



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE CIENCIAS**

### **CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

#### **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA QUESERA DOÑA ISABELITA “CANTÓN GUANO”**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORA:** MARTHA KARINA VELASTEGUI SANUNGA

**DIRECTORA:** Dra. LOURDES CUMANDÁ CARRERA BELTRÁN

Riobamba – Ecuador

2020

**©2020, Velastegui Sanunga Martha Karina**

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

Yo, Velastegui Sanunga Martha Karina declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados de los mismos son auténticos.

Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 28 de febrero de 2020

A handwritten signature in blue ink, reading "Martha Karina Velastegui Sanunga". The signature is stylized with large loops and a prominent flourish at the end.

**Martha Karina Velastegui Sanunga**

**060442396-2**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular: Tipo Proyecto Técnico **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA QUESERA DOÑA ISABELITA “CANTÓN GUANO”** realizado por la señorita: **MARTHA KARINA VELASTEGUI SANUNGA**, 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. Juan Carlos González García

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

2020-02-28

Dra. Lourdes Cumandá Carrera Beltrán

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE**

**TITULACIÓN**

---

2020-02-28

Ing. César Arturo Puente Guijarro.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

2020-02-28

## **DEDICATORIA**

Primeramente, a Dios por cuidarme, iluminarme y guiarme en cada paso de mi vida. A mis padres Norma y Gustavo, mi abuelito Alfredo Sanunga, mi tía Morayma Sanunga, mis primos Raúl, Luis, Washington, mis hermanos Silvia, Zulay y Edwin, quienes, con su amor incondicional, apoyo, ánimos, confianza, que me brindan día tras día para cumplir con mis sueños, objetivos y metas planteadas.

KARINA

## **AGRADECIMIENTO**

A la Dra. Cumandá Carrera, DIRECTORA DE TESIS por su paciencia, amabilidad, ayuda, guía y asesoramiento para realizar mi proyecto técnico.

Al Ing. César Puente, ASESOR DE TESIS, por su colaboración, paciencia, amabilidad en mi proyecto de tesis.

A la Dra. Gina Álvarez por alentarme en los momentos difíciles, por su enseñanza, colaboración y aporte brindado en la elaboración de mi proyecto.

Al Dr. Gerardo León por colaborar con sus conocimientos en la elaboración de mi proyecto

Al Ing. Oswaldo Calero por sus palabras de motivación en esta etapa de mi vida.

A Rodrigo Guerrero por su apoyo y ánimos para cumplir con todos mis sueños, por los ánimos a salir adelante y no dejarme vencer en los obstáculos que se presentan en mi vida.

A Joffre Pasmay, por ser mi amigo incondicional, por su apoyo y palabras de motivación a salir adelante en los momentos difíciles en todas las etapas de mi vida.

A la Sra. Paola Rodríguez por haberme brindado la oportunidad de trabajar en horarios accesibles toda mi vida estudiantil, por sus palabras de aliento a culminar con mis sueños.

Al Sr Walter Asitimbay, propietario de la empresa Doña Isabelita por ayudarme con toda la información necesaria para efectuar mi trabajo de titulación.

**KARINA**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

## CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Antecedentes.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Agua.....</b>	<b>5</b>
<i>1.2.1. Contaminación del agua.....</i>	<i>5</i>
<i>1.2.2. Fuentes de contaminación.....</i>	<i>6</i>
<i>1.2.2.1. Fuentes Artificiales.....</i>	<i>6</i>
<b>1.3. Agua Residual.....</b>	<b>6</b>
<i>1.3.1. Tipos de aguas residuales.....</i>	<i>7</i>
<i>1.3.1.1. Aguas residuales domésticas o aguas negras.....</i>	<i>7</i>
<i>1.3.1.2. Aguas residuales industriales.....</i>	<i>7</i>
<i>1.3.1.3. Aguas residuales pecuarias.....</i>	<i>7</i>
<i>1.3.1.4. Aguas residuales de origen agrícola.....</i>	<i>8</i>
<i>1.3.1.5. Aguas de escorrentía urbana.....</i>	<i>8</i>
<i>1.3.2. Características de las aguas residuales.....</i>	<i>8</i>
<i>1.3.2.1. Físicas.....</i>	<i>8</i>
<i>1.3.2.2. Características Químicas.....</i>	<i>11</i>
<i>1.3.2.3. Características Biológicas.....</i>	<i>13</i>
<b>1.4. Industria Quesera.....</b>	<b>14</b>
<i>1.4.1. Queso.....</i>	<i>14</i>
<i>1.4.2. Procedimiento en la elaboración del queso.....</i>	<i>14</i>
<i>1.4.2.1. Recepción de la leche.....</i>	<i>16</i>
<i>1.4.2.2. Medición del volumen de la leche y cálculo de número de moldes.....</i>	<i>16</i>
<i>1.4.2.3. Pasteurización de la leche.....</i>	<i>16</i>
<i>1.4.2.4. Agregado de Aditivos.....</i>	<i>16</i>

1.4.2.5.	<i>Coagulación</i> .....	17
1.4.2.6.	<i>Corte de la cuajada</i> .....	17
1.4.2.7.	<i>Batido</i> .....	17
1.4.2.8.	<i>Desuerado</i> .....	17
1.4.2.9.	<i>Moldeado</i> .....	18
1.4.2.10.	<i>Prensado</i> .....	18
1.4.2.11.	<i>Salado</i> .....	18
1.4.2.12.	<i>Empacado</i> .....	18
1.4.2.13.	<i>Almacenamiento</i> .....	18
<b>1.4.3.</b>	<b><i>Problema ambiental en las industrias queseras</i></b> .....	<b>18</b>
<b>1.4.4.</b>	<b><i>Clasificación de las aguas residuales en las industrias queseras</i></b> .....	<b>19</b>
1.4.4.1.	<i>Aguas de Proceso</i> .....	19
1.4.4.2.	<i>Aguas de limpieza</i> .....	19
1.4.4.3.	<i>Aguas de servicios</i> .....	19
<b>1.5.</b>	<b><i>Caudal</i></b> .....	<b>19</b>
<b>1.5.1.</b>	<b><i>Medición del caudal</i></b> .....	<b>20</b>
1.5.1.1.	<i>Método Volumétrico</i> .....	20
<b>1.6.</b>	<b><i>Muestreo</i></b> .....	<b>20</b>
<b>1.6.1.</b>	<b><i>Tipo de Muestras</i></b> .....	<b>21</b>
1.6.1.1.	<i>Muestra Simple, puntual o instantánea</i> .....	21
1.6.1.2.	<i>Muestra Compuesta</i> .....	21
<b>1.7.</b>	<b><i>Tipos de Recipientes</i></b> .....	<b>21</b>
1.7.1.	<i>Llenado y Conservación</i> .....	22
1.7.2.	<i>Rotulado de las muestras</i> .....	22
<b>1.8.</b>	<b><i>Planta de tratamiento de aguas residuales</i></b> .....	<b>22</b>
1.8.1.	<i>Canal</i> .....	23
1.8.2.	<i>Cribado</i> .....	26
1.8.3.	<i>Sedimentación</i> .....	28
1.8.4.	<i>Aireación</i> .....	30
1.8.5.	<i>Sedimentador Secundario</i> .....	35
1.8.6.	<i>Floculación y Coagulación</i> .....	37
1.8.7.	<i>Filtración</i> .....	42
1.8.7.1.	<i>Medio filtrante</i> .....	42
1.8.8.	<i>Resultados en porcentaje de remoción de contaminantes</i> .....	45
<b>1.9.</b>	<b><i>Normativa ambiental</i></b> .....	<b>45</b>



## CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO .....	49
2.1.	Diseño experimental .....	49
2.1.1.	<i>Tipo de estudio</i> .....	49
2.1.2.	<i>Localización del proyecto</i> .....	49
2.1.3.	<i>Descripción de la empresa</i> .....	50
2.3.	Medición de Caudal.....	51
2.3.1.	<i>Materiales y equipos</i> .....	51
2.4.	Muestreo del agua residual.....	52
2.4.1.	<i>Materiales y equipos</i> .....	52
2.5.	Caracterización del agua residual industrial .....	52
2.6.	Índice de Biodegradabilidad.....	53
2.7.	Test de Jarras.....	54
2.8.	Dimensionamiento del sistema de tratamiento .....	55
2.9.	Elaboración de planos .....	55

## CAPÍTULO III

3.	CÁLCULOS DE DISEÑO .....	56
3.1.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	56
3.1.1.	<i>Determinación del caudal</i> .....	56
3.1.2.	<i>Caudal de diseño</i> .....	56
3.1.3.	<i>Canal rectangular</i> .....	56
3.1.4.	<i>Rejillas</i> .....	57
3.1.5.	<i>Sedimentador Primario</i> .....	59
3.1.6.	<i>Aireación a través de difusores</i> .....	62
3.1.7.	<i>Sedimentador secundario</i> .....	65
3.1.8.	<i>Coagulación y Floculación</i> .....	67
3.1.9.	<i>Filtración</i> .....	71

## CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS .....	73
4.1.	Medición del caudal.....	73
4.2.	Caracterización físico-química del agua residual con suero de la quesera “Doña Isabelita” .....	74

4.2.1.	<i>Prueba de Jarras para el agua residual con suero</i> .....	76
4.3.2.	<i>Caracterización físico-química del efluente final con suero de la quesera “Doña Isabelita”</i> .....	79
4.3.	<b>Caracterización físico-química del agua residual sin suero de la quesera “Doña Isabelita”</b> .....	80
4.3.1.	<i>Prueba de jarras para el agua residual sin suero</i> .....	83
4.3.2.	<i>Caracterización físico-química del efluente final sin suero de la quesera “Doña Isabelita”</i> .....	85
4.4.	<b>Esquema del sistema de tratamiento propuesto</b> .....	87
4.6.	<b>Resultados en porcentaje de remoción de contaminantes</b> .....	91
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	92
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	93
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Clases de tratamientos de las aguas residuales.....	24
<b>Tabla 2-1:</b> Valores estimados de coeficiente de Manning.....	26
<b>Tabla 3-1:</b> Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	48
<b>Tabla 1-2:</b> Materiales y equipos empleados en la medición del caudal.....	52
<b>Tabla 2-2:</b> Materiales y equipos utilizados en el muestreo del efluente industrial.....	53
<b>Tabla 3-2:</b> Técnicas de análisis de los parámetros físico-químicos del agua residual.....	54
<b>Tabla 4-2:</b> Criterios de biodegradabilidad según la relación entre DBO <sub>5</sub> /DQO.....	55
<b>Tabla 5-2:</b> Materiales y equipos empleados en la prueba de jarras.....	56
<b>Tabla 6-2:</b> Sustancias y reactivos empleados en la prueba de jarras.....	56
<b>Tabla 1-3:</b> Parámetros de diseño para rejillas de limpieza manual y mecánica.....	59
<b>Tabla 2-3:</b> Consideraciones de diseño de decantación primaria.....	61
<b>Tabla 3-3:</b> Parámetros de diseño de un sedimentador primario circular.....	63
<b>Tabla 4-3:</b> Valores de constantes empíricas.....	63
<b>Tabla 5-3:</b> Valores recomendados de coeficientes cinéticos para efluentes industriales.....	64
<b>Tabla 6-3:</b> Valores estimados de coeficientes cinéticos para el proceso de efluentes industriales.....	64
<b>Tabla 7-3:</b> Parámetros considerados para el diseño de un sedimentador secundario.....	67
<b>Tabla 8-3:</b> Parámetros recomendados para el dimensionamiento del floculador.....	69
<b>Tabla 9-3:</b> Valores recomendados de carga superficial de acuerdo a la suspensión química...	69
<b>Tabla 10-3:</b> Propiedades físicas del agua a temperaturas diferentes.....	71
<b>Tabla 11-3:</b> Valores de coeficiente de resistencia al avance de las paletas.....	72
<b>Tabla 12-3:</b> Parámetros de diseño del filtro.....	73
<b>Tabla 1-4:</b> Datos diarios de la medición del caudal de la quesera “Doña Isabelita”.....	75
<b>Tabla 2-4:</b> Datos de los Análisis Físico- Químicos del agua residual con suero.....	77
<b>Tabla 3-4:</b> Elección de pH óptimo para el efluente con suero.....	79

<b>Tabla 4-4:</b> Dosis óptima de Floculante Aniónico.....	80
<b>Tabla 5-4:</b> Datos de la caracterización final del agua residual con suero.....	81
<b>Tabla 6-4:</b> Datos de los Análisis Físico-Químicos del agua residual sin suero.....	83
<b>Tabla 7-4:</b> Índice de Biodegradabilidad para el agua residual con suero lácteo y sin suero lácteo.....	84
<b>Tabla 8-4:</b> Elección de pH óptimo para el agua residual sin suero.....	85
<b>Tabla 9-4:</b> Elección de la dosis óptima de Floculante Aniónico para el agua residual sin suero.....	86
<b>Tabla 10-4:</b> Datos de la caracterización final del agua residual sin suero.....	87
<b>Tabla 11-4:</b> Dimensionamiento del canal.....	89
<b>Tabla 12-4:</b> Dimensionamiento de cribado.....	90
<b>Tabla 13-4:</b> Dimensionamiento del sedimentador primario.....	90
<b>Tabla 14-4:</b> Dimensionamiento de aireación.....	91
<b>Tabla15-4:</b> Dimensionamiento del sedimentador secundario.....	91
<b>Tabla 16-4:</b> Dimensionamiento del floculador.....	92
<b>Tabla 17-4:</b> Dimensionamiento del filtro.....	92
<b>Tabla 18-4:</b> Porcentaje de remoción de contaminantes.....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1.</b> Diagrama del procedimiento.....	15
<b>Figura 2-1.</b> Formas del canal de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.....	25
<b>Figura 1-2.</b> Ubicación de la Parroquia San Gerardo.....	51
<b>Figura 1-4.</b> Esquema del sistema de tratamiento.....	89

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-4.</b> Variación del caudal.....	76
<b>Gráfico 2-4.</b> Concentración de los parámetros y límites permisibles.....	78
<b>Gráfico 3-4.</b> pH óptimo.....	79
<b>Gráfico 4-4.</b> Dosis óptima de PAC.....	80
<b>Gráfico 5-4.</b> Dosis óptima de floculante aniónico.....	81
<b>Gráfico 6-4.</b> Concentración final de los parámetros y límites permisibles.....	82
<b>Gráfico 7-4.</b> Concentración de los parámetros y límites permisibles.....	83
<b>Gráfico 8-4.</b> pH óptimo.....	85
<b>Gráfico 9-4.</b> Dosis óptima de PAC.....	86
<b>Gráfico 10-4.</b> Dosis óptima de floculante aniónico.....	87
<b>Gráfico 11-4.</b> Concentración final de los parámetros y límites permisibles.....	88

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO EN CAMPO

**ANEXO B:** FOTOGRAFÍAS EN EL LABORATORIO

**ANEXO C:** HOJA TÉCNICA DE POLÍMERO ANIÓNICO

**ANEXO D:** DOCUMENTO DE LA INDUSTRIA QUESERA “DOÑA ISABELITA”

**ANEXO E:** CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL AGUA RESIDUAL CON SUERO DE LA QUESERA “DOÑA ISABELITA”

**ANEXO F:** CARACTERIZACIÓN FINAL DEL AGUA RESIDUAL CON SUERO DE LA QUESERA “DOÑA ISABELITA”

**ANEXO G:** CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL AGUA RESIDUAL SIN SUERO DE LA QUESERA “DOÑA ISABELITA”

**ANEXO H:** CARACTERIZACIÓN FINAL DEL AGUA RESIDUAL SIN SUERO DE LA QUESERA “DOÑA ISABELITA”

**ANEXO I:** CANAL DE CAPTACIÓN Y SISTEMA DE REJILLAS PARA AGUA DE LA QUESERA

**ANEXO J:** SEDIMENTADOR PRIMARIO

**ANEXO K:** TANQUE DE AIREACIÓN

**ANEXO L:** SEDIMENTADOR SECUNDARIO

**ANEXO M:** TANQUE DE FLOCULADOR

**ANEXO N:** SISTEMA DE FILTRACIÓN

**ANEXO O:** VISTA PLANTA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

**ANEXO P:** VISTA LATERAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

## RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales de la quesera Doña Isabelita “Cantón Guano”, para esto se midió el caudal mediante el método volumétrico. Para la caracterización físico-químico se tomaron 3 muestras compuestas a través del muestreo compuesto. Se realizó el test de jarras mediante diferentes concentraciones de Policloruro de Aluminio como coagulante y floculante aniónico para reducir los sólidos suspendidos presentes en el agua residual. Se determinó el caudal de diseño  $3,25 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ . Los análisis físico-químicos del agua residual con suero que inicialmente descargaba la empresa indican valores de  $\text{DBO}_5$  2500 mg/l, DQO 3440 mg/l, aceites y grasas 237,5 mg/l, sólidos suspendidos 365 mg/l y sólidos totales 4256 mg/l, luego se logró que no sea vertido el suero y los resultados fueron:  $\text{DBO}_5$  1245 mg/l, DQO 1660 mg/l y sólidos totales 3132 mg/l, los cuales se encuentran fuera de los límites de descarga al sistema de alcantarillado público estipulados en la Tabla 8 del Acuerdo Ministerial 097-A Anexo al TULSMA. Se estableció una concentración óptima de 20 ppm de PAC y floculante aniónico a 4 ppm (polímero de alta carga negativa), donde se logró obtener un rendimiento en relación a remoción de contaminantes del agua residual con suero del 70,57%. Así mismo el agua residual sin suero muestra una disminución del 79,19%. Luego se dimensionó el sistema de tratamiento de aguas residuales que consta de un canal, rejillas, sedimentador primario, sistema de aireación, sedimentador secundario, floculador y filtración. Se recomienda a la empresa implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales con el fin de reducir la carga contaminante mejorando la calidad del agua y cumplir con límites de descarga al sistema de alcantarillado público estipulados en la normativa ambiental vigente.

**Palabras clave:** <AGUA RESIDUAL>, <CARACTERIZACIÓN>, <MUESTREO COMPUESTO>, <EFLUENTE INDUSTRIAL>, <CARGA CONTAMINANTE>.





## SUMMARY

The objective of the present project was to design a wastewater treatment system of the Señora Isabelita "Cantón Guano" cheese, for this the flow rate was measured using the volumetric method. For physical-chemical characterization, 3 composite samples will be taken through composite sampling. The jar test was performed using different variations of Aluminum Polychloride as an anionic coagulant and flocculant to reduce suspended solids present in the wastewater. The design flow rate  $3.25 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$  was determined. The physical-chemical analysis of the wastewater with serum that the company discharges indicates values of  $\text{BOD}_5$  2500 mg / l, DQO 3440 mg / l, oils and fats 237.5 mg / l, suspended solids 365 mg / l and total solids 4256 mg / l, then it was lost that the serum was not spilled and the results were:  $\text{BOD}_5$  1245 mg / l, DQO 1660 mg / l, oils and fats 237.5 mg / l and highly total 3132 mg / l, which are outside of the discharge limits to the public sewer system established in Table 8 of Ministerial Agreement 097-A Annex to the TULSMA. An optimum concentration of 20 ppm of PAC and anionic flocculant at 4 ppm (high negative charge polymer) was considered, where a yield was obtained in relation to the removal of contaminants from the serum-free wastewater shows a decrease of 79.19%. Then, the wastewater treatment system consisting of a channel, grilles, primary settler, aeration system, secondary settler, flocculator and filtration was sized. The company is recommended to implement a wastewater treatment system in order to reduce the pollutant load by improving water quality and comply with discharge limits to the public sewer system stipulated in current environmental regulations.

**Keywords:** <WATER RESIDUAL>, <CHARACTERIZATION>, <COMPOSITE SAMPLING>, <INDUSTRIAL EFFLUENT>, <CONTAMINATING LOAD>.



# **INTRODUCCIÓN**

## **Identificación del Problema**

En el Ecuador, la contaminación del agua por efectos naturales como antropogénicos, ha originado un deterioro de la calidad del agua, debido a la presencia de sustancias tóxicas utilizadas en los procesos industriales.

En la industria láctea, el problema más notorio es la generación de las aguas residuales donde se presentan concentraciones elevadas de DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos en suspensión, aceites y grasas, pH, sólidos totales y sedimentables, los mismos que se encuentran fuera de los límites de descarga al sistema de alcantarillado público perteneciente al Acuerdo Ministerial 097-AA Anexo al TULSMA.

La fábrica de quesos Doña Isabelita genera diariamente gran cantidad de agua residual, la misma que resulta principalmente durante el proceso de elaboración de quesos, lavado de equipos, utensilios y limpieza misma de la industria, incumpliendo de esta forma las normas establecidas por parte de la normativa vigente, pues el efluente es descargado directamente al sistema de alcantarillado público sin ningún tipo de tratamiento.

¿El sistema de Tratamiento de Aguas Residuales ayudará al efluente a cumplir con los parámetros establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A Anexo al TULSMA?

## **Justificación**

De acuerdo con (Santamaría et al., 2015: pp.14-16) se indicó que las aguas residuales de una industria quesera contienen altas concentraciones de grasas, Sólidos Totales (ST), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO), lo cual afectan los cuerpos de agua donde confluyen las descargas con una elevada carga contaminante.

Según investigaciones de (Peralta et al., 2008: pp.12-13) obtuvieron resultados promedios de DQO en el orden de los 5000 mg de O<sub>2</sub>/L cuando es efectuada la limpieza de las instalaciones, donde se utiliza solución cáustica (hidróxido de sodio), en el cual la concentración de la DQO incrementa en las aguas residuales presentes en industrias queseras.

El GADM del Cantón Guano en su compromiso de preservación y conservación de los recursos naturales, ha visto la necesidad de establecer ordenanzas, como la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales a las industrias queseras.

La implementación de los sistemas de tratamiento a las diferentes queseras del Cantón Guano, permitirán disminuir la carga contaminante de los efluentes que son descargados directamente hacia el sistema de alcantarillado público o a un cuerpo hídrico aledaño sin ser tratadas sus aguas residuales procedentes de las actividades que se llevan a cabo dentro de estas industrias.

Frente a esto, la industria quesera Doña Isabelita no dispone de un sistema de tratamiento de efluentes por lo que estaría incumpliendo con la Normativa Ambiental vigente, por tal razón el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales permitiría reducir la carga orgánica del agua residual y convertirla en un producto que pueda ser reutilizado o revertido a corrientes receptoras de tal forma que sea amigable con el ambiente.

La ejecución del presente proyecto, ayudará a reducir la problemática de la contaminación ambiental de los recursos naturales como los ríos y corrientes receptoras. Este hecho coadyuvará a que los actores que están relacionados directa o indirectamente con este tema puedan vivir y desarrollarse en un ambiente sano, cumpliendo así con el cuidado ambiental, salud de los pobladores y leyes ambientales vigentes en nuestro país.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales de la quesera Doña Isabelita “CANTÓN GUANO”

### **Objetivos Específicos**

- Determinar el caudal existente en el efluente proveniente de la quesera “Doña Isabelita” del Cantón Guano.
- Caracterizar el agua residual industrial mediante los análisis físico- química para establecer los parámetros que se encuentran fuera de los límites establecidos en la normativa vigente.
- Establecer el sistema de tratamiento adecuado para las aguas residuales generadas en la quesera.
- Dimensionar y diseñar el sistema de tratamiento a aplicar en base a los resultados obtenidos de la caracterización final del efluente tratado.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1. Antecedentes

Los recursos naturales y su conservación, día tras día cobran cada vez más importancia, por tal razón el ser humano ha visto la necesidad de crear estrategias para protegerlos y conservarlos en su estado natural, libres de contaminación generada por el ser humano en sus diversas actividades antropogénicas.

En nuestro planeta el 70,8% es agua, pero únicamente el 2,5% representa agua dulce apta para el consumo. De este porcentaje mínimo la mayor parte se encuentra inaccesible como en glaciares, polos entre otros y solamente el 0,5% es exequible para el consumo humano. De este escaso porcentaje de agua dulce se está reduciendo de forma continua debido a la contaminación, cambio climático y al incremento poblacional. (Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo, 2007, pp.93-95)

Según estadísticas el 40% de los seres humanos carecen de la disponibilidad de este elemento y para el año 2025 afectara al 66% de la población por tanto se generarán conflictos entre naciones por la posesión de los derechos de consumo y provocará daños a la diversidad biológica en muchos lugares de la tierra.

Los habitantes que se encuentran en los países subdesarrollados mueren aproximadamente 2,2 millones de personas anualmente principalmente niños, por la carencia de agua potable, limpieza y saneamiento adecuado, también el 50 por ciento de seres vivos en los países en vías de desarrollo padecen enfermedades originadas por el consumo de alimentos o del líquido vital contaminado o por organismos vivos que se encuentran en el agua. Se podrá reducir en un 75 por ciento las enfermedades y fallecimientos de seres humanos con un saneamiento y distribución apropiada del elemento vital exento de contaminación. (Isch, 2011, pp.7-10).

A nivel mundial la mayor parte del consumo de agua es por la actividad industrial con un 45% seguido en un 40% por la actividad agrícola y el 15% del consumo humano. Según el informe de las Naciones Unidas a cerca del desarrollo de los recursos hídricos del mundo esta pronosticado que para el año 2025 el uso de agua para el sector industrial llegará a los 1170 km<sup>3</sup>/año, cifra que en 1995 alcanzo 752 km<sup>3</sup>/año, el sector industrial es el que más consume y por ende el que más contamina (Valverde y Cano-Santana, 2017: pp.153-154).

En la actualidad la mayoría de ciudades de nuestro país, descargan sus aguas residuales industriales como municipales directamente a los ríos sin ningún tipo de tratamiento, que llevan

consigo sólidos en suspensión los mismos que sedimentan en los ríos e imposibilitan la vida acuática como el desove de los peces, por otro lado, residuos como la materia orgánica consume oxígeno reduciendo su disponibilidad para los organismos que viven en los cauces. El mercurio, cadmio y plomo son nocivos ya que interfieren en la reproducción como en las hormonas, el zinc y el cobre son muy tóxicos en la vida acuática, todo aquello ha conducido a la desaparición de la mayoría de los seres vivos marítimos. (Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo, 2007, p.98).

Por tal razón es de suma importancia el tratamiento y la reutilización de las aguas residuales industriales, de esta manera se colabora al uso sostenible del líquido vital y a la regeneración de sus ecosistemas, así como precautelar, conservar y asegurar el bienestar de los seres vivos consumidores de este elemento valioso.

En países en vías de desarrollo como Colombia se trata las aguas residuales industriales y residenciales por medio de una planta de tratamiento de aguas residuales, la cual remueve la carga contaminante entre el 80 y 85% antes de devolverla al afluente (Herrera y Javid, 2013: pp.65-66).

En Ecuador la provincia de Quito cuenta con la PTAR ubicada en Quitumbe, disminuyendo la carga contaminante de las aguas residuales en un 90% antes de ser descargadas al río Machángara.

En la quesera “El Pajonal”, en el año 2013, ciudad de Riobamba, parroquia Quimiag, se aplicó un sistema de tratamiento de aguas residuales donde se determinó una disminución en el efluente de los siguientes parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO, aceites y grasas y sólidos suspendidos, cumpliendo con los valores permisibles para ser descargados al sistema de alcantarillado según la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9 del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULAS). (Vallejo, 2013, pp.95-96).

## **1.2. Agua**

La superficie de nuestro planeta Tierra está formado por tres cuartas partes de agua, en donde del 70% solamente el 2,5% es agua dulce accesible para el ser humano.

El agua es un recurso natural esencial para el desarrollo de los seres vivos y en la actualidad existe un consumo elevado de agua dulce debido a las actividades antropogénicas del humano especialmente en la industria, agricultura y consumo doméstico. (Marsily, 2001, pp.7-9)

### ***1.2.1. Contaminación del agua***

Es la modificación de la calidad del agua generada por el ser humano, debido a la acumulación de elementos tóxicos y vertidos en un sistema hídrico, haciéndola peligrosa para el consumo

humano, la agricultura, la industria, las actividades recreativas y la pesca, generando efectos negativos sobre la salud y el medio ambiente (Ministerio del Ambiente, 2016, p.16)

### **1.2.2. Fuentes de contaminación**

Las fuentes de contaminación del agua se pueden agrupar en dos grupos

- Naturales
- Artificiales

#### *1.2.2.1. Fuentes naturales*

La contaminación natural depende de los terrenos por donde atraviesa una corriente de agua, llevando consigo elementos de origen natural formados por el contacto de la atmósfera con el suelo entre ellas se encuentran sustancias minerales y orgánicas en suspensión y disueltas como el magnesio, calcio, arsénico y bacterias. Por su capacidad de autodepuración estas sustancias dañinas para la salud son eliminadas en su mayoría.

#### *1.2.2.2. Fuentes Artificiales*

Generalmente originadas como consecuencia de las actividades antropogénicas, siendo desechos sólidos y líquidos que se vierten en las aguas como son las sustancias procedentes de las industrias (aceites, grasas, compuestos químicos), sustancias de sumideros sanitarios (orina, heces, detergentes), sustancias útiles para la eliminación de vectores y plagas (herbicidas, insecticidas, plaguicidas). Estas sustancias son peligrosas para los organismos, el ambiente y difíciles de eliminar. (Fernández, 2012, pp.149-151).

