



*Diseño de una planta de tratamiento de agua residual de una industria láctea*

*Design of a wastewater treatment plant for a dairy industry*

*Projeto de uma estação de tratamento de águas residuais para uma indústria de laticínios*

Jairo Rene Villavicencio-Guapizaca <sup>I</sup>  
[jairo.villa@gmail.com](mailto:jairo.villa@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0002-9651-1691>

Jessica Paola Arcos-Logroño <sup>II</sup>  
[paola.arcos@epoch.edu.ec](mailto:paola.arcos@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-9462-2219>

Ximena Rashell Cazorla-Vinueza <sup>III</sup>  
[ximena.cazorla@epoch.edu.ec](mailto:ximena.cazorla@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-1157-8900>

Goering Octavio Zambrano-Cárdenas <sup>IV</sup>  
[goering.zambrano@epoch.edu.ec](mailto:goering.zambrano@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-6975-8539>

**Correspondencia:** [paola.arcos@epoch.edu.ec](mailto:paola.arcos@epoch.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 07 de junio de 2024 \* **Aceptado:** 13 de julio de 2024 \* **Publicado:** 11 de septiembre de 2024

- I. Investigador Independiente, Ecuador.
- II. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Ecuador.
- III. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Ecuador.
- IV. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Ecuador.

## Resumen

Este proyecto tuvo como objetivo realizar el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales provenientes de la quesera artesanal “Don Miranda” del cantón Sucúa, para lo cual se empezó midiendo el caudal por el método de aforo volumétrico, luego para la caracterización de los parámetros físicos, químicos, y microbiológicos, a causa de las variaciones de caudal, se tomó 6 muestras de 2 l de agua residual, en el periodo de 3 meses, mediante muestreo compuesto, donde se obtuvo que los parámetros fuera de los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce de la Tabla 9 del Acuerdo Ministerial 097-A, fueron los aceites y grasas 139 mg/l, el cobre 8.18 mg/l, los cloruros 1260 mg/l, el color 312 UC, la DBO5 263.9mg/l, la DQO 626.67mg/l, los SST 946 mg/l, los ST 3266 mg/l y presencia de materia flotante. Determinados estos parámetros se procedió a realizar la prueba de jarras, determinándose que la dosis óptima para 2 l de agua residual fue 50 ml de sulfato de aluminio al 5% m/v como coagulante y 0.3 ml de polímero catiónico al 0.01% m/v como floculante, lográndose obtener un porcentaje de remoción del 88.13%. Finalmente se realizó el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales compuesto por un canal rectangular, rejillas, un sedimentador primario, un tanque de aireación mediante difusores, un tanque de coagulación y floculación, un sedimentador secundario y un filtro compuesto por zeolita, arena, carbón activado y grava. Como una forma de ayuda al medio donde vivimos la quesera tiene que implementar un sistema de tratamiento a sus efluentes para que de esta manera se dé cumplimiento con la normativa ambiental y así incitar a otras empresas a cuidar y reducir la contaminación del ambiente.

**Palabras clave:** tecnología y ciencias de la ingeniería; tratamiento de aguas residuales; industria quesera; caracterización física; química y microbiológica; coagulación y floculación; diseño de planta de tratamiento; Sucúa.

## Abstract

This project had the objective of carrying out the design of a wastewater treatment plant from the artisanal cheese factory “Don Miranda” in the Sucúa canton, for which the flow began by measuring the volumetric gauging method, then for the characterization of the physical, chemical, and microbiological parameters, due to flow variations, 6 samples of 2 l of wastewater were taken, in a period of 3 months, through composite sampling, where it was obtained that the parameters were outside the discharge limits. to a body of fresh water from Table 9 of Ministerial Agreement

097-A, oils and fats were 139 mg/l, copper 8.18 mg/l, chlorides 1260 mg/l, color 312 UC, BOD<sub>5</sub> 263.9 mg /l, COD 626.67mg/l, TSS 946 mg/l, TS 3266 mg/l and presence of floating matter. Once these parameters were determined, the jar test was carried out, determining that the optimal dose for 2 l of wastewater was 50 ml of aluminum sulfate at 5% m/v as coagulant and 0.3 ml of cationic polymer at 0.01% m/v. as a flocculant, achieving a removal percentage of 88.13%. Finally, the sizing of the wastewater treatment plant was carried out, consisting of a rectangular channel, grates, a primary settler, an aeration tank using diffusers, a coagulation and flocculation tank, a secondary settler and a filter composed of zeolite, sand. , activated carbon and gravel. As a way to help the environment where we live, the cheese factory has to implement a treatment system for its effluents so that in this way it complies with environmental regulations and thus encourages other companies to take care of and reduce environmental pollution.

**Keywords:** technology and engineering sciences; wastewater treatment; cheese industry; physical characterization; chemistry and microbiology; coagulation and flocculation; treatment plant design; Sucúa.

## Resumo

Este projeto teve como objetivo realizar o projeto de uma estação de tratamento de águas residuais da queijaria artesanal “Don Miranda” no cantão de Sucúa, para a qual o fluxo começou pela medição do método de medição volumétrica, depois pela caracterização dos aspectos físicos, químicos , e parâmetros microbiológicos, devido a variações de vazão, foram coletadas 6 amostras de 2 l de efluente, num período de 3 meses, através de amostragem composta, onde se obteve que os parâmetros estavam fora dos limites de descarga para um corpo de água doce. da Tabela 9 do Acordo Ministerial 097-A, óleos e gorduras foram 139 mg/l, cobre 8,18 mg/l, cloretos 1260 mg/l, cor 312 UC, DBO<sub>5</sub> 263,9 mg/l, DQO 626,67 mg/l, TSS 946 mg /l, TS 3266 mg/l e presença de matéria flutuante. Uma vez determinados estes parâmetros, foi realizado o jar test, determinando que a dose ideal para 2 l de água residual era de 50 ml de sulfato de alumínio a 5% m/v como coagulante e 0,3 ml de polímero catiônico a 0,01% m/v. como floculante, alcançando um percentual de remoção de 88,13%. Por fim, foi realizado o dimensionamento da estação de tratamento de esgoto, composta por um canal retangular, grades, um decantador primário, um tanque de aeração através de difusores, um tanque de coagulação e floculação, um decantador secundário e um filtro composto por zeólita, areia. carvão ativado e cascalho. Como forma de ajudar o ambiente onde

vivemos, a queijaria tem que implementar um sistema de tratamento dos seus efluentes para que desta forma cumpra as normas ambientais e assim incentive outras empresas a cuidar e reduzir a poluição ambiental.

**Palavras-chave:** tecnologia e ciências da engenharia; tratamento de águas residuais; indústria de queijos; caracterização física; química e microbiologia; coagulação e floculação; projeto de estação de tratamento; Sucúa.

## Introducción

En la industria láctea se produce un elevado consumo de agua y energía, la generación de agua residual con alto contenido orgánico, la liberación de gases y partículas al aire y el ruido (Vallejo Llerena, 2014, p.3), conforme a los procesos y sistemas usados para la fabricación de distintos productos (Oñate Barraza y Chinchilla Calderón, 2021: p.122), en donde por cada litro de leche procesada se genera desde 6 hasta 10 litros de agua residual (Porwal et al., 2015: p.2), proveniente de la limpieza, de la desinfección, del calentamiento, del enfriamiento y del lavado de las instalaciones (Chuiza-Rojas et al. 2019: p.246).

