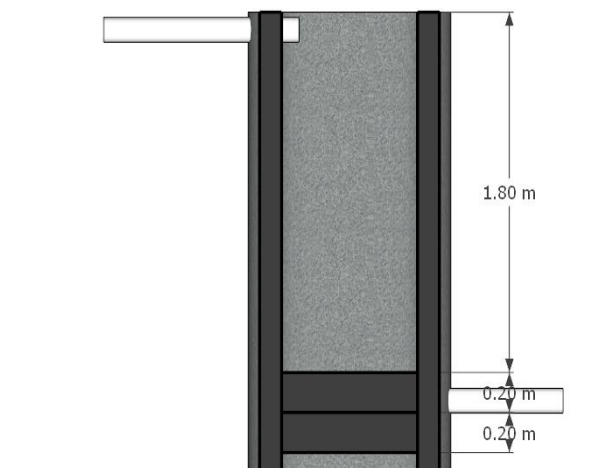


Ilustración 3-13: Tanque de Filtración

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

3.2.4.7. *Dimensionamiento de lechos de secado*

Tabla 3-38: Criterios de diseño de secado

Parámetros	Valor	Unidad
Profundidad total útil	50-60	cm
Ancho del lecho de secado	3-6	m
*Diámetro de la tubería	≤200	mm

Distancia de la tubería con respecto al fondo del tanque	8	m
Carga hidráulica mínima	1,8	m
Medio de drenaje	0,30 de espesor	mm
Profundidad aplicable	0.20-0.40	m
*Pendiente	No menor a 1	%
*Medio de soporte	Capa de 15	cm
*Canales laterales de alimentación de las tuberías principales (espaciamiento)	2.5 y 3	m
*Arena	0,2-3	mm
*Grava	Entre 51 y 200 de espesor	mm

Fuente: (Soria, 2019, p. 57).

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

Tabla 3-39: Datos para el lecho de secado

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Sólidos totales suspendidos	SS	mg/L	232
Caudal medio de diseño	Q	L/s	6,5
Densidad del lodo	Plomo	Kg/L	1,01
Porcentaje de sólidos	% sólidos	%	10
Tiempo de digestión	Td	días	30
Profundidad de aplicación	Ha	m	0,60

Fuente: Tabla 12-3, Tabla 33-3.

Realizado por: Tucunango Erika, 2023

➤ **Carga de sólidos que ingresa al mezclador-sedimentador**

$$C = Q * SS * 0,0864$$

Ecuación 3-46.

Donde:

C: Carga de sólidos que ingresa al mezclador - sedimentador (Kg SS/día)

Q: Caudal medio de diseño de aguas residuales (L/s)

SS: Sólidos en suspensión obtenido en la caracterizada del agua residual (mg/L)

$$C = 6,5 \frac{L}{s} * 232 \frac{mg}{L} * 0,0864$$

$$C = 130,29 \text{ Kg} \frac{SS}{\text{dia}}$$

➤ **Masa de solidos que conforman los lodos**

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C)$$

Ecuación 3-47.

Donde:

Msd: Masa de sólidos que conforman los lodos (kg SS/día)

C: Carga de sólidos que ingresa al mezclador - sedimentador (kg SS/día)

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * 130,29) + (0,5 * 0,3 * 130,29)$$

$$M_{sd} = 42,34 \text{ Kg SS / dia}$$

➤ **Volumen diario de lodos a extraerse**

$$Vld = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} * (\% \frac{sólido}{100})}$$

Ecuación 3-48.

Donde:

Vld: Volumen diario de lodos digeridos (m³)

Msd: Masa de sólidos que conforman los lodos (Kg SS/día)

Plodo: Densidad de los lodos (Kg/L)

% de sólidos: % de sólidos contenidos en el lodo.

$$Vld = \frac{42,34 \text{ Kg SS/dia}}{1,01 \text{ kg /L} * (\frac{10}{100})}$$

$$Vld = 419,21 \text{ L/dia}$$

$$Vld = 0,41 \text{ m}^3 \text{ /dia}$$

El porcentaje de lodos puede variar entre 8% y 12%.

➤ **Volumen de lodos a extraerse**

$$V_{el} = \frac{V_{ld} * T_d}{1000}$$

Ecuación 3-49.

Donde:

V_{le}: Volumen de lodos a extraerse del tanque (m³)

V_{ld}: Volumen diario de lodos digeridos (m³)

T_d: Tiempo de digestión (días)

$$V_{le} = \frac{419,21 \frac{L}{día} * 30 días}{1000}$$
$$V_{le} = 12,57 m^3$$

➤ **Área de lecho de secado**

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{H_a}$$

Ecuación 3-50.

Donde:

A_{ls}: Área del lecho de secado (m²)

V_{el}: Volumen de lodos a extraerse del tanque (m³)

H_a: Profundidad de aplicación (m)

$$A_{ls} = \frac{12,57 m^3}{0,60 m}$$
$$A_{ls} = 20,95 m^2$$

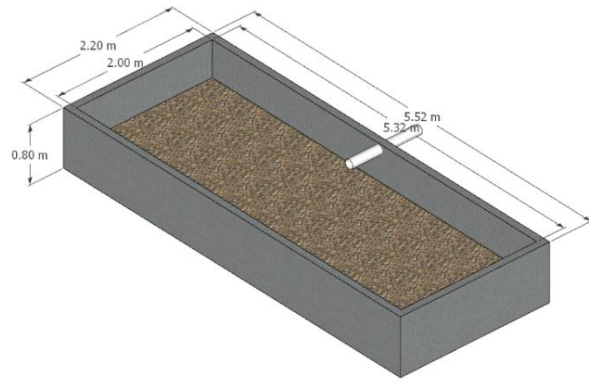


Ilustración 3-14: Tanque de Secado

Realizado por: Tucunango, E, 2023.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Proceso de las operaciones unitarias del sistema de tratamiento

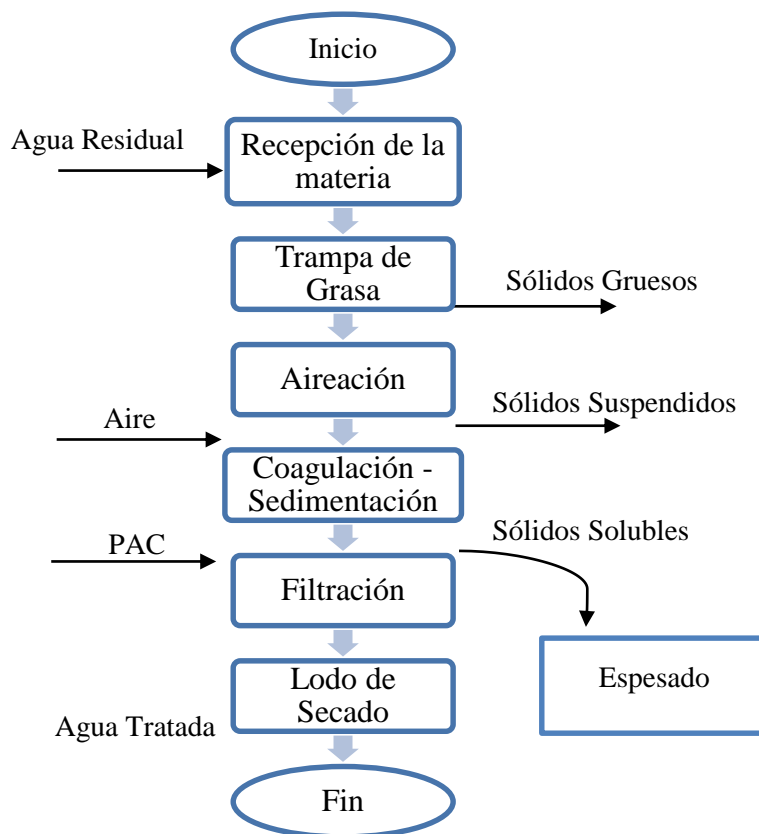


Ilustración 4-1: Diagrama del proceso del tratamiento de aguas residuales

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

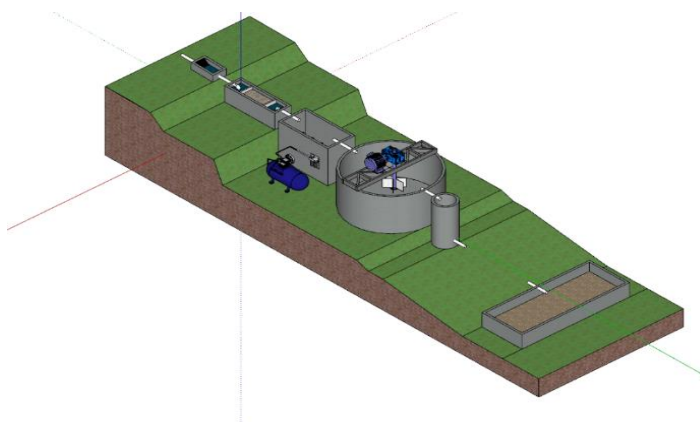


Ilustración 4-2: Vista General de la planta de tratamiento

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

4.2. Resultados

A continuación, se muestra los resultados que se obtuvo en los distintos procesos para el dimensionamiento de la planta.