### **1.3. Agua Residual**

Las aguas residuales se generan de las actividades antropogénicas de la vida humana alterando las características físicas, químicas y biológicas del agua

El agua residual presenta elementos tales como grasas, detergentes, materia orgánica, residuos industriales, sustancias tóxicas entre las cuales se encuentra materia fecal y orina de seres humanos y de animales. (Castañeda y Flores, 2013: p.3)

### ***1.3.1. Tipos de aguas residuales***

Son provenientes de distintos tipos de aguas residuales, se basan en su origen, nivel de contaminación y están vinculadas a la actividad del hombre. Sus propiedades físicas, químicas y biológicas serán distintas en cada una de ellas entre las cuales tenemos:

Aguas residuales domésticas

Aguas residuales industriales

Aguas residuales pecuarias

Aguas residuales de origen agrícola

Aguas de escorrentía urbana

#### ***1.3.1.1. Aguas residuales domésticas o aguas negras***

Son aquellas provenientes de los hogares, locales comerciales públicos y privados, educacionales compuestos por orina y heces del ser humano, limpieza del hogar, aseo personal y de la cocina, conteniendo bacterias, elevada cantidad de materia orgánica, además residuos de grasas, detergentes, lejías y jabón. (Espigares y Pérez, 2003: p.2)

#### ***1.3.1.2. Aguas residuales industriales***

Es la correspondiente al agua de desecho generada en procesos u operaciones de fábricas y establecimientos industriales. El agua de suministro dentro de las industrias que posteriormente se transforman en aguas residuales se usa especialmente en agua de limpieza, agua de proceso, agua de calefacción y agua de refrigeración. (Metcalf y Eddy, 1995: p.18).

Las aguas residuales industriales contienen detergentes, aceites, subproductos de origen animal, vegetal, químico, mineral y se caracterizan porque su composición es variable. (Espigares y Pérez, 2003: p.2)

#### ***1.3.1.3. Aguas residuales pecuarias***

Este tipo de aguas residuales se originan de la actividad ganadera, provocando vertidos constantes y concentrados directamente a los ríos cuando dicha actividad es intensiva.

Cuando la actividad ganadera no se desarrolla dentro de un establo la contaminación de los cauces es difusa y su control es dificultoso ya que alteran las características físicas químicas y biológicas de la escorrentía tanto superficial como subsuperficial. (Castañeda y Flores, 2013: p.4)



#### *1.3.1.4. Aguas residuales de origen agrícola*

Son procedentes del agua de riego por los productos usados en la agricultura y por el agua lluvia debido al arrastre de contaminantes. Las aguas residuales de origen agrícola llegan a los ríos, embalses, acuíferos ocasionando efectos negativos en la cadena trófica por la presencia de insecticidas, plaguicidas, fungicidas entre otras. (Guadarrama y Galván, 2015: p.3)

#### *1.3.1.5. Aguas de escorrentía urbana*

Las aguas de este tipo se originan de las precipitaciones y nieve que se juntan en las cuencas urbanas. Los caudales son intermitentes y superiores de 50 a 200 veces con respecto a las descargas domésticas, comerciales e industriales.

La superficie que recoge las precipitaciones es permeables e impermeables, se presenta en mayor porcentaje el impermeable como la precipitación sobre el asfaltado, edificios, azoteas entre otras. Las superficies impermeables contienen una concentración elevada de contaminantes debido que la lluvia arrastra arenas, sustancias tóxicas, metales pesados entre otras sobre las áreas que no son permeables. (Escobar, 2002, p.14).

### ***1.3.2. Características de las aguas residuales***

Existen 3 parámetros principales indicadores de la contaminación que ayudarán para el tratamiento de las aguas residuales. Son las siguientes:

- Físicas
- Químicas
- Microbiológicas

#### *1.3.2.1. Físicas*

Las principales determinaciones físicas en el agua residual más comunes son el color, olor, sabor, temperatura y turbiedad.

- Color

El color en el agua se debe a la presencia de las sustancias orgánicas e inorgánicas disueltas y suspendidas en el agua.

Se debe distinguir el color aparente del color real, el color aparente es el color que adquiere debido a las sustancias suspendidas como disueltas en una muestra determinada y el color verdadero es

el color del agua después de ser eliminada la turbiedad mediante filtración y la materia suspendida ha sido removida.

El color se puede medir mediante el método de espectrofotometría y métodos visuales y se expresa en unidades de Pt-Co.

- Olor

El olor se debe a la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaerobias que desprenden malos olores principalmente el gas  $H_2S$ , cuando existen altas concentraciones de sulfatos y sulfuros en las aguas residuales.

Los tratamientos biológicos para eliminar los gases que generan malos olores especialmente el sulfuro de hidrógeno son los biofiltros, biolavadores entre otros. (Ramos et al., 2003: pp.65-70)

- Sabor

El sabor es debido a los compuestos orgánicos, inorgánicos, sales y minerales tales como el hierro y manganeso con un sabor a metal oxidado, gas metano que origina un sabor a ajo, presente en las aguas residuales.

La actividad biológica de algas, hongos, organismos zooplanctónicos y microorganismos originan sabores desagradables por la descomposición o putrefacción de la materia orgánica por vertidos de desechos domésticos e industriales a los cuerpos receptores.

Se puede eliminar los sabores desagradables mediante pre cloración, ozono y aireación.

- Temperatura

La temperatura de las aguas residuales es mayor que de las aguas no contaminadas, por una descarga comercial o industrial y por la degradación de la materia orgánica presentes en las aguas receptoras.

La temperatura varía de 10 a 20°C, el incremento de este intervalo disminuye la cantidad de oxígeno disuelto, desencadenando la aparición de hongos y algas originando la desaparición de la vida acuática, alterando el medio ambiente.

La temperatura es un parámetro importante para los tratamientos físicos y biológicos a desarrollarse en una planta de tratamiento de aguas residuales.

#### - Turbiedad

La turbidez se refiere a la opacidad o claridad del agua, ocasionada por la pérdida de la transparencia que tiene este líquido vital.

Se debe a la cantidad de partículas en suspensión como arcilla, limo, lodo, compuestos orgánicos, compuestos inorgánicos, microorganismos plancton que interfieren al paso de la luz en una muestra de agua. La turbidez se expresa en NTU.

Si la turbidez del agua es alta ocasiona alteraciones en el ecosistema acuático como la desaparición de las plantas acuáticas que conllevan a la disminución de la cantidad de oxígeno disuelto y por tanto la muerte de peces y toda clase de organismos acuáticos. (Delgadillo et al., 2010: pp.53-55).

#### - Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica es la capacidad de las sales inorgánicas en disolución para conducir el flujo de la corriente eléctrica.

Los compuestos inorgánicos, ácidos y bases cargados positiva y negativamente son buenos conductores de corriente eléctrica mientras que los compuestos orgánicos no conducen la corriente como los hidrocarburos, carbohidratos entre otros.

El aumento de la conductividad eléctrica es por las descargas de aguas residuales que aumentan las concentraciones de cloruros, sulfatos, nitratos entre otros en los cuerpos receptores. Su unidad de expresión es el  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . (Crites y Tchobanoglous, 2000: pp.46-49).

#### - Sólidos Totales

Es el parámetro más importante en la característica física para el tratamiento de las aguas residuales, se presentan en partículas disueltas y suspendidas que ocasionan efectos negativos en la calidad del agua.

Los sólidos totales se definen analíticamente como la materia que resulta después de someter al agua residual al proceso de evaporación y secado a una temperatura de 103 a 105°C.

#### - Sólidos sedimentables

Los sólidos sedimentables son aquellos cuya cantidad de materia es sedimentada de una muestra de agua residual en un recipiente de forma cónica (cono Imhoff) por el lapso de 60 minutos en condiciones estáticas.

Se expresa en función de volumen ml/l o de masa mg/l mediante los métodos aplicables de volumetría o gravimetría respectivamente.

- Sólidos suspendidos

Se denominan sólidos suspendidos a las partículas flotantes debido a su densidad que es menor o igual al agua, en su mayoría son orgánicos y altamente heterogéneos en las aguas receptoras provocando turbidez en las mismas.

A nivel de laboratorio es la porción de sólidos retenidos en un filtro donde se hace pasar una muestra homogénea y se expresa en mg/l. Los sólidos suspendidos pueden ser eliminados mediante filtración o sedimentación.

- Sólidos disueltos

Los sólidos disueltos son partículas inorgánicas y orgánicas tales como sales, metales, minerales, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, azúcares, colorantes entre otras disueltas en el agua que afectan el color, olor y sabor del agua, se pueden determinar mediante la conductividad eléctrica y se expresa en mg/l o ppm. (Rigola, 1990, pp.29-32).

### *1.3.2.2. Características Químicas*

Los parámetros químicos son útiles para describir la composición del agua residual. Entre ellos constan pH, DBO<sub>5</sub>, DQO, nitrógeno total, fósforo total, aceites y grasas.

- pH

Potencial Hidrogeno sirve para determinar la acidez con un pH menor a 7, neutro pH equivalente a 7 y alcalino pH mayor a 7 de una solución, el pH debe oscilar en un intervalo de 5 a 9 para un tratamiento biológico efectivo.

Este parámetro es importante para el desarrollo y proliferación de la vida acuática que debe estar en un intervalo de 6.5 a 8, valores que superen o sean inferiores a estos ocasionan la alteración en los ecosistemas acuáticos.

- DBO<sub>5</sub>

DBO<sub>5</sub> es la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable de un agua residual en presencia de oxígeno.

Es un indicador de contaminación en los vertidos y se determina en el laboratorio en un periodo de 5 días, a una temperatura de 20°C. Se expresa en mg/IO<sub>2</sub>.

#### - DQO

DQO o Demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno para oxidar la materia orgánica biodegradable y no biodegradable mediante medios químicos hasta convertirla en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

La demanda química de oxígeno se determina en un periodo de 3 horas y es un indicador de la contaminación en los vertidos, cuanto mayor es la concentración de DQO mayor es el grado de toxicidad en el agua. Se expresa en mg/IO<sub>2</sub>. (Raffo y Ruiz, 2014: pp.7-10)

#### - Nitrógeno Total

El nitrógeno total es la suma del nitrógeno orgánico y amoniacal con las formas del nitrógeno correspondientes al nitrito, nitrato y amonio.

El nitrógeno encontrado en las aguas residuales es un contaminante, puede provenir principalmente de los vertidos domésticos, industriales y escorrentía de fertilizantes, provocando el excesivo crecimiento de algas y por ende reduciendo el oxígeno disuelto dificultando la vida acuática presente en los cuerpos de agua.

#### - Fósforo Total

El fósforo es un componente esencial para el crecimiento óptimo de plantas y animales, se encuentra en las aguas naturales y residuales, su fuente natural proviene de la descomposición de la materia orgánica y erosión de las rocas.

El incremento de fósforo es por las actividades antropogénicas principalmente de descargas industriales, domésticas, agrícolas y el uso de detergentes que contiene fósforo en su composición.

La concentración elevada de fósforo da lugar a la propagación excesiva de algas, micro algas y plantas acuáticas provocando la eutrofización en las aguas receptoras.

El fósforo total es la suma del fósforo en sus tres formas polifosfatos inorgánicos, ortofosfatos solubles, fosfatos orgánicos, presentes en el agua residual. (Rivas et al., 2009: pp.1-4).

#### - Aceites y grasas

Los aceites y grasas son compuestos orgánicos formados de carbono, hidrógeno y oxígeno, constituidos por ácidos grasos de origen animal, vegetal y los hidrocarburos de petróleo.

Los aceites y grasas se encuentran flotantes en la superficie de las aguas residuales debido a que su densidad es baja con respecto al agua, disminuyendo el oxígeno disuelto ocasionando daños a la vida acuática. Su unidad de expresión es mg/l. (Vidales et al., 2010: p.6).

### *1.3.2.3. Características Biológicas*

Todas las aguas residuales contienen microorganismos patógenos de diferentes tipos causantes de enfermedades. Las características biológicas se determinan por la clase de organismos en el agua que son principalmente las bacterias, algas y protozoos.

#### - Bacterias

Las bacterias tienen un papel importante en la degradación y estabilización de la materia orgánica, en plantas de tratamiento de aguas residuales como en el marco natural.

Las bacterias coliformes son indicadores de contaminación del agua procedentes de las heces fecales del ser humano y animales de sangre caliente, suelen también estar presentes microorganismos patógenos. Los coliformes contienen los géneros como la *Aerobacter* y *Escherichia*. (Delgadillo et al., 2010: pp.61-63).

#### - Algas

Las algas como las bacterias favorecen a la estabilización de la materia orgánica en las aguas residuales, el inconveniente que presentan las algas es la proliferación excesiva denominada eutrofización causada por el enriquecimiento de nutrientes como el nitrógeno y fósforo, desencadenando un desequilibrio en los medios acuáticos.

#### - Protozoos

Los protozoos son microorganismos formados de una célula, encontrados a menudo en las aguas residuales, se alimentan de bacterias y materia orgánica contribuyendo en las plantas de tratamiento de aguas residuales para la purificación de los cursos de agua.

Es importante controlar los protozoos patógenos en las aguas de suministro como la *Giardia lamblia* y el *Cryptosporidium* causantes de giardiasis e infecciones mortales en pacientes con sida respectivamente. (Marín et al., 2012: pp.29-32)

## **1.4. Industria Quesera**

Las industrias queseras se dedican a la elaboración de quesos utilizando la leche del ganado vacuno como materia prima, según (Zambrano y López, 2018: pp.4-7), el 31% de la leche se destina a la industria quesera, seguida con un 27% para elaboración de leche en fundas, 20% procesamiento de leche en cartón, 11% leche en polvo, 10% producción de yogurt y 1% para fabricar otro tipo de lácteos.

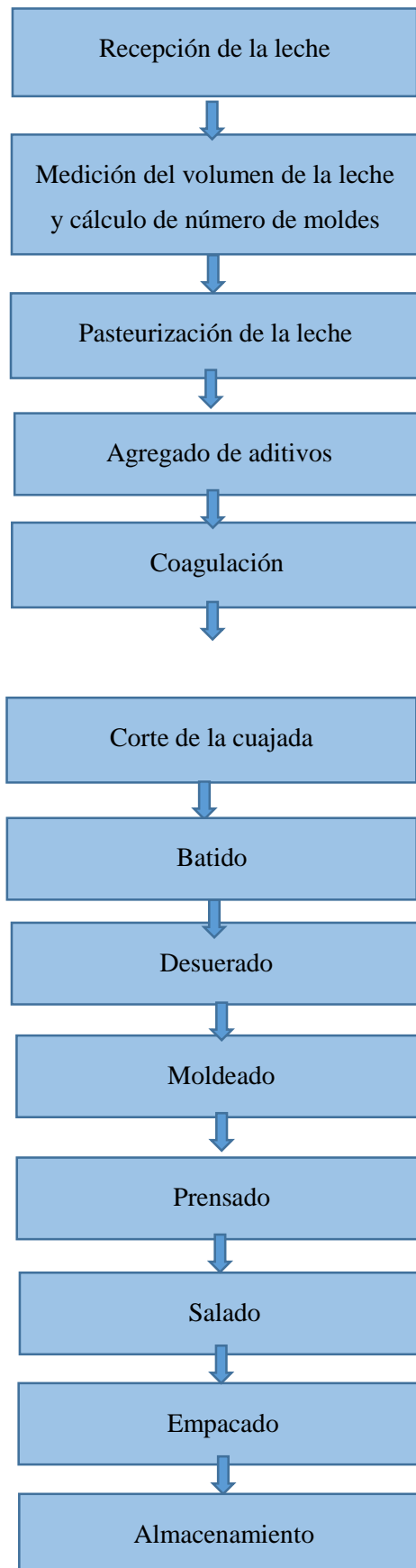
En las industrias queseras el problema ambiental más importante es la generación de las aguas residuales tanto en la carga contaminante como en el volumen que vierten sin ningún tipo de tratamiento directamente al sistema de alcantarillado o cuerpos de agua dulce. (Santamaría et al., 2015: p.13)

### ***1.4.1. Queso***

El queso es un producto alimenticio de primera necesidad, derivado de la leche, fresco o maduro, sólido o semisólido, como resultado de la coagulación por acción del cuajo. (Monsalve y González, 2005: p.544).

### ***1.4.2. Procedimiento en la elaboración del queso***

La quesera Doña Isabelita es una industria dedicada a la elaboración del queso de acuerdo al diagrama representado a continuación:



**Figura 1-1.**Diagrama del procedimiento  
Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020



#### *1.4.2.1. Recepción de la leche*

En la recepción de la leche de ganado vacuno se debe controlar la calidad, por lo cual se verifica el volumen y su acidez. Para evitar el deterioro de su calidad, la leche es transportada y almacenada en tanques de acero inoxidable.

El proceso de filtrado en la leche debe ser de gran importancia para evitar la presencia de paja, polvo, insectos, pelos, llegando con la leche por el ordeño manual.

Los paños antes y después de ser utilizados como filtros deben estar sépticos, se los debe cambiar a menudo durante la operación para evitar que la suciedad transmita microorganismos a la leche.

#### *1.4.2.2. Medición del volumen de la leche y cálculo de número de moldes*

Es necesario calcular el volumen de leche, para indicar el número de moldes a utilizar en la fase de moldeo, conociendo que aproximadamente de 4 litros de leche se produce un queso de 800 gramos, la empresa produce alrededor de 400 quesos diarios.

#### *1.4.2.3. Pasteurización de la leche*

La pasteurización tiene como finalidad reducir o controlar microorganismos patógenos, mediante temperaturas elevadas, sin modificar los componentes de la leche proveniente del ganado vacuno. Los microorganismos patógenos provenientes en el proceso de ordeño, envasado y almacenamiento de la leche, pueden causar enfermedades peligrosas en los humanos como la polio, tuberculosis, salmonelosis, difteria entre otras, razón por lo cual es necesario la pasteurización en el proceso de la fabricación del queso.

Durante la pasteurización la leche depositada en la marmita se debe calentar hasta 90°C, con el vapor de agua que se encuentra circulando por la doble camisa de la marmita.

A continuación, se enfría la leche hasta alcanzar una temperatura aproximada de 68°C, para ello se debe hacer circular agua fría por la doble pared de la marmita, para que sea eficiente el proceso de pasteurización.

#### *1.4.2.4. Agregado de Aditivos*

Cuando la leche pasteurizada se encuentre a 68°C, se añade cloruro de calcio y se agita constantemente para obtener una distribución homogénea.

Se agrega el aditivo antes mencionado, para aumentar el contenido de calcio en la leche, debido a que se pierde calcio durante la coagulación, desde la fase de ordeño de modo natural, también

ayuda a endurecerse a la cuajada, retiene mayor cantidad de grasa, favorece el desuerado, así como la coagulación y permite obtener buenos rendimientos.

#### *1.4.2.5. Coagulación*

La coagulación consiste en la adición del cuajo que contiene enzimas, para separar la caseína (proteína principal de la leche) del suero.

Cuando la leche se encuentra en la marmita a una temperatura próxima a 60°C, se coloca el cuajo de leche, se agita y se deja reposar para permitir la coagulación.

#### *1.4.2.6. Corte de la cuajada*

Seguidamente del proceso de coagulación, se procede al corte de la cuajada con la utilización de liras de un 1cm de separación ente hilo e hilo, dentro de la marmita en un tiempo de 1 a 2 minutos, luego se deja reposar alrededor de 5 minutos con la finalidad de liberar el suero y obtener el grano de la cuajada.

El corte de la cuajada depende del producto a obtener, si la meta es crear quesos con una mínima humedad se deberá cortar los coágulos en pequeños cubos, y si se desea obtener quesos con mayor humedad se deberá realizar el corte del coágulo en pedazos grandes.

#### *1.4.2.7. Batido*

Una vez que el grano de cuajada ha alcanzado su tamaño propicio, se procede a batir con una paleta lentamente la cuajada de adentro hacia afuera para impedir la pulverización, conforme avanza se remueve con mayor fuerza, de esta manera el grano se hace más consistente y reduce su volumen debido a la pérdida de suero.

#### *1.4.2.8. Desuerado*

Se debe dejar reposar la cuajada entre 2 a 3 minutos, una vez que el grano de la cuajada se deposite en el fondo de la tina y el suero se encuentre en la parte superior, se procede a la eliminación total o parcial del suero de acuerdo al tipo de queso que se esté procesando.

En el caso que el recipiente donde se encuentra el suero junto con el grano de la cuajada no posee una salida, se debe separar el suero de la cuajada con un tamiz o colador.

#### *1.4.2.9. Moldeado*

Se coloca la cuajada en moldes de acero inoxidable o plástico alimenticio de forma redonda o cuadrada cubiertas de un lienzo.

El moldeado es útil por el cual toma el tamaño y forma del queso, elimina el excedente de suero aun presente en la masa y une el grano entre sí.

Se deben utilizar los moldes de tipo acero inoxidable o plástico PVC, para evitar la proliferación de moho u otros focos de contaminación utilizando otro tipo de material.

#### *1.4.2.10. Prensado*

Terminado el moldeado se inicia con la etapa del prensado que consiste en colocar los moldes en una prensa a una presión de 100 PSI por un lapso aproximado de 30 minutos.

Se realiza el prensado con la finalidad de unir el grano de la cuajada, endurecer la masa y eliminar el suero sobrante.

#### *1.4.2.11. Salado*

Se inicia el proceso de salado con una dosificación aproximada de 400lbs de sal en unos 390 litros de agua, que se usará por 30 días consecutivos. El queso se deja reposar algunos minutos para que el cloruro de sodio se concentre en el producto.

#### *1.4.2.12. Empacado*

El queso se coloca en bolsas plásticas de baja densidad, para garantizar sus características organolépticas como su textura, sabor, color, olor y además que no afecten su calidad.

#### *1.4.2.13. Almacenamiento*

El producto debe ser almacenado en un cuarto frío a una temperatura entre 4 a 8°C, para impedir una acidificación y garantizar una vida útil de 60 días.(Zamorán, 2013, pp.40-43)

### ***1.4.3. Problema ambiental en las industrias queseras***

Principalmente el problema ambiental en las industrias queseras se cimenta en el consumo excesivo de agua generando grandes volúmenes de aguas residuales que oscilan entre 2 a 4 litros de agua/ l de leche procesada.

Las aguas residuales procedentes de las industrias queseras contienen un alto contenido de carga orgánica, concentraciones elevadas de la DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, aceites y grasas entre otras.

Contienen niveles altos de nitrógeno y fósforo, así como variación del pH debido a los productos de limpieza y desinfección. (Rodríguez, 2016, p.11)

#### ***1.4.4. Clasificación de las aguas residuales en las industrias queseras***

##### *1.4.4.1. Aguas de Proceso*

Es el agua que interviene en la producción del queso, el cual entra en contacto con el producto a obtener, desde el inicio hasta la culminación del procedimiento del cual se necesita el líquido vital.

##### *1.4.4.2. Aguas de limpieza*

Indispensable para la limpieza de las instalaciones de la industria, equipos y utensilios utilizados en la fabricación del queso, se realiza este proceso una vez terminada la jornada diaria de trabajo garantizando de esta manera la higiene del producto para el consumidor.

Se emplea cantidades grandes de agua para cumplir con la limpieza de la industria quesera, generando vertidos que contienen fósforo y nitrógeno por los agentes de limpieza utilizados en este proceso.

##### *1.4.4.3. Aguas de servicios*

Este tipo de agua se utiliza para el aseo del personal que labora en la industria quesera antes y después de su jornada laboral. (Santamaría et al., 2015: p.15)

### **1.5. Caudal**

El caudal corresponde a una cantidad de agua que pasa por un lugar (canal, tubería, etc.) en una cierta cantidad de tiempo, o sea, corresponde a un volumen de agua (litros, metros cúbicos, etc.), por unidad de tiempo (segundos, minutos, horas, etc.). (Ramírez, 2014, p.4)

El caudal se calcula con la siguiente fórmula:

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

Donde:

Q= caudal medio (m<sup>3</sup> /s)

V= volumen del agua residual (m<sup>3</sup>)

t= tiempo (s)

El caudal se emplea para establecer la capacidad de una PTAR como el caudal de diseño es útil para realizar el dimensionamiento con una proyección de la producción que se requiera a futuro. (Arce et al., 2007: p.28).

### ***1.5.1. Medición del caudal***

Es un parámetro importante para diseñar y proyectar plantas de tratamiento de aguas residuales, se puede emplear el método de velocidad/superficie, canal Parshall, vertederos, y el más utilizado el método volumétrico útil para calcular caudales pequeños. (Ramalho, 1995, p.77).

#### ***1.5.1.1. Método Volumétrico***

El método volumétrico es útil para calcular caudales pequeños, consiste en recolectar el volumen de agua en un recipiente de capacidad conocida por el tiempo que demora en llenarse, mediante la ayuda de un cronómetro. (Ramírez, 2014, p.7)

Para caudales mayores de 4 l/s se utiliza un volumen de 10 litros que se llenara en dos minutos y medio, para corrientes de hasta 50 l/s es adecuado un recipiente de 200 litros de capacidad.

Para el resultado se expresará en litros por segundo, tal como se observa en la siguiente ecuación.

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

Donde:

Q= Caudal (l/s)

v= Volumen del líquido (l)

t= Tiempo de flujo (s)

## **1.6. Muestreo**

El muestreo es una herramienta indispensable en la caracterización de aguas residuales. Sin un buen muestreo no se obtiene resultados confiables.

El objetivo del muestreo es tomar una parte representativa del efluente industrial, para analizar las variables físicas, químicas y microbiológicas que nos permitirán conocer el grado de contaminación del efluente industrial, así como determinar el tipo de tratamiento a aplicar.

### **1.6.1. Tipo de Muestras**

#### *1.6.1.1. Muestra Simple, puntual o instantánea*

Es una muestra recolectada de forma manual en un tiempo y lugar determinado, indica la composición de la fuente en ese lugar y tiempo en donde se realiza la captación. La muestra debe ser recogida una sola vez con un volumen de 1 a 2 litros para su posterior caracterización en el laboratorio.

#### *1.6.1.2. Muestra Compuesta*

Es la combinación de un número de muestras simples recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes intervalos de tiempo y se coloca en un solo recipiente de 2 litros de capacidad.

El volumen de cada muestra simple debe ser proporcional al caudal de descarga al momento de recolección. Según la expresión:

$$V_i = \frac{V * Q_i}{n * Q_m}$$

Dónde:

$V_i$ = Volumen de cada muestra individual

$Q_i$ = Caudal instantáneo de cada muestra individual l/s

$V$ = Volumen total de la muestra compuesta (2l)

$Q_m$ = Caudal medio durante el muestreo l/s

$n$ = Número de muestras tomadas. (Delgadillo et al., 2010: p.48).

### **1.7. Tipos de Recipientes**

Según la NTE INEN 2169 (2013, pp.2-23) los recipientes de vidrio pueden adsorber metales, presentes en las paredes de los envases y los recipientes de polietileno absorben los hidrocarburos de las muestras tomadas. Los recipientes de vidrio ámbar disminuyen la actividad fotosensitivas. Los frascos de boca ancha son usados para recolectar muestras sólidas y semisólidas.

Para los análisis químicos se debe usar recipientes de vidrio, los cuales deben ser lavados con detergente y enjuagados con agua destilada, antes de efectuar las muestras en el campo. Para determinar boro, sílice, agente surfactantes y fosfatos no se debe hacer la limpieza de los recipientes con ningún tipo de detergente.

Para los análisis microbiológicos se usan recipientes de vidrio, exento de ácido, alcalino y compuestos tóxicos. Se deben lavar con agua y detergente e inmediatamente enjuagar con agua destilada.

### ***1.7.1. Llenado y Conservación***

Para los análisis físicos y químicos se deben llenar completamente los recipientes y taparlos para evitar el ingreso de aire a la muestra, en caso de utilizar el congelamiento como técnica de conservación, se sugiere no llenar al límite el contenido del envase.

Para los análisis microbiológicos, no se deben llenar los frascos o recipientes completamente, dejando un espacio entre el nivel del contenido y la tapa del envase.

Para la conservación de las muestras se deben colocar en un cooler a una temperatura menor del momento de la recolección o en un lugar oscuro y hacerlo inmediatamente después de la tomada de la muestra, estos parámetros son suficientes en un periodo de corto tiempo para la preservación y traslado de las muestras adquiridas.

Para un tiempo más extenso de preservación de muestras se debe colocar a una temperatura de -20°C y en recipientes plásticos.

### ***1.7.2. Rotulado de las muestras***

En el momento del muestreo, para una correcta información en el laboratorio, se debe colocar en los recipientes o frascos con un marcador permanente la persona que toma la muestra, fecha y hora de la muestra, tipo de muestra, naturaleza y tipo de conservante en caso de añadir, tipo de análisis que solicita al laboratorio.