Según la FAO (2021, p.2), la producción lechera mundial se encuentra en constante aumento, ya que casi llegó en el 2020 a 906 millones de toneladas, un 2,0% más que en 2019, y también teniendo en cuenta que la proyección de crecimiento anual es de 1,7% con lo que se llegara a 1020 millones de toneladas en 2030 (OECD-FAO, 2021, p.179), acorde con estos datos es evidente que esta actividad acoja una gran importancia debido a la contaminación ambiental que produce su procesamiento a lo largo de su preparación para el comercio.

A nivel mundial, uno de los derivados lácteos de mayor interés por sus características alimentarias es el queso, el cual genera una cantidad considerable de un subproducto denominado lactosuero, que por parte de las queseras artesanales es usado para la alimentación animal o desechado como efluente líquido incrementando de este modo los niveles de contaminación ambiental en las zonas cercanas (Cortez Latorre, 2018, pp. 13-14), por la fuerza contaminante equivalente a la de las aguas negras producidas en un día por 500 personas, es decir, mil litros de lactosuero producen aproximadamente 35 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y cerca de 68 kg de demanda química de oxígeno (DQO) (INTI, 2017, p.13).

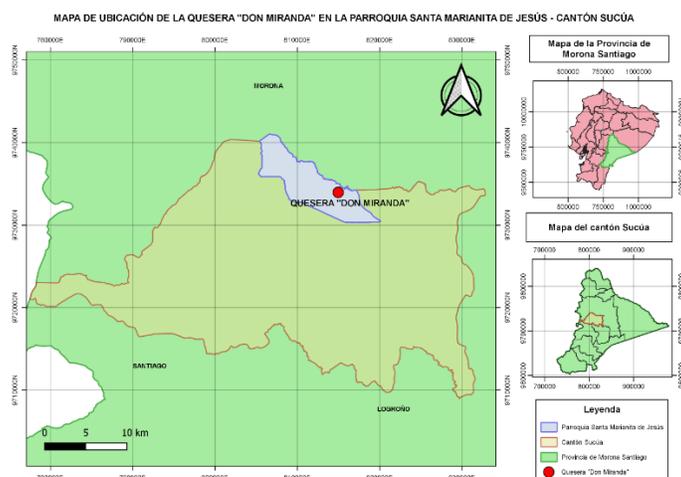
Las aguas residuales provenientes de la industria quesera además de la alta carga orgánica que posee también presentan aceites y grasas, variaciones de temperatura y pH, lo cual indica que antes

de ser vertidas al ambiente y poder cumplir con las exigencias de calidad de las normas de cada país (Lazcano Carreño, 2016, pp.266-268), deben tener un tratamiento de varias etapas o procesos con el propósito de acondicionar el agua residual y preservar los ecosistemas (Quispe Pérez et al., 2020: p.17).

En Ecuador debido a la contaminación por parte de las aguas residuales sin tratamiento alguno previo al vertido en los alcantarillados, así como, en las distintas fuentes hídricas, existen organismos reguladores como el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) que se encarga de llevar el control de las descargas de efluentes permitiendo, mediante obligaciones, mejoras en el ambiente y de la comunidad que depende de este (Corona Lisboa, 2011; citado en Chavéz-Vera, 2017, p. 540).

El trabajo está estructurado en cuatro capítulos: en el primer capítulo se presenta el problema analizando los procesos y las prácticas que causan mayor impacto en las actividades llevadas a cabo en la quesera; en el segundo capítulo se definen los conceptos y teorías necesarios para comprender qué tipo de sistema y qué diseño es más eficiente; el tercer capítulo representa la metodología a utilizar para la medición de caudales, tomar las muestras, realizar la caracterización del agua residual y la prueba de tratabilidad; y finalmente en el cuarto capítulo se presentan los resultados generados durante el trabajo para validar nuestra investigación mediante las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo.

El presente proyecto se realizó en la quesera artesanal “Don Miranda” que se encuentra ubicada en la parroquia Santa Marianita de Jesús del cantón Sucúa situada en la provincia de Morona Santiago.



**Figura 1: Ubicación de la quesera “Don Miranda” en la parroquia Santa Marianita de Jesús, en el cantón Sucúa, provincia Morona Santiago.**

*Realizado por: los autores, 2022*

## Descripción de la quesera

La quesera “Don Miranda” es una empresa familiar que produce uno de los mejores quesos artesanales de la provincia Morona Santiago desde hace unos 50 años aproximadamente con una producción diaria de 45 unidades por 400 litros de leche propia. Estos quesos son enviados más del 70% a los Estados Unidos y el resto es entregado en todos los diferentes cantones de la provincia. La quesera cuenta con un cuarto de un área de 100 m<sup>2</sup> para la producción de quesos, el cual está dividido en secciones, primero un espacio destinado para la recepción de la leche y el cernido, seguido se encuentran los tanques para el enfriamiento de la leche, luego los mesones en un lugar oscuro para el almacenamiento y finalmente un encementado separado para el lavado de las pomos.

## Índice de biodegradabilidad

Obtenido el resultado de la biodegradabilidad mediante la relación entre DBO<sub>5</sub> y DQO, que es de 0.42, se ha determinado que este efluente es de tipo biodegradable, por lo tanto, el sistema de tratamiento adecuado es el físico-químico o el biológico.

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{263.9 \text{ mg/l}}{626.67 \text{ mg/l}} = 0.42$$

Debido a las características del contenido que presenta el efluente de la quesera y del ambiente óptimo para que los microorganismos degraden la materia orgánica, se ha optado por el tratamiento físico-químico de acuerdo a la relación DBO<sub>5</sub>/DQO desde 0.3 a 0.7

**Poco biodegradable**

**Tratamientos físico-químicos sin sistemas biológicos**

Determinado el caudal y los resultados de la caracterización físico-química y microbiológica del agua residual, acorde a los parámetros que se encuentran fuera de los límites máximos permisibles del Acuerdo Ministerial 097-A Anexo A del TULSMA, Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, se dimensionó el sistema de tratamiento de aguas residuales de la quesera “Don Miranda” con el objetivo de ajustarse a estos valores de descarga definiendo así los componentes unitarios más efectivos en el sistema de tratamiento físico-químico para garantizar una correcta

depuración del efluente y cumplir con la normativa ambiental mediante referentes para el tratamiento de aguas residuales como (Coche, 1993; Metcalf y Eddy, 1995; Ramalho, 1996; Crites y Tchobanogloues, 2000a; Wiki 2007; Lazcano Carreño, 2016).