4.2.1. Caudal

Tabla 4-1: Determinación del caudal

Características	Símbolo	Unidad	Resultados
Caudal del diseño	Q_D	$\frac{m^3}{s}$	0,0065

Realizado por: Tucunango, E, 2023.

4.2.2. Canal

Se efectúa antes de cualquier otro sistema para el tratamiento, es el ingreso del agua residual por medio de un canal rectangular, se debe tener en consideración algunos aspectos como: la calidad del material, y las medidas estructurales del canal.

Tabla 4-2: Determinación del canal

Características	Símbolo	Unidad	Resultados
Ancho del canal	b	m	0,50
Altura del canal	h	m	0,058
Altura máxima del agua	T	m	0,50
Longitud	L	m	1,00
Pendiente	S	%	0,05
Área del canal	A	m ²	0,50

Realizado por: Tucunango, E, 2023.

4.2.3. Área de rejillas

En relación al sistema de rejillas es indispensable, debido a que reprimen el paso de sólidos flotantes al sistema. Es fundamental fomentar una distribución regular de los sólidos que quedarán

retenidos en ella, la colocación de las rejillas deberá estar inclinada respecto al suelo del canal donde se instalarán. Su limpieza es manual (Apolo, 2018, p.53).

Tabla 4-3: Área para el sistema de rejillas

Características	Simbología	Unidades	Resultados
Velocidad del flujo	v	m/s	0,0224
Ancho del canal	b	m	0,50
Altura del tirante	h	m	0,5
Longitud de las barras	L_b	m	0,58
Ángulo de inclinación	θ	-	60
Separación entre barras	S	m	0,025
Espesor de la barra	e	m	$1,00 \times 10^{-2}$
Número de barras	N_b	-	14
Perdida de carga	H	m	0,01

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

4.2.4. Área de la trampa de grasa

Se encarga de eliminar sustancias que pueden ser naturales o sintéticos como: aceites y grasas u otros materiales de flotación más livianos que el agua, para evitar daños en el sistema de tratamiento. Existen dos tipos de desengrasadores: estáticos y aireados; el más usado en el tratamiento de aguas residuales es el desengrasado estático conocido como trampa de grasas. (Apolo, 2018, p.53).

Tabla 4-4: Dimensionamiento de la trampa de grasa

Características	Simbología	Unidades	Resultados
Área del tanque	A_{TG}	m^2	1,63
Ancho del tanque	b	m	0,64
Longitud del tanque	L	m	2,56
Volumen útil (tanque)	V	m^3	1,310
Tiempo (retención hidráulica)	T_r	min	2.5
Profundidad	P_u	m	0,8

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

4.2.5. Dimensionamiento de aireación

El objetivo principal de los tanques de aireación es la recuperación del agua, por medio de los micro aeróbicos, que se encarga de asimilar la materia orgánica y nutrientes que se encuentra en el agua residual, se encarga suministrar oxígeno a las bacterias (Apolo, 2018, p.53).

Tabla 4-5: Dimensionamiento de aireación

Características	Simbología	Unidades	Resultados
Ancho del tanque	b_{TA}	m	1,2
Longitud del tanque	L_{TA}	m	2,52
Altura del tanque	h_{TA}	m	1,95
Volumen del tanque	V	m ³	5,67
Caudal de aire	Q_{aire}	ft ³ /min	67,69
Presión hidrostática	P_H	psi	2,67
Presión absoluta	P_{abs}	Psi-	17,47
Variación térmica del aire de compresión	ΔT_{ad}	°C	18,88
Temperatura de salida del aire	T_2	°C	43,88
Diámetro del orificio del difusor	d_o	m	0,003
Número de difusores	N_{dif}	-	12
Potencia del compresor	P_c	HP	2

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

4.2.6. Dimensionamiento para el mezclador-sedimentador

En cuanto al tanque de mezclador-sedimentador, antes de nada, se aplica un proceso químico y después un proceso físico de sedimentación, el cual se encarga de separar los contaminantes que se encuentra en el agua residual (Apolo, 2018, p.53).

Tabla 4-6: Dimensionamiento de mezclador-sedimentador

Características	Simbología	Unidades	Resultados
Tanque de floculación y coagulación			
Diámetro de la cámara de mezcla	DT	m	3,90

Alto de paleta	W	m	0,49
Anchura de los deflectores	Wd	m	0,195
Altura del impulsor respecto al fondo del tanque	h	m	1,95
Anchura de las paletas del impulsor	q	m	0,39
Diámetro de disco central	S	m	0,98
Diámetro de la turbina	D	m	1,95
Longitud de la paleta	B	m	0,49
Potencia aplicada al agua residual	P	Watt	25786,8
Profundidad de la cámara de mezcla	H	m	1,95
Velocidad de rotación	N	rpm	46
Volumen del tanque	V _{tanque}	m ³	23,4
Dosificación coagulación- floculantes			
Cantidad de PAC	D _{floculante}	Kg/día	56,5

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

4.2.7. Dimensionamiento de filtración

La filtración se encarga de eliminar los contaminantes, por medio de los filtros como: el primer filtro de grava que es poroso este se encarga de remover la materia orgánica (DBO5, DQO y restos orgánicos), en el segundo filtro de arena que cumple la función de retener partículas más pequeñas (Apolo, 2018, p.53).

Tabla 4-7: Dimensionamiento tanque de filtración

Características	Simbología	Unidades	Resultados
Número de filtros	n	-	1
Área del filtro	A _f	m ²	0,45
Diámetro del filtro	d _f	m	0,86
Altura de capa de agua	C _a	m	1

Altura de capa se soporte de grava	C_s	m	0,10
Altura de drenaje	F_C	m	0,2
Altura de lecho filtrante	H_{LF}	m	0,70
Altura total	Z_f	m	2.2
Volumen tanque de filtración	V_f	m^3	0,99
Composición del lecho filtrante			
Espesor de la capa de arena	eaf	cm	20
Espesor de la capa de grava	eg	cm	20

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

4.2.8. Dimensionamiento lecho de secado

Los lechos de secado son de estructura sencilla y su construcción son de bajo costo. Su objetivo principal es recolectar los desechos que expulsa la filtración, estos residuos se deshidratan para dar un material sólido con una humedad inferior al 70%, esto sirve como abono para el suelo generando beneficios a un futuro cultivo agrícola.

Tabla 4-8: Dimensionamiento del lecho de secado

Características	Simbología	Unidades	Resultados
Carga de solidos	C	$\frac{KgSS}{dia}$	130,29
Solidos suspendidos salientes	C_s	$\frac{KgSS}{dia}$	21,6
Masa de solidos que conforman los lodos	M_{sd}	$\frac{KgSS}{dia}$	42,34
Volumen diario de lodos digeridos	V_{ld}	$\frac{L}{dia}$	419,21
Volumen de lodos a extraerse	V_{le}	m^3	12,57
Área del lecho de secado	A_{LS}	m^2	20,95

Longitud	L	m	5,32
Altura o profundidad del lecho de secado	Ha	m	0,60
Ancho de era de secado	B	m	2

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

4.2.9. Resultado de la caracterización del agua residual después del tratamiento

Se realizó el tratamiento a nivel laboratorio, en donde se trabajó con similares condiciones a las operaciones propuestas, para luego realizar la caracterización del agua tratada de acuerdo a la norma vigente del TULSMA: Anexo I, Libro VI – Tabla 8. A continuación, se muestra en la Tabla 4-9 los resultados:

Tabla 4-9: Caracterización físico- química del agua residual tratada

Parámetros	Límite máximo permisible	Resultado- Lácteos “Mi Velata”	Resultado-Lácteos “Mi Velata” (Tratada)	Unidades
pH	6,5-8,5	5,24	8,13	Unid.
Aceite y Grasas	70	382	20,4	mg/L
DBO	250	2730	137	mg/L
DQO	500	4840	209	mg/L
Nitrógeno total	60	40	0,01	mg/L
Cloro Activado	0,5	----	0,13	mg/L
Sulfatos	400	94,88	94,88	mg/L
Sulfuros	1,0	12,4	12,4	mg/L
Fósforo Total	15	3	0,01	mg/L
Nitrógeno Total	60	40	0,01	mg/L
Solidos suspendidos	220	232	75	mg/L
Solidos totales	1600	10284	354,1	mg/L
Solidos sedimentales	20	<1	<1	ml/L
Coliformes Fecales	-----	963,2	1	----
Coliformes Totales	-----	350	101	-----
Conductividad	-----	21	583	µSm/cm

Turbiedad	-----	350	11,41	NTU
Temperatura	<40	21	21	°C

Fuente: Lab. Calidad de Agua.