## **1.8. Planta de tratamiento de aguas residuales**

Las plantas de tratamiento de aguas residuales denominadas (PTAR), son un conjunto de procesos u operaciones unitarias físicos, químicos y biológicos que tienen como objetivo fundamental eliminar o reducir los contaminantes presentes en el efluente procedentes de residencias, instituciones, locales comerciales, actividades industriales y agrícolas, obteniendo como resultado un agua de calidad dentro de los parámetros permisibles al acuerdo ministerial 097-A Anexo al TULSMA, permitiendo su vertimiento a los cuerpos receptores o su reutilización, preservando la salud y el ambiente que nos rodea.(Chávez, 2017, p.537)

Para diseñar la planta de tratamiento de aguas residuales, es necesario conocer con anterioridad los datos de los constituyentes encontrados en las aguas residuales, analizados en el laboratorio. (Crites y Tchobanoglous, 2000: p.21)

Las PTAR suelen seguir la siguiente secuencia: pretratamientos, tratamientos primarios, tratamientos secundarios y tratamientos terciarios.

El pretratamiento se coloca en la entrada de las plantas de tratamiento de aguas residuales para remover sólidos gruesos del efluente, para evitar problemas en el funcionamiento y

mantenimiento de equipos, tuberías y conductos de las PTAR y acondicionando las aguas residuales para facilitar los tratamientos posteriores.

El tratamiento primario también conocido como tratamiento físico-químico elimina parte de los sólidos suspendidos y materia orgánica presente en el agua residual, mediante la sedimentación o la precipitación, además es indispensable previo al tratamiento secundario. (Metcalf y Eddy, 1995: pp.145-147).

El tratamiento secundario se emplea posterior al primario, para la eliminación de los sólidos suspendidos y compuestos orgánicos biodegradables, aplicando tratamientos biológicos que consiste en la degradación aerobia o anaerobia de la materia orgánica produciendo fangos, que deben tratados para su acondicionamiento, reducción y destino final. (Ramalho, 1995, p.271).

El tratamiento terciario es la etapa final de las PTAR, usa técnicas de los dos tipos de tratamiento antes mencionados logrando una mejor calidad del efluente, que no representa peligro para la salud y el ambiente al ser descargadas a un cuerpo receptor.

Elimina la carga orgánica residual que no ha sido eliminada en el tratamiento biológico o secundario, siendo el proceso físico-químico el más empleado que consta de un proceso de coagulación y floculación seguido de una decantación.

Se emplea también este tipo de tratamiento para el reusó del agua como para las actividades agrícolas, industriales, e incluso para la potabilización. (Metcalf y Eddy, 1995: p.3)

**Tabla 1–1:** Clases de tratamientos de las aguas residuales

<b>Pretratamiento</b>	<b>Tratamiento Primario</b>	<b>Tratamiento Secundario</b>	<b>Tratamiento Terciario</b>
Cribado	Sedimentación	Aireación prolongada	Intercambio iónico
Flotación o Desaceitado	Neutralización	Lodos activos	Adsorción
Desarenado	Homogeneización	Biodiscos	Precipitación y coagulación
		Lagunaje con aireación	Ósmosis inversa
			Cloración
			Filtración

*Fuente:* Ramalho, 1995, p.9

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2020

### **1.8.1. Canal**

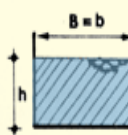
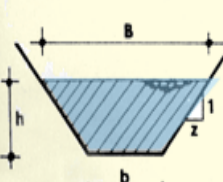
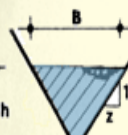
El canal es una estructura abierta que conduce el agua residual de forma uniforme desde la captación hacia el sistema de tratamiento de las aguas residuales por acción de la gravedad, este proceso posee toda planta independientemente sea el caudal pequeño o grande. Los canales pueden ser naturales o artificiales.



Canales naturales: son todos los cursos de agua que existen de manera natural en la tierra como ríos, arroyos, estuarios, lagos, lagunas entre otros.

Canales artificiales: son todos aquellos construidos por el esfuerzo del hombre, generalmente se diseñan este tipo de canales con formas geométricas rectangulares.

Las tres formas más frecuentes de la sección transversal mojada del canal de las aguas residuales son: rectangular, trapezoidal y triangular. Cuando el canal está revestido de hormigón o de ladrillos la forma más usual para canales es la rectangular. (Coche, 1993, pp.38-40).

Sección transversal del canal	Superficie de la sección transversal A (m <sup>2</sup> )	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico R = (2) ÷ (3) (m)	Anchura de la parte superior B (m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	$bh$	$b + 2h$	$\frac{bh}{b + 2h}$	$b$
	$(b + zh) h$	$b + 2h \sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b + zh) h}{b + 2h \sqrt{1+z^2}}$	$b + 2zh$
	$zh^2$	$2h \sqrt{1+z^2}$	$\frac{zh}{2 \sqrt{1+z^2}}$	$2zh$

**Figura 2–1.** Formas del canal de los sistemas de tratamiento de aguas residuales

Realizado por: Coche, 1993, p.42

Abreviaturas:

b= anchura del fondo (m)

h= altura máxima del agua en el centro del canal (m)

z= pendiente lateral

La rugosidad de las paredes del canal dependerá de los materiales usados en la construcción entre ellos tenemos: fundición de hierro, hormigón armado, fibrocemento, entre otros.

**Tabla 2-1:**Valores estimados de coeficiente de Manning

Material	Coficiente de Manning
Acero Corrugado	0.022
Acero Galvanizado	0.016
Asbesto Cemento	0.011
Hierro Fundido	0.012
Hormigón Simple	0.013
Latón	0.011
Madera (Duelas)	0.012
Plástico (PVC)	0.090
Plomo	0.011

**Fuente:** Coche, 1993, p.43

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2020

- **Área del tanque.**

Para la base del canal se toma en cuenta el tubo de salida de la empresa que es de una tubería de 6 plg o 15 cm, así mismo se toma como referencia la velocidad que es de 0,6 m/s para canales abiertos.

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

Donde:

A= área del tanque (m<sup>2</sup>)

Q= caudal (m<sup>3</sup>/s)

v= velocidad (m/s)

- **Altura efectiva**

Para la dimensión de la altura efectiva en un canal se debe tener en consideración que  $b=2h$

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

Donde:

h= altura efectiva(m)

A= área del tanque (m<sup>2</sup>)

b= anchura del fondo(m)

- **Altura del canal**

De acuerdo a Imefen (2017, p.25), el borde libre varia de 0,30 m para un canal pequeño, hasta 1,20 m para canales profundos y grandes con caudales igual o mayor a 85m<sup>3</sup>/s.

$$H = h + h_s$$

Donde:

H= altura del canal (m)

h= altura efectiva(m)

h<sub>s</sub>= altura de seguridad (m)

### **1.8.2. Cribado**

El cribado conocido también como desbaste es la primera operación unitaria de las plantas de tratamiento de aguas residuales, se usa para retener los sólidos suspendidos presentes en el agua residual, para evitar daños, obstrucciones en las bombas, válvulas y otros equipos mecánicos.

Las rejillas son aberturas de tamaño uniforme, que están formadas de acero inoxidable, pueden ser de cualquier forma, aunque comúnmente son rectangulares.

Existen dos tipos de rejillas las finas que tienen aberturas menores a 5mm y las rejillas gruesas con aberturas de 4, 8 y 9cm, los sólidos recogidos manual o mecánicamente son incinerados o tratados por digestión anaerobia. (Metcalf y Eddy,1995: pp.228-231).

Para el dimensionamiento del cribado, según (Crites y Tchobanoglous,2000; Ramalho,1990) se utiliza las siguientes ecuaciones:

- **Velocidad aproximada del agua hacia la rejilla**

Según las tablas consideramos el coeficiente de Manning de 0,013, valor del material de hormigón simple y el gradiente de velocidad de 0,02 %.

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

Donde:

v= velocidad aproximada(m/s)

n= coeficiente de Manning o de rugosidad

Rh= Radio hidráulico del canal(m)

S= pendiente del canal(m)

- **Suma de separación entre barras**

Tomamos para el ancho del canal 0,30 m, la separación entre barras el valor de 0,025 m y anchura de las barras 0,005 m.

$$b_g = \left( \frac{b-e}{s+e} + 1 \right) e$$

Donde:

b<sub>g</sub>= suma de separación entre barras (m)

b= ancho del canal (m)

e= separación entre barras (m)

s= espesor de las barras (m)

- **Número de barras**

$$n = \frac{b_g}{e} - 1$$

Donde:

n= número de barras

b<sub>g</sub>= suma de separación entre barras (m)

e= separación entre barras (m)

- **Longitud de las barras**

$$l_b = \frac{H}{\text{sen}\theta}$$

Donde:

l<sub>b</sub>= longitud de las barras (m)

H= altura del canal (m)

θ= pendiente en relación a la vertical (grados)

- **Área de espacio entre barras**

$$A_{eb} = b_g * l_b$$

Donde:

$A_{eb}$ = área de espacio entre barras ( $m^2$ )

$b_g$ = suma de separación entre barras (m)

$l_b$ = longitud de las barras (m)

- **Velocidad a través de la rejilla**

$$v = \frac{Q}{A_{eb}}$$

Donde:

$v$ = velocidad a través de la rejilla (m/s)

$Q$ = caudal ( $m^3/s$ )

$A_{eb}$ = área de espacio entre barras ( $m^2$ )

### **1.8.3. Sedimentación**

La sedimentación es una de las operaciones unitarias más importantes en el tratamiento de las aguas residuales, se basa en la eliminación de las partículas por sedimentación, que tienden a depositarse en el fondo del tanque debido a la gravedad ya que el peso específico de las partículas es mayor que el agua.

Existen tres tipos de sedimentación de acuerdo al tipo de partículas en suspensión: sedimentación con floculación, sedimentación por zonas y sedimentación discreta.

Sedimentación por zonas: En este tipo de sedimentación las partículas se forman en una especie de manta, que precipita como una masa total formando una interfase distinta a la fase líquida.

Sedimentación discreta: Las partículas sedimentadas mantienen su individualidad, es decir no se forma aglomeración entre partículas, por tanto, no cambian sus propiedades físicas como el tamaño, peso específico, forma, durante el proceso de sedimentación.

Sedimentación con floculación: Las partículas tienden a aglomerarse unas a otras en el proceso de sedimentación o precipitación existiendo cambios de la densidad y en la velocidad de sedimentación. (Ramalho, 1995, pp.92-94)

La floculación o aglomeración aumenta la masa de las partículas y se depositan con una mayor velocidad en el fondo del sedimentador, es un ejemplo de este proceso la sedimentación que ocurre en los sedimentadores primarios. (Metcalf y Eddy, 1995: pp.151-162)

Para el sedimentador tipo circularse realizó el dimensionamiento de acuerdo a los criterios de diseño (Crites y Tchobanoglous, 2000, pp.542 – 547).

- **Volumen del tanque de sedimentación**

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

$$V = Trh \times Q$$

Donde:

V= volumen del tanque de sedimentación (m<sup>3</sup>)

Trh= tiempo de retención hidráulica (s)

Q= caudal (m<sup>3</sup>/s)

- **Radio del tanque de sedimentación**

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi h}}$$

Donde:

r= radio del tanque (m)

V= volumen del tanque (m<sup>3</sup>)

h= altura (m)

- **Diámetro del tanque de sedimentación**

$$\emptyset = 2r$$

Donde:

∅= diámetro del tanque de sedimentación (m)

r= radio del tanque (m)

- **Área del tanque de sedimentación**

$$A = \pi r^2$$

Donde:

A= área del tanque de sedimentación (m<sup>2</sup>)

r= radio del tanque (m)

- **Carga Superficial del tanque de sedimentación**

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

Donde:

Cs= carga superficial del tanque de sedimentación(m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>d)

Q= caudal (m<sup>3</sup>/s)

A= área del tanque de sedimentación (m<sup>2</sup>)

- **Reparto central en el tanque de sedimentación**

$$R_c = \frac{\phi T - \phi t}{2}$$

Donde:

R<sub>c</sub>= reparto central en el tanque de sedimentación (m)

ϕT= diámetro del tanque (m)

ϕt= diámetro de la tubería (m)

- **Altura de reparto**

Siendo el 10 % del reparto central

$$\Delta y = 0,1 * R_c$$

Donde:

Δy =altura de reparto (m)

R<sub>c</sub>= reparto central en el tanque de sedimentación (m)

- **Remoción de la DBO y Sólidos Suspendidos Totales**

$$R = \frac{T_r}{a + b * T_r}$$

Donde:

R=porcentaje de remoción esperada (%)

T<sub>r</sub>= Tiempo de retención teórico (h)

a,b= constantes empíricas

#### **1.8.4. Aireación**

La aireación es la transferencia de oxígeno atmosférico en el agua residual, incrementando el oxígeno disuelto en el agua que permite el crecimiento de bacterias aerobias para la oxidación de la materia orgánica suspendida y soluble, obteniendo como resultado la disminución de DQO, DBO<sub>5</sub>, color, turbiedad, controla los olores, mejora la separación de las grasas, favorece la

floculación de los sólidos y por tanto se puede observar la clarificación del agua residual en este proceso. (Ramalho, 1995, pp.411-413).

En esta etapa se inyecta aire mediante difusores para generar la mezcla del agua residual con los microorganismos, satisfacer la demanda de oxígeno de los microorganismos, mantener los sólidos en suspensión en contacto con las bacterias. Mediante este proceso se lleva a cabo la reacción de carácter biológico y por tanto la oxidación de la materia orgánica que se encuentra en las aguas residuales. (Ramalho, 1995, pp.253-254).

Los difusores de burbuja fina son dispositivos de aireación que originan una gran cantidad de pequeñas burbujas de aire con un tamaño que van de 0 a 3mm.

Las pequeñas burbujas de aire se desplazan lentamente desde el fondo del tanque donde se encuentra situado el difusor hacia la superficie del mismo para proporcionar y transferir oxígeno a los microorganismos y llevar a cabo la descomposición de la materia orgánica que posteriormente es sedimentada.

Las diminutas burbujas tienen mayor superficie de contacto entre el volumen de aire y el agua residual incrementando la eficiencia de transferencia de oxígeno. (Gómez, 2013, pp.10-12).

El consumo de oxígeno es directamente proporcional a la oxidación de la materia orgánica que se lleva a cabo por parte de los microorganismos aerobios, por tal razón es indispensable implementar aireación mediante difusores para suministrar oxígeno a los organismos para su funcionamiento adecuado. (Rondal, 2018, pp.1-2)

Según Metcalf y Eddy (1995, pp. 330-340), utilizamos los criterios de diseño para el proceso de aireación con difusores.

- **Volumen del tanque de aireación**

$$V = \frac{\theta_c Y(S_o - S)Q}{X(1 + K_d\theta_c)}$$

Donde:

V= volumen del tanque de aireación (m<sup>3</sup>)

$\theta_c$ = tiempo medio de retención celular, basado en el tanque de aireación (d)

Y= coeficiente de producción celular, kg de células producidas/ kg de materia orgánica eliminada.

S<sub>o</sub>= DBO<sub>5</sub> en el afluente(kg/m<sup>3</sup>)

S= DBO<sub>5</sub> en el efluente (kg/m<sup>3</sup>)

Q= caudal residual a tratar (m<sup>3</sup>/d)

X= SSV en el tanque de aireación (kg/m<sup>3</sup>)

K<sub>d</sub>= coeficiente de degradación endógena (d<sup>-1</sup>)



- **Profundidad del tanque**

$$V_{TA} = a H_{TA} P_{TA}$$

Donde:

$V_{TA}$ = volumen del tanque de aireación ( $m^3$ )

$a$ = ancho del tanque de aireación (m)

$H_{TA}$ = altura del tanque de aireación (m)

$P_{TA}$ = profundidad del tanque de aireación (m)

- **Ancho del tanque**

$$a = 1,5P_{TA}$$

Donde:

$a$ = ancho del tanque de aireación (m)

$P_{TA}$ = profundidad del tanque de aireación (m)

- **Tiempo de retención hidráulica**

$$\theta = \frac{V_{TA}}{Q}$$

Donde:

$\theta$ = tiempo de retención en el tanque (h)

$V_{TA}$ = volumen del tanque de aireación ( $m^3$ )

$Q$ = caudal del agua residual a tratar ( $m^3/d$ )

- **Producción del lodo activado observada**

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + K_d \theta_c}$$

Donde:

$Y_{obs}$ = producción observada (kg/kg)

$Y$ = coeficiente de producción celular, kg de células producidas/ kg de materia orgánica eliminada

$K_d$ = coeficiente de degradación endógena ( $d^{-1}$ )

$\theta_c$ = tiempo medio de retención celular

- **Producción diaria neta de lodo**

Es la producción diaria de lodos que se debe purgar y se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$P_x = Y_{obs} Q(S_o - S)$$

Donde:

$P_x$ = producción diaria neta de fango activado SSV(kg/d)

$Y_{obs}$ = producción observada (kg/kg)

$Q$ = caudal residual a tratar ( $m^3/d$ )

$S_o$ = DBO<sub>5</sub> en el afluente (kg/m<sup>3</sup>)

$S$ = DBO<sub>5</sub> en el efluente (kg/m<sup>3</sup>)

- **Caudal de recirculación**

$$\text{Tasa de recirculación} = \frac{Q_r}{Q}$$

Donde:

$Q_r$ = caudal de recirculación ( $m^3/d$ )

$Q$ = caudal ( $m^3/d$ )

- **Necesidad y transferencia de oxígeno**

$$kg, \frac{O_2}{d} = \frac{Q(S_o - S)}{f} - 1,42P_x$$

$Q$ = caudal residual a tratar ( $m^3/d$ )

$S_o$ = DBO<sub>5</sub> en el afluente (kg/m<sup>3</sup>)

$S$ = DBO<sub>5</sub> en el efluente (kg/m<sup>3</sup>)

$f$ = factor de conversión de DBO<sub>5</sub> en DBO<sub>L</sub>

$P_x$ = producción diaria neta de fango activado (kg/d)

- **Caudal de aire teórico**

$$\text{Caudal}_{\text{aire teórico}} = \frac{kgO_2/d}{\rho_{\text{aire}} F_{O_2}}$$

Donde:

Caudal<sub>aire teórico</sub>= caudal del aire teórico ( $m^3/d$ )

$kgO_2/d$  = demanda teórica de oxígeno (kg/d)

$\rho$  aire = densidad del aire a condición estándar (kg/m<sup>3</sup>)

$F_{O_2}$  = fracción de oxígeno en el aire (kg/kg)

- **Caudal de aire real**

$$Caudal_{aire\ real} = \frac{caudal_{aire\ teórico}}{e}$$

Donde:

Caudal<sub>aire real</sub> = caudal de aire real (m<sup>3</sup>/d)

Caudal<sub>aire teórico</sub> = caudal de aire teórico (m<sup>3</sup>/d)

e = eficiencia

- **Demanda de aire**

$$Demanda_{aire\ real} = caudal_{aire\ real} FS$$

Donde:

Demanda<sub>aire real</sub> = demanda aire real (m<sup>3</sup>/d)

Caudal<sub>aire real</sub> = caudal aire real (m<sup>3</sup>/d)

FS = factor de seguridad

- **Potencia necesaria**

$$P_W = \frac{wRT_1}{29,7ne} \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$P_W$  = potencia necesaria para cada soplante (kW)

w = caudal de aire en peso (m<sup>3</sup>/s)

R = constante de los gases (KJ/kmol<sup>o</sup>K)

$T_1$  = temperatura absoluta a la entrada (°K)

$p_1$  = presión absoluta a la entrada (atm)

$p_2$  = presión absoluta a la salida (atm)

n = k-1/k

e = eficiencia

### 1.8.5. Sedimentador Secundario

El sedimentador secundario generalmente se utiliza a continuación de los procesos biológicos, por lo general son de forma circular, ya que es el más empleado para caudales pequeños, pero también existen cuadrados y rectangulares. Los sedimentadores cuadrados son muy poco utilizados ya que los cuales tienen poca retención de sólidos.

El sedimentador secundario tiene la función principal de retener los sólidos suspendidos del proceso anterior con el objetivo de clarificar el efluente. Este proceso se lleva a cabo mediante la acción de la gravedad en donde las partículas sedimentan en el fondo del tanque debido a que su peso es mayor que el agua. (Metcalf y Eddy, 1995, p.662)

- **Volumen del tanque de sedimentación**

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

$$V = Trh \times Q$$

Donde:

V= volumen del tanque de sedimentación (m<sup>3</sup>)

Trh= tiempo de retención hidráulica (s)

Q= caudal (m<sup>3</sup>/s)

- **Radio del tanque de sedimentación**

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi h}}$$

Donde:

r= radio del tanque (m)

V= volumen del tanque (m<sup>3</sup>)

h= altura (m)

- **Diámetro del tanque de sedimentación**

$$\emptyset = 2r$$

Donde:

∅= diámetro del tanque de sedimentación (m)

r= radio del tanque (m)

- **Área del tanque de sedimentación**

$$A = \pi x r^2$$

Donde:

A= área del tanque de sedimentación (m<sup>2</sup>)

r= radio del tanque (m)

- **Carga Superficial del tanque de sedimentación**

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

Donde:

C<sub>s</sub>= carga superficial del tanque de sedimentación(m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>d)

Q= caudal (m<sup>3</sup>/s)

A= área del tanque de sedimentación (m<sup>2</sup>)

- **Reparto central en el tanque de sedimentación**

$$R_c = \frac{\phi T - \phi t}{2}$$

Donde:

R<sub>c</sub>= reparto central en el tanque de sedimentación (m)

ϕT= diámetro del tanque (m)

ϕt= diámetro de la tubería (m)

- **Altura de reparto**

Siendo el 10 % del reparto central

$$\Delta y = 0,1 * R_c$$

Donde:

Δy =altura de reparto (m)

R<sub>c</sub>= reparto central en el tanque de sedimentación (m)

### **1.8.6. Floculación y Coagulación**

#### - Floculación

La floculación también conocida como mezcla lenta, es un proceso químico donde se añaden sustancias floculantes para la aglomeración de partículas desestabilizadas en microflóculos y después en flóculos más grandes que tienden a sedimentarse con gran facilidad.

El sistema de agitación se realiza gracias al movimiento giratorio de paletas con un tiempo de retención de 5 a 10 minutos, a velocidades muy bajas para conseguir la formación de flocs, evitando que se rompan y finalmente obtener flóculos de gran tamaño para su posterior sedimentación. Entre los agentes floculantes tenemos los polielectrolitos. (Weber, 1979, p.101)

- **Polielectrolitos**

Los polielectrolitos son polímeros orgánicos que poseen una carga eléctrica, son de origen natural como la celulosa, el almidón entre otros y de origen sintético que se utiliza actualmente entre ellos tenemos:

- **Floculante aniónico**

El floculante aniónico conocida también como poliacrilamida aniónico, es un polielectrolito aniónico sólido, que posee la función de acelerar la sedimentación posterior a un proceso de coagulación y es capaz de aumentar el tamaño y consistencia de los coágulos recién formados, generando flóculos que sedimentan con mayor velocidad.

- **Floculante catiónico**

Es un polielectrolito cargado positivamente en estado sólido, acelera la formación de flóculos, separando el agua de los lodos.

- **Floculante no iónico**

El floculante no iónico conocido como poliacrilamidas en polvo, no es un polielectrolito, aunque en disolución posee algunas propiedades de los floculantes antes mencionados. (Romero, 2002, pp.246-247)

#### - Coagulación

Las sustancias coloidales presentes en el agua como son los sólidos orgánicos, arcilla y residuos de organismos muertos, son partículas diminutas y con un alto grado de estabilidad ya que poseen cargas eléctricas negativas ocasionando que repelen las partículas que la rodean, gracias al tratamiento o proceso químico de la coagulación en donde se añade un coagulante (sustancia

química) al agua, elimina la estabilidad de los coloides neutralizando las fuerzas que los mantienen separados y promoviendo su aglomeración o floculación.

El coagulante desestabiliza las partículas coloidales y microorganismos, permitiendo que se junten entre si y formando coágulos, que posteriormente se aglomeran conformando flóculos de gran tamaño que posteriormente precipitan al fondo del tanque.

Las ayudas de coagulación son sustancias químicas que provocan ningún o poco floc al ser empleadas solas y mejoran sus resultados obtenidos con simples coagulantes.

El sistema de agitación en la coagulación se realiza con un tiempo de retención de 1 a 5 minutos, a velocidades muy altas para promover la desestabilización de las partículas y lograr la aglomeración de los flóculos. Los coagulantes principales son.:

Sulfato de aluminio

Sulfato ferroso y la cal

Cloruro férrico

Sulfato férrico

Aluminato de sodio

Policloruro de aluminio (PAC)

Cloruro poliférrico y la cal

- **Sulfato de Aluminio**

El sulfato de aluminio conocido también como alumbre, es el coagulante más utilizado en el tratamiento de las aguas, comercialmente tiene la fórmula  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$  con una masa molecular de 600, se empaca para su expendio como polvo, molido, terrones, en forma líquida y en granos parecidos al arroz.

Al añadir sulfato de aluminio al agua, se separan las moléculas en  $Al^{+++}$  y  $SO_4^-$ . El  $Al^{+++}$  se combina con las sustancias coloidales cargadas negativamente neutralizando parte de la carga de la partícula coloidal haciendo posible la unión entre partículas para su aglomeración.

- **Cloruro férrico**

El cloruro férrico reacciona con la alcalinidad del agua o con la cal para formar floc de hidróxido férrico. El cloruro férrico se consigue comercialmente de forma cristalina o líquida, se emplea más en tratamientos de aguas residuales que en las aguas para consumo y tiene buenos resultados en aguas subterráneas con una alta concentración de hierro, este tipo de coagulante es bastante económico, pero se necesita de equipos resistentes a la corrosión por motivo de su alta agresividad. (Romero, 2002, pp.238-245)

- **Policloruro de Aluminio**

El policloruro de aluminio es un coagulante usado ampliamente en plantas de tratamiento de aguas residuales, sistemas de potabilización de aguas superficiales y profundas, removiendo los sólidos suspendidos, color, turbiedad y partículas orgánicas obteniendo una clarificación del efluente industrial. (Cogollo, 2010, p.20)

Mediante el tratamiento de coagulación y floculación se obtiene agua libre de sólidos en suspensión y en estado coloidal ya que se elimina:

40 al 50% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

60 al 80% de la Demanda Química de Oxígeno

80 al 90 % de los sólidos totales en suspensión

80 al 90 de bacterias. (Romero, 2002, pp.252-253)

- **Área del Floculador**

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

Donde:

A= área del floculador, m<sup>2</sup>

Q= caudal de diseño (m<sup>3</sup>/d)

Cs= carga superficial (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>d)

- **Radio del Floculador**

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

Donde:

r= radio del floculador (m)

A= área del floculador (m<sup>2</sup>)

- **Diámetro del floculador**

$$A = \frac{\pi \emptyset^2}{4}$$

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}}$$



Donde:

$\emptyset$  = diámetro del floculador (m)

A= área del floculador (m<sup>2</sup>)

Para encontrar el diámetro también podemos emplear la siguiente ecuación:

$$\emptyset = 2r$$

Donde:

$\emptyset$  = diámetro del floculador (m)

r= radio del floculador (m)

- **Volumen del floculador**

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

Donde:

V= volumen del floculador (m<sup>3</sup>)

r= radio del floculador (m)

h= altura del floculador (m)

- **Tiempo de retención hidráulica**

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

Donde:

Trh= tiempo de retención hidráulica (h)

V= volumen del floculador (m<sup>3</sup>)

Q= caudal de diseño (m<sup>3</sup>/h)

- **Gradiente de velocidad del fluido**

$$G = 0.25 * n^{1.25}$$

Donde:

G= gradiente de velocidad del fluido (s<sup>-1</sup>)

v= velocidad de rotación (rpm)

- **Potencia disipada de la mezcla**

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

Donde:

W= potencia (watts)

G= gradiente medio de velocidad del fluido ( $s^{-1}$ )

$\mu$ = viscosidad dinámica del agua ( $Ns/m^2$ )

V= volumen del floculador ( $m^3$ )

- **Área de las paletas**

$$P = C_D * A * \rho * v^3$$

Donde:

A= área de la sección transversal de las paletas ( $m^2$ )

P= potencia necesaria (HP)

$C_D$ = coeficiente de resistencia al avance de las paletas

$\rho$ = densidad del fluido ( $kg/m^3$ )

v= velocidad relativa de las paletas, (0.6- 0.75 m/s)

Despejando el área de la sección transversal de las paletas

$$A = \frac{2 * P}{C_D * \rho * v^3}$$

- **Longitud de la paleta**

$$A = l * b$$

Despejando la longitud de la paleta tenemos:

$$l = \frac{A}{b}$$

Donde:

l= longitud de la paleta (m)

A= área de la sección transversal de las paletas ( $m^2$ )

b= ancho de la paleta (m)

- **Ancho de las paletas**

$$b = \frac{l}{5}$$

Donde:

b= ancho de la paleta (m)

l= longitud de la paleta (m)

### ***1.8.7. Filtración***

La filtración es un procedimiento de depuración de aguas residuales, que consiste en hacer pasar el agua a través de un medio poroso con la finalidad de retener la mayor cantidad de coloides y materia en suspensión.