### **Caudal de diseño.**

**La determinación del caudal para el diseño de la PTAR se hizo considerando el caudal máximo diario, que según la Tabla 1-4 es 0.61 l/s del rango de 0.01 l/s como mínimo a 0.61 l/s como máximo, ya que la empresa no aumentara su producción debido a que toda la finca ya se encuentra con ganado vacuno y al ser una empresa familiar no se recolecta leche de otros productores.**

$$Q = 0.61 \frac{l}{s} * \frac{1m^3}{1000l} * \frac{3600s}{1h} * \frac{24h}{1d}$$

$$Q = 52.704 \frac{m^3}{d}$$

### **Resultados**

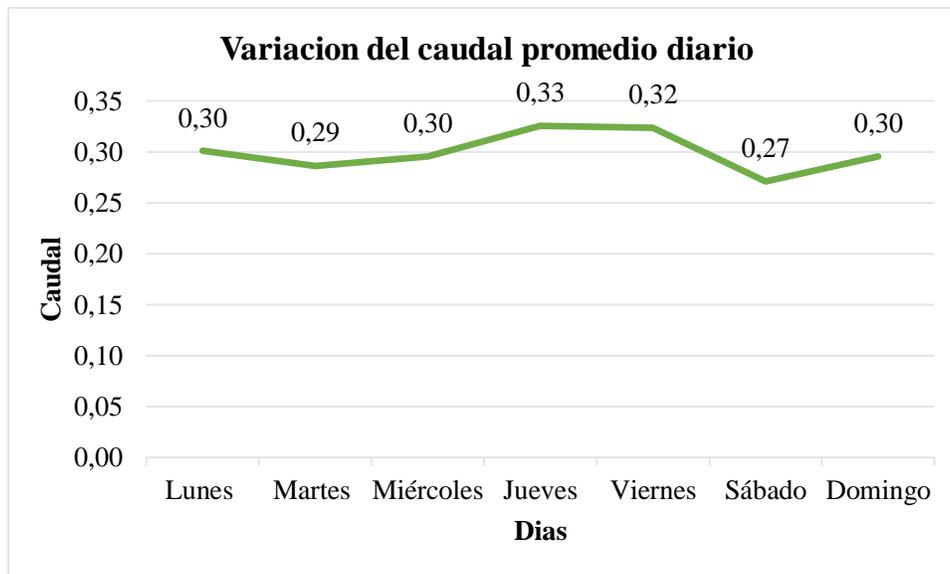
A continuación, se presentan los datos obtenidos de la medición del caudal, de la caracterización física-química y microbiológica del agua residual de la quesera con los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles y que nos ayudaran para realizar los cálculos del diseño de nuestra PTAR provenientes de la quesera “Don Miranda”.

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos a lo largo de una semana en intervalos de 30 minutos empezando a las 10:00 am y finalizando a las 15:00 pm, esto con el objetivo de prevenir posibles errores a la hora de llevar a cabo nuestro dimensionamiento de la PTAR.

**Tabla 1: Datos de la medición diaria de los caudales producidos en la quesera "Don Miranda"**

Aforo de caudales (l/s)							
Hora	Lunes 18/04/22	Martes 19/04/22	Miércoles 20/04/22	Jueves 21/04/22	Viernes 22/04/22	Sábado 23/04/22	Domingo 24/04/22
10	0.14 l/s	0.28 l/s	0.18 l/s	0.17 l/s	0.28 l/s	0.17 l/s	0.22 l/s
10:30	0.23 l/s	0.17 l/s	0.22 l/s	0.33 l/s	0.26 l/s	0.17 l/s	0.21 l/s
11	0.35 l/s	0.44 l/s	0.26 l/s	0.52 l/s	0.48 l/s	0.15 l/s	0.45 l/s
11:30	0.51 l/s	0.46 l/s	0.48 l/s	0.38 l/s	0.52 l/s	0.45 l/s	0.5 l/s
12	0.42 l/s	0.44 l/s	0.36 l/s	0.49 l/s	0.33 l/s	0.36 l/s	0.27 l/s
12:30	0.04 l/s	0.05 l/s	0.1 l/s	0.1 l/s	0.12 l/s	0.12 l/s	0.03 l/s
13	0.14 l/s	0.32 l/s	0.25 l/s	0.46 l/s	0.1 l/s	0.12 l/s	0.26 l/s
13:30	0.49 l/s	0.46 l/s	0.37 l/s	0.48 l/s	0.54 l/s	0.61 l/s	0.43 l/s
14	0.56 l/s	0.38 l/s	0.42 l/s	0.47 l/s	0.45 l/s	0.46 l/s	0.51 l/s
14:30	0.38 l/s	0.14 l/s	0.53 l/s	0.16 l/s	0.42 l/s	0.32 l/s	0.34 l/s
15	0.05 l/s	0.01 l/s	0.08 l/s	0.02 l/s	0.06 l/s	0.05 l/s	0.03 l/s
<b>Promedio</b>	0.30 l/s	0.29 l/s	0.30 l/s	0.33 l/s	0.32 l/s	0.27 l/s	0.30 l/s

*Realizado por: los autores, 2022*



**Gráfico 1: Variación del caudal promedio diario**

**Realizado por:** los autores, 2022

La variación del caudal promedio, tomado de lunes a viernes durante una semana empezando a las 10:00 am y finalizando a las 15:00 pm, se observa en la Tabla 1-4 y en el Gráfico 1-4, donde no existe una variación, según el promedio, los días lunes, miércoles y domingo, y en los días martes, jueves, viernes y sábado existe una variación poco significativa, esto se debe a que todos los días se lleva a cabo el mismo proceso para la elaboración de quesos.

Se obtuvo 77 mediciones en las cuales se determinó que las horas donde existe mayor volumen son a las 11:00 am, por las descargas de los dos tanques de enfriamiento, y de las 13:30 a 14:00 pm, debido a la limpieza de las instalaciones y de los materiales utilizados en el proceso. Las horas donde se produce menor volumen son a las 12:30 pm, donde se realiza el cernido de suero y a las 15:00 pm donde el proceso de producción ya ha finalizado.

### **Resultados de la caracterización física, química y microbiológica del agua residual proveniente de la quesera “Don Miranda”**

El análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se realizaron en el laboratorio de la Planta Potabilizadora de Aguas de San Isidro del Municipio del cantón Morona y en el laboratorio LABCESTTA S.A., para lo cual se requirió 6 muestras de 2 l y 3 muestras de 100 ml en frascos estériles con el objetivo de reducir la contaminación y prevenir errores en su análisis.