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

Se observa que en la Tabla 8-4 los valores obtenidos, cumple con la normativa antes mencionada, en otras palabras, quiere decir que el sistema de tratamiento propuesto fue eficiente

Tabla 4-10: Caracterización microbiológicos del agua residual sin tratamiento

Parámetros	Límite máximo permisible	Resultado-Lácteos “Mi Velata”(Tratada)
Coliformes Fecales	-----	1
Coliformes Totales	----	101

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

4.3. Porcentaje de remoción

Dentro de los análisis del tratamiento de agua residuales se encuentra el porcentaje de remoción que se produce en cada uno de los parámetros del sistema de tratamiento, se obtuvo los siguientes resultados:

➤ Porcentaje de remoción de Grasa y aceite

Tabla 4-11: Caracterización de las grasas y aceites

Agua residual (Sin Tratar)	Agua residual (Tratada)	% Remoción	Límite Máximo Permisible (TULSMA)
382	22,5	94,1%	70

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

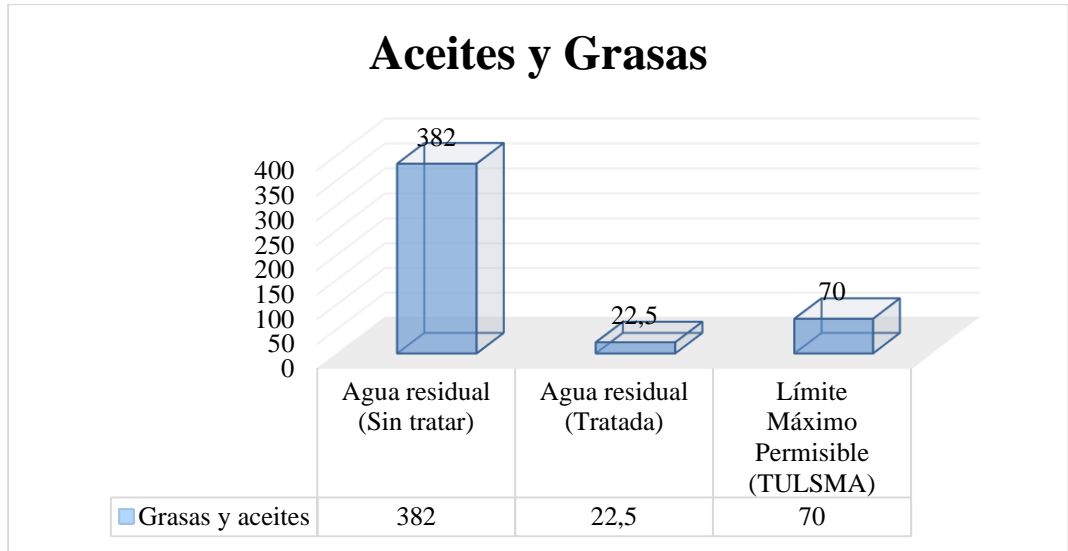


Ilustración 4-3: Remoción de Grasas y aceites

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

➤ **Remoción del DBO**

Tabla 4-12: Caracterización del DBO

Agua residual (Sin Tratar)	Agua residual (Tratada)	% Remoción	Límite Máximo Permisible (TULSMA)
2730	137	94,9%	250

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

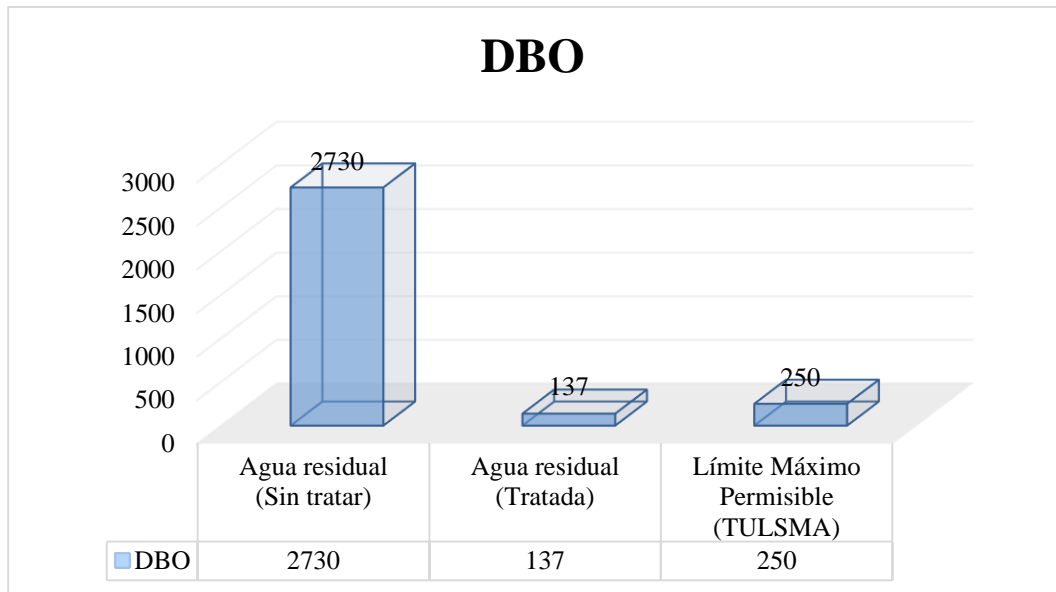


Ilustración 4-4: Remoción del DBO

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

➤ **Remoción del DQO**

Tabla 4-13: Caracterización del DQO

Agua residual (Sin Tratar)	Agua residual (Tratada)	% Remoción	Límite Máximo Permisible (TULSMA)
4840	209	95,7 %	500

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

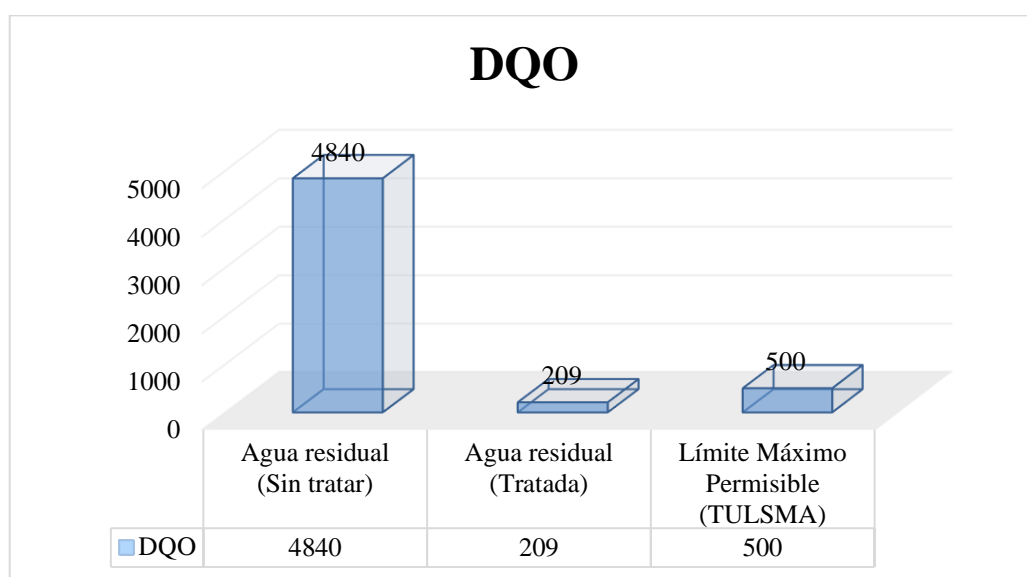


Ilustración 4-5: Remoción del DQO

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

➤ **Remoción de Sólidos Totales**

Tabla 4-14: Caracterización de Sólidos Totales

Agua residual (Sin Tratar)	Agua residual (Tratada)	% Remoción	Límite Máximo Permisible (TULSMA)
10284	354,1	96,5 %	1600

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

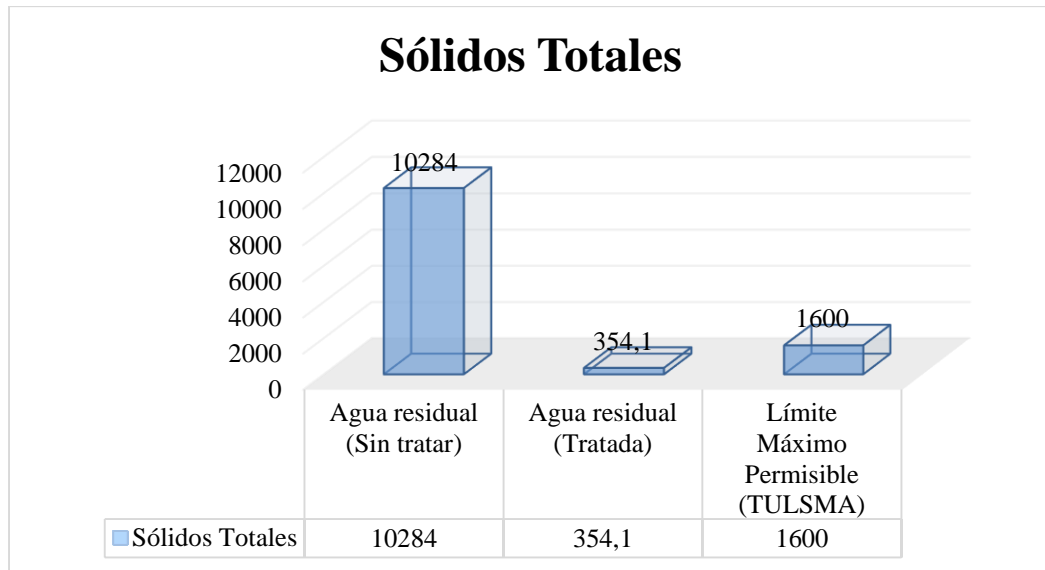


Ilustración 4-6: Remoción de Sólidos Totales

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

➤ **Remoción de Sólidos Suspendedos**

Tabla 4-15: Caracterización de Sólidos Suspendedos

Agua residual (Sin Tratar)	Agua residual (Tratada)	% Remoción	Límite Máximo Permissible (TULSMA)
232	70	69,8 %	220