Si las partículas en suspensión tienen una dimensión superior al poro quedarán retenidas en la superficie del filtro denominada superficial o en torta, en caso contrario si las partículas suspendidas tienen una dimensión inferior al poro estas serán retenidas en el interior de la masa porosa y la filtración se denominará en volumen con profundidad. (Vargas, 2005, pp.106-107)

El agua circula verticalmente y en forma descendiente gracias a la gravedad, el mecanismo de la separación de sólidos se efectúa por una combinación de retención, asentamiento, adhesión y atracción, eliminando partículas mucho menores que el espacio intersticial

Es una operación muy utilizada en el tratamiento de aguas residuales industriales orgánicas, domésticas y textiles mediante medios granulares que eliminan los sólidos suspendidos que no fueron eliminados en los procesos unitarios anteriores, es decir se usa en aguas turbias como un proceso final o terciario. (Bernal et al., 2011: pp.70-73)

#### ***1.8.7.1. Medio filtrante***

Es la totalidad de particulares granulares usadas para filtrar el agua, el más conocido es el filtro de grava, carbón activado y arena por su eficiencia en la clarificación del agua, retiene la mayoría de las partículas suspendidas, la facilidad, sencillez y bajos costos de construcción en el filtro antes mencionado.

- **Grava**

La grava se utiliza como soporte de medio filtrante, el cual elimina la turbidez y una gran parte de materia disuelta que se adhieren a la superficie de las partículas.

- **Arena**

La arena es el medio filtrante más usado en tratamientos de aguas residuales, por ser relativamente sencillo y poco costoso, usado para separar los sólidos suspendidos del agua hay que tener en cuenta el diámetro, la granulometría y la forma de los granos. (Ronquillo, 2016, pp.14-16).

- **Carbón activado**

El carbón activado granular es un material de origen vegetal poroso que se utiliza para la purificación del agua, eliminando el olor, microorganismos, mejora el sabor y color del agua. También adsorben o se adhieren a la superficie del carbón activado una amplia gama de químicos como los combustibles, PCBs y metales como el plomo, cadmio y mercurio.

- **Zeolita**

La zeolita es un mineral natural empleado en la depuración de aguas residuales e industriales, ya que posee propiedades de intercambio iónico absorbiendo metales pesados, cationes, malos olores, reduciendo la acidez, clarificando el agua y liberando calcio, magnesio y fosfatos que son minerales necesarios para el cuerpo humano. (Larrea, 2015, p.12)

Consideramos los criterios de (Romero, 2006, pp.212-250) para el dimensionamiento del filtro de medios múltiples:

- **Caudal de diseño con el 5% de pérdida**

$$Q_D * 0.95$$

Donde:

$Q_D$ = caudal de diseño con el 5% de pérdida ( $m^3/d$ )

- **Número de filtros**

$$n = 0.044 * \sqrt{Q_D}$$

Donde:

n= número de filtros

$Q_D$ = caudal de diseño con el 5% de pérdida ( $m^3/d$ )

- **Caudal de diseño de filtración**

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

Donde:

$Q_f$ = caudal de diseño de filtración ( $m^3/d$ )

$Q_D$ = caudal de diseño con el 5% de pérdida ( $m^3/d$ )

n= número de filtros

- **Área del filtro**

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

Donde:

$A_f$  = área del filtro (m<sup>2</sup>)

$Q_f$  = caudal de diseño de filtración (m<sup>3</sup>/d)

$T_f$  = tasa de filtración (m/d)

- **Ancho del filtro**

$$b = \sqrt{A_f}$$

Donde:

b= ancho del filtro (m)

$A_f$  = área del filtro (m<sup>2</sup>)

- **Altura del lecho filtrante**

$$HLF = e_{cg} + e_a + e_{ca} + e_{cz}$$

Donde:

HLF= Altura del lecho filtrante (m)

$e_{cg}$  = espesor de la capa de grava (m)

$e_a$  = espesor de la capa de arena (m)

$e_{ca}$  = espesor de la capa de carbón activado (m)

$e_{cz}$  = espesor de la capa de zeolita, m

- **Altura del filtro**

$$H = (HLF * 0.25) + HLF$$

Donde:

H= Altura del filtro (m)

HLF= Altura del lecho filtrante (m)

### **1.8.8. Resultados en porcentaje de remoción de contaminantes**

Para determinar el porcentaje de remoción de contaminantes después de las etapas del sistema de tratamiento propuesto se efectuó a través de la siguiente ecuación:

$$E_r = \frac{S_0 - S}{S_0}$$

Donde:

Er= porcentaje de remoción, %

So= Parámetro inicial, mg/l

S= Parámetro final, mg/l

### **1.9. Normativa ambiental**

La Legislación Ambiental Ecuatoriana está conformada por la Constitución Política del Ecuador, tratados, leyes, decretos, acuerdos ministeriales, normas y ordenanzas aplicable a los procesos del tratamiento de las aguas residuales.

- **Constitución Política del Ecuador 2008(Constitución De La República Del Ecuador, 2008)**

Título II Derechos

El art. 3 y 14 señalan la protección del patrimonio natural de nuestro país, para que nuestra población tenga derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, garantizando el buen vivir Sumak Kawsay

Capítulo III Derechos de la Naturaleza

El art 71, 72 y 74 se refiere a los derechos que tiene la Pacha Mama o Naturaleza respetando su existencia, funciones, procesos evolutivos, ciclos vitales y derecho a su restauración independientemente a la obligación que tiene el Estado, las personas naturales y jurídicas, así como tienen derecho a beneficiarse del ambiente y sus riquezas naturales que le permitan su buen vivir.

## **Sección VI, Agua**

En el art. 6 queda prohibido descargar las aguas residuales directamente al alcantarillado o cuerpos de agua sin sujetarse a las normas técnicas, ya que estos efluentes contienen una alta concentración de contaminantes que son nocivos para la salud humana, flora y fauna

En el art. 264 y 415 indica el apropiado tratamiento, disposición y manejo integral de los residuos líquidos, salvaguardando así la calidad del agua, con fin de conseguir un ambiente sano.

- **Código Orgánico del Ambiente**

Art. 38 literal 5 Se debe proteger los cuerpos de agua tanto subterráneas como superficiales, además conservar la dinámica hidrológica de las cuencas hidrográficas.

Art. 61 Las servidumbres ecológicas obligatorias y voluntarias tienen la finalidad de proteger y conservar las especies, ecosistemas y los cuerpos de agua.

Art.191 El Gobierno Autónomo Descentralizado o la Autoridad Ambiental Nacional junto con las autoridades competentes realizarán el monitoreo de la calidad del agua, suelo y aire de acuerdo a la normativa vigente de nuestro país.

Art. 196 Los Gobiernos Autónomos Descentralizados deberán poseer la infraestructura técnica necesaria, para la instalación de sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales tanto para la zona rural como para la parte urbana

Las aguas tratadas podrán ser reutilizadas donde sus parámetros de calidad del agua deberán encontrarse dentro de los límites permisibles establecidos por la norma técnica expedida y no se afecte la salud de la población. Las aguas residuales que no pueden ser conducidas al alcantarillado deberán ser tratadas, de manera que no alteren los cuerpos receptores de agua, suelo y la vida vegetal como animal.

- **Ley Orgánica de la Salud**

Art. 102 y 103 menciona dar un tratamiento adecuado a las aguas residuales a través de los sistemas de tratamiento antes de ser descargadas a los cuerpos receptores, para que no afecten la salud humana y del ambiente en coordinación con el Estado, los municipios y las instituciones públicas del país.

Art. 104 y 105 Las empresas industriales, comerciales y los establecimientos que requieran descargar al mar deberán implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales y de residuos tóxicos provenientes de sus actividades diarias, las autoridades de salud en coordinación con el municipio serán responsables de hacer cumplir con el requerimiento antes mencionado.

- **ACUERDO MINISTERIAL 097- A, RECURSO AGUA**

Esta normativa es emitida por medio del Ministerio del Ambiente, Registro Oficial N° 387, Acuerdo Ministerial 097-A, Refórmese el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente “TULSMA”, ANEXO 1 DEL LIBRO VI: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA, establece los límites máximos permisibles de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.

**Tabla 3–1:** Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5



Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos sedimentables	SD	ml/l	20,0
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1600,0
Sulfatos	$SO_4^{-2}$	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

**Fuente:** Acuerdo Ministerial 097-AAnejo al TULSMA, 2015, p.20

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2020

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Diseño experimental

##### 2.1.1. Tipo de estudio

El presente proyecto técnico tiene como tipo de estudio los siguientes componentes: método experimental, método explorativo y método deductivo.

- **Experimental:** El investigador manipula el factor de estudio, es decir el sistema de tratamiento de aguas residuales, controlando sus procesos unitarios y verificando la disminución de la carga contaminante del efluente.
- **Explorativo:** Motivo por el cual se realizó la caracterización del agua residual para conocer los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles a la norma y dar su posterior tratamiento al efluente.
- **Deductivo:** Es un método que va de lo general a lo específico y siguiendo pasos determinados con el fin de alcanzar el objetivo planteado.

##### 2.1.2. Localización del proyecto

El presente proyecto técnico se lo realizó en la quesera Doña Isabelita que se encuentra ubicada en la Parroquia Rural de San Gerardo perteneciente al Cantón Guano de la Provincia de Chimborazo.

La Parroquia de San Gerardo tiene una temperatura promedio de 13.7°C, localizada aproximadamente a 2675 metros sobre el nivel del mar, latitud 1°37'54" S, longitud 78°36'43" O y con una extensión de 6,59 km<sup>2</sup>.

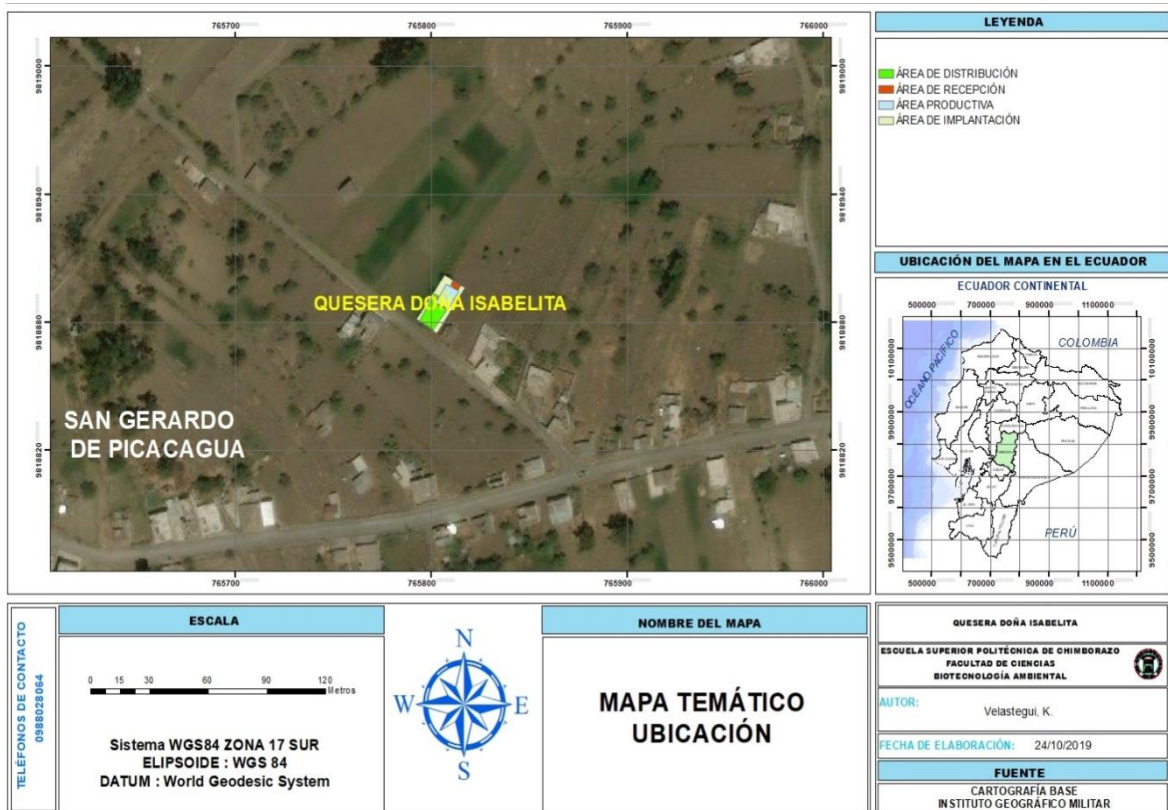
- **Límites**

Norte: quebrada de las Abras

Sur: vía Riobamba-Penipe

Este: río Guano

Oeste: por el Barrio San Antonio



**Figura 1 - 2.** Ubicación de la Parroquia San Gerardo

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2020

### 2.1.3. Descripción de la empresa

El presente proyecto se efectuó en la industria quesera “Doña Isabelita” que se encuentra laborando desde el año 2015 en la parroquia de San Gerardo con una producción promedio diaria de 400 unidades con la utilización de 1600 litros de leche.

La quesera cuenta con un área para la producción de quesos separado por un cuarto frío, para el almacenamiento de quesos y un espacio empleado para el parqueadero.

### 2.2. Consumo de agua

La quesera labora de lunes a domingo, en horario de 9:00 a 15:00 horas, con estos datos se determinó un consumo diario de agua siendo este 700 litro equivalente a un gasto mensual de 21000 litros de agua aproximadamente, generado por el lavado de equipos y limpieza de las instalaciones, estas aguas residuales son descargadas al sistema de alcantarillado sin ningún tipo de tratamiento directamente, lo cual ocasiona contaminación en el río Guano.

Con la información obtenida, se determinó la generación de 2 litros de agua residual por cada queso de 800 gramos producido.

### 2.3. Medición de Caudal

Para la determinación del caudal del efluente industrial de la quesera “Doña Isabelita”, se realizó en la caja única de revisión mediante el *Método de Aforo Volumétrico*, que consistió en colocar un balde plástico graduado de 4 litros debajo del efluente de manera que recibiera todo el flujo, tomándose el tiempo que demoró en llenarse mediante la ayuda de un cronómetro y obteniéndose el caudal en l/s mediante la siguiente ecuación:

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

Dónde:

Q= Caudal (l/s)

v= Volumen del líquido (l)

t= Tiempo de flujo (s)

La medición se realizó en un período de 7 días consecutivos, a partir de las 9:00 am hasta las 15:00 pm, en intervalos de una hora, obteniéndose 7 mediciones al día y un total de 49 mediciones, con el fin de asegurar una mayor exactitud del caudal obtenido.

#### 2.3.1. Materiales y equipos

Se mencionan a continuación los materiales y equipos empleados en la medición del caudal:

**Tabla 1–2:** Materiales y equipos empleados en la medición del caudal

Caudal	
Mandil	Balde de 4 litros
Cronómetro	Botas de caucho
Guantes	Cámara fotográfica

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020

## 2.4. Muestreo del agua residual

El muestreo del agua residual se efectuó en el punto donde convergen todas las aguas residuales generadas por la empresa, por medio de una muestra compuesta que consiste en tomar varias muestras simples con la utilización de un balde y un vaso de precipitación de 1000 ml.

Para obtener los 3 litros de muestra compuesta requeridos por el laboratorio para efectuar la caracterización del efluente industrial, en primer lugar se obtuvo la suma total de los caudales tomados, luego se calculó el valor porcentual de cada caudal tomado respecto a la suma total y se colocó en la columna de la composición porcentual, por último, se calculó el volumen con que cada muestra simple contribuirá al total de la muestra compuesta en base a la composición porcentual de cada caudal.

Se realizaron 3 muestreos en la caja de revisión de la industria en un lapso de 4 meses el 20 de abril del 2019, 14 de mayo y el 10 de julio del 2019, con la finalidad de obtener datos más representativos.

Las muestras compuestas fueron transportadas y entregadas de inmediato al laboratorio de Calidad del Agua perteneciente a la ESPOCH para la caracterización físico- química.

### 2.4.1. Materiales y equipos

**Tabla 2-2:** Materiales y equipos utilizados en el muestreo del efluente industrial

Muestra Compuesta	
Mandil	Vaso de precipitación de 1000 ml
Botas de caucho	Probeta de 500 ml
Cooler	Recipiente plástico de 3 l

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020

## 2.5. Caracterización del agua residual industrial

La caracterización físico- química del agua residual de la quesera se realizó en el laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Se trasladaron 3 muestras en un período de 4 meses, mismas que fueron transportadas mediante vía terrestre y entregadas el mismo día en el laboratorio, especificando los parámetros a realizarse.

Los parámetros obtenidos In Situ fue el pH y la temperatura tomados en la corriente del efluente. El pH se midió con tiras de pH y la temperatura con la ayuda de un termómetro, para obtener datos más confiables.

Para el análisis de la DBO<sub>5</sub> se realizó el primer día de la semana, ya que tarda 5 días para que se pueda leer el resultado en mg/l.

Los métodos de análisis aplicados por el laboratorio a las muestras de agua residual se efectuarán en base a las normas y técnicas APHA/ AWWA/WPCF tal como se detalla a continuación.

**Tabla 3-2:** Técnicas de análisis de los parámetros físico-químicos del agua residual.

<b>Parámetros</b>	<b>Método/Norma</b>
Potencial de Hidrógeno	Standard Method No. 4500 B
Temperatura	Standard Method No. 2550
Turbiedad	Standard Method No. 2130 B
Demanda Química de Oxígeno	Standard Methods No. 5220 C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	Standard Methods No. 5210 B
Aceites y Grasas	Standard Methods No. 5520 B
Sólidos Sedimentables	Standard Methods No. 2540 F
Sólidos Suspendedos Totales	Standard Methods No. 2540 D
Sólidos Totales	Standard Methods No. 2540 B

**Fuente:** Baird, 2017, pp.12-102

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2020

## 2.6. Índice de Biodegradabilidad

Con la finalidad de determinar el mejor tipo de tratamiento que se debe realizar al agua residual de la quesera Doña Isabelita, se realizó el cálculo del índice de biodegradabilidad. Se trata de un valor que resultó de la relación entre concentraciones de DBO<sub>5</sub> y DQO presente en el agua residual que será sometida a tratamiento.

Dependiendo del valor que se obtenga al realizar este cálculo, el tratamiento a aplicar puede ser de tipo Físico-Químico, Biológico o un sistema combinado de ambos. En la siguiente tabla se indican los valores y los tratamientos óptimos a ser aplicados.

**Tabla 4-2:** Criterios de biodegradabilidad según la relación entre DBO<sub>5</sub>/DQO

DBO <sub>5</sub> / DQO	Carácter	Tipo de Tratamiento
> 0,8	Muy biodegradable	Por poseer materia muy biodegradable, es idóneo emplear tratamientos biológicos.
0,7 – 0,8	Biodegradable	Empleo de tratamientos físico-químicos o biológicos.
0,3 – 0,7	Poco biodegradable	Por contener materia no biodegradable (de naturaleza inorgánica) se puede emplear tratamientos físico-químicos, restringiéndose al uso de sistemas biológicos.
< 0,3	No biodegradable	Tratamiento físico-químico por contener material inorgánico.

Fuente: (Bedoya et al., 2014: p. 7)

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020

## 2.7. Test de Jarras

En esta etapa como primer paso se homogenizó la muestra de agua residual, luego se midió el pH y la turbidez, posteriormente se preparó Policloruro de Aluminio (PAC) con una concentración de 10000 ppm, así se pesaron 1 g de reactivo se diluyó en agua destilada y aforamos en un balón de 100 ml, también se preparó floculante aniónico a 2000 ppm donde se pesaron 0.2 g de reactivo se diluyeron en agua destilada y aforamos en un balón de 100 ml obteniendo la solución madre del coagulante y floculante respectivamente, finalizando este proceso se colocaron 1000 ml de agua residual en cada vaso de precipitación añadiendo diferentes concentraciones de CaO para un pH óptimo del coagulante, a continuación se colocó los 4 vasos de precipitación con el agua residual en el equipo de jarras, añadiéndose con una pipeta diferentes concentraciones de PAC en cada vaso, ejecutando una mezcla rápida durante 1 minuto a 200 rpm y concentraciones distintas de floculante aniónico mediante una mezcla lenta de 20 rpm durante 5 minutos.

Realizado este proceso se dejó reposar la muestra para la clarificación del agua debido a la sedimentación de los flóculos y se tomó alícuotas de cada uno de los vasos de precipitación para determinar la turbidez.

### 2.7.1. Materiales y equipos

**Tabla 5-2:** Materiales y equipos empleados en la prueba de jarras

Test de Jarras	
Mandil	Vasos de precipitación de 1000 ml
Guantes	Pipetas de 3ml
pHmetro	Vasos de precipitación de 100 ml
Varilla de agitación	Equipo de jarras
Turbidímetro	Papel aluminio
Balanza analítica	Parilla eléctrica

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020

### 2.7.1.1. Sustancias y reactivos

**Tabla 6-2:** Sustancias y reactivos empleados en la prueba de jarras

Test de Jarras	
Coagulante	Floculante
Agua residual	Agua destilada
Óxido de Calcio	

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2020

## 2.8. Dimensionamiento del sistema de tratamiento

Para el dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales de la quesera “Doña Isabelita”, se tomó en cuenta: el caudal de diseño y los resultados de la caracterización físico-química del agua residual, de acuerdo a estos parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles con respecto al Acuerdo Ministerial 097-A Anexo al TULSMA de la Tabla 8: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público, se determinó los componentes unitarios más apropiados para garantizar una correcta depuración del efluente, con la finalidad de cumplir con los valores de descarga de aguas residuales hacia el alcantarillado presente en la normativa ambiental antes indicada.

Para el dimensionamiento se tomaron en cuenta los criterios de diseño de los manuales: (Crites y Tchobanoglous, 2000; Metcalf y Eddy tomos I y II, 1995; Romero, 2006; Ramalho, 1995) referentes para tratamiento de aguas residuales.

## 2.9. Elaboración de planos

Para la elaboración de los planos de los distintos componentes que integran el sistema de tratamiento se utilizó el programa AutoCAD 2013.



## CAPÍTULO III

### 3. CÁLCULOS DE DISEÑO

#### 3.1. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

##### 3.1.1. Determinación del caudal

Debido a que la industria inicio su actividad en el 2016 y no espera incrementar su producción, se empleó para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales el caudal máximo diario el cual se lo determinó de acuerdo a la Tabla 1- 4, obteniendo un valor de  $2,5 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$ .

##### 3.1.2. Caudal de diseño

Para calcular el caudal de diseño se empleó el factor de mayoración o de seguridad (FM), donde se asumen valores que oscilan del 10% al 30% según proyectos realizados. (Paguay, 2013; Guaña, 2014; Saenz, 2013) indicando usar el mayor porcentaje con el 30%.

$$Q_d = Q + FM$$
$$Q_d = 21,6 \text{ m}^3/\text{d} + (21,6 \text{ m}^3/\text{d} * 0,3)$$
$$Q_d = 28,08 \text{ m}^3/\text{d} = 3,25 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

##### 3.1.3. Canal rectangular

Para la base del canal se toma en cuenta el tubo de salida de la empresa que es de una tubería de 6 plg o 15 cm, así mismo se toma como referencia la velocidad que es de 0,6 m/s para canales abiertos.

- **Área del canal**

$$A = \frac{Q}{v}$$
$$A = \frac{3,25 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{0,6 \text{ m/s}}$$
$$A = 5,42 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

- **Altura efectiva**

Para la dimensión de la altura efectiva en un canal se debe tener en consideración que  $b=2h$

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

$$h = \frac{5,42 \times 10^{-4} m^2}{0,15 m}$$

$$h = 3,61 \times 10^{-3} m$$

- **Altura del canal**

De acuerdo a Imefen (2017, p.25), el borde libre varia de 0,30 m para un canal pequeño, hasta 1,20 m para canales profundos y grandes con caudales igual o mayor a 85m<sup>3</sup>/s.

$$H = h + h_s$$

$$H = 3,61 \times 10^{-3} m + 0,30 m$$

$$H = 0,304 m$$

### 3.1.4. *Rejillas*

**Tabla 1–3:** Parámetros de diseño para rejillas de limpieza manual y mecánica

<b>Característica</b>	<b>Limpieza Manual</b>	<b>Limpieza Mecánica</b>
Anchura de las barras	0,5-1,5cm	0,5-1,5cm
Profundidad de las barras	2,5-7,5 cm	2,5-7,5 cm
Abertura o espaciamiento	2,5-5,0 cm	1,5-7,5 cm
Pendiente con la vertical	30°-45°	0-30°
Velocidad de acercamiento	0,3-0,6 m/s	0,6-1 m/s
Pérdida de carga admisible	15 cm	15 cm

**Fuente:** Crites y Tchobanoglous, 2000, p.249

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2020

- **Velocidad aproximada del agua hacia la rejilla**

Según las tablas consideramos el coeficiente de Manning de 0,013, valor del material de hormigón simple y el gradiente de velocidad de 0,02%.

$$v = \frac{1}{n} R h^{2/3} S^{1/2} \text{Ec.5}$$

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

$$v = 0,23 \text{ m/s}$$

- **Sumatoria de la separación entre barras**

Tomamos para el ancho del canal 0,30m, la separación entre barras el valor de 0,025m y anchura de las barras 0,005 m.

$$b_g = \left( \frac{b-e}{s+e} + 1 \right) e$$

$$b_g = \left( \frac{0,15 \text{ m} - 0,025 \text{ m}}{0,0064 \text{ m} + 0,025 \text{ m}} + 1 \right) 0,025 \text{ m}$$

$$b_g = 0,125 \text{ m}$$

- **Número de barras**

$$n = \frac{b_g}{e} - 1$$

$$n = \frac{0,125 \text{ m}}{0,025 \text{ m}} - 1$$

$$n = 5$$

- **Longitud de las barras**

$$l_b = \frac{H}{\text{sen}\theta}$$

$$l_b = \frac{0,304 \text{ m}}{\text{sen } 45^\circ}$$

$$l_b = 0,43 \text{ m}$$

- **Área de espacio entre barras**

$$A_{eb} = b_g * l_b$$

$$A_{eb} = 0,125 \text{ m} * 0,43 \text{ m}$$

$$A_{eb} = 0,053 \text{ m}^2$$

- **Velocidad a través de la rejilla**

$$v = \frac{Q}{A_{eb}}$$

$$v = \frac{3,25 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{0,053 \text{ m}^2}$$

$$v = 6,13 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

### 3.1.5. Sedimentador Primario

**Tabla 2–3:** Consideraciones de diseño de decantación primaria

Características	Intervalo	Típico
<b>Decantación primaria seguida de tratamiento secundario</b>		
Tiempo de detención, h	1,5-2,5	2,0
Carga superficie, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d	-	24
Carga sobre vertedero, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d	10000-40000	20000
<b>Sedimentación primaria con adición del fango activado en exceso</b>		
Tiempo de detención, h	1,5-2,5	2,0
Carga superficie, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d	-	24
Carga sobre vertedero, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d	10000-40000	20000

Fuente: Metcalf y Eddy, 1995, p.542

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020

- **Volumen del tanque**

Trh= 2,5h

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

$$V = Trh \times Q$$

$$V = 2,5h \times \frac{3600s}{1h} \times (3,25 \times 10^{-4} m^3/s)$$

$$V = 2,93 m^3$$

- **Radio del tanque de sedimentación**

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi h}}$$

$$r = \sqrt{\frac{2,93 \text{ m}^3}{\pi(3\text{m})}}$$

$$r = 0,56 \text{ m}$$

- **Diámetro del tanque de sedimentación**

$$\phi = 2r$$

$$\phi = 2(0,56 \text{ m})$$

$$\phi = 1,12 \text{ m}$$

- **Área del tanque de sedimentación**

$$A = \pi x r^2$$

$$A = \pi x (0,56)^2$$

$$A = 0,98 \text{ m}^2$$

- **Carga Superficial del tanque de sedimentación**

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

$$C_s = \frac{3,25 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{0,98 \text{ m}^2} x \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} x \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}}$$

$$C_s = 28,65 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$$

- **Reparto central en el tanque de sedimentación**

$$R_c = \frac{\phi T - \phi t}{2}$$

$$R_c = \frac{1,12 - 0,2038}{2}$$

$$R_c = 0,4581 \text{ m}$$

- **Altura de reparto**

Es el 10 % del reparto central

$$\Delta y = 0,1 x 0,4581$$

$$\Delta y = 0,04581$$

**Tabla 3–3:** Parámetros de diseño de un sedimentador primario circular

Parámetro	Unidad	Intervalo	Típico
<b>Circular</b>			
Profundidad	m	3- 4,5	3,6
Diámetro	m	3-60	12-45
Pendiente de la solera	mm/m	6,25-16	8
Velocidad de los rascadores	r/min	0,02- 0,05	0,03