Tabla 2: Datos de la caracterización física, química y microbiológica de la quesera "Don Miranda"

Parámetros	Unidad	Resultados				Límite máximo permisible AM 097-A
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio	
Aceites y Grasas	mg/l	139	139	64.7	114.23	30
Arsénico total	mg/l	0	0	0	0	0,1
Cloruros	mg/l	1260	1900	740	1300	1000
Cobre	mg/l	8.18	4.5	3.8	5.49	1
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	19	1100	1100	739.67	2000
Color real	UC (Pt-Co)	312	312	132	252	Inapreciable en dilución: 1/20
Conductividad	µS	4.51	3.81	1.97	3.43	-
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/l	263.9	156.14	176.9	198.98	100
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	626.67	616	697	646.86	200
Fluoruros	mg/l	0.24	1.44	0.01	0.56	5
Fosforo total	mg/l	6.81	6.88	1.23	4.97	10
Hierro total	mg/l	6.78	6.24	4.28	5.77	10
Manganeso total	mg/l	1.506	0.745	0.838	1.03	2
Materia flotante	-	Visible	Visible	Visible	Visible	Ausencia
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH	5.8	6.1	6	5.97	6-9
Sólidos disueltos totales (TDS)	mg/l	2320	1950	976	1748.67	-
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/l	946	994	1009	983	131
Sólidos totales (ST)	mg/l	3266	2944	1985	2731.67	1600
Salinidad	%	2.4	2	2.9	2.43	-
Sulfatos	mg/l	195	132	60	129	1000
Temperatura	-	21	20.1	22.5	21.2	Condición natural +- 3

Fuente: LABCESTTA y Laboratorio Planta Potabilizadora de Agua San Isidro, 2022

Realizado por: los autores, 2022

En la Tabla 2 tenemos los resultados que se obtuvo de los análisis de los tres muestreos realizados del agua residual proveniente de la quesera “Don Miranda” en donde al comparar con la tabla 9 del Anexo 1 del libro VI del AM 097-A, se observó parámetros con valores promedios fuera de los límites máximos permisibles como es el caso de los aceites y grasas con 114.23 mg/l, debido al contenido de natas, proteínas y grasas de la leche; de los cloruros con un valor de 1300 mg/l por el uso de sal en la desinfección de las pomas; del cobre con un valor de 5.49 mg/l, el cual se puede encontrar en los quesos y también en utensilios de este material; del color con un valor de 252 UC consecuencia de restos de leche, quesos y de los lodos de la limpieza de pisos y de las pomas; de la DQO con un valor de 646.86 mg/l y de la DBO5 con 198.98 mg/l, esto debido a la presencia de lactosuero de la producción de queso que es considerado de alta carga orgánica; de la materia flotante hubo visibilidad a causa de que en el lavado de los cernidores de cuajada quedan restos de quesos; del pH se obtuvo un valor ácido de 5.97 por la presencia del suero debido a su fermentación; de los TDS se encontró un elevado valor de 1748.67 mg/l, al igual de los SST con 983 mg/l y así de los sólidos totales obteniendo 2731.67 mg/l, causado por los restos de leche, del lavado de pomas y del cernido, por el suero y basuras de la limpieza, de la misma forma que afectan en la turbiedad con un valor de 757 NTU; según la investigación realizada por Oñate Barraza y Chinchilla Calderón (2021, pp.121-128) las aguas residuales de la industria láctea se caracterizan por tener una gran carga orgánica representada en DQO, aceites y grasas, y SST, resultando difícil la disminución o remoción de los SST, y de aceites y grasas.

### **Prueba de tratabilidad para el agua residual proveniente de la quesera “Don Miranda”**

La prueba de tratabilidad realizada consiste en coagulación y floculación mediante el equipo de prueba de jarras Phipps & Bird 7790-400 del laboratorio de la Planta Potabilizadora de Aguas de San Isidro.

#### **Prueba de jarras**

La prueba de jarras se realizó con el sulfato de aluminio al 5% m/v, regulador de pH al 2.5% m/v y polímero catiónico al 0.01% m/v, en la muestra 1 y al 10% m/v de regulador de pH, al 10% m/v de sulfato de aluminio y polímero catiónico al 0.1% m/v en la muestra 3.

**Tabla 3 : Dosis óptimas para el Regulante de pH, coagulante y floculante (M1)**

Determinación de dosis óptimas					
Reactivos		Formula		Concentración m/v	
Sulfato de aluminio		(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> · 14 H <sub>2</sub> O		5%	
Regulador de pH – Sólido		N/A		2.50%	
Polímero catiónico		(C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> N·Cl) <sub>n</sub>		0.01%	
Dosis óptima de Regulante pH inicial:5.8		Dosis óptima de Coagulante		Dosis de Floculante	
ml	pH	ml	Flóculos	ml	Flóculos
10	6.3	1	Ausentes	0.1	Agrupados
20	6.8	2	Ausentes	0.2	Formados
30	7.3	3	Ausentes	0.3	Formados
40	7.8	4	Ausentes	RPM	45
50	8.3	5	Ausentes		
60	8.8	6	Ausentes		
70	9.3	7	Visibles		
280	9.3	28	Visibles		
RPM	100	RPM	100		

*Fuente: Laboratorio de la Planta Potabilizadora de Agua San Isidro*

*Realizado por: los autores, 2022*

La Tabla 3 indica la dosificación del Regulante de pH sólido, sulfato de aluminio y polímero catiónico en una jarra de 2000 ml con muestra de agua residual, en donde se observó una buena formación de flóculos y clarificación al ajustar el pH a 9.3 con 280 ml de regulador de pH, al agregar 28 ml de sulfato de aluminio y 0.3 ml de polímero catiónico, lo que indica que las dosis óptimas se encuentran entre estos valores por lo que en la tabla 4-4 se determinara cuál de las dosis presentan mejores características.

**Tabla 4: Dosificación de regulante, coagulante y floculante (M1)**

Dosis de Coagulante	Dosis Regulante	Dosis Floculante	Jarras	pH	Turbiedad (NTU)	SST (mg/l)	Color (UC)
10	200	0.3	1	8	137	136	65
20	220	0.3	2	8.1	122	115	59
30	240	0.3	3	8.3	121	117	41
40	260	0.3	4	8.3	90	88	33
50	280	0.3	5	8.2	89	87	21
60	300	0.3	6	8.2	107	109	29

*Realizado: los autores, 2022*

### Caracterización final del efluente después de la prueba de tratabilidad (M1)

**Tabla 5: Análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua residual tratada (M1)**

Características Físicas				
Parámetros	Resultados	Unidades	Valores de Referencia	Método
Materia Flotante	Ausencia	-	AUSENCIA	Organoléptico
Turbiedad	89	NTU	No especificado en Normas	Colorimétrico HACH
Color Real	21	UC (Pt-Co)	Inapreciable en dilución: 1/20	Colorimétrico HACH
Temperatura	23.9	°C	Condición Natural +/- 3	Conductimétrico
Conductividad	7.74	uS/cm	No especificado en Normas	Conductimétrico
Sólidos Suspendidos Totales	87	mg/l	130	Conductimétrico
Sólidos Totales Disueltos	213	mg/l	No especificado en Normas	Conductimétrico
Sólidos Totales	300	mg/l	1600	Conductimétrico
Características Químicas				
pH	8.2	-	6 - 9	Kit para piscina
Aceites y grasas	20.6	Mg/l	30	5520 B
DBO5	8.69	mg/l O2	100	Bod-Track II - Digestión
DQO	14.48	mg/l O2	200	Reactor, colorimétrico

<b>Cloruros</b>	721	mg/l	1000	Titulación con Nitrato de Plata
<b>Cobre</b>	0.587	mg/l	1	Colorimétrico HACH
<b>Salinidad</b>	4.2	%	No especificado en Normas	Conductimétrico
<b>Características Microbiológicas</b>				
<b>Coliformes Fecales</b>	0	NMP/100ml	2000	Siembra con asa bacteriológica

*Fuente: LABCESTTA y Laboratorio Planta Potabilizadora de Agua San Isidro, 2022*

*Realizado por: los autores, 2022*

En la Tabla 5 tenemos los resultados de los parámetros que se encontraban fuera de los límites máximos permisibles de la tabla 9 Límites de descargas a un cuerpo de agua dulce del AM 097-A, luego de haber pasado por la prueba de tratabilidad mediante la coagulación y floculación con ayuda del equipo de jarras.