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

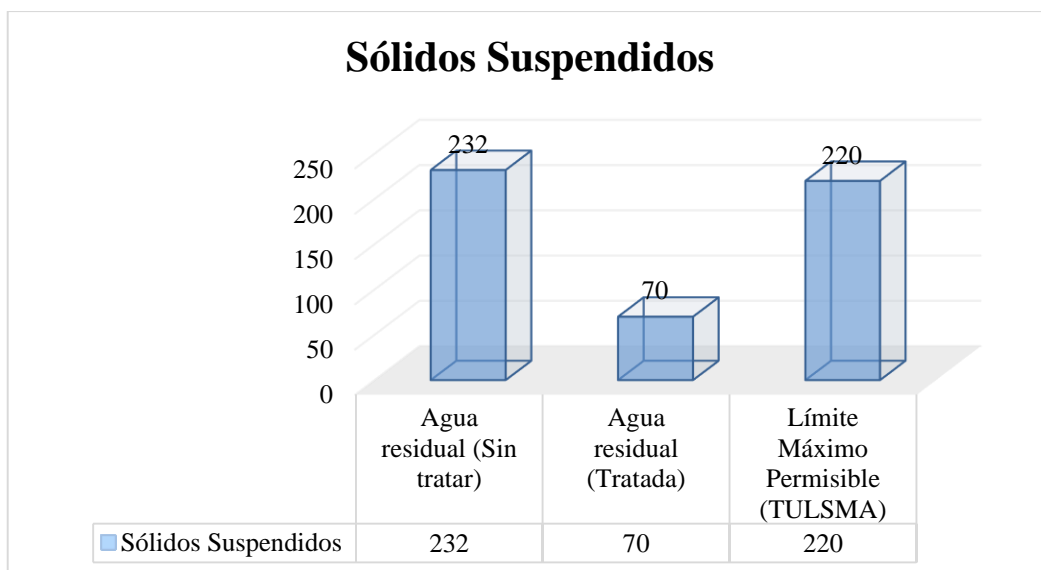


Ilustración 4-7: Remoción de Sólidos Suspendedos

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

➤ **Remoción de la Turbiedad**

Tabla 4-16: Caracterización de Turbiedad

Agua residual (Sin Tratar)	Agua residual (Tratada)	% Remoción	Límite Máximo Permisible (TULSMA)
350	11,41	96,7 %	---

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

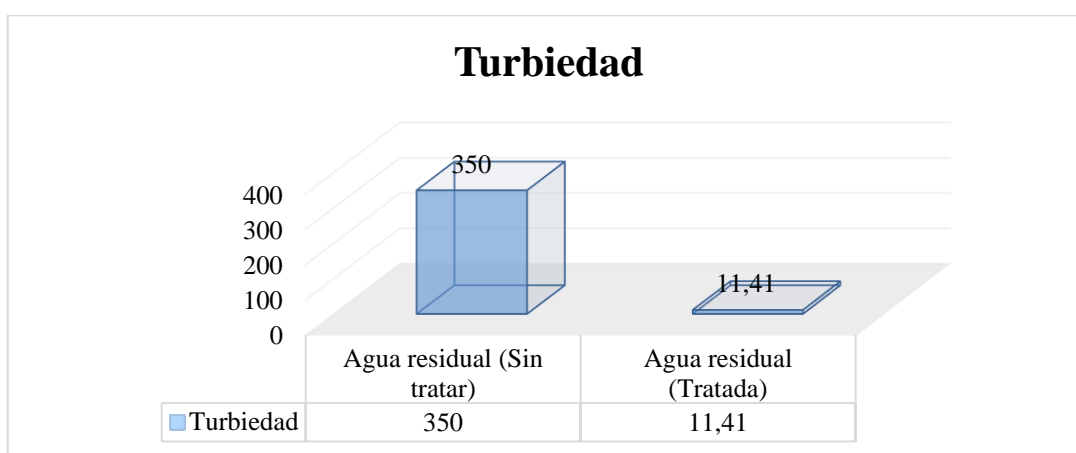


Ilustración 4-8: Remoción de la Turbiedad

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

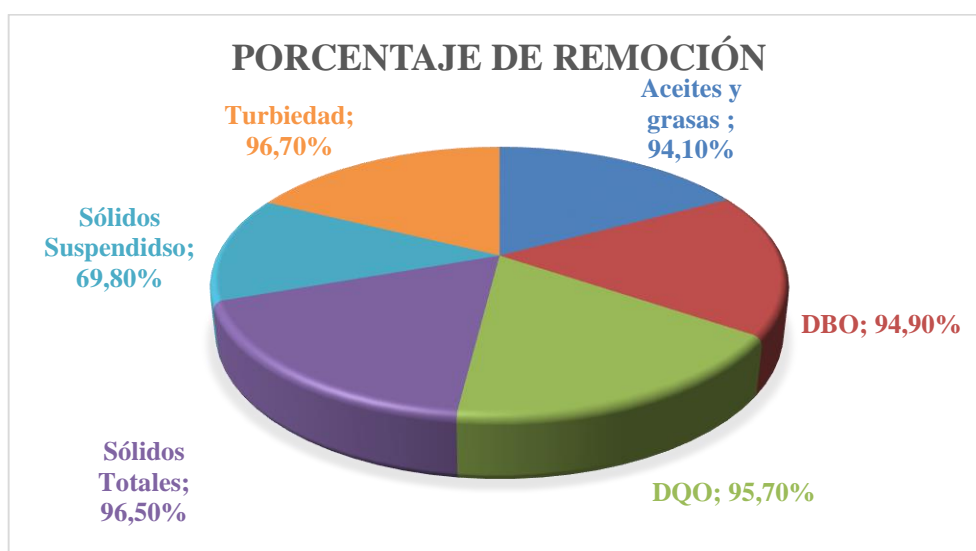


Ilustración 4-9: Porcentajes de Remoción

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

4.4. Costos

4.4.1. Costos de la implementación de la planta de tratamiento-Aproximados

El sistema de tratamiento de las aguas residuales de la quesera Mi Velata, opto por un diseño Físico-químico, en base a los resultados obtenidos, por lo cual a continuación, se presenta los costos aproximados de la implementación de la planta de tratamiento:

Tabla 4-17: Presupuesto de la implementación de la planta de tratamiento

Presupuesto				
Descripción	Unidad	Cant.Total	Costo Unitario	Valor Total
Canal				
EXCAVACIÓN DEL SUELO PARA EL CANAL	m3	0.5	2.45	1.23
ACERO DE REFUERZO f' y= 4200 kg/cm2	kg	10.00	2.10	21.00
HORMIGON S. f' c=210 kg/cm2 EN MUROS INC. ENCOFRADO	m³	0.13	175.13	22.77
MALLA ELECTROSOLDADA	m2	1.20	15.00	18.00
ENLUCIDO CON IMPERMEABILIZANTE MORTERO 1:3	m2	2.80	9.25	25.90
Subtotal				88.89
REJILLAS				
REJILLA METÁLICA (ACERO INOXIDABLE)	Und	1	30.00	30.00
Subtotal				30.00
TRAMPA DE GRASA				
EXCAVACIÓN MANUAL SUELO NATURAL H=0-2m	m3	2.500	2.450	6.125
ACERO DE REFUERZO f 'y= 4200 kg/cm2	kg	84.000	2.100	176.400
HORMIGON S. f' c=210 kg/cm2 EN MUROS INC. ENCOFRADO	m3	2.110	175.130	369.524
ENLUCIDO CON IMPERMEABILIZANTE MORTERO 1:3	m2	22.500	9.250	208.125

TUBERÍA PVC D=110 MM 1.00MPA E/C + PRUEBA+VALVULA	ml	18.000	4.450	80.100
Subtotal				840.27
TANQUE DE AIREACIÓN				
EXCAVACIÓN MANUAL SUELO NATURAL H=0- 2M	m3	15.5	8.1	125.55
ACERO DE REFUERZO F' Y= 4200 KG/CM2	kg	1.5	2.1	3.15
ENLUCIDO CON IMPERMEABILIZANTE MORTERO 1:3	m2	430	9.25	3977.5
COMPRESOR (2HP)	U	1	487.60	487.6
TUBERÍA PERFORADA 4" ASTM-53	U	1	340.00	340
CODO 90° ASTM A234 WPB 8"	U	10	10.00	100
DIFUSOR DE BURBUJA FINA	U	15	20.00	300
Subtotal				5333.80
TANQUE COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN				
REPLANTILLO H.S. 140 KG/CM2	m2	3.00	20.5	61.5
HORMIGON SIMPLE F'C=210KG/CM2 INC	m3	2.5	175.13	437.825
IMPERMEABILIZACIÓN Y ENLUCIDO INTERIOR	m3	15	9.50	142.5
PALETAS LÁMINAS DE ACERO PL E=6MM	Kg	30.8	1.9	58.52
ACERO AISI 1018 L=1500MM, D=40MM	Kg	12.5	1.5	18.75
MOTOR 2HP	U	1	120.18	120.18
Subtotal				839.275
FILTRACIÓN				
ESTRUCTURA CIRCULAR (ACERO INOXIDABLE)	m3	1.2	120.20	144.24
PIEDRA DE MINA C=20CM	kg	6	4.50	27
GRAVA	kg	10	30.00	300
ARENA	kg	15	30.00	450
TUBERÍA PVC D=110MM DESAGÜE + VÁLVULA	U	1	16.00	16
Subtotal				937,24
OTROS				
MANO DE OBRA (TÉCNICO)	U	1	600.00	600.00
MANO DE OBRA (OPERARIOS)	U	2	300.00	600.00
Precio Total (Físico-Químico)				9180,585