Fuente: Metcalf y Eddy, 1995, p.544

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020

- **Remoción de la DBO**

**Tabla 4–3:** Valores de constantes empíricas

Variabes	A	b
DBO	0,018	0,020
SST	0,0075	0,014

Fuente: Crites y Tchobanoglous, 2000: p.547

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2019

$$R = \frac{T_r}{a + b * T_r}$$
$$R = \frac{3,5h}{0,018 + (0,020 * 3,5h)}$$
$$R = 39,77$$

- **Remoción de SST**

$$R = \frac{T_r}{a + b * T_r}$$
$$R = \frac{3,5h}{0,0075 + 0,014 * 3,5h}$$
$$R = 61,94$$

### 3.1.6. Aireación a través de difusores

- **Volumen del tanque de aireación**

**Tabla 5–3:** Valores recomendados de coeficientes cinéticos para efluentes industriales

Coefficiente	Unidad	Rangos	Típico
Y	mg SSV/mg DBO <sub>5</sub>	0,4- 0,8	0,6
Kd	d <sup>-1</sup>	0,04- 0,075	0,06

Fuente: Metcalf y Eddy, 1995, p. 408

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020

**Tabla 6–3:** Valores estimados de coeficientes cinéticos para el proceso de efluentes industriales

Modificación del proceso	Θ <sub>c</sub> , d	F/M kg DBO <sub>5</sub> aplicada/kg SSVLM, d	Carga volumétrica, kg DBO <sub>5</sub> aplicada/m <sup>3</sup> *d	X SSLM, mg/l	V/Q, h	Q <sub>r</sub> /Q
Mezcla Completa	5-15	0,2-0,6	0,80-1,92	2500-4000	3-5	0,25-1,00

Fuente: Metcalf y Eddy, 1995, p. 410

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020

Según el criterio de Metcalf y Eddy se considera el tiempo de retención Θ<sub>c</sub>= 10 días y también un valor de 4,6 m de profundidad.

$$V = \frac{\Theta_c Y(S_o - S)Q}{X(1 + K_d \Theta_c)}$$

$$V = \frac{(10d)(0,6kg/kg)(1,245 - 0,224) kg/m^3 (28,08 m^3/d)}{4 kg/m^3 (1 + 0,06d^{-1} * 10d)}$$

$$V = 26,87 m^3$$

- **Profundidad del tanque**

La relación ancho/profundidad para el tanque varía entre 1:1 hasta 2.2:1 siendo el promedio 1.5:1, entonces:

$$V_{TA} = a H_{TA} P_{TA}$$

$$V_{TA} = 1,5P_{TA} * H_{TA} * P_{TA}$$

$$P_{TA} = \sqrt{\frac{V_{TA}}{H_{TA} * 1,5}}$$

$$P_{TA} = \sqrt{\frac{26,87 \text{ m}^3}{4,6\text{m} * 1,5}}$$

$$P_{TA} = 1,97 \text{ m}$$

- **Ancho del tanque**

$$a = 1,5P_{TA}$$

$$a = 1,5 * 1,97 \text{ m}$$

$$a = 2,95 \text{ m}$$

- **Tiempo de retención hidráulica**

$$\theta = \frac{V_{TA}}{Q}$$

$$\theta = \frac{26,87 \text{ m}^3}{1,17 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$\theta = 22,9 \text{ h}$$

- **Producción del lodo activado observada**

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + K_d \theta_c}$$

$$Y_{obs} = \frac{0,6 \text{ kg/kg}}{1 + (0,06 \text{ d}^{-1})(10 \text{ d})}$$

$$Y_{obs} = 0,38 \text{ kg/kg}$$

- **Producción diaria neta de lodo**

$$P_x = Y_{obs} Q(S_o - S)$$

$$P_x = 0,38 \text{ kg/kg} * 28,08 \text{ m}^3/\text{d} (1,245 - 0,224) \text{ kg/m}^3$$

$$P_x = 10,9 \text{ kg/d}$$

- **Caudal de recirculación**

Consideramos el valor de la tasa de recirculación de 0,25 según Metcalf y Eddy indicada en la tabla 17-3.

$$\text{Tasa de recirculación} = \frac{Q_r}{Q}$$



$$Q_r = \text{Tasa de recirculación} * Q$$

$$Q_r = 0,25 * 28,08 \text{ m}^3/d$$

$$Q_r = 7,02 \text{ m}^3/d$$

- **Necesidad y transferencia de oxígeno**

f= factor de conversión de DBO<sub>5</sub> en DBO<sub>L</sub>= (0,45-0,68).

$$kg, \frac{O_2}{d} = \frac{Q(S_o - S)}{f} - 1,42P_x$$

$$kg, \frac{O_2}{d} = \frac{28,08 \text{ m}^3/d(1,245 - 0,224) \text{ kg}/\text{m}^3}{0,5} - 1,42( 10,9 \text{ kg}/d )$$

$$kg \frac{O_2}{d} = 41,86$$

- **Caudal de aire teórico**

$\rho_{\text{aire}}=1,20 \text{ kg}/\text{m}^3$  y  $F_{O_2}= 0,2315$ . (Crites y Tchobanoglous, 2000, p.240)

$$\text{Caudal}_{\text{aire teórico}} = \frac{kg O_2/d}{\rho_{\text{aire}} F_{O_2}}$$

$$\text{Caudal}_{\text{aire teórico}} = \frac{41,86 \text{ kg} O_2/d}{(1,20 \text{ kg}/\text{m}^3)(0,2315 \text{ kg}/\text{kg})}$$

$$\text{Caudal}_{\text{aire teórico}} = 150,68 \text{ m}^3/d$$

- **Caudal de aire real**

Para los equipos de aireación en condiciones reales se considera una eficiencia de transferencia de oxígeno del 8%, e=0,08

$$\text{Caudal}_{\text{aire real}} = \frac{\text{caudal}_{\text{aire teórico}}}{e}$$

$$\text{Caudal}_{\text{aire real}} = \frac{150,68 \text{ m}^3/d}{0,08}$$

$$\text{Caudal}_{\text{aire real}} = 1883,5 \text{ m}^3/d$$

- **Demanda de aire**

Se asume un valor de 2,0m para el factor de seguridad.

$$\text{Demanda}_{\text{aire real}} = \text{caudal}_{\text{aire real}} FS$$

$$\text{Demanda}_{\text{aire real}} = ( 1883,5 \text{ m}^3/d )(2,0)$$

$$\text{Demanda}_{\text{aire real}} = 0,04 \text{ m}^3/s$$

- **Potencia necesaria**

R: 8.314 kJ/kmol °K; n: 0.283 para el aire; e: eficiencia (el rango usual para compresores, es 0.70 – 0.90). Crites y Tchobanoglous, 2000, p.265

$$P_w = \frac{wRT_1}{29,7ne} \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$P_w = \frac{0,04 \text{ m}^3/\text{s} * 8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}} * 293^\circ\text{K}}{29,7(0,283)(0,80)} \left[ \left( \frac{1,42 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$P_w = 1,5 \text{ kW}$$

### 3.1.7. Sedimentador secundario

**Tabla 7–3:** Parámetros considerados para el diseño de un sedimentador secundario

Tipo de Tratamiento	Carga Superficial m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d	Carga de sólidos kg/m <sup>2</sup> h	Profundidad m
Sedimentación a continuación del proceso de fangos activados (excepto en la aireación prolongada)	16-32	3,90-5,85	3,6-6
Sedimentación a continuación del proceso de fangos activados con oxígeno	16-32	4,88-6,83	3,5-6
Sedimentación a continuación del proceso de aireación prolongada	8-16	0,97-4,88	3,6-6
Sedimentación a continuación de filtros percoladores	16-24	2,93-4,88	3,0-4,5

Fuente: Metcalf y Eddy, 1995, p.669

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020

- **Volumen del tanque**

$$Trh = 2,5h$$

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

$$V = Trh \times Q$$

$$V = 2,5h \times \frac{3600s}{1h} \times (3,25 \times 10^{-4} m^3/s)$$

$$V = 2,93 m^3$$

- **Radio del tanque de sedimentación**

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi h}}$$

$$r = \sqrt{\frac{2,93 m^3}{\pi(3m)}}$$

$$r = 0,56 m$$

- **Diámetro del tanque de sedimentación**

$$\phi = 2r$$

$$\phi = 2(0,56 m)$$

$$\phi = 1,12 m$$

- **Área del tanque de sedimentación**

$$A = \pi \times r^2$$

$$A = \pi \times (0,56)^2$$

$$A = 0,98 m^2$$

- **Carga Superficial del tanque de sedimentación**

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

$$C_s = \frac{3,25 \times 10^{-4} m^3/s}{0,98 m^2} \times \frac{3600 s}{1h} \times \frac{24h}{1d}$$

$$C_s = 28,65 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{ d}$$

- **Reparto central en el tanque de sedimentación**

$$R_C = \frac{\phi T - \phi t}{2}$$

$$R_C = \frac{1,12 - 0,2038}{2}$$

$$R_C = 0,4581 \text{ m}$$

- **Altura de reparto**

Es el 10 % del reparto central

$$\Delta y = 0,1 \times 0,4581$$

$$\Delta y = 0,04581$$

### 3.1.8. Coagulación y Floculación

**Tabla 8-3:** Parámetros recomendados para el dimensionamiento del floculador

Características	Unidad	Valor	
		Intervalo	Típico
Tiempo de retención	Min	20 - 60	30
Floculación inducida por paletas, máxima velocidad periférica de la paleta, con reductor de velocidad hasta el 30% de velocidad máxima	m/s	0,45 - 1,00	0,60
Agitación de paletas	Rpm	50 - 80	60
Ancho de paletas	M	0,50 - 2	0,80

Fuente: Metcalf y Eddy, 1995, p.537

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2019

- **Área del Floculador**

De acuerdo a la suspensión química utilizada se recomiendan los siguientes valores de carga superficial.

**Tabla 9-3:** Valores recomendados de carga superficial de acuerdo a la suspensión química

Suspensión	Carga Superficial m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *d	
	Intervalo	Caudal Punta
Flóculo de Alúmina	25-50	50
Flóculo de Hierro	25-50	50
Floculo de Cal	30-60	60
Agua residual cruda	25-50	50

Fuente: Metcalf y Eddy, 1995, p.557

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2019

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

$$A = \frac{28,08 \text{ m}^3/d}{50 \text{ m}^3/\text{m}^2 d}$$

$$A = 0,56 \text{ m}^2$$

- **Radio del Floculador**

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

$$r = \sqrt{\frac{0,56 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$r = 0,42 \text{ m}$$

- **Diámetro del floculador**

$$A = \frac{\pi \phi^2}{4}$$

$$\phi = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}}$$

$$\phi = \sqrt{4 * \frac{0,56 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$\phi = 0,84 \text{ m}$$

Para encontrar el diámetro también podemos emplear la siguiente ecuación:

$$\phi = 2r$$

$$\phi = 2 * 0,42 \text{ m}$$

$$\phi = 0,84 \text{ m}$$

- **Volumen del floculador**

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

$$V = \pi \times (0,42m)^2 \times (2,5)m$$

$$V = 1,385 m^3$$

- **Tiempo de retención hidráulica**

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

$$Trh = \frac{1,385 m^3}{3,25 \times 10^{-4} m^3/s}$$

$$Trh = 1,18h$$

- **Gradiente de velocidad del fluido**

Se determina que la agitación se efectuó a 60 rpm en la prueba de jarras, deduciendo que la paleta agita a 60 revoluciones por minuto, realizada en el laboratorio de calidad del agua, posteriormente se determina el gradiente de velocidad con la ecuación siguiente:

$$G = 0,25 * n^{1,25}$$

$$G = 0,25 * (60 rpm)^{1,25}$$

$$G = 41,75 s^{-1}$$

- **Potencia disipada de la mezcla**

**Tabla 10–3:** Propiedades físicas del agua a temperaturas diferentes

Temperatura (°C)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidad Dinámica (Ns/m <sup>2</sup> ), $\mu \times 10^{-3}$	Viscosidad Cinemática (m <sup>2</sup> /s), $\nu \times 10^6$
0	999,8	1,781	1,785
5	1000,0	1,518	1,519
10	999,7	1,307	1,306
15	999,1	1,139	1,140
20	998,2	1,002	1,003
25	997,0	0,890	0,893
30	995,7	0,798	0,800
40	992,2	0,653	0,658

**Fuente:** Crites y Tchobanoglous, 2000, p.

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2019

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

$$W = (41,75s^{-1})^2 * 1,139 x 10^{-3} * 1,385 m^3$$

$$W = 2,75 KW$$

$$W = 2,75 KW * \frac{1,341HP}{1KW}$$

$$W = 3,69 HP$$

- **Área de las paletas**

**Tabla 11-3:** Valores de coeficiente de resistencia al avance de las paletas

Cantidad	C <sub>D</sub>
1	1,16
5	1,20
20	1,50
∞	1,95

Fuente: Vallejo, 2014, p.26

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2019

$$A = \frac{2 * W}{C_D * \rho * v^3}$$

$$A = \frac{2 * 3,69 HP}{1,16 * 1000kg/m^3 * (0,75m/s)^3}$$

$$A = 1,49X10^{-2}m^2$$

- **Longitud de las paletas**

$$l = \frac{A}{b}$$

$$\frac{l}{b} = 5$$

$$b = \frac{l}{5}$$

$$l = \sqrt[2]{A * 5}$$

$$l = \sqrt[2]{1,49X10^{-2}m^2 * 5}$$

$$l = 0,27 m$$

- **Ancho de las paletas**

$$b = \frac{l}{5}$$

$$b = \frac{0,27m}{5}$$

$$b = 0,054 \text{ m}$$

### 3.1.9. Filtración

**Tabla 12–3:** Parámetros de diseño del filtro

Parámetro	Unidad	Valor
Tasa de filtración	m/d	180 - 480
Medio		Arena y antracita
Profundidad del medio	m	Antracita: 0,4 – 0,6 Arena: 0,15 – 0,3 Zeolita: 0,50 - 0,80
Profundidad de grava	m	0,30 – 0,45

Fuente: Romero, 1999, p.197

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2019

- **Caudal de diseño para el filtro**

Debido a la separación de sólidos en el sedimentador, se tiene una reducción en el caudal, por el cual en el proceso de filtración se debe partir con una pérdida del 5% de porcentaje en el caudal de diseño.

$$Q_D = 28,08 \text{ m}^3/d * 0,95$$

$$Q_D = 26,7 \text{ m}^3/d$$

- **Número de filtros**

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

$$n = 0,044 * \sqrt{26,7 \text{ m}^3/d}$$

$$n = 0,23 \cong 1$$



- **Caudal de diseño de filtración**

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

$$Q_f = \frac{26,7 \text{ m}^3/d}{1}$$

$$Q_f = 26,7 \text{ m}^3/d$$

- **Área del filtro**

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

$$A_f = \frac{26,7 \text{ m}^3/d}{480 \text{ m/d}}$$

$$A_f = 0,06 \text{ m}^2$$

- **Ancho del filtro**

$$b = \sqrt{A_f}$$

$$b = \sqrt{0,06 \text{ m}^2}$$

$$b = 0,24 \text{ m}$$

- **Altura del lecho filtrante**

El lecho filtrante está conformado por grava, arena, carbón activado y zeolita.

$$HLF = e_{cg} + e_a + e_{ca} + e_{cz}$$

$$HLF = 0,45 \text{ m} + 0,30 \text{ m} + 0,60 \text{ m} + 0,80 \text{ m}$$

$$HLF = 2,15 \text{ m}$$

- **Altura del filtro**

Se aplica el factor de seguridad del 25% para evitar que se produzcan derrames en el filtro

$$H = (HLF * 0,25) + HLF$$

$$H = (2,15 \text{ m} * 0,25) + 2,15$$

$$H = 2,7 \text{ m}$$

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

Se presenta a continuación la medición del caudal, la caracterización físico- química de las aguas residuales y los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles a la norma vigente, que son necesarios para el dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales de la quesera Doña Isabelita.

#### 4.1. Medición del caudal

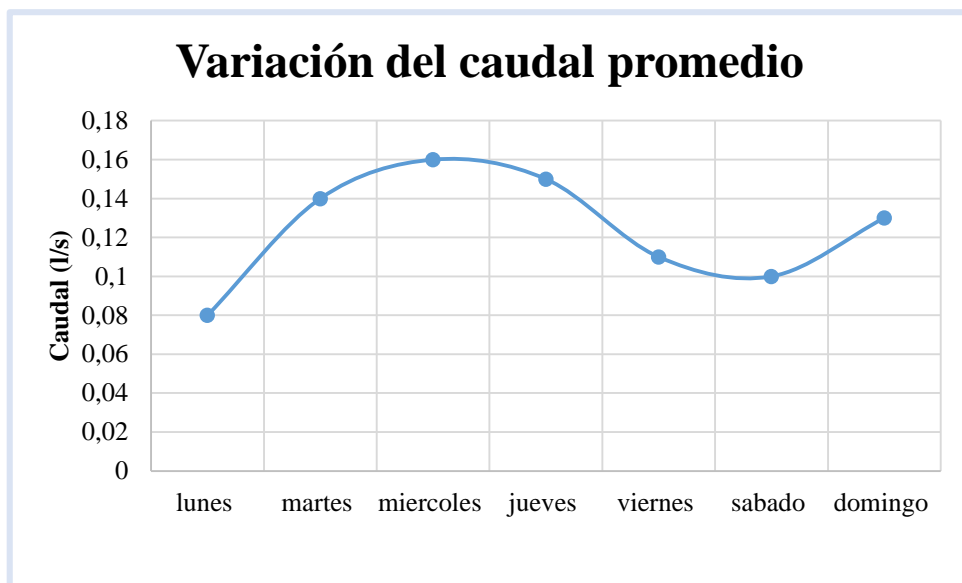
En la siguiente tabla se indica los datos diarios de la medición del caudal de la quesera “Doña Isabelita”, por el lapso de 7 días seguidos en intervalos de 1 hora en tiempo, para reducir errores en la medición y determinar si existe un incremento o disminución del caudal a lo largo de la semana.

Para el dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales se tomó en cuenta el caudal máximo diario siendo 0,25 L/s del día jueves a las 15:00 pm.

**Tabla 1-4:** Datos diarios de la medición del caudal de la quesera “Doña Isabelita”

Medición del caudal (L/s)							
Hora	Lunes 20-05-19	Martes 21-05-19	Miércoles 22-05-19	Jueves 23-05-19	Viernes 24-05-19	Sábado 25-05-19	Domingo 26-05-19
09:00	0,10	0,13	0,13	0,10	0,08	0,12	0,14
10:00	0,10	0,12	0,16	0,20	0,03	0,05	0,08
11:00	0,03	0,15	0,20	0,06	0,10	0,09	0,13
12:00	0,07	0,10	0,06	0,15	0,05	0,03	0,07
13:00	0,12	0,17	0,24	0,17	0,17	0,16	0,19
14:00	0,07	0,15	0,17	0,09	0,13	0,12	0,13
15:00	0,12	0,15	0,18	0,25	0,18	0,15	0,20
<b>Suma Total</b>	0,61	0,97	1,14	1,02	0,74	0,72	0,94
<b>Promedio</b>	0,08	0,14	0,16	0,15	0,11	0,10	0,13

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020



**Gráfico 1-4.** Variación del caudal

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2020

En la Tabla 1-4 y el Gráfico 1-4 se indica la variación del caudal promedio de los valores tomados desde las 9:00 am hasta las 15:00 pm cada hora, durante una semana. La variación no es significativa entre los días lunes – martes, jueves- domingo debido a que mantienen una línea de producción constante, exceptuando los días miércoles que efectúan la limpieza de la superficie total de la industria quesera, el tanque reservorio de agua y de las camionetas utilizadas en el transporte de la materia prima.

#### **4.2. Caracterización físico-química del agua residual con suero de la quesera “Doña Isabelita”**

La caracterización de los parámetros físico- químicos del agua residual con suero de la quesera, se la realizó en el laboratorio de Calidad del Agua perteneciente a la ESPOCH, con un total de 2 muestras entregadas en frascos estériles de 3 litros con el objetivo de reducir errores en los resultados.

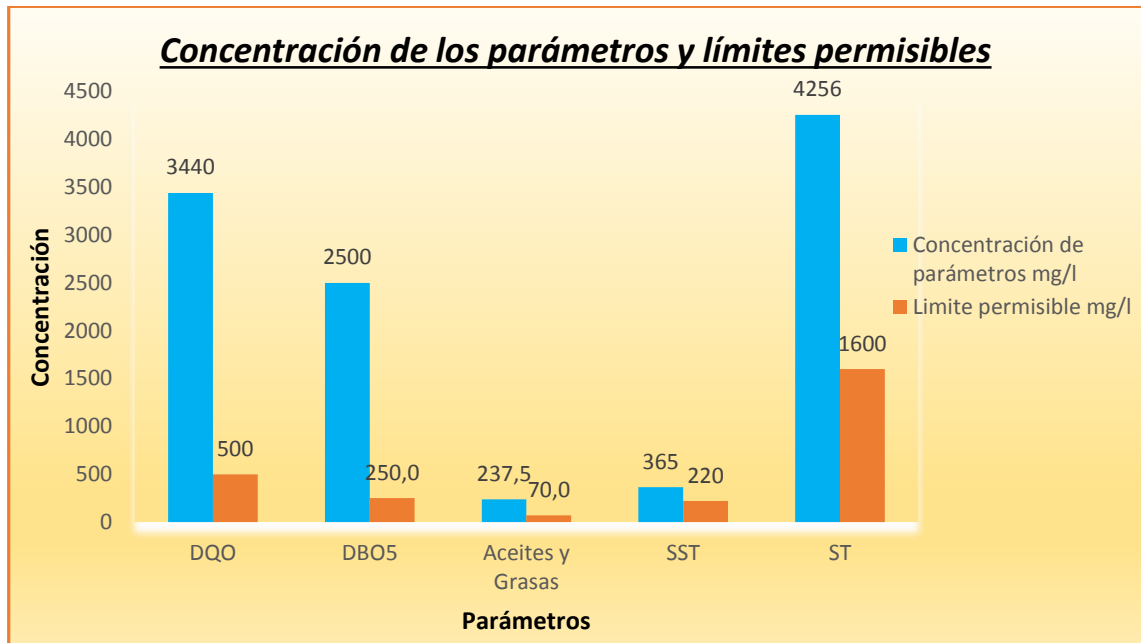
**Tabla 2-4:** Datos de los Análisis Físico- Químicos del agua residual con suero

Parámetros	Unidad	Resultado		Resultado promedio	Valor límite permisible
		Muestra 1	Muestra 2		
pH	Unidad pH	6,5	6,1	6,3	6-9
Temperatura	°C	21	19	20	< 40,0
Turbidez	NTU	428	410	419	-
Aceites y Grasas	mg/l	258	237,5	247,75	70,0
DBO <sub>5</sub>	mg/l	2800	2500	2650	250,0
DQO	mg/l	3650	3440	3545	500,0
Sólidos Sedimentables	ml/l	1	1	1	20,0
Sólidos Suspendidos	mg/l	304	365	334,5	220
Sólidos Totales	mg/l	4500	4256	4378	1600,0

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2020

En la Tabla 2-4 se encuentran los resultados de los análisis del agua residual proveniente de la quesera Doña Isabelita y que contiene suero, al comparar los resultados con los Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público señalado en la tabla 3-1 Acuerdo Ministerial 097-A Anexo al TULSMA, se observa que se encuentran fuera del límite máximo permisible los parámetros como la DQO con un promedio de 3545 mg/l y la DBO<sub>5</sub> con un promedio de 2650 mg/l debido al elevado contenido de materia orgánica, sales minerales, lactosa, grasas y suspensiones coloidales de proteínas presentes en el lacto-suero producto de la elaboración del queso; los sólidos totales con una concentración de 4378 mg/l y los sólidos suspendidos con un promedio de 334,5 mg/l considerados altos, principalmente por la presencia del grano de la cuajada, derrames accidentales de leche y los trozos de queso en el agua residual; la turbidez con un promedio de 419 NTU debido a que el suero de la leche contiene pequeñas partículas suspendidas; los aceites y grasas con un valor de 247,75 mg/l que excede los límites establecidos debido a la grasa abundante presente en la leche; el pH con un valor de 6,3 considerado ligeramente ácido debido a la presencia de ácido láctico que se genera a partir de la fermentación de la lactosa presente en el suero lácteo; la temperatura del agua residual fue de 20 °C probablemente se deba al proceso de pasteurización donde se somete a elevadas temperaturas la leche con el empleo de agua caliente tanto en este proceso como en la limpieza de la industria; de acuerdo a estudios previos realizados (Santamaría et al., 2015: pp.16-17) indican que las aguas residuales de las industrias queseras presentan elevadas concentraciones de los parámetros tales como la DBO<sub>5</sub>, DQO, aceites y grasas, sólidos totales y sólidos suspendidos provocado por el suero lácteo siendo un residuo en la fabricación de quesos. El pH en este tipo de aguas residuales es generalmente neutro o alcalino, pero tienden a volverse ácidas debido a la fermentación del

azúcar de la leche produciendo ácido láctico, descendiendo notoriamente hasta 4,5 unidades de pH. (Arango y Sanches, 2009: p.25)



**Gráfico 2-4.** Concentración de los parámetros y límites permisibles

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2020

En el Gráfico 2-4 se presenta los parámetros del agua residual con suero que se encuentran sobre los límites máximos permisibles de descarga al sistema de alcantarillado público, con respecto al Acuerdo Ministerial 097-A Anexo al Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

#### 4.2.1. Prueba de Jarras para el agua residual con suero

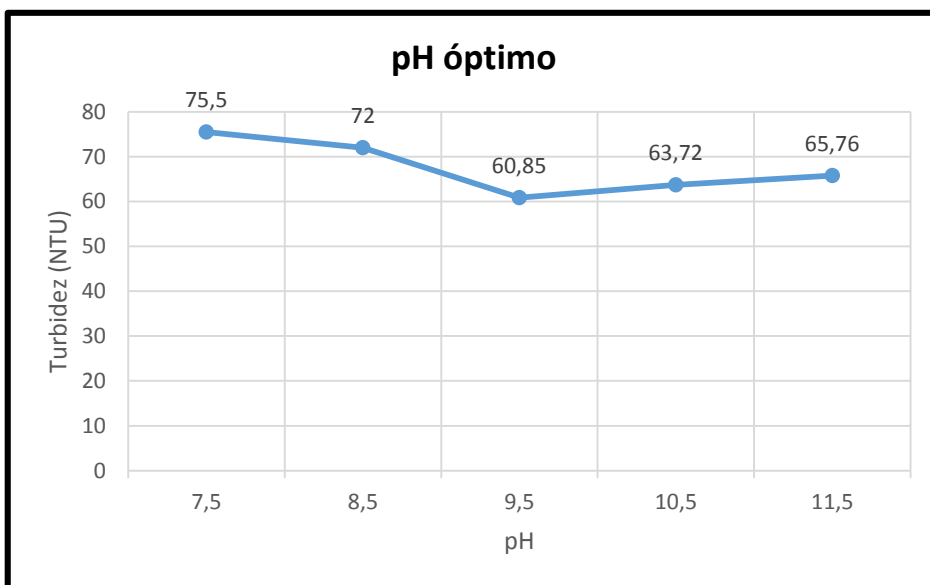
La prueba de jarras en el agua residual con suero se realizó en el laboratorio de Calidad del Agua de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, usando Policloruro de aluminio (PAC) como coagulante, así como cal y floculante aniónico, todos estos químicos a diferentes concentraciones y dosificaciones, con la finalidad de determinar el mejor tratamiento a realizar.

Mediante la Prueba de Jarras con los químicos antes mencionados se simuló procesos de coagulación y floculación con la finalidad de remover el material suspendido presente en las aguas residuales de la industria quesera.