Con esta prueba utilizando regulador de pH sólido al 2.5% m/v, sulfato de aluminio al 5% m/v y polímero catiónico al 0.01% m/v, los resultados de estos parámetros indican una buena calidad del agua encontrándose dentro de los límites permisibles de la normativa ambiental vigente y eliminado la carga orgánica producida por el suero, derrames de leche, lavado de pomos, cernideros y limpieza de las instalaciones, los resultados de los parámetros fueron: aceites y grasas 20.6 mg/l, DBO5 8.69 mg/l, DQO 14.48, turbiedad de 87 NTU, 21 UC, de 87 mg/l de SST, 213 mg/l de TDS, sólidos totales de 300 mg/l, 721 mg/l de cloruros, 0.587 mg/l de cobre, y una ausencia de coliformes fecales.

### **Prueba de jarras muestra 3**

La Tabla 6 indica la adición de la disolución de los reactivos usados como regulante, coagulante y floculante, mediante el control de las revoluciones por minuto (RPM) y la observación de la formación de flóculos.

Tabla 6: Dosis óptimas para el Regulante de pH, coagulante y floculante (M3)

Determinación de dosis óptimas					
Reactivos		Formula		Concentración m/v	
Sulfato de aluminio		(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> · 14 H <sub>2</sub> O		10%	
Regulador de pH - Sólido		N/A		10%	
Polímero catiónico		(C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> N•Cl) <sub>n</sub>		0.1%	
Dosis optima de Regulante pH inicial:6		Dosis optima de Coagulante		Dosis de Floculante	
ml	pH	ml	Flóculos	ml	Flóculos
2	6.3	2	Ausentes	0.1	Agrupados
2	6.98	4	Ausentes	0.2	Formados
2	7.65	6	Ausentes	0.3	Formados
2	8.38	8	Visibles	RPM	45
2	9.11	20	Visibles		
2	9.84	RPM	100		
12	9.84				
RPM	100				

*Fuente:* Laboratorio de la Planta Potabilizadora de Agua San Isidro

*Realizado por:* los autores , 2022

La Tabla 6 indica la dosificación del Regulante de pH sólido, sulfato de aluminio y polímero catiónico en una jarra de 2000 ml con muestra de agua residual, en donde se observó una buena formación de flóculos y clarificación al ajustar el pH a 9.84 con 12 ml de regulador de pH al 10% m/v, al agregar 20 ml de sulfato de aluminio al 10% m/v y 0.3 ml de polímero catiónico al 0.1% m/v, lo que indica que las dosis optimas se encuentran entre estos valores por lo que en la tabla 7-4 se determinara cuál de las dosis presentan mejores características.

**Tabla 7: Dosificación de Regulante, coagulante y floculante (M3)**

Dosis de Coagulante	Dosis Regulante	Dosis Floculante	Jarras	pH	Turbiedad (NTU)	SST (mg/l)	Color (UC)
10	6	0.3	1	7.54	773	976	428
15	8	0.3	2	7.26	737	980	377
20	10	0.3	3	7.24	722	984	353
25	12	0.3	4	7.4	577	721	122
30	14	0.3	5	7.37	173	238	41
35	16	0.3	6	6.51	133	137	26

*Realizado por: los autores, 2022*

La Tabla 7 representa la dosificación, en 6 jarras de 2000 ml de agua residual, de sulfato de aluminio al 10% m/v entre valores de 10 a 35 ml, de regulador de pH entre 6 y 16 ml al 10% m/v y de polímero catiónico al 0.1% m/v 0.3 ml con el objetivo de no saturar la muestra.

### Caracterización final del efluente después de la prueba de tratabilidad (M3)

**Tabla 8: Análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua residual tratada (M3)**

Características Físicas				
Parámetros	Resultados	Unidades	Valores de Referencia	Método
Materia Flotante	Ausencia	-	AUSENCIA	Organoléptico
Turbiedad	133	NTU	No especificado en Normas	Colorimétrico HACH
Color Real	26	UC (Pt-Co)	Inapreciable en dilución: 1/20	Colorimétrico HACH
Temperatura	22.8	°C	Condición Natural +/- 3	Conductimétrico
Conductividad	5.52	uS/cm	No especificado en Normas	Conductimétrico
Sólidos Suspendedos Totales	137	mg/l	130	Conductimétrico
Sólidos Totales Disueltos	132	mg/l	No especificado en Normas	Conductimétrico
Sólidos Totales	269	mg/l	1600	Conductimétrico
Características Químicas				

<b>pH</b>	6.51	-	6 - 9	Kit para piscina
<b>Aceites y grasas</b>	13.2	Mg/l	30	5520 B
<b>DBO5</b>	69	mg/l O2	100	Bod-Track II - Digestión
<b>DQO</b>	138	mg/l O2	200	Reactor, colorimétrico
<b>Cloruros</b>	461	mg/l	1000	Titulación con Nitrato de Plata
<b>Cobre</b>	0.323	mg/l	1	Colorimétrico HACH
<b>Salinidad</b>	3.2	%	No especificado en Normas	Conductimétrico
<b>Características Microbiológicas</b>				
<b>Coliformes Fecales</b>	0	NMP/100ml	2000	Siembra con asa bacteriológica

*Fuente: LABCESTTA y Laboratorio Planta Potabilizadora de Agua San Isidro, 2022*

*Realizado por: los autores, 2022*

En la Tabla 8 se generó los resultados de los parámetros que se encontraban fuera de los límites máximos permisibles de la tabla 9 Límites de descargas a un cuerpo de agua dulce del AM 097-A, luego de haber pasado por la prueba de tratabilidad mediante la coagulación y floculación con ayuda del equipo de jarras.

Con esta prueba utilizando regulador de pH sólido al 10%, sulfato de aluminio al 10% y polímero catiónico al 0.1%, los resultados de estos parámetros indican una buena calidad del agua encontrándose dentro de los límites permisibles de la normativa ambiental vigente y eliminado la carga orgánica producida por el suero, derrames de leche, lavado de pomos, cernideros y limpieza de las instalaciones, los resultados de los parámetros fueron: aceites y grasas 13.2 mg/l, DBO5 69 mg/l lo cual fue determinado en relación al DQO ya que al encontrarse al doble de DBO5 en el límite de la tabla 9 del AM 097-A, se procedió a dividir el valor de DQO de 138 mg/l entre 2, turbiedad de 133 NTU, 26 UC, 137 mg/l de SST, 132 mg/l de TDS, sólidos totales de 269 mg/l, 461 mg/l de cloruros, 0.323 mg/l de cobre, y una ausencia de coliformes fecales.