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

4.4.2. Costos químicos

Tabla 4-18: Costos Químicos

Costos Químicos						
Características	Presentación (Kg)	Dosificación (Kg/día)	Costo por unidad (\$)	Costo por día (\$)	Costo mensual (\$)	Costo Anual (\$)
Policloruro de aluminio	25	5.65	37.28	8.43	252.7584	3075.2272
Polielectrolito aniónico	25	0.57	162.5	3.71	111.15	1352.325
Total				12.13	363.91	4427.55

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

4.4.3. Costos equipos y químicos

Tabla 4-19: Costos Equipos y Químicos

Costo Equipos y Químicos	
Costo Equipo	9180,585
Costo Químico	4427.55
COSTO TOTAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	13608,14

Realizado por: Tucunango, Erika, 2023.

4.5. Análisis y discusión de los resultados

Los valores obtenidos de la caracterización físico-química y microbiológica de las aguas residuales de la quesera Mi Velata, se encuentra detallada en la Tabla 12-3, demostrando cantidades fuera de los parámetros de la norma establecida dando valores como: DQO 4840mg/L, DBO 2730 mg/L, aceites y grasas 382mg/, sólidos suspendidos 232 mg/L, sólidos totales 10284 mg/L, turbiedad 350NTU, conductividad 963.2 y en el aspecto microbiológico como: coliformes totales 161 UFC/100ml, coliformes fecales 83 UFC/100ml, esto se debe porque la empresa carece de un método de tratamiento adecuado para el sistema de tratamiento de aguas residuales.

Agregando a lo anterior, se realizó un proceso de tratabilidad del agua contaminada, por un medio químico, a través de la prueba de jarra, en el cual se suministró diferentes flocculantes como se muestra en la Tabla 3-16, en el cual el más eficiente es el Policloruro de Aluminio, también se

agregó un coagulante Polielectrolito aniónicos, logrando reducir la turbiedad, pH y la concentración de fosfato en el agua.

Según (Armas, 2012, pp. 1-130), menciona en su investigación que el floculante más efectivo es el Policloruro de Aluminio, para este tipo de aguas debido que el PAC forma Flóculos más pequeños a diferencia de otros floculantes, esta diferencia en la estructura produce menos turbiedad, pero sin embargo la elección del floculantes dependerá para que tipo de agua residual se trate.

Las pruebas de tratabilidad fueron guía para el diseño y dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales. La planta estará conformada por: unas rejillas, que se encarga de controlar el ingreso de los sólidos suspendidos a la planta, luego se implementó una trampa de grasa, en la cual se encarga de separar las grasas del agua, en el caso de los sólidos más pesados se depositan al fondo del tanque, también se incluyó un tanque de aireación, este elimina residuos que alteran el agua y producen malos olores, igualmente un tanque de coagulación-sedimentador y finalmente un tanque de filtración de arena para eliminar las partículas que nunca se precipitaron.

En relación a los antecedentes mencionados anteriormente, se puede apreciar los valores nuevos de la caracterización físico-químicos y microbiológicos después de haber realizado el diseño planteado anteriormente. Se puede observar los resultados en la Tabla 4-9 y en la Tablas 4-11,4-12,4-13,4-14, 4-15,4-16, se puede contemplar el porcentaje de remoción, dando resultados efectivos en la remoción de contaminantes y valores dentro de los límites de la normativa estipula. De acuerdo al área para la implementación de esta planta basada en los planos del Anexo C, se necesita para las estructuras un área de 20,56 m², por lo tanto, según los requerimientos de un diseño de plantas, adicionando, espacios de circulación, mantenimiento, operaciones de control se recomienda a la empresa implementar la planta en un área total de 41,12 m².

CONCLUSIONES

- Se realizó la caracterización físico - química y microbiológicas del agua residual de la empresa, para determinar los parámetros, fuera de los límites permisibles obteniendo los siguientes resultados: DQO 4840 mg/, DBO₅ 2730 mg/L, p H 5,24, Aceites y grasas 382 mg/L, turbiedad 350 NTU, Solidos suspendidos 232 mg/L, coliformes fecales 83 y coliformes totales 161 con base a la norma vigente ACUERDO MINISTERIAL 097-A TULSMA: ANEXO I, LIBRO VI – TABLA8.
- Se determinaron las variables para el diseño con base a los resultados de la caracterización se determinaron las variables del sistema del tratamiento de agua residuales como: caudal, dosificación diaria de los coagulante y floculante para el tratamiento Físico- químico.
- Se aplicaron cálculos de ingeniería para aguas residuales para el dimensionamiento para cada uno de los procesos se requiere la implementación de una rejilla, la trampa de grasa presentando un volumen para 1,31 m³, en el tanque de aireación se implementó difusores para su eficiencia, coagulación-sedimentación con una capacidad de 23,4 m³, se utilizó una dosificación de floculante de 5,65Kg/día y de coagulante de 0,57 Kg/día y filtración con un volumen de capacidad de 2,2 m³ , los lodos generados se van a un lecho de secado para un posterior tratamiento.
- El propuesto diseño se validó mediante la caracterización del agua tratada en el cual cumple con la normativa dentro de los límites permitidos, obteniendo los siguientes resultados como: DBO con 94,90%, DQO con 95.70%, aceites y grasas 94.10%, sólidos suspendidos 69.90%, sólidos totales 96.50% y en la turbiedad 96.70% .
- Se efectuó la validación con el análisis de costos para la implementación tomando costos fijos, costos anuales de dosificación químicos, se necesita para la implementación para un año de funcionamiento un presupuesto de \$13608,14.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda capacitar al personal el uso y control de los productos químicos con el objetivo de aplicar correctamente la dosificación en el proceso del tratamiento de aguas residuales.
- Se debe realizar un mantenimiento de las rejillas cada quince días para que no exista acumulación de sólidos. Sin embargo, la condición de las rejillas y los fondos de los canales debe revisarse anualmente para detectar deterioro, degradación y obstrucción.
- Se recomienda que la grasa acumulada en el desengrasante debe ser debidamente eliminada, esto debe hacerse cada quince días para no causar olores desagradables debido a su descomposición.
- Se recomienda realizar análisis periódicos de los niveles de las aguas residuales para asegurar el funcionamiento del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

ALBAN, N, & JARA C. Diseño y construcción de una planta de tratamiento prototipo de aguas residuales para la empresa de lácteos San Salvador (Trabajo de Titulación) (pregrado)[en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 1-145. [Consulta: 02 febrero 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8548/1/236T0324.pdf>

APOLO, L. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la empresa de lácteos San Salvador (Trabajo de Titulación) (pregrado)[en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador. 2018. pp. 1-120. [Consulta: 02 febrero 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8635/1/96T00437.pdf>

ARMAS, G. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residual para Tenería Neograndina S.A de la ciudad de Ambato (Trabajo de Titulación) (pregrado) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador. 2012. pp. 1-145. [Consulta: 02 febrero 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2511/1/96T00193.pdf>

BULJAN, J. Introduction to treatment of tannery effluents *UNIDO, Vienna*, 2011. CEPIS. Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. Curso internacional: “Gestión Integral de tratamiento de aguas residuales. Lima-Perú, , 2011. pp. 19- 20.

CARPIO, Tania. *Turbiedad por Nefelometría*. s.l. : Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2015.

CUEVA, Max. Implementación de una planta piloto de tratamiento de aguas residuales para disminuir los contaminantes orgánicos en Dren 3100 (Trabajo de Titulación) (pregrado) Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2019. pp. 1-73.

FAO. *Leche y Productos Lácteos*. s.l. : Roma-Italia. : Organización Mundial De La Salud., 2014.

GUERRA, H. Diseño de un prototipo de planta de tratamiento de aguas residuales procedentes de la quesera Isabel ubicada en el sector lagos el cisne del cantón Guano provincia de Chimborazo. (Trabajo de Titulación) (pregrado) [en línea]. Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Riobamba, Ecuador. 2014. pp. 1-169. [Consulta: 02 febrero 2023]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/809/1/UNACH-EC-IMB-2015-0002..pdf>

HARO, Y. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la fábrica lácteos san José del cantón Píllaro (Trabajo de Titulación) (pregrado) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador. 2015. pp. 1-146. [Consulta: 06 febrero 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4695/1/96T00305%20UDCTFC.pdf>

HERNÁNDEZ, W., & VÁSCONEZ J. Diseño y construcción de una planta de tratamientos de aguas residuales: quesera “el Salinerito”, Salinas, Bolívar (Trabajo de Titulación) (pregrado) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador. 2014. pp. 1-144. [Consulta: 06 febrero 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3650/1/236T0116%20UDCTFC.pdf>

INEC. *Censo de población y vivienda 2019.* .Ecuador : Elaborado GAD.M.CH. Planificación., 2019.