**Tabla 3-4:** Elección de pH óptimo para el efluente con suero

N° vaso de precipitación de 1000 ml	Valor de ajuste del pH	PAC (ppm)	Floculante (ppm)	Turbidez NTU
1	7,5	10	4	75,5
2	8,5	15	4	72
3	9,5	20	4	60,85
4	10,5	25	4	63,72
5	11,5	30	4	65,76

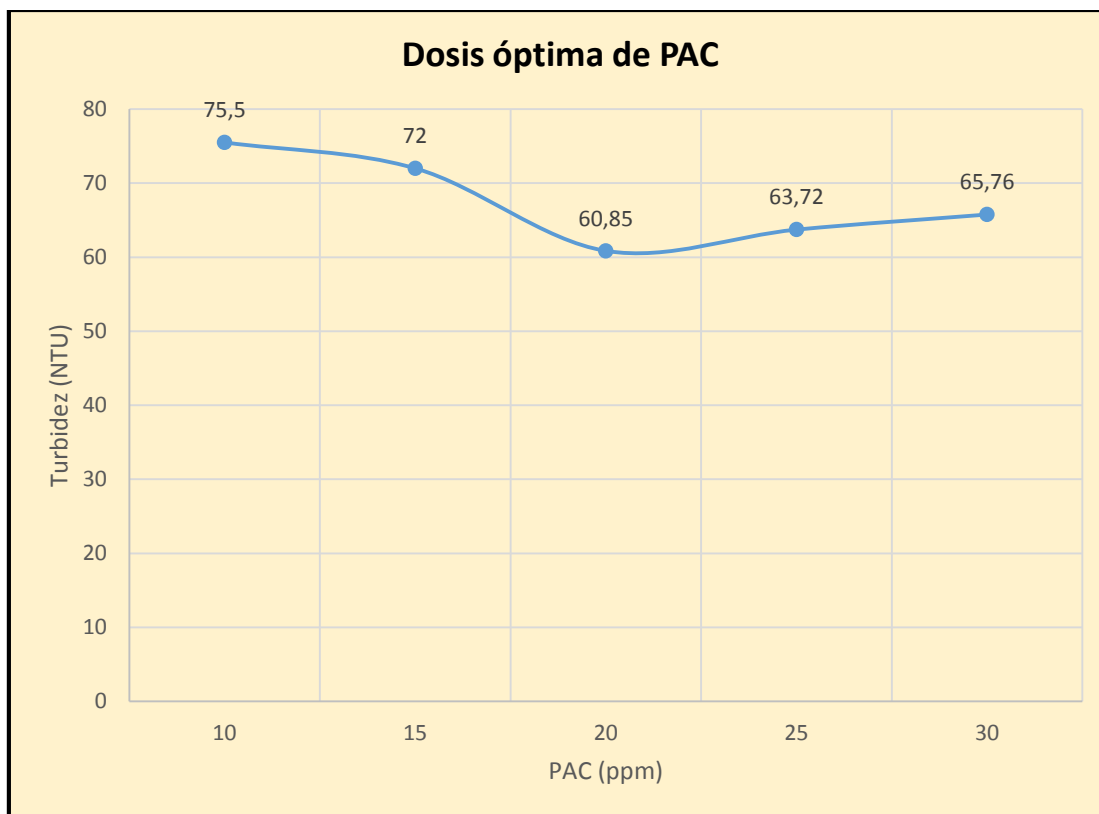
Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020



**Gráfico 3-4.** pH óptimo

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020

Como se muestra en el Gráfico 3-4 el pH óptimo para el proceso de coagulación y floculación es el valor de 9,5 perteneciente a la muestra 3, el cual permite que se dé la mayor remoción de sólidos suspendidos.



**Gráfico 4-4.** Dosis óptima de PAC

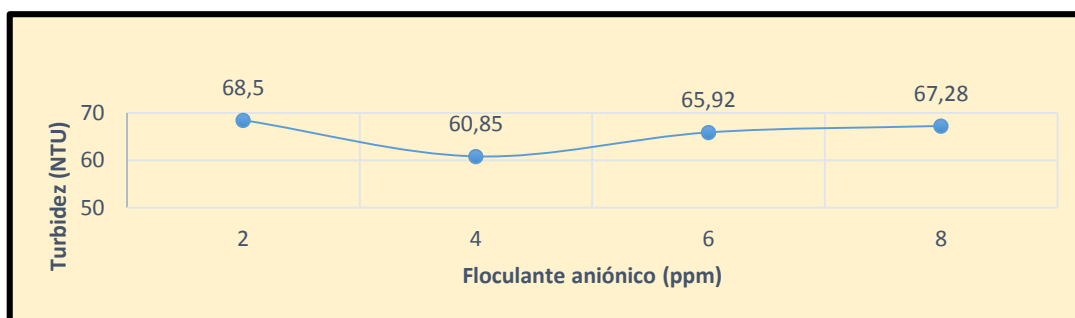
Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020

En el Gráfico 4-4. se puede observar la elección de la dosis óptima de PAC para el tratamiento de agua de residual de la industria quesera mediante la ayuda del test de jarras. La dosis de coagulante más afectiva a ser utilizada es de 20 ppm de Policloruro de Aluminio, indicando el punto más bajo de turbiedad llegando a 60,85NTU. A concentraciones de 10, 15, 25 y 30 ppm se señala un incremento en la turbidez, indicador de que la dosis no es la adecuada para el tratamiento del efluente de la industria.

**Tabla 4-4:** Dosis óptima de Floculante Aniónico

N° vaso de precipitación de 1000 ml	Valor de ajuste del pH	PAC (ppm)	Floculante (ppm)	Mezcla rápida/Mezcla lenta	Turbidez (NTU)
1	9,5	20	2	200 - 20	68,5
2	9,5	20	4	200 - 20	60,85
3	9,5	20	6	200 - 20	65,92
4	9,5	20	8	200 - 20	67,28

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020



**Gráfico 5-4.** Dosis óptima de floculante aniónico

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020

En el Gráfico 5-4. se puede observar la elección de la dosis óptima de floculante aniónico para el tratamiento de agua residual de la quesera. La dosis de floculante aniónico más eficaz ser utilizada para la remoción de los sólidos suspendidos es de 4 ppm con lo cual se obtuvo el punto más bajo de turbiedad llegando a 60,85NTU. Con las concentraciones de 2, 6 y 8 ppm se tienen valores más altos de turbidez, indicando que las dosis agregadas no son las adecuadas para el tratamiento de este tipo de aguas residuales.

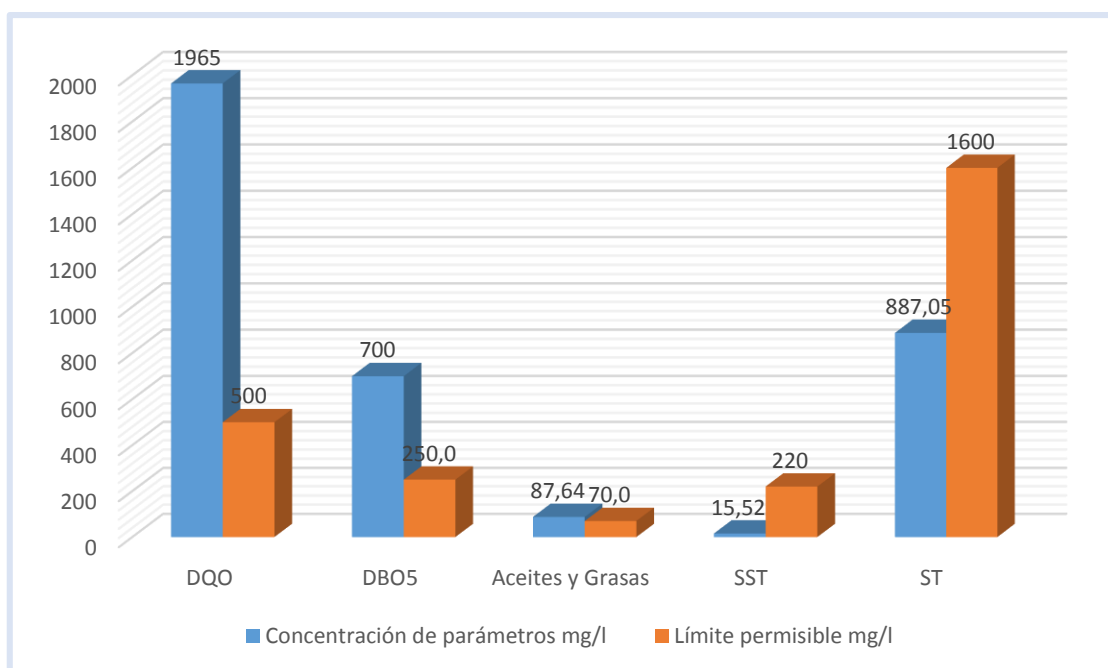
#### 4.3.2. Caracterización físico-química del efluente final con suero de la quesera “Doña Isabelita”

**Tabla 5-4:** Datos de la caracterización final del agua residual con suero

Parámetros	Unidad	Resultado	Valor límite permisible
pH	Unidad pH	8,97	6-9
Temperatura	°C	18	< 40,0
Turbidez	NTU	60,83	-
Aceites y Grasas	mg/l	87,64	70,0
DBO <sub>5</sub>	mg/l	700	250,0
DQO	mg/l	1965	500,0
Sólidos Sedimentables	ml/l	<1	20,0
Sólidos Suspendidos	mg/l	15,52	220
Sólidos Totales	mg/l	887,05	1600,0

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020





**Gráfico 6-4:** Concentración final de los parámetros y límites permisibles

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2020

El Gráfico 6-4. evidencia la concentración final de los parámetros del agua residual con suero; se redujo parámetros como la DBO<sub>5</sub> 700 mg/l, DQO 1965 mg/l, aceites y grasas 87,64 mg/l, sólidos suspendidos totales 15,52 mg/l y sólidos totales 887,05 mg/l, pero no se logró obtener la concentración permisible con respecto a la normativa vigente para los parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO, aceites y grasas debido a su alto contenido en el suero lácteo que contienen todas las aguas residuales de las industrias queseras; indicando un porcentaje de remoción de contaminación del 70,57% en los parámetros analizados.

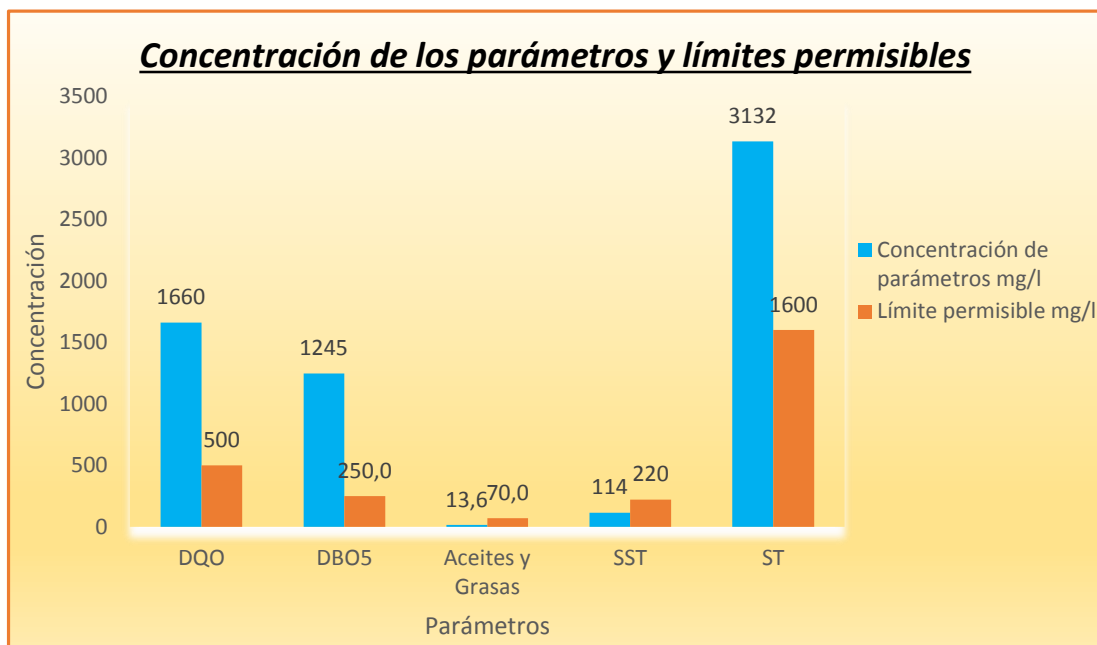
#### **4.3. Caracterización físico-química del agua residual sin suero de la quesera “Doña Isabelita”**

La caracterización de los parámetros físico- químicos del agua residual sin suero de la quesera “Doña Isabelita”, se lo realizó en el laboratorio de Calidad del Agua perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

**Tabla 6-4:** Datos de los Análisis Físico- Químicos del agua residual sin suero

Parámetros	Unidad	Resultado	Valor límite permisible
pH	Unidad pH	7,86	6-9
Temperatura	°C	21	< 40,0
Turbidez	NTU	46,3	-
Aceites y Grasas	mg/l	13,6	70,0
DBO <sub>5</sub>	mg/l	1245	250,0
DQO	mg/l	1660	500,0
Sólidos Sedimentables	ml/l	1	20,0
Sólidos Suspendidos	mg/l	114	220
Sólidos Totales	mg/l	3132	1600,0

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020



**Gráfico 7-4.** Concentración de los parámetros y límites permisibles

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020

En el Gráfico 7-4 presentamos los resultados de la caracterización del agua residual sin suero, demostrando una disminución considerable de los siguientes parámetros: DQO 1660 mg/l, DBO<sub>5</sub> 1245 mg/l, aceites y grasas 13,6 mg/l, sólidos suspendidos 114 mg/l y sólidos totales 3132 mg/l, debido a la ausencia del suero (materia orgánica), ya que se logró eliminarla descarga de este residuo. La concentración de los parámetros como la DQO, DBO<sub>5</sub> y sólidos totales señalan que se encuentran sobre los límites permisibles de descarga al sistema de alcantarillado público con respecto a la normativa vigente.

### Cálculo del índice de biodegradabilidad del agua residual con suero lácteo

$$\text{Índ. de Biodegradabilidad} = \frac{DBO5}{DQO}$$

$$\text{Índ. de Biodegradabilidad} = \frac{2500}{3440}$$

$$\text{Índ. de Biodegradabilidad} = 0,72$$

### Cálculo del índice de biodegradabilidad del agua residual sin suero lácteo

$$\text{Índ. de Biodegradabilidad} = \frac{DBO5}{DQO}$$

$$\text{Índ. de Biodegradabilidad} = \frac{1245}{1600}$$

$$\text{Índ. de Biodegradabilidad} = 0,77$$

Mediante este análisis podemos obtener una idea clara del tipo de tratamiento que se empleó para realizar la disminución de contaminantes del agua residual.

**Tabla 7-4:** Índice de Biodegradabilidad para el agua residual con suero lácteo y sin suero lácteo

Tipo de agua	Índice de biodegradabilidad	Biodegradabilidad	Tratamiento adecuado
Con suero lácteo	0,72	Biodegradable	Tratamiento combinado
Sin suero lácteo	0,77	Biodegradable	Tratamiento combinado

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2020

Según los resultados obtenidos se determina que el tratamiento adecuado para este tipo de efluentes, es un tratamiento de tipo físico-químico y biológico siendo un tratamiento combinado.

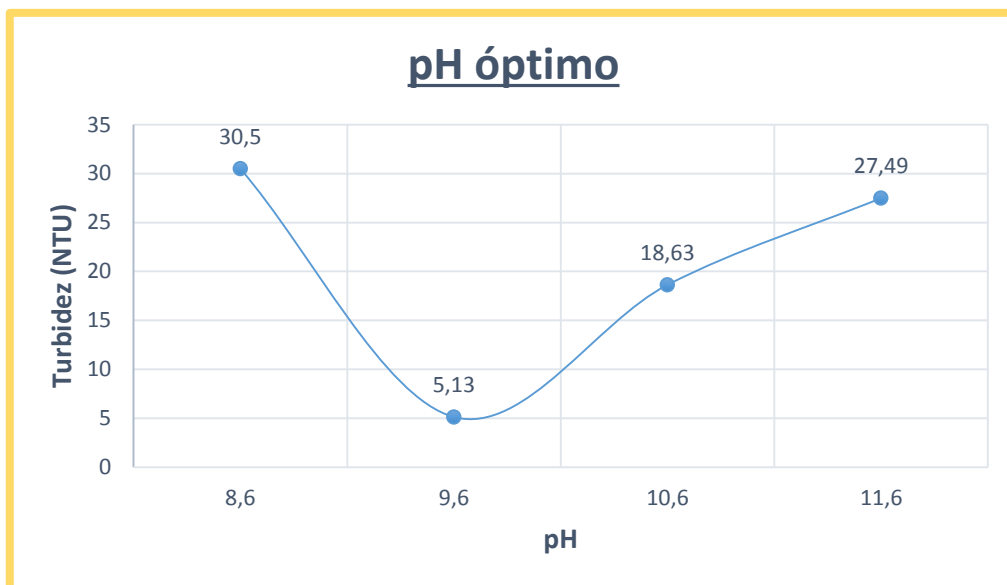
#### 4.3.1. Prueba de jarras para el agua residual sin suero

La prueba de jarras en el agua residual sin el contenido de suero se efectuó mediante el empleo de Policloruro de Aluminio (PAC) como coagulante, así también cal y floculante aniónico a distintas concentraciones y dosificaciones, con el fin de eliminar la materia suspendida presente en el agua residual industrial.

**Tabla 8-4:** Elección de pH óptimo para el agua residual sin suero

Nº vaso de precipitación de 1000 ml	Valor de ajuste del pH	PAC (ppm)	Floculante (ppm)	Mezcla rápida/Mezcla lenta	Turbidez NTU
1	8,60	10	4	200 - 20	30,5
2	9,60	20	4	200 - 20	5,13
3	10,60	30	4	200 - 20	18,63
4	11,60	40	4	200 - 20	27,49

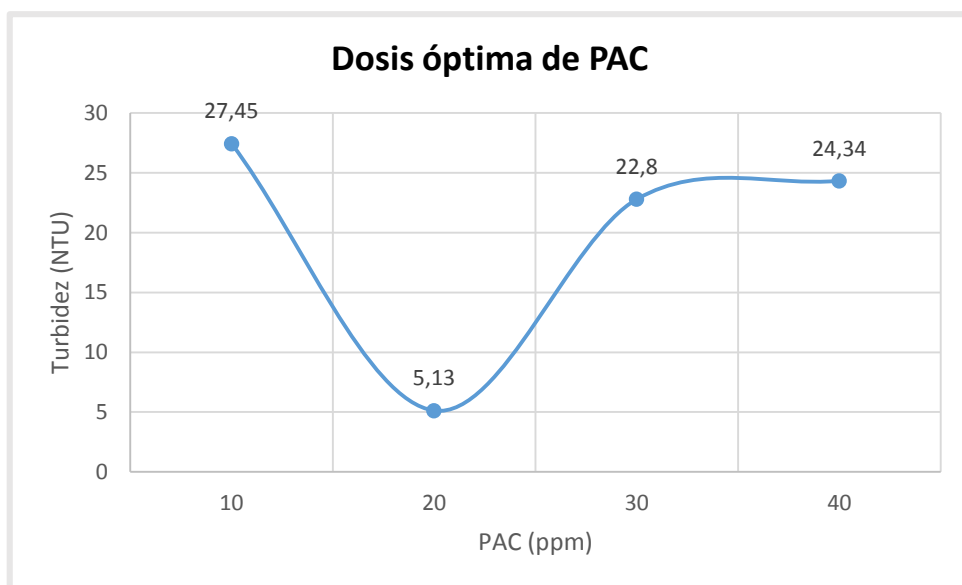
Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020



**Gráfico 8-4.** pH óptimo

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2020

En el Gráfico 8-4 muestra el pH óptimo para el proceso de coagulación y floculación, siendo el valor de 9,6 perteneciente a la muestra 2, en el cual se observa una menor turbiedad de 5,13 NTU esto se comprueba tomando el valor mediante en el turbidímetro.



**Gráfico 9-4.** Dosis óptima de PAC

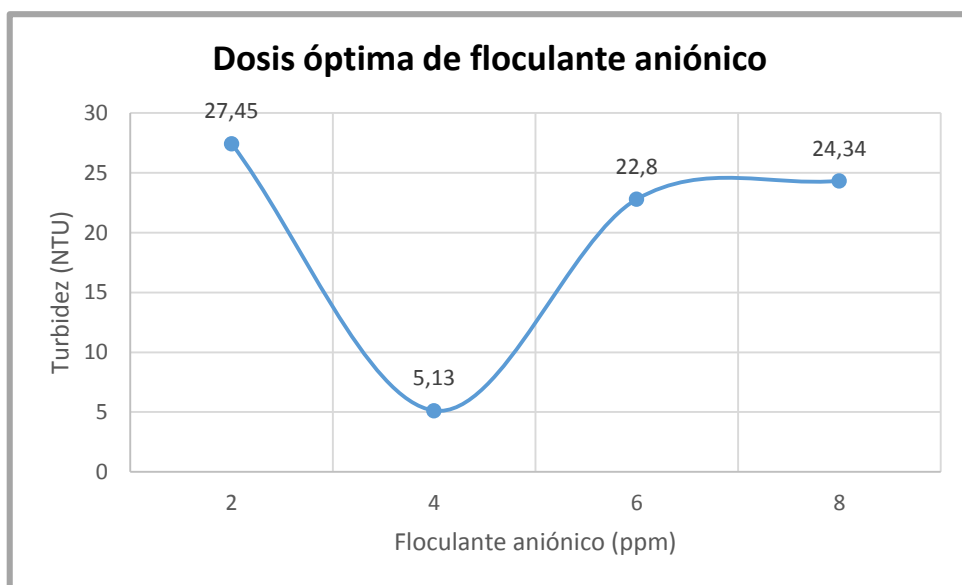
**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2020

El Gráfico 9 – 4 representa la curva de variación de dosificación de Policloruro de Aluminio obteniendo una menor turbidez de 5,13 NTU, al colocar 20 ppm de PAC, en las demás concentraciones del mismo se puede observar un incremento en la turbiedad, indicando que las dosis colocadas no son las adecuadas para el tratamiento de aguas residuales en queseras.

**Tabla 9-4:** Elección de la dosis óptima de Floculante Aniónico para el agua residual sin suero

Nº vaso de precipitación de 1000 ml	Valor de ajuste del pH	PAC (ppm)	Floculante (ppm)	Mezcla rápida/Mezcla lenta	Turbidez (NTU)
1	9,60	20	2	200 - 20	27,45
2	9,60	20	4	200 - 20	5,13
3	9,60	20	6	200 - 20	22,8
4	9,60	20	8	200 - 20	24,34

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2019



**Gráfico 10-4.** Dosis óptima de floculante aniónico

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2020

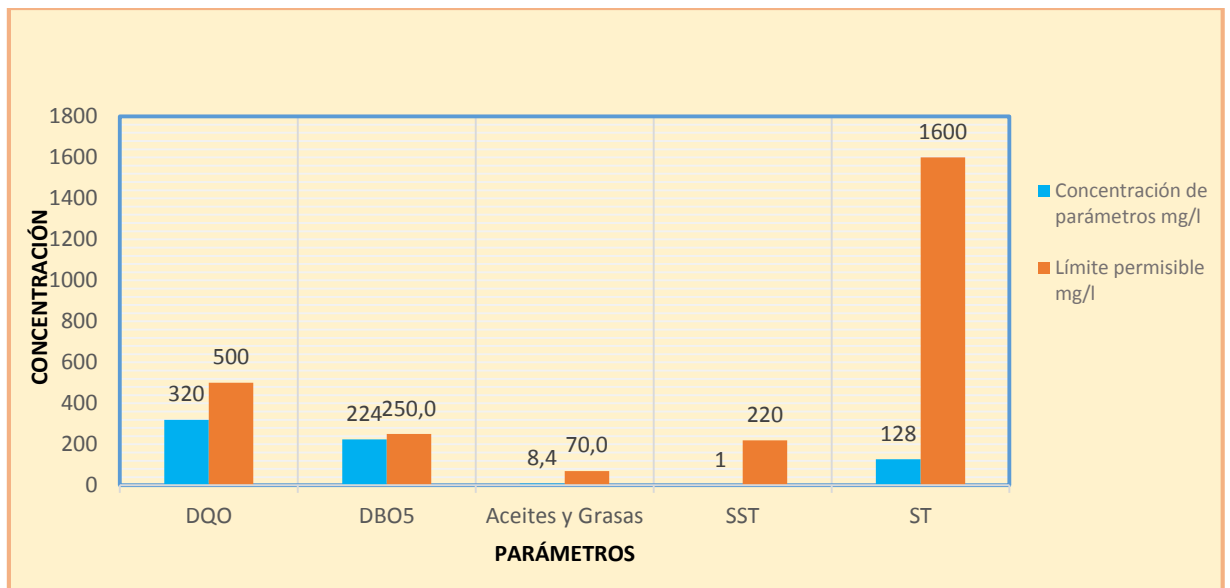
En el Gráfico 10-4 se puede observar la curva de variación de dosificación de floculante aniónico obteniendo una menor turbidez de 5,13 NTU, al aplicar una dosis de 4 ppm. En las concentraciones de 2 ppm, 6 ppm y 8 ppm señala el incremento de turbidez lo que indica que estas dosis no son las adecuadas para disminuir la carga contaminante que se encuentra en el efluente de la industria.

#### 4.3.2. Caracterización físico-química del efluente final sin suero de la quesera “Doña Isabelita”

**Tabla 10-4:** Datos de la caracterización final del agua residual sin suero

Parámetros	Unidad	Resultado	Valor límite permisible
pH	Unidad pH	7,68	6-9
Temperatura	°C	21	< 40,0
Turbidez	NTU	1,61	-
Aceites y Grasas	mg/l	8,4	70,0
DBO <sub>5</sub>	mg/l	224	250,0
DQO	mg/l	320	500,0
Sólidos Sedimentables	ml/l	<0,1	20,0
Sólidos Suspendedos	mg/l	1	220
Sólidos Totales	mg/l	128	1600,0

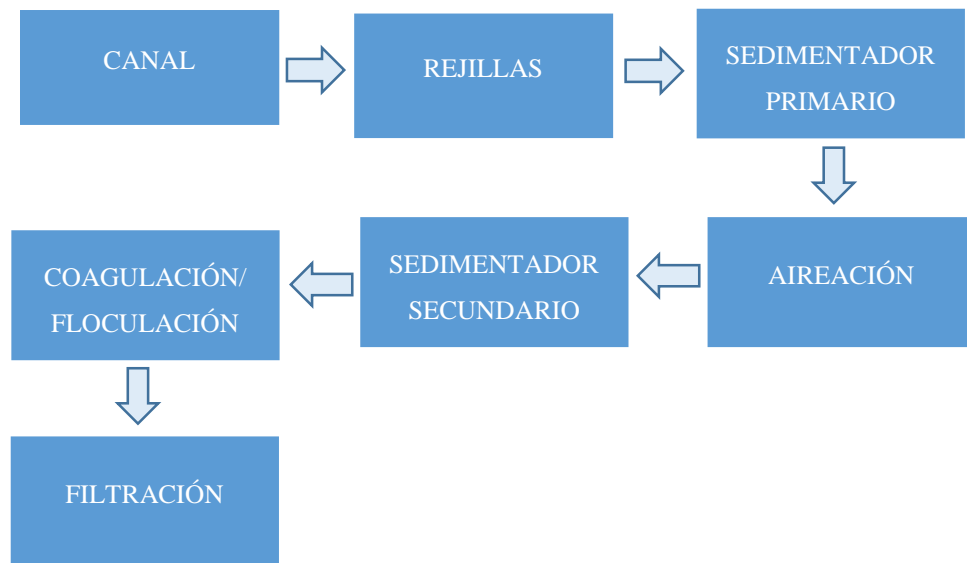
**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2020



**Gráfico 11-4.** Concentración final de los parámetros y límites permisibles

En el Gráfico 11-4. Demuestra los resultados de los parámetros considerados, luego de que el efluente coagulación y floculación utilizando PAC a una concentración de 20 ppm y floculante aniónico a 4 ppm. Al aplicar este tratamiento se logró obtener un agua de mejor calidad donde los parámetros en comparación con los límites permisibles de descarga al sistema de alcantarillado se encuentran dentro de la normativa ambiental vigente, los resultados son: DBO<sub>5</sub> 224 mg/l, DQO 320 mg/l, aceites y grasas 8,7 mg/l, sólidos suspendidos totales 1 mg/l y sólidos totales 128 mg/l, por lo tanto, se procedió a realizar el dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales con las etapas indicadas anteriormente.

#### 4.4. Esquema del sistema de tratamiento propuesto



**Figura 1-4.** Esquema del sistema de tratamiento

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2020

#### 4.5. Cálculos de diseño

**Tabla 11-4:** Dimensionamiento del canal

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
<b>Canal</b>			
Área del tanque	A	m <sup>2</sup>	5,42X10 <sup>-4</sup>
Altura del canal	H	m	0,304
Ancho	b	m	0,15

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2019

En la Tabla 11-4 se puede observar los resultados del dimensionamiento del canal por donde ingresará el afluente de la industria quesera para su tratamiento con los siguientes resultados: altura del canal 0,304 m; ancho del canal 0,15 m y la altura efectiva 3,61x10<sup>-3</sup>m.



**Tabla 12–4:** Dimensionamiento de cribado

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
<b>Cribado</b>			
<b>Ancho de la barra</b>	s	m	0,005
<b>Longitud de las barras</b>	$l_b$	m	0,43
<b>Número de barras</b>	n	-	5
<b>Suma de separación entre barras</b>	bg	m	0,123
<b>Separación entre barras</b>	e	m	0,025
<b>Ángulo de inclinación</b>	$\theta$	grados	45

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2019

Se presenta en la Tabla 12–4 los resultados del dimensionamiento del sistema de cribado, con la función de retener sólidos gruesos principalmente residuos en la producción de quesos que se encuentran presentes en el flujo de las aguas residuales de la empresa como son restos de grasa, trozos de queso y otros materiales tales como pedazos de plástico, obteniendo un total de 5 barras de 0,43 m de largo con un ángulo de inclinación de 45° en una limpieza manual.