### **Porcentajes de remoción**

Una vez obtenidos los resultados de la caracterización de las muestras 1 y 3 luego de aplicar las pruebas de tratabilidad y realizar su comparación con la tabla 9 de los límites de descargas a cuerpos de agua dulce del AM 097-A, se procedió a realizar el cálculo de los porcentajes de remoción.

*Porcentaje de remoción del sulfato de aluminio al 5% m/v, regulador de pH al 2.5% m/v y del polímero catiónico al 0.01% m/v.*

**Tabla 9: Porcentajes de remoción (M1)**

Parámetros	Agua residual de la quesera	Agua tratada con prueba de jarras	% de remoción
Turbiedad	776	89	88.53
Color Real	312	21	93.27
SST	946	87	90.80
TDS	2320	213	90.82
ST	3266	300	90.81
DBO5	263.9	8.69	96.71
DQO	626.67	14.48	97.69
Cloruros	1260	721	42.78
Cobre	8.18	0.587	92.82
Coliformes Fecales	19	0	100.00
Aceites y grasas	139	20.6	85.15
<b>Promedio</b>			<b>88.13</b>

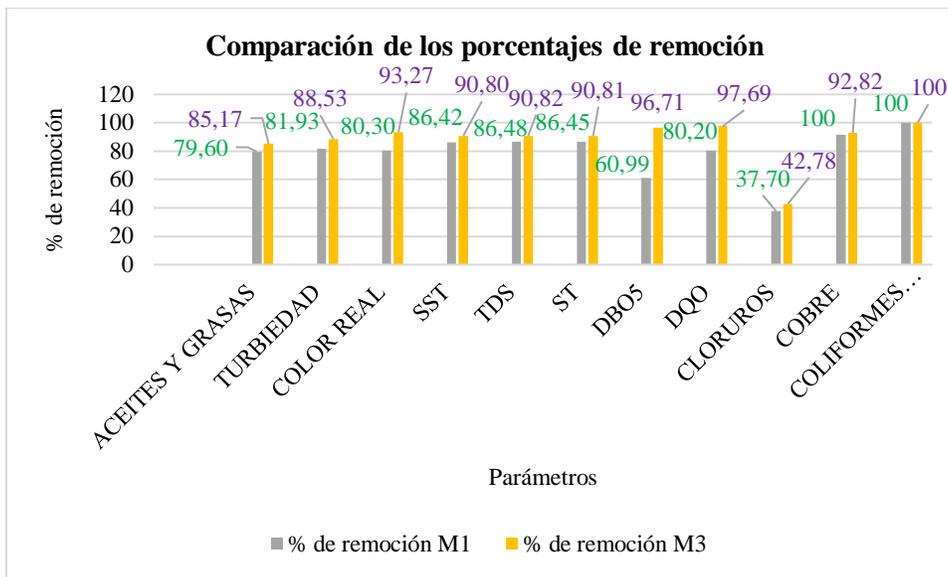
*Realizado por: los autores, 2022*

**Porcentaje de remoción del sulfato de aluminio al 10% m/v, regulador de pH al 10% m/v y del polímero catiónico al 0.1% m/v.**

**Tabla 10: Porcentajes de remoción (M3)**

Parámetros	Agua residual de la quesera	Agua tratada con prueba de jarras	% de remoción
Turbiedad	736	133	81.93
Color Real	132	26	80.30
SST	1009	137	86.42
TDS	976	132	86.48
ST	1985	269	86.45
DBO5	176.9	69	60.99
DQO	697	138	80.20
Cloruros	740	461	37.70
Cobre	3.8	0.323	91.50
Coliformes Fecales	1100	0	100.00
Aceites y grasas	64.7	13.2	79.60
<b>Promedio</b>			<b>79.23</b>

*Realizado por: los autores, 2022*



**Gráfico 4: Comparación de los porcentajes entre la M1 Y M3**

*Realizado por: los autores, 2022*

En la Tabla 9 y 10 se representan los valores de remoción de los parámetros fuera de los límites permisibles al igual que en el gráfico 4, con lo que se procedió elegir la prueba con sulfato de aluminio al 5%, regulador de pH al 2.5% y polímero catiónico al 0.01%, la cual mostro un porcentaje de remoción promedio de 88.13%, por lo que se procedió a realizar los cálculos de dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales con considerando estos resultados.

### Resultados del cálculo del caudal de diseño

**Tabla 11: Resultados del cálculo del caudal**

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
<b>Caudal máximo diario</b>	Q	m <sup>3</sup> /d	52.704
<b>Caudal de diseño</b>	Q <sub>d</sub>	m <sup>3</sup> /s	7.93×10 <sup>-4</sup>

*Realizado por: los autores, 2022*

En la tabla 11 se indica el caudal de diseño considerado para el dimensionamiento con el factor de seguridad siendo este de  $7.93 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ .

## Resultados del cálculo del canal rectangular

*Tabla 12: Resultados del cálculo del canal*

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Altura del canal	$H$	$m$	0.372
Altura efectiva	$h$	$m$	0.072
Ancho	$b$	$m$	0.18
Área del canal	$A$	$m^2$	$1.04 \times 10^{-3}$

*Realizado por: los autores, 2022*

En la tabla 12 se encuentran los datos obtenidos del dimensionamiento del canal de forma rectangular con 0.18 m de ancho, 0.37 m de altura, con un área de  $0.00104 \text{ m}^2$ , y altura efectiva de 0.072 m, el cual servirá para guiar el agua residual proveniente de la quesera hacia el sistema de tratamiento.

## Resultados del dimensionamiento del sistema de cribado o rejillas

*Tabla 13: Resultados del dimensionamiento de las rejillas*

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Ancho de barras	$s$	$m$	0.005
Sumatoria de separación entre barras	$b_g$	$m$	0.158
Numero de barras	$n$	-	4
Longitud de las barras	$l_b$	$m$	0.53
Separación entre barras	$e$	$m$	0.03
Angulo de inclinación	$\Theta$	grados	45

*Realizado por: los autores, 2022*

La Tabla 13 presenta los resultados obtenidos para la implementación del sistema de cribado o rejillas que son 4 barras de 0.005 m de ancho, con 0.53 m de largo a  $45^\circ$  de inclinación para limpieza

manual, el cual tiene la finalidad de separar los sólidos gruesos presentes en el agua residual que son los trozos de quesos provenientes del lavado de cernidores, de hierbas y lodo provenientes del lavado de pomas y de fundas.

## Resultados del dimensionamiento del sedimentador primario circular

*Tabla 14: Resultados del dimensionamiento del sedimentador primario*

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Área	A	m <sup>2</sup>	1.96
Radio	r	m	0.79
Diámetro	∅	m	1.58
Reparto central	R <sub>c</sub>	m	0.70
Volumen	V	m <sup>3</sup>	5.71
Tiempo de retención	Tr	h	2
Altura de reparto	Δy	m	0.070
Profundidad del tanque	h	m	3

*Realizado por: los autores, 2022*

Los resultados del dimensionamiento para el sedimentador primario se encuentran presentes en la Tabla 14 donde se obtuvo para el diámetro un valor de 1.58 m, para la profundidad 3 m con un tiempo de retención de 2 horas, este sistema tiene el objetivo de retener y asentar los sólidos suspendidos y demás basuras que no fueron separadas en el sistema de rejillas y puedan ocasionar posibles errores en el tratamiento.