LAZCANO, C. *Biología ambiental de aguas y aguas residuales* [en línea]. (2a. ed.). s.l. : Ecoe Ediciones., 2016. [Consulta: 06 febrero 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esPOCH/122526?page=267>.

MALDONADO, V. *Plantas de filtración rápida Manual I: Teoría.* S.l.: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 2004.

METCALF, E. *Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización.,* Vol. I., California-Estados Unidos: Mac Graw Hill., 1995, pp. 246-250.

MONTEZUMA, E. 2015. Diseño de una planta de tratamientos de aguas residuales generadas en la comunidad Unión de Chimborazo del cantón Orellana . (Trabajo de Titulación) (pregrado) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador. 2015. pp. 1-95. [Consulta: 06 febrero 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4805/1/236T0151.pdf>

PINEDA, José. *Industria Láctea. En-Colombia* [en línea]. 2021. [Consulta: 06 febrero 2023]. Disponible en: <https://encolombia.com/economia/agroindustria/industria-lactea/>

RAMOS, Karina. Diseño de un sistema de tratamiento del agua residual de la fábrica de textiles en el catón Guano (Trabajo de Titulación) (pregrado) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 1-189. [Consulta: 06 febrero 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7883/1/96T00401.PDF>

REYES, Jorge. El precio de sustentación de la leche genera complicaciones para competir con productos importados. *El Universo* [en línea]. 2020. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/12/08/nota/8076>

ROJAS, R. *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. CEPIS/OPS -OMS. Curso internacional: "Gestión Integral de tratamiento de aguas residuales"*. Perú : s.n., 2002. p.19.

ROMERO, J. *Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y Principios de Diseño*. 3ra ed. Bogotá-Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008, pp.67-71.

SÁENZ, L. Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de la Planta Lácteos Oasis. (Trabajo de Titulación) (pregrado) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador. 2013. pp. 1-181. [Consulta: 06 febrero 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3217/1/96T00221.pdf>

SAMAL, M. "A pilot scale study of greywater treatment using gravel sand followed by granular activated carbon". *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*, vol. 14, no 2. (2020), pp. 1-6.

SORIA, K. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la planta de lácteos "San Jacinto", ubicada en el Cantón Penipe, provincia de Chimborazo" (Trabajo de Titulación) (pregrado) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador. 2019. pp. 1-96. [Consulta: 06 febrero 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13599/1/96T00568.PDF>

SOTELO, G. *Hidráulica General*. Limusa – Mexico: s.n. 1998. [Consulta: 9 febrero 2023]. Disponible en: http://www.quieroapuntes.com/hidraulica_3.html, 1998.

TORRES, P. "Perspectivas del Tratamiento anaerobio de Aguas Residuales domésticas en países en desarrollo". *Revista EIA* [en línea], 2012, (Medellín) 1 (18), p.118 . 2012. [Consulta: 2 febrero

2023]. ISSN 1794-1237. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372012000200010

TULSMA. *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua.* Quito-Ecuador : s.n., 2015, pp. 20-21.

VALLEJO, M. Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Quesera "El Pajonal" Quimiag 2013 (Trabajo de Titulación) (pregrado) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador. 2019. pp. 1-137. [Consulta: 26 febrero 2023]. Disponible en:
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3640/1/236T0106%20UDCTFC.pdf>

VILLENA, L. *Contaminación de la Industria Láctea.* Sevilla: Insacan., 2014.

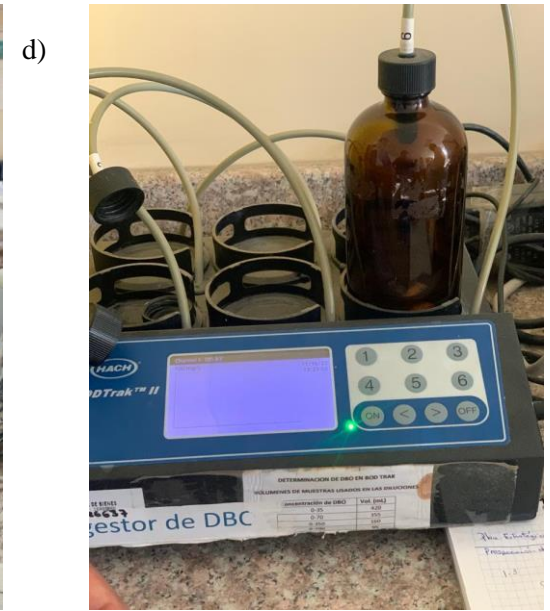
VINUEZA, J. Determinación de la Demanda Química de Oxígeno. s.l. : Quito, 2015. [Consulta: 5 enero 2023]. Disponible en: <https://www.clubensayos.com/Ciencia/DETERMINACION-DE-LA-DEMANDA-QUIMICA-DE-OXIGENO/2868232.html>, 2015.


ZAMBRANO, P. *Características de las aguas residuales.* S.l.: Paradise Sphynx, 2017.



ANEXOS

ANEXO A: MUESTREO Y CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL



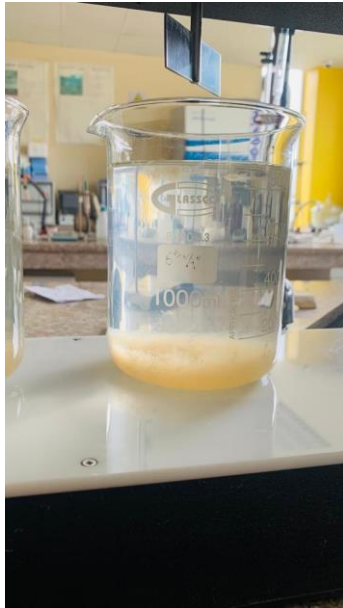
NOTAS: a. Toma de muestra b. Aceites y grasas c. Sólidos sedimentables d. Determinación del DBO	Dib.	Fecha	Nombre	MUESTREO Y CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL		
	Rev.	10/11/2022	ERIKA PAOLA TUCUNANGO ALTAMIRANO			
	Aprob	24/05/2023				
	 ESPOCH FACULTAD CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			LÁMINA	ESCALA	
				1	1:1	

ANEXO B: PRUEBAS DE TRATABILIDAD



NOTAS: a. Aireación b. Test de Jarras c. Elección del coagulante	Dib.	Fecha	Nombre	PRUEBAS DE TRATABILIDAD		
	Rev	10/11/2022	ERIKA PAOLA TUCUNANGO ALTAMIRANO			
	Aprob	24/05/2023			LÁMINA 1	ESCALA 1:1
			ESPOCH FACULTAD CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			

d)




e)



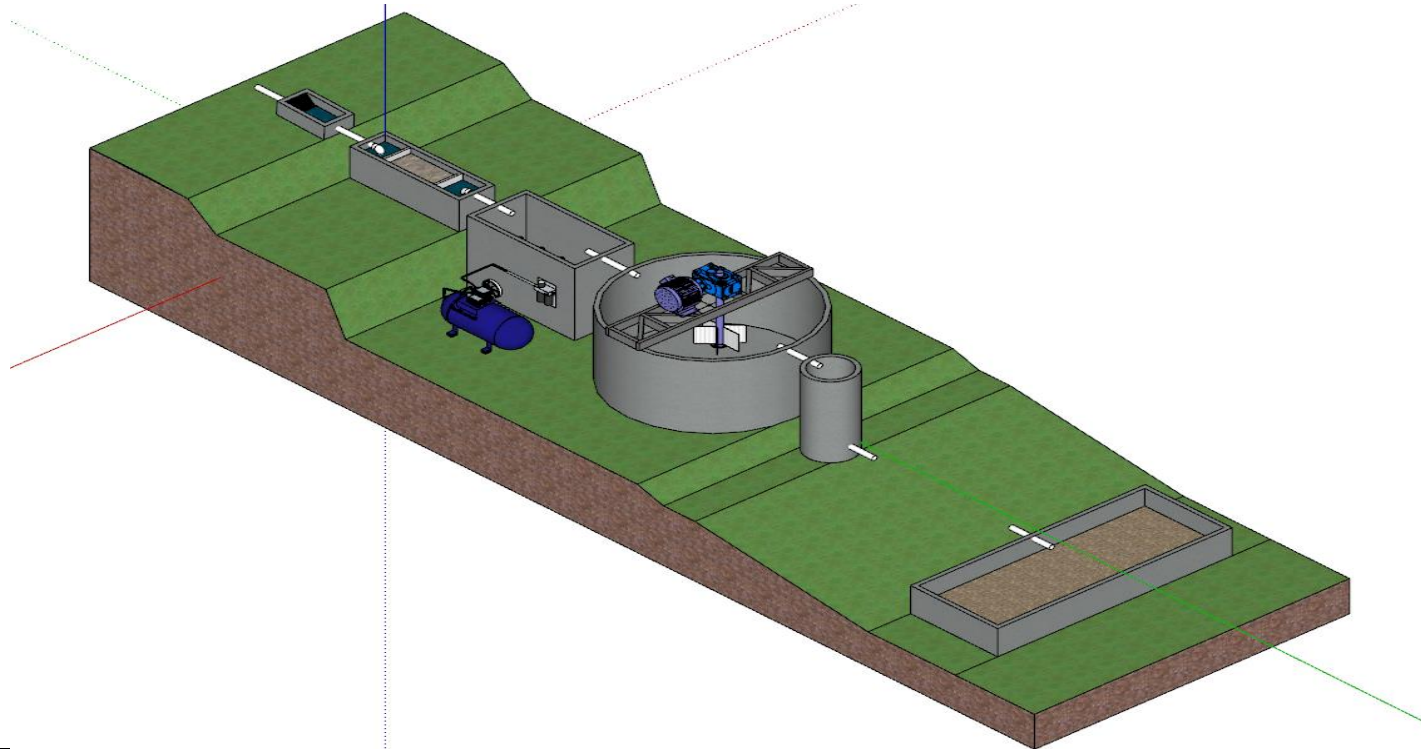
f)