**Tabla 13–4:** Dimensionamiento del sedimentador primario

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
<b>Sedimentador</b>			
<b>Área</b>	A	m <sup>2</sup>	0,98
<b>Radio</b>	r	m	0,56
<b>Diámetro</b>	$\emptyset$	m	1,12
<b>Reparto central</b>	Rc	m	0,4581
<b>Volumen</b>	V	m <sup>3</sup>	2,93
<b>Tiempo de retención</b>	Tr	h	2,5
<b>Altura de reparto</b>	Hr	m	0,045
<b>Profundidad del tanque</b>	h	m	3

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2019

El sedimentador primario cuyos resultados de dimensionamiento se presentan en la Tabla 13–4, con la finalidad de retener los sólidos en suspensión presentes en el agua residual que no fueron retenidos en las rejillas, van a sedimentar por acción de la gravedad, siendo la profundidad 3,0 m; el diámetro 1,12 m y un tiempo de retención de 2,5 horas.

**Tabla 14–4:** Dimensionamiento de aireación

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
<b>Aireación</b>			
<b>Profundidad del tanque</b>	$P_{TA}$	m	1,97
<b>Ancho del tanque</b>	a	m	2,95
<b>Tiempo de retención</b>	$\Theta$	h	22,9
<b>Potencia necesaria</b>	$P_w$	KW	1,5

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2019

En la Tabla14–4 se presentan los valores para el dimensionamiento del sistema de aireación, el cual ayudará a incrementar el oxígeno disuelto presente en el agua aumentando la biodegradabilidad de los contaminantes, consideramos la profundidad del tanque 1,97 m; el ancho 2,95 m y un tiempo de retención de 22,9 horas.

**Tabla 15–4:** Dimensionamiento de sedimentador secundario

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
<b>Sedimentador Secundario</b>			
<b>Área</b>	A	m <sup>2</sup>	0,98
<b>Diámetro</b>	$\emptyset$	m	1,12
<b>Radio</b>	r	m	0,56
<b>Volumen</b>	V	m <sup>3</sup>	2,93
<b>Tiempo de retención</b>	Tr	h	2,5
<b>Altura de reparto</b>	Hr	m	0,04581
<b>Reparto central</b>	Rc	m	0,4581

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2019

La Tabla 15-4, muestra los resultados del dimensionamiento del sedimentador secundario permitirá clarificar el efluente mediante la retención de partículas suspendidas que sedimentan en el fondo del tanque ya que su peso es mayor que el agua. Sus características son: 1,12 m de diámetro; 2,93 m<sup>3</sup> capacidad de volumen y un tiempo de retención de 2,5 horas.

**Tabla 16–4:** Dimensionamiento del floculador

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Área	A	m <sup>2</sup>	0,56
<b>Floculador</b>			
Diámetro	∅	m	0,84
Radio	r	m	0,42
Volumen	V	m <sup>3</sup>	1,385
Tiempo de retención	Tr	h	1,18
Gradiente de velocidad del fluido	G	s <sup>-1</sup>	41,75
Potencia disipada de la mezcla	W	HP	3,69
Área de la paleta	A	m <sup>2</sup>	1,49X10 <sup>-2</sup>
Longitud de la paleta	l	m	0,27
Ancho de la paleta	b	m	0,054

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2019

En la Tabla 16–4 se presenta los resultados obtenidos para el dimensionamiento del floculador, en el que se realiza un proceso de coagulación-floculación para la eliminación de partículas suspendidas provocando una sedimentación rápida de las partículas obteniéndose un agua clarificada. Se emplea en esta etapa Policloruro de aluminio (PAC) en una concentración de 20 ppm y floculante aniónico en 4 ppm por cada litro de agua residual. El floculador tiene una capacidad de 1,385 m<sup>3</sup>, diámetro 0,84 m y radio de 0,42 m.

**Tabla 17–4:** Dimensionamiento del filtro

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
<b>Filtro</b>			
Número de filtros	n	-	1
Área del filtro	Af	m <sup>2</sup>	0,06
Ancho	b	m	0,24
Altura de lecho filtrante	HLF	m	2,15
Altura total	H	m	2,7
<b>Composición del lecho filtrante</b>			
Espesor de la capa de grava	e <sub>cg</sub>	m	0,45
Espesor de la capa de arena	e <sub>a</sub>	m	0,30
Espesor de la capa de carbón activado	e <sub>ca</sub>	m	0,60
Espesor de la capa de zeolita	e <sub>cz</sub>	m	0,80

Realizado por: Velastegui Sanunga, Karina, 2019

La Tabla 16-4 resume los resultados de dimensionamiento para el filtro formado por capas de grava, arena, carbón activado y zeolita con una altura de 0,45 m; 0,30 m; 0,60 m y 0,80 m respectivamente con la finalidad de obtener una mayor reducción de sólidos suspendidos incluida la DBO<sub>5</sub> del agua residual, así también 0,24 m de ancho y una altura total de 2,7 m.

#### 4.6. Resultados en porcentaje de remoción de contaminantes

**Tabla18-4:** Porcentaje de remoción de contaminantes

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Inicial</b>	<b>Valor Final</b>	<b>% Remoción</b>
Demanda Biológica de Oxígeno	mg/l	1245	224	82
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	1660	320	80,72
Aceites y Grasas	mg/l	13,6	8,4	38,23
Sólidos Totales	mg/l	3132	128	95,91
Sólidos Suspendidos	mg/l	114	1	99,12
Promedio	%			79,19

**Realizado por:** Velastegui Sanunga, Karina, 2019

La tabla 18-4 indica el porcentaje de remoción de la carga contaminante de los parámetros más representativos señalando el valor inicial del agua residual industrial y el valor final después de atravesar por las etapas propuestas del sistema de tratamiento y en relación con los límites permisibles de descarga al sistema de alcantarillado público establecidos en la normativa vigente, obteniéndose un porcentaje promedio de 79,19% en los parámetros analizados, mostrando la eficiencia del tratamiento aplicado al efluente para cumplir con la normativa.

## CONCLUSIONES

- Se determinó el caudal del agua residual industrial en la caja de revisión, mediante el método de aforo volumétrico, siendo el resultado del caudal de diseño 28,08m<sup>3</sup>/d.
- Se caracterizó el agua residual con presencia con contenido de suero lácteo mediante análisis físico-químicos con valores elevados que se pueden deber al alto contenido de carga orgánica esto es DBO<sub>5</sub> con un valor de 2500 mg/l, la DQO con 3440 mg/l, aceites y grasas con 237,5 mg/l, sólidos suspendidos 365 mg/l y sólidos totales con 4256 mg/l; mientras que, los resultados de los análisis físico-químicos del agua residual industrial sin suero proporcionaron los siguientes valores DBO<sub>5</sub> con 1245 mg/l, DQO con 1660 mg/l y los sólidos totales con 3132 mg/l; mismos que se encuentran fuera de los límites de descarga al sistema de alcantarillado público estipulados en la Tabla 8 del Acuerdo Ministerial 097-A Anexo al TULSMA.
- La aplicación de este sistema permite una disminución en la concentración del efluente final en los siguientes porcentajes: DBO<sub>5</sub> 82%, DQO 80,72%, aceites y grasas 38,23%, sólidos suspendidos 99,12% y sólidos totales 95,91%, con lo cual el agua residual cumple con la normativa ambiental vigente y puede ser descargada al sistema de alcantarillado público.
- El sistema de tratamiento de aguas residuales para la quesera “Doña Isabelita” está conformado por las siguientes unidades físicas: un canal con un ancho de 0,15 m y una altura de 0,304 m; rejillas formado con un total de 5 barras de 0,43 m de largo; sedimentador primario con una profundidad es de 3,0 m y un volumen 2,93m<sup>3</sup>; un sistema de aireación con un volumen 26,87m<sup>3</sup>, un sedimentador secundario con un volumen de 2,93 m<sup>3</sup>; un floculador con una capacidad de 1,385 m<sup>3</sup>, finalmente un filtro de 0,24 m de ancho y 2,7 m de altura total, cumpliendo de esta manera con los límites establecidos por la normativa ambiental vigente al reducir la carga contaminante del efluente con un rendimiento del 79,19% y salvaguardando la calidad del agua del Rio Guano.

## **RECOMENDACIONES**

- Recolectar el suero y encontrar una nueva utilidad de manera que no sea considerada un residuo en la producción de quesos y se evite la descarga hacia el sistema de alcantarillado público provocando una contaminación en los cuerpos receptores.
- La empresa debe implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales con el fin de reducir la contaminación generada por los efluentes industriales y cumplir con límites de descarga al sistema de alcantarillado público estipulados en el Acuerdo Ministerial 097-A Anexo al TULSMA.
- Promover la educación en temas del cuidado de la calidad del agua mediante charlas, capacitaciones a las personas en especial de esta quesera y de otras industrias para ayudar a preservar los recursos hídricos.

## BIBLIOGRAFÍA

**ACUERDO MINISTERIAL 097-A.** Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. [En línea] 2015. [Citado el: 6 de Octubre de 2019]. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>.

**ALBÁN GUAMÁN, Nelson Ramiro, & JARA RUIZ, Cristian David.** Diseño y construcción de una planta de tratamiento prototipo de aguas residuales para la empresa de lácteos San Salvador [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Ciencias Químicas. Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 75-97. [Consulta: 2019-05-16]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/8548/1/236T0324.pdf>.

**ARANGO BEDOYA, Oscar; & SANCHES E SOUSA, Luciana.** *Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea en sistemas anaerobios tipo UASB* [en línea]. Pasto-Colombia: Universidad de Nariño, 2009. [Consulta: 02 agosto 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n2/v7n2a04.pdf>.

**ARCE, Ana; et al.** *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales* [en línea]. Mérida-México: Séneca, 2007. [Consulta: 03 agosto 2019]. Disponible en: [http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/Fundamentos\\_Tecnicos.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/Fundamentos_Tecnicos.pdf).

**BAIRD, Rodger; et al.** *Standard methods for the examination of water and wastewater* [en línea]. 23<sup>a</sup> ed. Washington-Estados Unidos: American Public Health Association, 2017. [Consulta: 03 agosto 2019]. Disponible en: [https://www.academia.edu/38769108/Standard\\_MethodsFor\\_the\\_Examination\\_of\\_Water\\_and\\_Wastewater\\_23nd\\_edition](https://www.academia.edu/38769108/Standard_MethodsFor_the_Examination_of_Water_and_Wastewater_23nd_edition).

**BEDOYA, Juan; et al.** *Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial en el tratamiento de las aguas residuales generadas en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Colombia.* [En línea] 2014. [Consulta: 30 de julio 2019]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/370/370315220004.pdf>.

**BERNAL, Lida; et al.** “Tratamiento de agua residual municipal por un sistema fisicoquímico y oxidación química en flujo continuo”. *Avances en ciencias e ingeniería* [ en línea], 2011, (México) 2(2), pp.70-73. [Consulta: 28 abril 2019]. ISSN 0718-8706. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/3236/323627682007.pdf>

**COCHE, A.** *Construcción de estanques para la piscicultura en agua dulce* [en línea]. Roma-Italia: Agris, 1993. [Consulta: 26 junio 2019]. Disponible en:

[https://books.google.com.ec/books?id=1gV95ydvVT8C&printsec=frontcover&dq=estructuras+de+conducci%C3%B3n+del+agua+FAO&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiIu\\_z4p4bjAhWSjlkKHavZCpEQ6AEIKDAA#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=1gV95ydvVT8C&printsec=frontcover&dq=estructuras+de+conducci%C3%B3n+del+agua+FAO&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiIu_z4p4bjAhWSjlkKHavZCpEQ6AEIKDAA#v=onepage&q&f=true)

**COGOLLO FLÓREZ, J.** “Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso del hidroxiclورو de aluminio”. *Redalyc.org* [en línea], 2010, (Colombia) 78(165), p.20. [Consulta: 19 mayo 2019]. ISSN 0012-7353.

Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/496/49622372002.pdf>

**CRITES, Ron; & TCHOBANOGLIOUS, George.** *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill, 2000, pp. 21-250.

**CHÁVEZ VERA, I.** “Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de Aguas residuales”. *Ciencias Industriales* [en línea], 2017, (Ecuador) 3(1), p.537. [Consulta: 19 mayo 2019]. ISSN 2477-8818. Disponible en: [file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-DisenoElImplementacionDeUnSistemaDeTratamientoDeAgu-6134928%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-DisenoElImplementacionDeUnSistemaDeTratamientoDeAgu-6134928%20(1).pdf)

**DELGADILLO, Oscar; et al.** *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales* [en línea]. Cochabamba-Bolivia: Amazon, 2010. [Consulta: 03 agosto 2019]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=1kO2J5aDljQC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb\\_s\\_vpt\\_buy#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=1kO2J5aDljQC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_vpt_buy#v=onepage&q&f=false).

**ESTRADA TORRES, José Javier.** “Diseño de una planta portátil potabilizadora de agua de 50 metros cúbicos por día” [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ingeniería en Mecánica, Ciencias de la Producción, Guayaquil, Ecuador. 2011. pp. 61-74. [Consulta: 2019-05-20]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16883/3/ESTRADA%20TORRES.pdf>

**GÓMEZ NÚÑEZ, Rodrigo Armando.** “Evaluación del efecto-mezcla en la oxidación de fierro para potabilización del agua” [En línea] (Trabajo de titulación). UNIVERSIDAD DEL BÍO BÍO, Ingeniería, Ingeniería Civil y Ambiental. Concepción, Chile. 2013. pp. 10-12. [Consulta: 2019-06-12]. Disponible en: [http://repopib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/2332/3/Gomez\\_Nunez\\_Rodrigo\\_Armando.pdf](http://repopib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/2332/3/Gomez_Nunez_Rodrigo_Armando.pdf).



**GUAÑA BALAREZO, Edgar Mauricio.** “Diseño del sistema de tratamiento del agua residual en la planta de lácteos Lactogal cia. Ltda” [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Ciencias Químicas. Riobamba, Ecuador. 2014. pp. 87-88. [Consulta: 2019-05-16]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3206/1/96T00240.pdf>

***Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo.*** [En línea] 2007. [Consulta: 31 julio 2019]. Disponible en: [http://unesdoc.unesco.org/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach\\_import\\_f699f6d7-393f-4d10-a277-884474666b35?\\_=149406spa.pdf](http://unesdoc.unesco.org/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_f699f6d7-393f-4d10-a277-884474666b35?_=149406spa.pdf).

**ISCH, E.** *Contaminación de las aguas y políticas para enfrentarla* [en línea]. Quito-Ecuador: Graphus, 2011. [Consulta: 14 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.camaren.org/documents/contaminacion.pdf>.

**LARREA VARGAS, Carlos Jonathan.** “Aplicación de un filtro de zeolita para potabilización del agua nivel domiciliario sitio Palestina Cantón el Guabo Provincia el Oro” [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Machala, Unidad Académica de Ingeniería Civil, Ingeniería Civil, Machala, Ecuador. 2015. p.12. [Consulta: 2019-09-07]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3120/1/TESIS%20%20JONATHAN%20LARREA.pdf>

**MARÍN, Rolando; et al.** *Sistemas de saneamiento ambiental* [en línea]. Cuenca-Ecuador: Care, 2012, [Consulta: 03 agosto 2019]. Disponible en: <http://www.avina.net/avina/wp-content/uploads/2013/03/MODULO-6-OK.pdf>.

**METCALF & Eddy.** *Ingeniería de aguas residuales Tratamiento, vertido y reutilización.* 3ª ed. Madrid-España: McGraw-Hill, 1995, pp. 3-662.

**MONSALVE, Jorge.; & GONZÁLEZ, Danelis.** “Elaboración de un queso tipo ricotta a partir de suero lácteo y leche fluida”. *Redalyc.org* [en línea], 2005, (Venezuela) 15(6), p.544. [Consulta: 18 mayo 2019]. ISSN 0798-2259. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/959/95915609.pdf>

**NTE INEN 2169:2013.** [En línea] 2013. [consulta:12-11-2019]. Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACION-DE-MUESTRAS.pdf>

**PAGUAY MACAS, José Luis.** Diseño del sistema de tratamiento y reutilización del agua residual en la planta de lácteos ESPOCH [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Ciencias Químicas. Riobamba, Ecuador. 2013, p.55. [Consulta: 2019-05-16]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2529/1/96T00211.pdf>

**PINEDA, César A.; & GUERRERO, Jhoniers E.** “Aprovechamiento de los residuos grasos generados en los restaurantes y comidas rápidas de Pereira”. *Redalyc.org* [ en línea], 2011, (Pereira) 17(47), p.264. [Consulta: 26 abril 2019]. ISSN 0122-1701. Disponible en: <https://www.redalyc.org/html/849/84921327053/>

**RAFFO, Eduardo.; & RUIZ, Edgar.** “Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno”. *Industrial Data* [en línea], 2014, (Perú) 17(1), pp. 7-10. [Consulta: 18 mayo 2019]. ISSN 1560-9146. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>

**RAMALHO, R.** *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona-España: Reverté, 1995, pp. 9-413.

**RAMOS, Raudel; et al.** *El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis* [en línea]. Mexicali-California: Plaza y Valdés S.A, 2003. [Consulta: 20 abril 2019]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=b8lxhcHPEYC&pg=PA65&dq=caracteristicas+fisicas+d+el+agua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiDsm2nrfiAhXu01kKHdAVA\\_4Q6AEIKDAA#v=onepage&q=caracteristicas%20fisicas%20del%20agua&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=b8lxhcHPEYC&pg=PA65&dq=caracteristicas+fisicas+d+el+agua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiDsm2nrfiAhXu01kKHdAVA_4Q6AEIKDAA#v=onepage&q=caracteristicas%20fisicas%20del%20agua&f=false)

**RAMÍREZ, J.** *Medición del caudal* [en línea]. Medellín-Colombia: Calixta, 2014. [Consulta: 20 abril 2019]. Disponible en: [http://www.piraguacorantioquia.com.co/wpcontent/uploads/2016/11/3.Manual\\_Medici%C3%B3n\\_de\\_Caudal.pdf](http://www.piraguacorantioquia.com.co/wpcontent/uploads/2016/11/3.Manual_Medici%C3%B3n_de_Caudal.pdf)

**RIGOLA, M.** *Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales* [en línea]. Barcelona-España: Marcombo, 1990. [Consulta: 20 abril 2019]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=fQcXUq9WFC8C&pg=PA29&dq=parametros+quimicos+del+agua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi2wZH43LriAhWH2FkKHZM2A40Q6AEIMTAC#v=onepage&q=parametros%20quimicos%20del%20agua&f=false>

**RIVAS, Zulay; et al.** “Nitrógeno y Fósforo Totales de los Ríos Tributarios al Sistema Lago de Maracaibo, Venezuela”. *Interciencia* [en línea], 2009, (Venezuela) 34(5), pp. 1-4. [Consulta: 18 mayo 2019]. ISSN 0378-1844. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/339/33911403002.pdf>

**RODRÍGUEZ BALLADARES, Lissett Alejandra.** Propuesta de un plan de manejo ambiental para la AGRO EMPRESA “la quesera” del cantón COLTA provincia de CHIMBORAZO [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de Chimborazo, Ingeniería, Ingeniería Ambiental. Riobamba, Ecuador. 2016. P.11. [Consulta: 2019-05-16]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1361/1/UNACH-EC-IAMB-2016-0002.pdf>

**ROMERO, J.A.** *Calidad del agua*. 3ª ed. Bogotá-Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009, pp. 238-253.

**ROMERO, J.** *Potabilización del agua* [en línea]. 3ª ed. Bogotá-Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2006. [Consulta: 06 agosto 2019]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/274737765/Romero-Rojas-Jairo-Alberto-Potabilizacion-Del-Agua>

**ROMERO, J.A.** *Purificación del agua*. Bogotá-Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2006, pp. 212-250.

**RONDAL BALSECA, Julio Cesar.** Elaboración de un modelo de difusor de aire para tratamiento de aguas [En línea]. (Trabajo de titulación) La Universidad de las Américas de Ecuador, Ingeniería y Ciencias Pecuarias, Ecuador. 2018. pp. 1-2. [Consulta: 2019-06-12]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/8722/1/UDLA-EC-TIAM-2018-01.pdf>

**RONQUILLO ABAD, Roxanna.** “Diseño de una planta de tratamiento de agua residuales para ser utilizada en el riego del Parque Samanes” [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de Guayaquil, Ingeniería Química, Gestión Ambiental. Guayaquil, Ecuador. 2016. pp. 14-16. [Consulta: 2019-05-16]. Disponible en: [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16077/1/TESIS%20MGA%20047\\_%20Dise%C3%B1o%20de%20una%20planta%20de%20tratamiento%20de%20agua%20residuales.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16077/1/TESIS%20MGA%20047_%20Dise%C3%B1o%20de%20una%20planta%20de%20tratamiento%20de%20agua%20residuales.pdf)

**SAÉNS ROLDAN, Luis Fernando.** Diseño del sistema de tratamiento y reutilización del agua residual en la planta de lácteos Oasis [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Ciencias Químicas. Riobamba, Ecuador. 2013. pp. 40-45. [Consulta: 2019-05-16]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/3217/1/96T00221.pdf>

**SANTAMARÍA, Edwin; et al.** “Caracterización de los parámetros de calidad del agua para disminuir la contaminación durante el procesamiento de lácteos”. *Agroindustrial Science* [en

línea], 2015, (Ecuador) 5(1), pp. 14-18. [Consulta: 18 mayo 2019]. ISSN 2226-2989. Disponible en: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/930>

**UNATSABAR.** “Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa”. *OPS/CEPIS* [ en línea], 2003, (Lima) 3(81), pp. 7-10. [Consulta: 26 abril 2019]. ISSN 2222-2499. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cosude/xv.pdf>

**VALVERDE VALDÉS, Teresa; & CANO-SANTANA, Zenón.** *Ecología y medio ambiente* [en línea]. Naucapal de Juárez-México: Prentice hall, 2017. [Consulta: 14 mayo 2019]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=oHJqJzvVdQoC&pg=PP127&dq=porcentaje+de+agua+en+el+planeta++y+su+distribucion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjJ7oPGzJziAhUSnOAKHWprBdEQ6AEIJzAA#v=onepage&q=porcentaje%20de%20agua%20en%20el%20planeta%20%20y%20su%20distribucion&f=false>

**VALLEJO LLERENA, Andrés Miguel.** “Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la quesera “El Pajonal” Quimiag 2013” [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Ciencias Químicas, Riobamba, Ecuador. 2013. pp. 95-96. [Consulta: 2019-05-16]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/3640/1/236T0106%20UDCTFC.pdf>

**VARGAS, L.** “Procesos unitarios y plantas de tratamiento”. *Tecnología Química* [ en línea], 2005, (Santiago de Cuba) 34(1), pp.106-107. [Consulta: 12 agosto 2019]. ISSN 2224-6185.8. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/tres.pdf>

**VIDALES, Amelia; et al.** “Extracción de Grasas y Aceites en los Efluentes de una Industria Automotriz”. *Conciencia Tecnológica* [en línea], 2010, (México) 5(40), p. 6. [Consulta: 18 mayo 2019]. ISSN 1405-5597. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/944/94415759007.pdf>

**WEBER, W.** *Control de la calidad del agua. Procesos fisicoquímicos* [en línea]. Barcelona-España: Reverté, 1979. [Consulta: 03 agosto 2019]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=TLpzh5HQYvgC&pg=PA101&dq=tanque+de+floculacion&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwj90YtfnjAhWCwFkKHSKkAdgQ6AEIKDAA#v=onepage&q=tanque%20de%20floculacion&f=false>

**ZAMBRANO, Danny.; & LÓPEZ, Edelmiro.** “La industria de lácteos de Riobamba – Ecuador: dinámicas en la economía local”. *Research Gate* [en línea], 2018, (Ecuador) 7(1), pp. 4-7. [Consulta: 18 mayo 2019]. ISSN 1390-3799. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/326107495\\_La\\_industria\\_de\\_lacteos\\_de\\_Riobamba\\_-\\_Ecuador\\_dinamicas\\_en\\_la\\_economia\\_local/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/326107495_La_industria_de_lacteos_de_Riobamba_-_Ecuador_dinamicas_en_la_economia_local/citation/download)

**ZAMORÁN MURILLO, Darwin.** *Manual de procesamiento lácteo* [blog]. [Consulta: 12 diciembre 2019]. Disponible en: [https://www.jica.go.jp/nicaragua/espanol/office/others/c8h0vm000001q4bcatt/14\\_agriculture01.pdf](https://www.jica.go.jp/nicaragua/espanol/office/others/c8h0vm000001q4bcatt/14_agriculture01.pdf)



## ANEXOS

### ANEXO A: FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO EN CAMPO

<p style="text-align: center;">A</p> 	<p style="text-align: center;">B</p> 	<p style="text-align: center;">C</p> 	
<p style="text-align: center;"><b>NOTAS</b></p> <p>A. Planta de producción.</p> <p>B. Etapa de moldeado.</p> <p>C. Salado de quesos.</p>	<p style="text-align: center;"><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p>CERTIFICADO      POR ELIMINAR</p> <p>APROBADO          POR CALIFICAR</p> <p>POR APROBAR      <b><u>INFORMACIÓN</u></b></p>	<p style="text-align: center;"><b>ESPOCH</b></p> <p style="text-align: center;"><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p style="text-align: center;"><b>INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>AMBIENTAL</b></p> <p style="text-align: center;">KARINA VELASTEGUI</p>	<p>DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA QUESERA DOÑA ISABELITA "CANTÓN GUANO".</p>

A



B



C



**NOTAS**

- A. Medición del caudal.
- B. Toma de muestras.
- C. Medición de temperatura en la muestra.

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

CERTIFICADO      POR ELIMINAR  
APROBADO          POR CALIFICAR  
POR APROBAR      INFORMACIÓN

**ESPOCH**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA  
AMBIENTAL**

KARINA VELASTEGUI

DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
DE LA QUESERA DOÑA ISABELITA  
"CANTÓN GUANO".

A



B



C



**NOTAS**

- A. Equipo de Jarras.
- B. Proceso de coagulación y floculación
- C. Medición de la turbiedad.

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

CERTIFICADO	POR ELIMINAR
APROBADO	POR CALIFICAR
POR APROBAR	<b>INFORMACIÓN</b>

**ESPOCH**

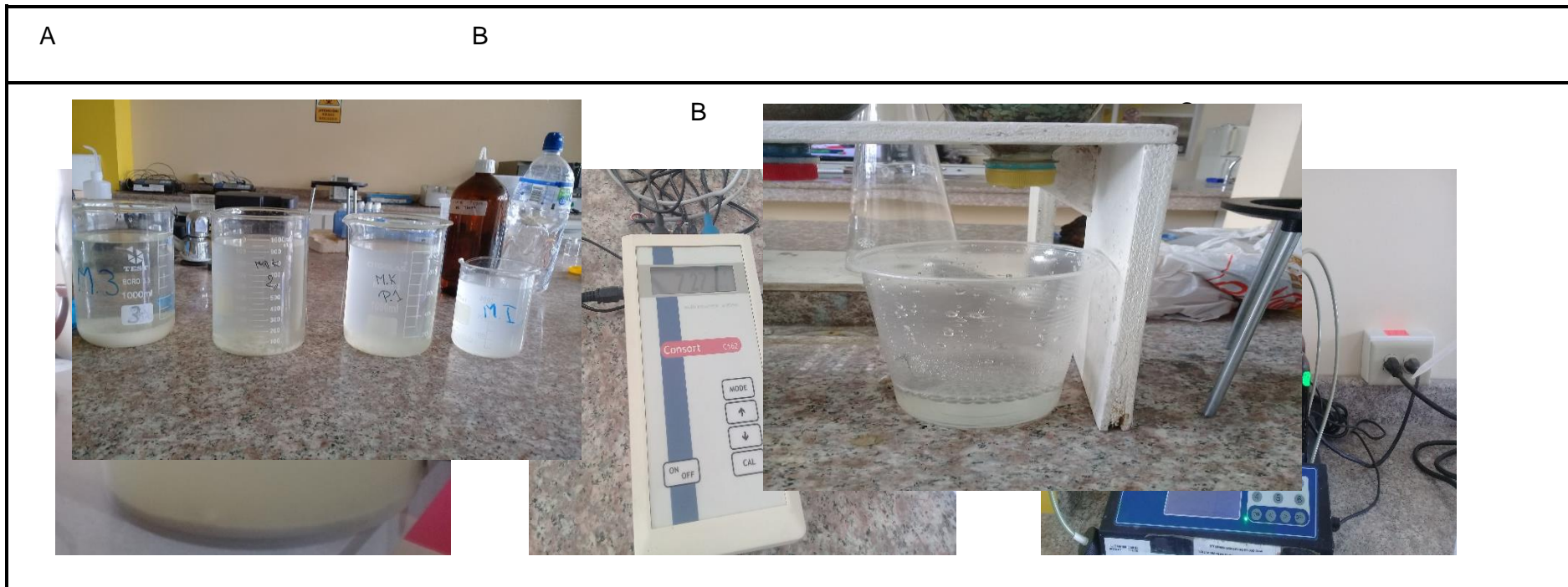
**FACULTAD DE CIENCIAS  
INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA  
AMBIENTAL**

KARINA VELASTEGUI

DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
DE LA QUESERA DOÑA ISABELITA  
"CANTÓN GUANO".