## Resultados del dimensionamiento del tanque de aireación

*Tabla 15: Resultados del dimensionamiento del tanque de aireación*

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Profundidad	P <sub>TA</sub>	m	1.38
Ancho	a	m	2.07
Tiempo de retención	Θ	h	4.60
Potencia requerida	P <sub>w</sub>	kW	0.76

*Realizado por: los autores, 2022*

Los resultados para el tanque de aireación se presentan en la Tabla 15 donde se obtuvo una profundidad para el tanque de 1.54 m, un ancho de 2.31 m, y un tiempo de retención hidráulica de 5.75 horas, el cual tiene la finalidad de aumentar el oxígeno disuelto e influir en la biodegradabilidad de la materia orgánica reduciendo el contenido de DBO y DQO.

## Resultados del dimensionamiento del sedimentador secundario

*Tabla 16: Resultados del dimensionamiento del sedimentador secundario*

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Área	A	m <sup>2</sup>	1.96
Diámetro	∅	m	1.58
Radio	r	m	0.79
Volumen	V	m <sup>3</sup>	5.71
Tiempo de retención	T <sub>r</sub>	h	2
Altura de reparto	Δ <sub>y</sub>	m	0.07
Reparto central	R <sub>c</sub>	m	0.7

*Realizado por: los autores, 2022*

En la tabla 16 se indican los resultados del dimensionamiento del sedimentador secundario el cual tiene un diámetro de 1.58 m, una altura de 3 m, un tiempo de retención de 2 horas y un volumen de 5.71 m<sup>3</sup>, el cual cumplirá con el objetivo de clarificar el agua con la sedimentación de sólidos suspendidos a través de su peso.

## Resultados del dimensionamiento del tanque de coagulación y floculación

Tabla 17: Resultados del dimensionamiento del tanque de coagulación y floculación

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Área	A	m <sup>2</sup>	1.37
Diámetro	Ø	m	1.32
Radio	R	m	0.66
Volumen	V	m <sup>3</sup>	3.42
Tiempo de retención	T <sub>r</sub>	h	1.2
Gradiente de la velocidad del fluido	G	s <sup>-1</sup>	41.75
Potencia disipada de la muestra	W	HP	8
Área de la paleta	A	m <sup>2</sup>	0.031
Longitud de la paleta	l	m	0.39
Ancho de la paleta	b	m	0.078

*Realizado por: los autores, 2022*

La Tabla 17 nos indica los datos para el tanque de coagulación y floculación donde se obtuvo un diámetro de 1.32 m para una capacidad de 3.42 m<sup>3</sup>, el cual eliminara las partículas coloidales y clarificara el agua mediante la decantación de los sólidos añadiendo 280 ml de regulador de pH sólido al 2.5% m/v, 50 ml de sulfato de aluminio al 5% m/v, y 0.3 ml de floculante catiónico al 0.01% m/v por cada dos litros de agua residual.

## Resultados del dimensionamiento del filtro

Tabla 18: Resultados del dimensionamiento del filtro

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Numero de filtros	n	-	1
Área del filtro	A	m <sup>2</sup>	0.14
Ancho del filtro	Ø	m	0.37

<b>Altura del lecho filtrante</b>	R	m	2.15
<b>Altura total</b>	V	m <sup>3</sup>	2.7
<b>Espesor de la capa de grava</b>	e <sub>cg</sub>	m	0.45
<b>Espesor de la capa de arena</b>	e <sub>a</sub>	m	0.30
<b>Espesor de la capa de carbón activado</b>	e <sub>ca</sub>	m	0.60
<b>Espesor de la capa de zeolita</b>	e <sub>cz</sub>	m	0.80

*Realizado por: los autores, 2022*

En la Tabla 18 se presenta la composición del filtro y los datos para su implementación, las capas del filtro están formadas por un ancho de 0.37 m y una altura de grava de 0.45 m, de arena de 0.30 m, de carbón activado de 0.60 m, y de zeolita de 0.80 m, considerando el factor de seguridad se tiene una altura total de 2.7 m, este sistema permitirá la clarificación del agua residual y eliminará los últimos sólidos que hayan pasado de los procesos anteriores.

## Conclusiones

- Se determinó que el caudal de diseño es de  $52.704 \frac{m^3}{d}$ , con la aplicación del método de aforo volumétrico en el tubo a la cual se conectan todas las descargas provenientes de la quesera.
- Se realizó la caracterización física, química y microbiológica del agua residual proveniente de la quesera durante su proceso de producción donde se encontró a varios parámetros por encima de los valores permisibles de la Tabla 9 límites de descarga a un cuerpo de agua dulce del AM 097-A, los cuales fueron aceites y grasas con un valor de 139 mg/l, cloruros con 1260 mg/l, cobre con 8.18 mg/l, color con 312 UC, DBO5 con 263.9 mg/l, DQO con 626.67 mg/l, pH con 5.8, sólidos suspendidos totales con 946 mg/l, sólidos totales con 3266 mg/l y también presencia materia flotante debido a los restos de quesos, todos estos valores son característicos de las industrias lácteas por la carga orgánica que presenta el suero.

- La prueba de jarras como tratabilidad al agua residual de la quesera con parámetros fuera de la norma demostró un porcentaje de remoción de 88.53% de turbiedad, 93.27% de color, 90.80% de sólidos suspendidos totales, 90.82% de sólidos disueltos totales, 90.81% de sólidos totales, 96.71% de DBO5, 97.69% de DQO, 42.78% de cloruros, 92.82% de cobre, 85.15% de aceites y grasas, y el 100% de coliformes fecales, permitiendo de esta manera estar dentro de los límites máximos permisibles y cumplir con la normativa ambiental.
- La planta de tratamiento de aguas residuales provenientes de la quesera “Don miranda” está compuesta por un canal rectangular de 0.18 m de ancho y una altura de 0.372 m; rejillas de 4 barras de 0.005 m de ancho y con una longitud de 0.53 m; un sedimentador primario de 1.58 m de diámetro, con una profundidad de 3 m y con capacidad de 5.71 m<sup>3</sup>; un sistema de aireación por difusores con un ancho de 2.31 m, y una profundidad de 1.54 m; un tanque de coagulación y floculación de 1.32 m de diámetro y capacidad de 3.42m<sup>3</sup>; un sedimentador secundario de 1.58 m de diámetro y capacidad de 5.71 m<sup>3</sup>; y por último tratamiento, un filtro de 0.37 m de ancho por 2.7 m de alto con 2.15 m de leche filtrante, logrando de esta manera evitar la contaminación al río Arapicos y poder desechar una agua de buena calidad para el ambiente.