NOTAS: d. Dosificación de coagulante - floculante e. Filtración f. Agua Tratada	Dib.	Fecha	Nombre	PRUEBAS DE TRATABILIDAD		
	Rev	10/11/2022	ERIKA PAOLA TUCUNANGO ALTAMIRANO			
	Aprob	24/05/2023		LÁMINA 1	ESCALA 1:1	
			ESPOCH FACULTAD CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			

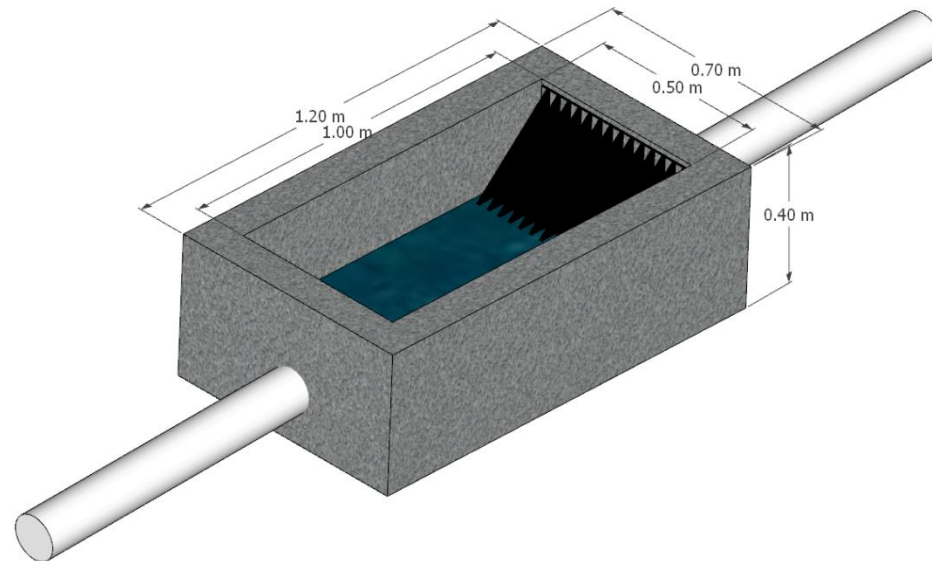
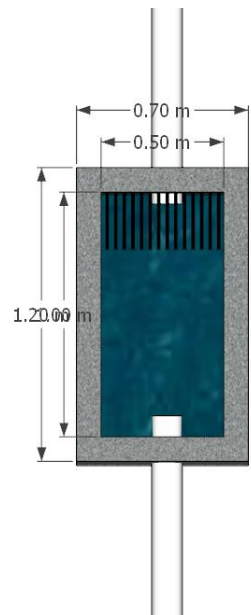
ANEXO C: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL


a)



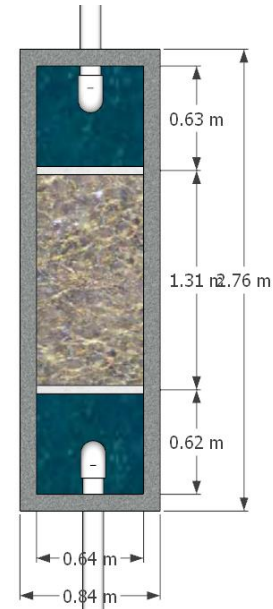
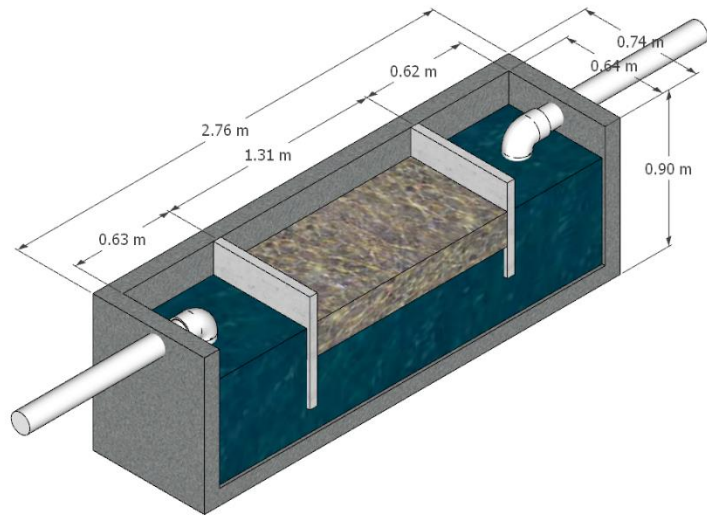
NOTAS:	Dib.	Fecha	Nombre	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL		
	Rev	10/11/2022	ERIKA PAOLA TUCUNANGO ALTAMIRANO			
	Aprob	24/05/2023		LÁMINA	ESCALA	
			ESPOCH FACULTAD CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	1	1:1	


ANEXO D: CANAL Y REJILLAS PARA CAPTACIÓN DE AGUA RESIDUAL



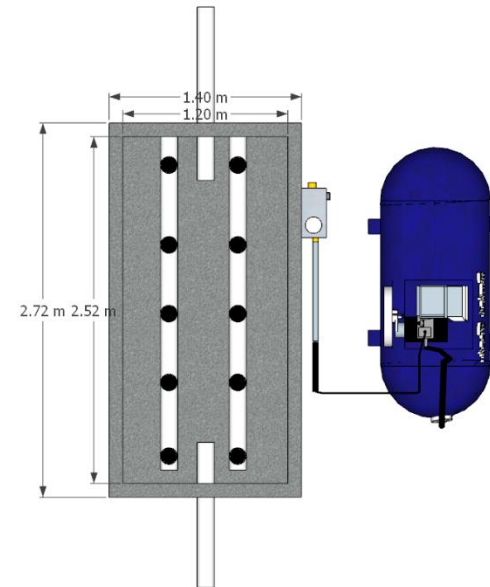
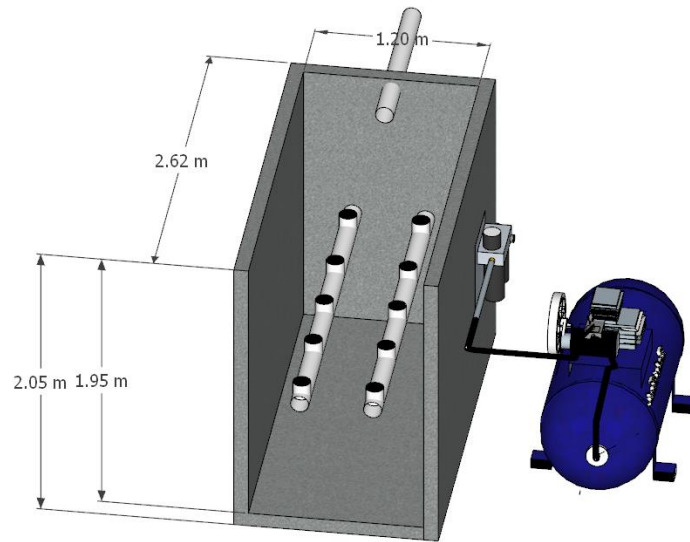
NOTAS:	Dib.	Fecha	Nombre	CANAL Y REJILLAS PARA CAPTACIÓN DE AGUA RESIDUAL		
	Rev	10/11/2022	ERIKA PAOLA TUCUNANGO ALTAMIRANO			
	Aprob	24/05/2023		LÁMINA	ESCALA	
	 ESPOCH FACULTAD CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			1	1:1	