**ANEXO B: FOTOGRAFÍAS EN EL LABORATORIO**





NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESPOCH	
A. Muestras con diferentes concentraciones de coagulante y floculante.	CERTIFICADO POR ELIMINAR CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<del>FACULTAD DE CIENCIAS</del> INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA QUESERA DOÑA ISABELITA "CANTÓN GUANO"
B. Muestra final del agua residual. B. Medición del pH.	APROBADO POR CALIFICAR CERTIFICADO POR APROBAR POR APROBAR	INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL KARINA VELASTEGUI	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA QUESERA DOÑA ISABELITA "CANTÓN GUANO".
C. Medición del DBO <sub>5</sub> .	APROBADO POR CALIFICAR POR APROBAR <u>INFORMACIÓN</u>	KARINA VELASTEGUI	





## HOJA TECNICA

# POLIMERO ANIONICO

FLOCULANTE POLY + CAT A-176-2

SÓLIDO ANIONICO

POLY + CAT A-176-2 ES UN FLOCULANTE ANIONICO DE ALTO PESO MOLECULAR Y ALTA CARGA ANIONICA, ESTA BASADO EN POLIACRILAMIDAS Y PUEDE SER USADO EN LA INDUSTRIA DE LA EXTRACCION, EFLUENTES INDUSTRIALES Y TRATAMIENTO DE EFLUENTES; APROBADO POR LA NSF TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.

PROPIEDADES TIPICAS

APARIENCIA	SÓLIDO BLANCO
VISCOSIDAD 25° C	
% DE SOLUCION	CPS
0.1	150
0.25	400
0.50	1000
TAMAÑO DE PARTICULA	0.15-1.7 mm
RANGO OPERACIÓN pH	0 -13
SHELF LIFE	12 MESES

VENTAJAS

DE APLICACIÓN

1. LOGRA RAPIDA SEDIMENTACION Y BUENA CLARIDAD EN SEDIMENTACION POR GRAVEDAD.
2. REDUCE EL CONTENIDO DE LAS CENIZAS CUANDO LOS LODOS SON CALCINADOS.
3. INCREMENTA LA VELOCIDAD DE DRENADO EN LOS LECHOS DE SECADO.



4. COMPATIBLE CON SISTEMAS CONTINUOS DE DOSIFICACION.
5. GRAN SOLUBILIDAD APESAR DE SU ALTO PESO MOLECULAR
6. ALTA CLARIFICACION DE SOBRENADANTES

#### ECONÓMICAS

1. EL COSTO DE MANEJO ES MINIMO.
2. EFECTIVO A BAJAS DOSIS.
3. A pH ALTO SE DESEMPEÑA MUY BIEN.
4. POR SER SÓLIDO REDUCE LOS REQUERIMIENTOS DE ALMACEN
5. TIENE LARGA VIDA DE ALMACEN

#### OTRAS VENTAJAS

1. AYUDA A MANTENER LIMPIA EL AREA DE DOSIFICACION.
2. SE DISUELVE RAPIDAMENTE SIN DEJAR INSOLUBLES.
3. TRABAJA EN UN AMPLIO RANGO DE pH
4. ESTA APROVADO PARA USO EN TRATAMIENTOS DE AGUA POTABLE EN LOS EUA Y EN ALGUNOS PAISES EUROPEOS.

#### PRINCIPALES USOS:

LOS FLOCULANTES DE LA SERIE POLY + CAT A-176 PUEDEN SER USADOS PARA TRATAMIENTO DE AGUA Y EN PROCESOS DE SEPARACION LIQUIDO - SÓLIDO:

1. AGUA POTABLE
2. EFLUENTES E INFLUENTES INDUSTRIALES
  - INDUSTRIA DEL ACERO
  - REFINERIAS DE PETROLEO
  - INDUSTRIA SEPARACION
  - INDUSTRIA PAPELERA
  - INDUSTRIA ALIMENTOS
- 3 - REMOCION DE O-PO4 EN AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES

#### DOSIS

USO	DOSIS
FLOCULANTE	0.2 - 10 ppm
AUXILIAR DE FLOCULANTE	0.05 - 1.0 ppm
AUXILIAR DE FILTRACION	0.01 - 0.1 ppm
ACONDICIONAMIENTO DE LODOS	10 - 200 ppm



#### APLICACIÓN

LOS FLOCULANTES DE LA SERIE POLY + CAT A-176 PUEDEN SER DISUELTOS EN AGUA USANDO UN EDUCADOR U OTRO EQUIPO ADECUADO PARA PREPARAR UNA SOLUCIÓN AL 0.1 %. EL PREPARAR ESTA SOLUCION SE LLEVA POR LO MENOS 25 MIN. EN AGUA FRÍA, PERO PUEDE SER DISUELTO CON MAYOR FACILIDAD USANDO AGUA CALIENTE CON TEMPERATURA POR DEBAJO DE LOS 50 C DESPUES QUE SE PREPARO LA SOLUCION ESTA SE PUEDE ADICIONAR USANDO UNA BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO. MEJORES RESULTADOS SE OBTENDRAN PROVOCANDO ALTA TURBULENCIA PARA RAPIDO MEZCLADO POR UN CORTO TIEMPO DESPUES DEL PUNTO DE ADICION.

SI SON USADOS AGITADORES MECANICOS DURANTE LA PREPARACION, NO USE AGITACION RAPIDA YA QUE PUEDE PROVOCAR UNA DEGRADACION EN EL PESO MOLECULAR DEL POLIMERO, LA VELOCIDAD OPTIMA FLUCTUA ENTRE 200 - 500 RPM.

#### RIESGO Y TOXICIDAD

EL CONTACTO DIRECTO CON ESTE PRODUCTO NO CAUSA IRRITACION EN LA PIEL.

#### MANEJO Y ALMACENAMIENTO

SÓLIDO: PEDEN FACILMENTE SER LIMPIADOS O BARRIDOS  
SOLUCION: PEDEN SER LIMPIADOS POR ASPERSION DE AGUA.  
DEBEN SER ALMACENADOS EN UN LUGAR SECO.

#### PRESENTACIÓN

LOS FLOCULANTES SÓLIDOS DE LA SERIE POLY +CAT A 176 SON VENDIDOS EN SACOS DE 25 KG.



**ANEXO D: DOCUMENTO DE LA INDUSTRIA QUESERA “DOÑA ISABELITA”**

**INDUSTRIA QUESERA DOÑA ISABELITA**

**GUANO- SAN GERARDO**

Guano, 02 de Marzo de 2020

Yo, Walter Eugenio Asitimbay Velata, Gerente Propietario de la quesera “DOÑA ISABELITA”, Certifico que la Srta. Martha Karina Velastegui Sanunga con I.D. 0604423962, ha realizado el desarrollo de su proyecto denominado Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la quesera Doña Isabelita “Cantón Guano”, en las instalaciones de mi empresa y la entrega del Trabajo de Titulación y su diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales que ayudará al cuidado ambiental, salud de los pobladores y cumplir con las leyes ambientales vigentes en nuestro país.

Atentamente



Sr. Walter Asitimbay

0604760751

**Gerente Propietario de la quesera “DOÑA ISABELITA”**

**ANEXO E: CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL AGUA RESIDUAL CON SUERO DE LA QUESERA “DOÑA ISABELITA”**

**ESPOCH**

FACULTAD DE CIENCIAS  
LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

**INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS**

Fecha: 16 de mayo del 2019

Análisis solicitado por: Karina Velastegui

Tipo de muestras: Agua residual con suero de la quesera “Doña Isabelita”

Localidad: Guano

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Muestra de agua cruda

Determinaciones	Unidades	Resultados
pH	-	6,5
Temperatura	°C	21
Turbidez	NTU	428
Aceites y Grasas	mg/l	258
DBO <sub>5</sub>	mg/l	2800
DQO	mg/l	3650
Sólidos Sedimentables	ml/l	1
Sólidos Suspendidos	mg/l	304
Sólidos Totales	mg/l	4500

Observaciones:

Atentamente.


Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

**ESPOCH**

FACULTAD DE CIENCIAS  
LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

**INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS**

Fecha: 22 de mayo del 2019

Análisis solicitado por: Karina Velastegui

Tipo de muestras: Agua residual con suero de la quesera "Doña Isabelita"

Localidad: Guano

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Muestra de agua cruda

Determinaciones	Unidades	Resultados
pH	-	6,1
Temperatura	°C	19
Turbidez	NTU	410
Aceites y Grasas	mg/l	237,5
DBO <sub>5</sub>	mg/l	2500
DQO	mg/l	3440
Sólidos Sedimentables	ml/l	1
Sólidos Suspendidos	mg/l	365
Sólidos Totales	mg/l	4256

Observaciones:

Atentamente.

  
Dra. Gina Álvarez R.



RESP. LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



**ANEXO F: CARACTERIZACIÓN FINAL DEL AGUA RESIDUAL CON SUERO DE LA QUESERA “DOÑA ISABELITA”**

**ESPOCH**

FACULTAD DE CIENCIAS  
LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

**INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS**

Fecha: 28 de mayo del 2019

Análisis solicitado por: Karina Velastegui

Tipo de muestras: Agua residual con suero de la quesera “Doña Isabelita”

Localidad: Guano

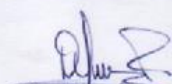
**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Muestra de agua tratada

Determinaciones	Unidades	Resultados
pH	-	8,97
Temperatura	°C	18
Turbidez	NTU	60,83
Aceites y Grasas	mg/l	87,64
DBO <sub>5</sub>	mg/l	700
DQO	mg/l	1965
Sólidos Sedimentables	ml/l	<1
Sólidos Suspendedos	mg/l	15,52
Sólidos Totales	mg/l	887,05

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



**ANEXO G: CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL AGUA RESIDUAL SIN SUERO DE LA QUESERA “DOÑA ISABELITA”**

**ESPOCH**

FACULTAD DE CIENCIAS  
LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

**INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS**

Fecha: 02 de agosto del 2019

Análisis solicitado por: Karina Velastegui

Tipo de muestras: Agua residual sin suero de la quesera “Doña Isabelita”

Localidad: Guano

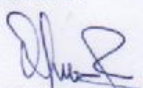
**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Muestra de agua cruda

Determinaciones	Unidades	Resultados
pH	-	7,86
Temperatura	°C	21
Turbidez	NTU	46,3
Aceites y Grasas	mg/l	13,6
DBO <sub>5</sub>	mg/l	1245
DQO	mg/l	1660
Sólidos Sedimentables	ml/l	1
Sólidos Suspendidos	mg/l	114
Sólidos Totales	mg/l	3132

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LABORATORIO



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

**ANEXO H: CARACTERIZACIÓN FINAL DEL AGUA RESIDUAL SIN SUERO DE LA QUESERA “DOÑA ISABELITA”**

**ESPOCH**

FACULTAD DE CIENCIAS  
LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

**INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS**

Fecha: 09 de agosto del 2019

Análisis solicitado por: Karina Velastegui

Tipo de muestras: Agua residual sin suero de la quesera “Doña Isabelita”

Localidad: Guano

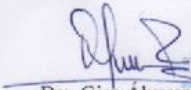
**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Muestra de agua tratada

Determinaciones	Unidades	Resultados
pH	-	7,68
Temperatura	°C	21
Turbidez	NTU	1,61
Aceites y Grasas	mg/l	8,4
DBO <sub>5</sub>	mg/l	224
DQO	mg/l	320
Sólidos Sedimentables	ml/l	<0,1
Sólidos Suspendedos	mg/l	1
Sólidos Totales	mg/l	128

Observaciones:

Atentamente.

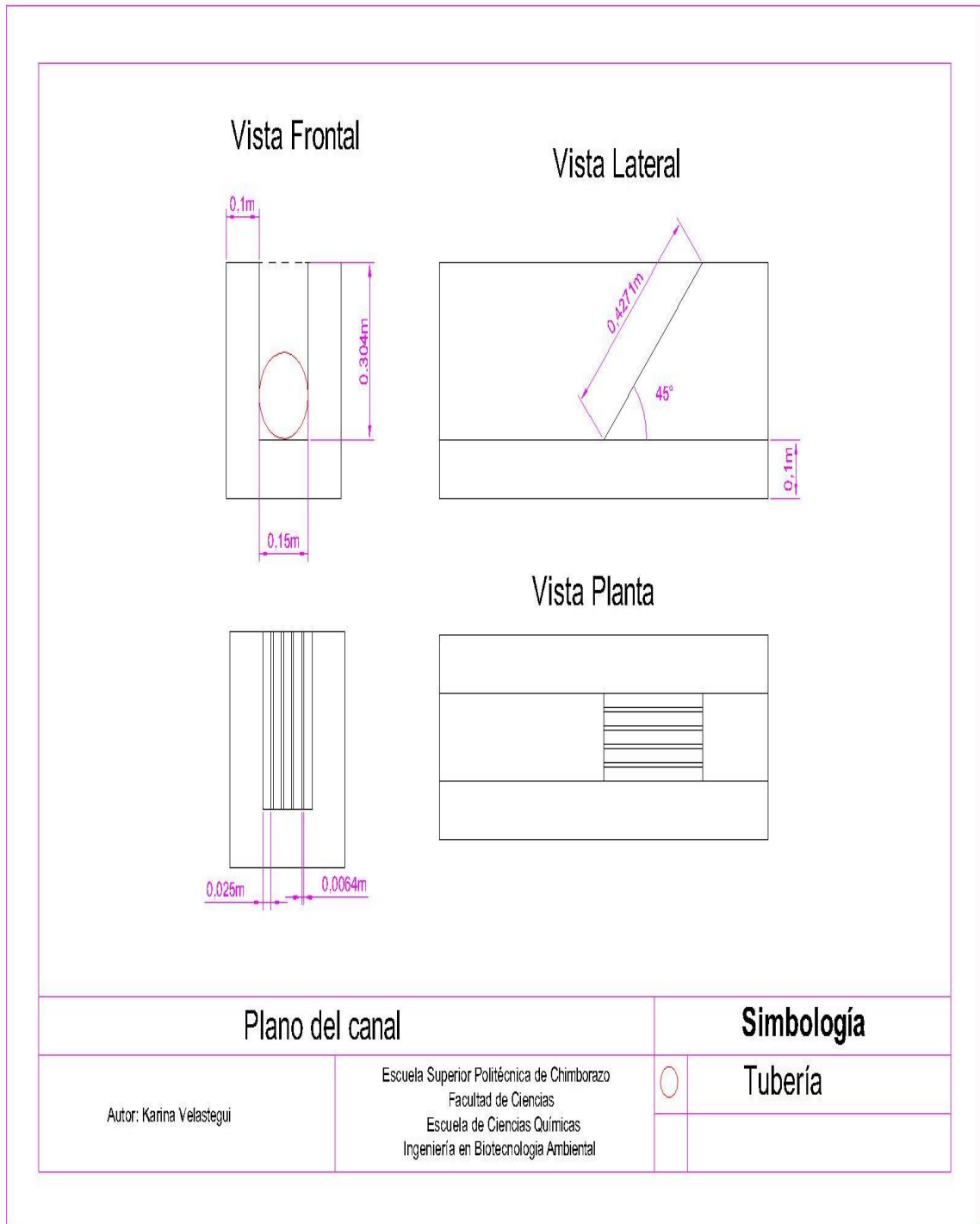
  


Dra. Gina Álvarez R.

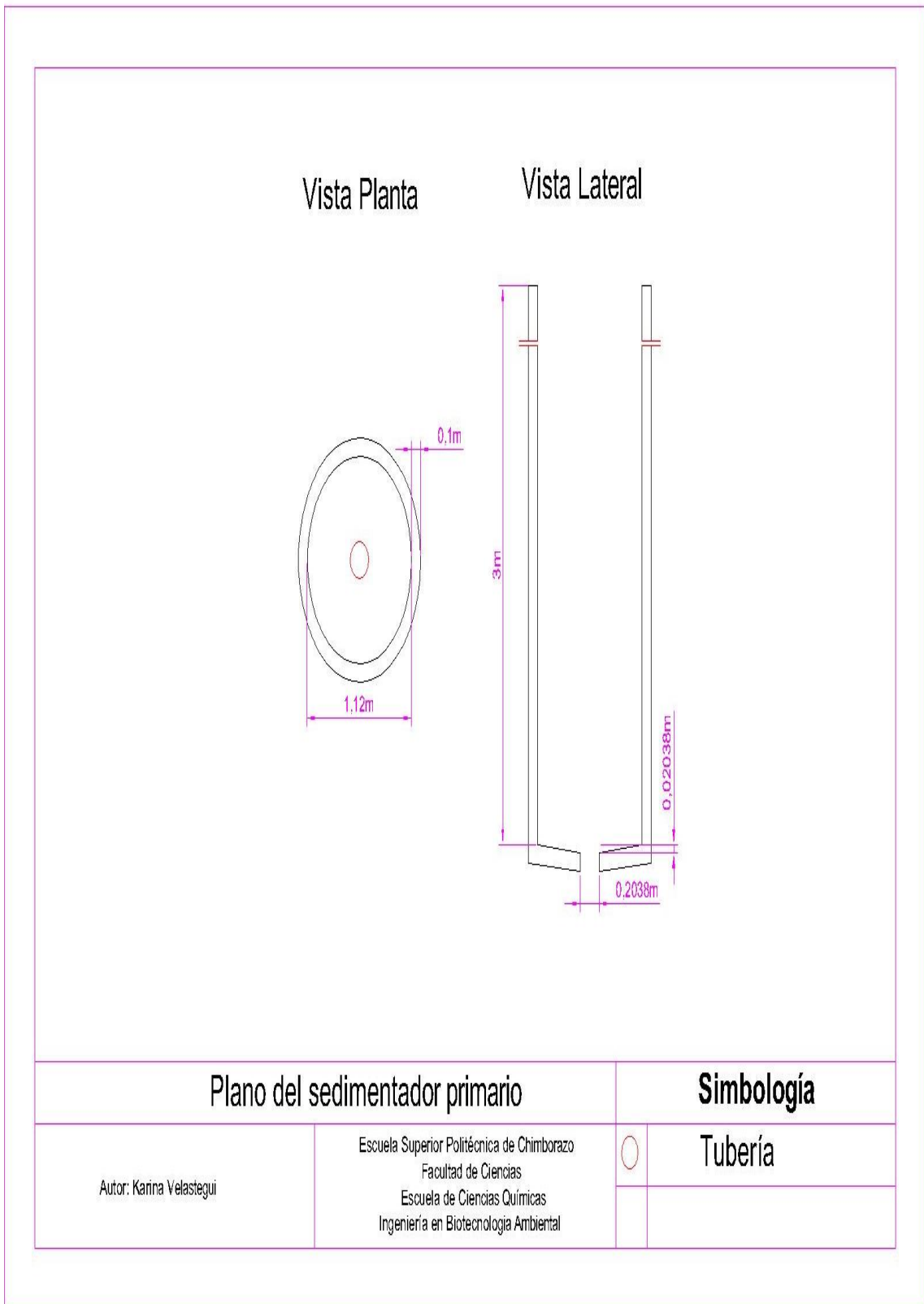
RESP. LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

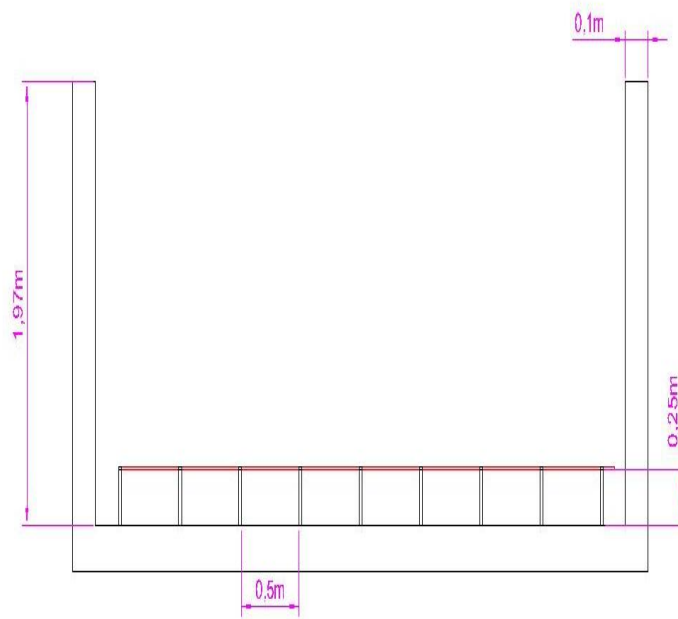
**ANEXO I: CANAL DE CAPTACIÓN Y SISTEMA DE REJILLAS PARA AGUA DE LA QUESERA**



**ANEXO J: SEDIMENTADOR PRIMARIO**



## ANEXO K: TANQUE DE AIREACIÓN



Plano vista lateral del aireador

### Simbología

Autor: Karina Velastegui

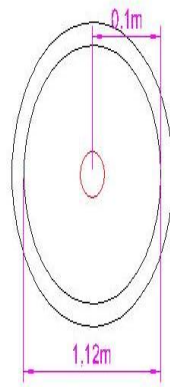
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo  
Facultad de Ciencias  
Escuela de Ciencias Químicas  
Ingeniería en Biotecnología Ambiental



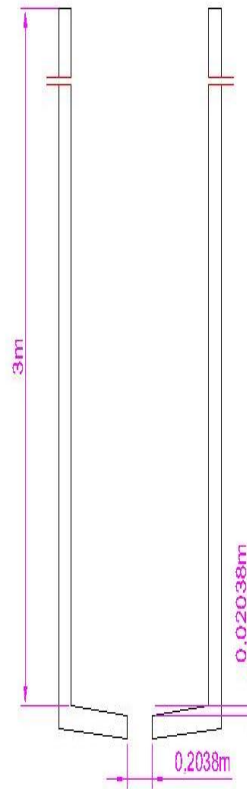
Tubería

**ANEXO L: SEDIMENTADOR SECUNDARIO**

Vista Planta



Vista Lateral



**Plano del sedimentador secundario**

**Simbología**

Autor: Karina Velastegui

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo  
 Facultad de Ciencias  
 Escuela de Ciencias Químicas  
 Ingeniería en Biotecnología Ambiental

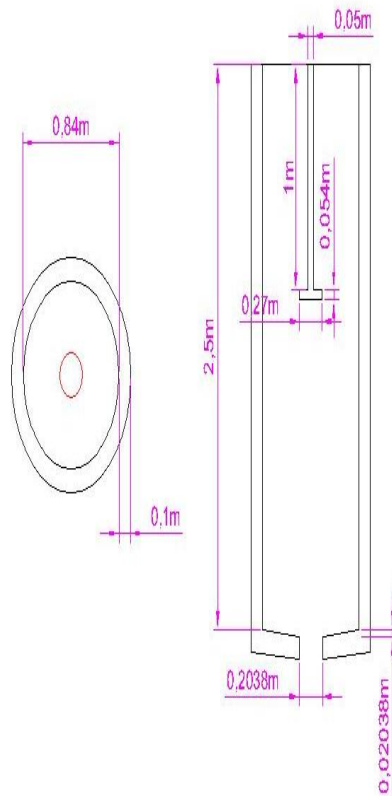


Tubería

**ANEXO M: TANQUE DE FLOCULADOR**

Vista Planta

Vista Lateral



**Plano del Floculador**

**Simbología**

Autor: Karina Velastegui

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo  
 Facultad de Ciencias  
 Escuela de Ciencias Químicas  
 Ingeniería en Biotecnología Ambiental

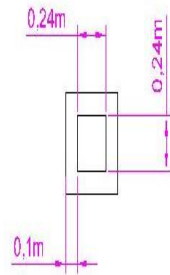


Tubería

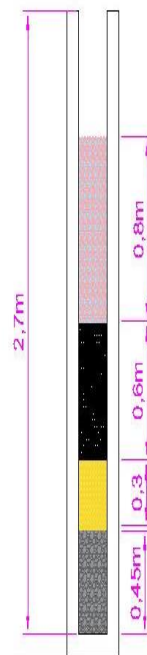


## ANEXO N: SISTEMA DE FILTRACIÓN

Vista Planta



Vista Lateral



### Simbología



Grava



Arena



Carbón



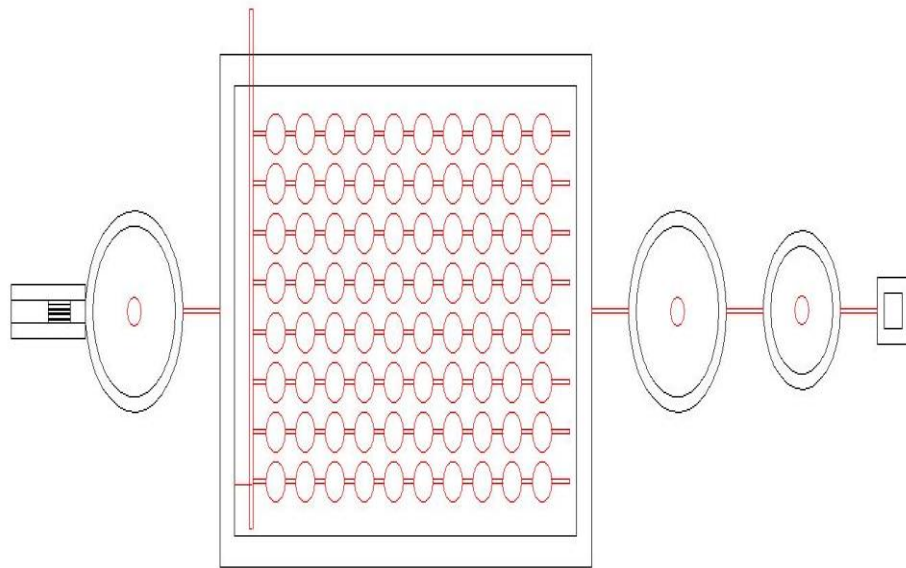
Zeolita

### Plano del sistema de filtración

Autor: Karina Velastegui

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo  
Facultad de Ciencias  
Escuela de Ciencias Químicas  
Ingeniería en Biotecnología Ambiental

## ANEXO O: VISTA PLANTA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO



Plano de la vista planta del sistema de tratamiento

**Simbología**

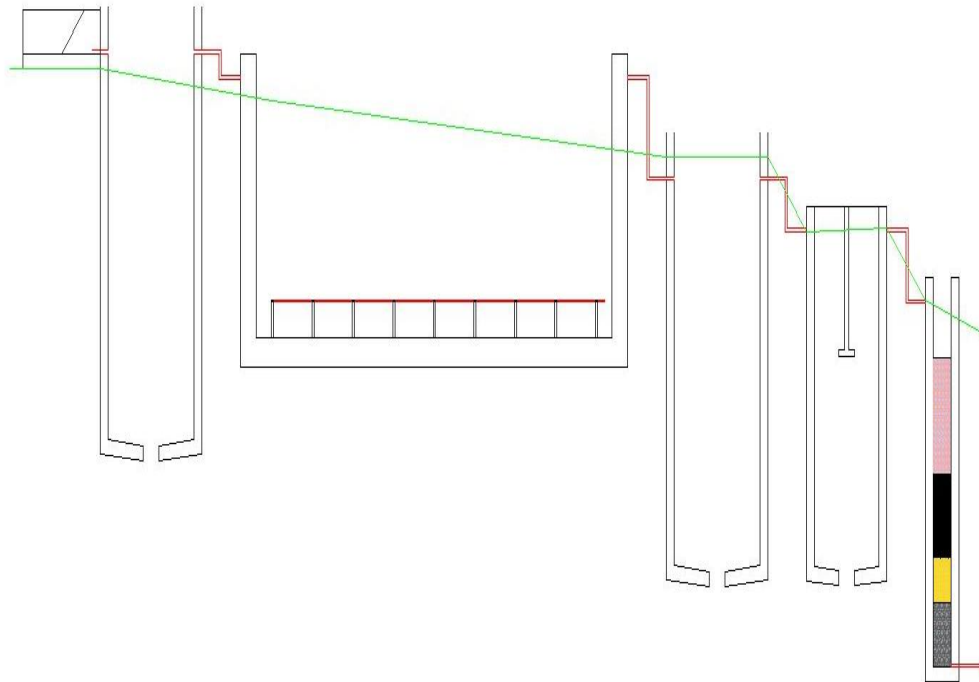
Autor: Karina Velastegui

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo  
Facultad de Ciencias  
Escuela de Ciencias Químicas  
Ingeniería en Biotecnología Ambiental



Tubería

**ANEXO P: VISTA LATERAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO**



**Plano de la vista lateral del sistema de tratamiento**

**Simbología**

Autor: Karina Velastegui

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo  
 Facultad de Ciencias  
 Escuela de Ciencias Químicas  
 Ingeniería en Biotecnología Ambiental



Tubería

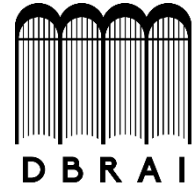


Perfil del suelo



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS  
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**



**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS**  
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

**Fecha de entrega:** 16 / 04 / 2020

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Martha Karina Velastegui Sanunga
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Facultad de Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería En Biotecnología Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniera en Biotecnología Ambiental
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b>
 

0006-DBRAI-UPT-2020