ANEXO E: DIMENSIONAMIENTO DE TRAMPA DE GRASA



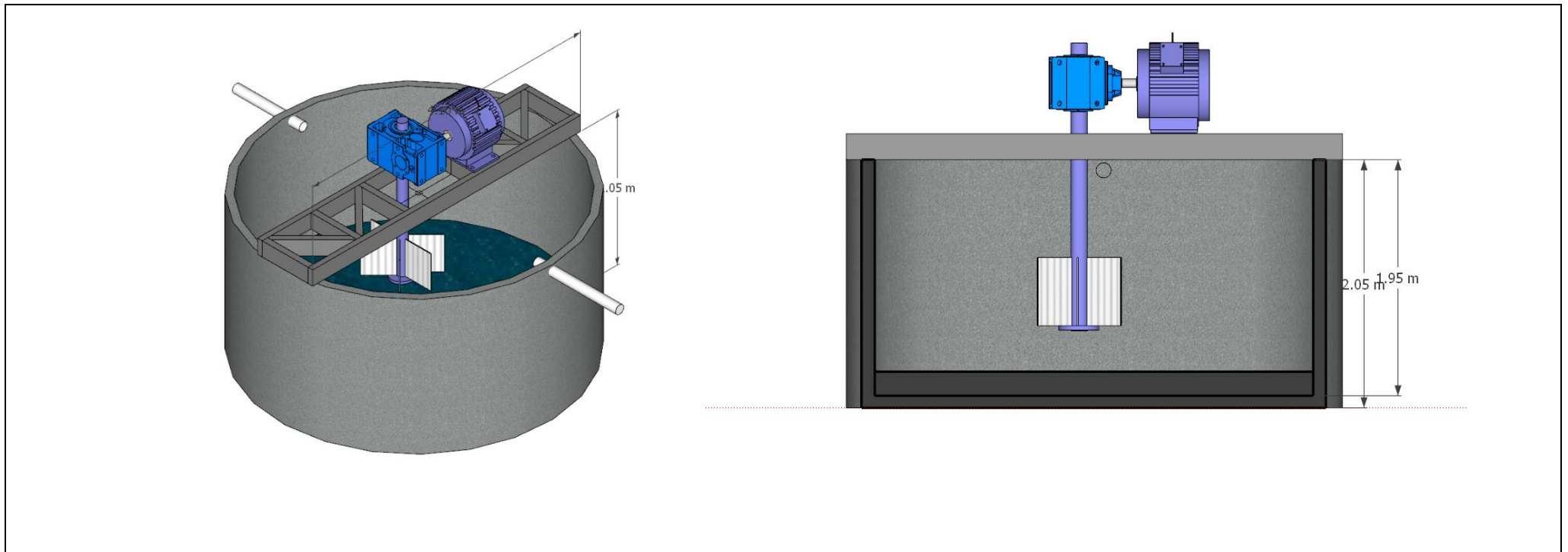
NOTAS:	Dib.	Fecha	Nombre	DIMENSIONAMIENTO DE TRAMPA DE GRASA		
	Rev	10/11/2022	ERIKA PAOLA TUCUNANGO ALTAMIRANO			
	Aprob	24/05/2023				
			ESPOCH FACULTAD CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	LÁMINA	ESCALA	
				1	1:1	


ANEXO F: DIMENSIONAMIENTO DE AIREACIÓN



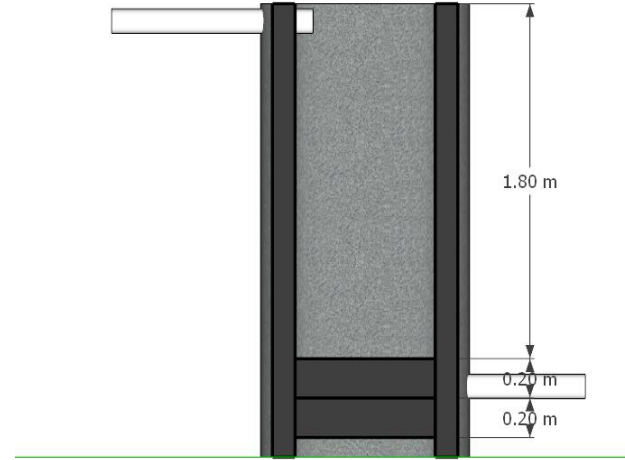
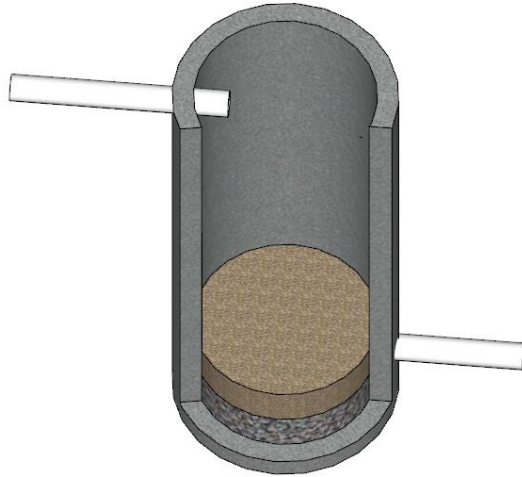
NOTAS:	Dib.	Fecha	Nombre	DIMENSIONAMIENTO DE AIREACIÓN		
	Rev	10/11/2022	ERIKA PAOLA TUCUNANGO ALTAMIRANO			
	Aprob	24/05/2023		LÁMINA	ESCALA	
	 ESPOCH FACULTAD CIENCIAS ESCUELA DE ingeniería QUIMICA			1	1:1	


ANEXO G: DIMENSIONAMIENTO PARA EL MEZCLADOR- SEDIMENTADOR



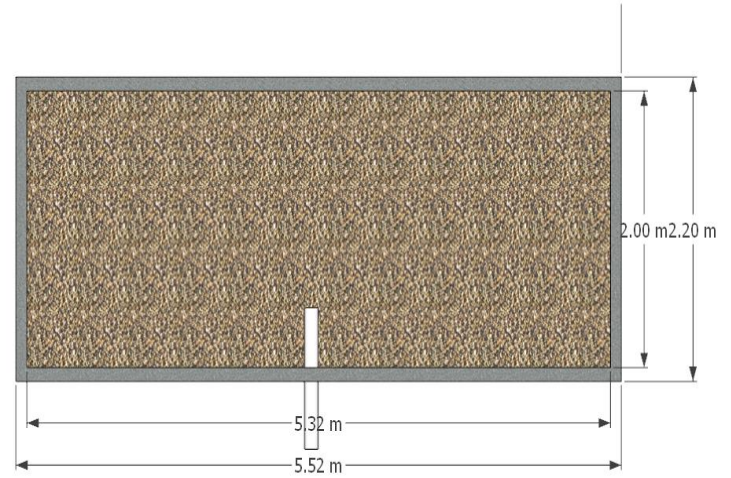
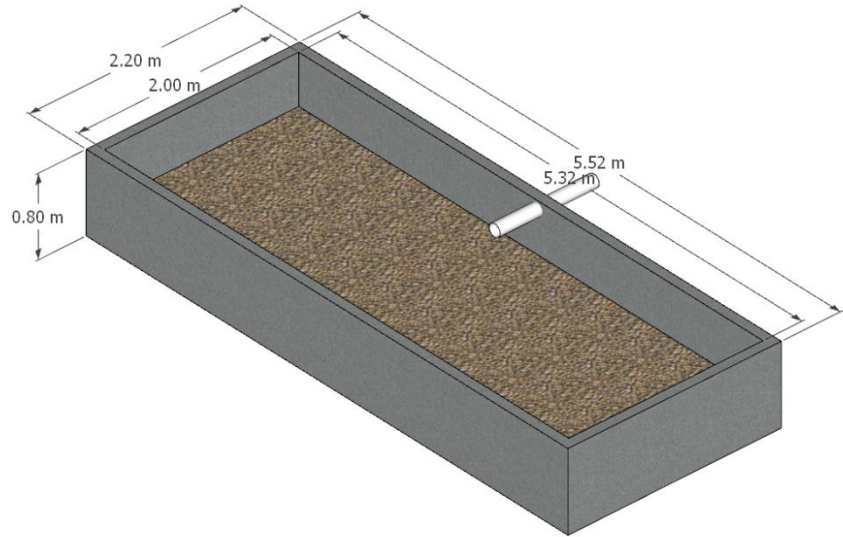
NOTAS:	Dib.	Fecha	Nombre	DIMENSIONAMIENTO PARA EL MEZCLADOR- SEDIMENTADOR		
	Rev	10/11/2022	ERIKA PAOLA TUCUNANGO ALTAMIRANO			
	Aprob	24/05/2023				
	 ESPOCH FACULTAD CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			LÁMINA	ESCALA	
1				1:1		


ANEXO H: DIMENSIONAMIENTO DE FILTRACIÓN



NOTAS:	Dib.	Fecha	Nombre	DIMENSIONAMIENTO DE FILTRACIÓN		
	Rev	10/11/2022	ERIKA PAOLA TUCUNANGO ALTAMIRANO			
	Aprob	24/05/2023		LÁMINA	ESCALA	
	 ESPOCH FACULTAD CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			1	1:1	

ANEXO I: DIMENSIONAMIENTO LECHO DE SECADO



NOTAS:	Dib.	Fecha	Nombre	DIMENSIONAMIENTO LECHO DE SECADO		
	Rev	10/11/2022	ERIKA PAOLA TUCUNANGO ALTAMIRANO			
	Aprob	24/05/2023		LÁMINA	ESCALA	
	 ESPOCH FACULTAD CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			1	1:1	



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 27 / 10 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Erika Paola Tucunango Altamirano
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1746-DBRA-UPT-2023