## Referencias

1. ALARCÓN, T; et al. Arsénico en Agua: presencia, cuantificación analítica y mitigación [en línea]. Chihuahua-México: Centro de Investigación en Materiales Avanzados, 2013. [Consulta: 07 agosto 2022]. Disponible en: [https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1056/1/Libro\\_2013-Arsenico\\_en\\_el\\_Agua\\_con\\_ISBN.pdf](https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1056/1/Libro_2013-Arsenico_en_el_Agua_con_ISBN.pdf).
2. ALBÁN, N., & JARA, C. Diseño y Construcción de una Planta De Tratamiento Prototipo de Aguas Residuales para la empresa de lácteos San Salvador (Trabajo de titulación). [En línea]. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE CIENCIAS, ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS. Riobamba-Ecuador. 2017. p. 12. [Consulta: 06 agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.espe.edu.ec/handle/123456789/8548>.
3. ARAUJO, Á; et al. “Aprovechamiento del lactosuero como fuente de energía nutricional para minimizar el problema de contaminación ambiental”. Revista de Investigación Agraria y Ambiental [en línea], 2013, (Colombia) 4(2), pp. 55–66. [Consulta: 01 agosto 2022]. DOI

- 10.22490/21456453.992. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/316000756\\_Aprovechamiento\\_del\\_lactosuero\\_como\\_fuente\\_de\\_energia\\_nutricional\\_para\\_minimizar\\_el\\_problema\\_de\\_contaminacion\\_ambiental](https://www.researchgate.net/publication/316000756_Aprovechamiento_del_lactosuero_como_fuente_de_energia_nutricional_para_minimizar_el_problema_de_contaminacion_ambiental).
4. ARNELL, M; et al. “Multi-objective performance assessment of wastewater treatment plants combining plant-wide process models and life cycle assessment”. *Journal of Water and Climate Change* [en línea], 2017, (Suecia) 8(4). [Consulta: 20 junio 2022]. ISSN 2040-2244. DOI 10.2166/wcc.2017.179. Disponible en:  
<https://iwaponline.com/jwcc/article/8/4/715/37936/Multiobjective-performance-assessment-of>.
  5. AYED, A; et al. “Optimization of the Decolorization of the Reactive Black 5 by a Laccase-like Active Cell-Free Supernatant from *Corioliopsis gallica*”. *MDPI* [en línea], 2022, (Francia) 10(6), p. 2. [Consulta: 03 junio 2022]. DOI <https://doi.org/10.3390/microorganisms10061137>. Disponible en:  
<https://www.mdpi.com/2076-2607/10/6/1137>.
  6. BEDOYA, J; 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”. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* [en línea], 2014, (Colombia) 30(3), pp. 275–283. [Consulta: 23 junio 2022]. ISSN 01884999. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v30n3/v30n3a4.pdf>.
  7. CABEZAS ROJAS, N. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales de la industria quesera el Sinche, parroquia Guanujo, cantón Guaranda (Trabajo de titulación). [en línea]. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE CIENCIAS, ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS. Riobamba-Ecuador. 2017. pp. 1-83. [Consulta: 11 marzo 2022]. Disponible en:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7906>.
  8. CABRERA, M; et al. “Prototipo para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria quesera en el cantón Guano, provincia de Chimborazo”. *NOVASINERGIA REVISTA DIGITAL DE CIENCIA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA* [en línea], 2018, (Ecuador) 1(2), pp. 20–29. [Consulta: 04 agosto 2022]. ISSN 26312654. DOI

- 10.37135/unach.ns.001.02.02. Disponible en:  
<http://novasinerzia.unach.edu.ec/index.php/novasinerzia/article/view/50>.
9. CALDERÓN HIDALGO, R. Evaluación y mejora del sistema de tratamiento fisicoquímico de agua residual de una industria de galvanoplastia (Trabajo de titulación). [En línea]. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA, CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA. Quito-Ecuador. 2021. pp. 3-122. [Consulta: 03 junio 2022]. Disponible en:  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/25653>.
10. CAMARGO GAONA, L., & YAMBAY SANTAMARÍA, B. Elaboración de ladrillos artesanales mediante el aprovechamiento de lodos resultantes del proceso de depuración en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Quitumbe (Trabajo de titulación). [en línea]. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA, CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL. Quito-Ecuador. 2020. p. 16. [Consulta: 03 junio 2022]. Disponible en:  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20679>.
11. CAMARGO, N. Reducción de cobre de efluentes mineros mediante el método redox en la provincia de Lurín-Lima-2018 (Trabajo de titulación). [En línea]. Universidad Continental, FACULTAD DE INGENIERÍA, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental. Huancayo-Perú. 2019. p. 34. [Consulta: 07 agosto 2022]. Disponible en:  
[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/6923/2/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Camargo\\_Colquechagua\\_2019.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/6923/2/IV_FIN_107_TE_Camargo_Colquechagua_2019.pdf).
12. CAZORLA VINUEZA, X. Propuesta de diseño de un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales de la comunidad "El tejtar Balbanera " en Guamote (Trabajo de titulación). [En línea]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE INGENIERÍA, CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL. Riobamba-Ecuador. 2018. pp. 8-12. [Consulta: 02 junio 2022]. Disponible en:  
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4947/1/UNACH-EC-ING-AMBT-2018-0015.pdf>.
13. CÉSPEDES, D. TRATAMIENTO TERCIARIO DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS EMPLEANDO A *Chlorella* sp. Y CONVERSIÓN DE LA BIOMASA MICROBIANA POR PIRÓLISIS LENTA (Trabajo de titulación). [En línea]. Pontificia

- Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Departamento de Microbiología. Bogotá-Colombia. 2019. p. 15. [Consulta: 05 junio 2022]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/43200/Cartas.pdf?sequence=4&isAllowed=n>.
14. CHARIGUAMÁN, L. Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales generadas en la planta procesadora ‘lácteos oriente del Ecuador’, ubicada en la provincia Pastaza (Trabajo de titulación). [En línea]. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE CIENCIAS, CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA. Riobamba-Ecuador. 2018. p. 30. [Consulta: 07 agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8650/1/96T00452.pdf>.
  15. CHAVÉZ-VERA, I. “Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de Aguas residuales”. *Dominio de las ciencias* [en línea], 2017, (Ecuador) 3(1), pp. 23–540. [Consulta: 12 mayo 2022]. DOI 10.23857/dc.v3i1.615. Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/615/pdf>.
  16. CHUIZA-ROJAS, M; et al. “Clarificación de un agua residual de una industria láctea mediante coagulación con Tuna (*Opuntia ficus indica*)”. *Ciencia e Ingeniería* [en línea], 2019, (Venezuela) 40(3), pp. 246. [Consulta: 03 mayo 2022]. ISSN 2244-8780. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507567854003>.
  17. COCHE, A. Construcción de estanques para la piscicultura en agua dulce. Roma-Italia: FAO, 1993. ISBN 9253028726. pp.43-46.
  18. CORONA LISBOA, J. “Estado de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas de la cuenca del Lago de Maracaibo, Venezuela”. *Multiciencias* [en línea], 2011, (Venezuela) 11(4), pp. 345–352. [Consulta: 12 mayo 2022]. ISSN 1317-2255. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/904/90421972003.pdf>.
  19. CORTEZ LATORRE, J. 2018. LECHERÍA E INDUSTRIA QUESERA EN LA REPÚBLICA DEL ECUADOR (Trabajo de titulación). [En línea]. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL, FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA, FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS. Santa Fe-Ecuador. 2018. pp. 13-14 [Consulta: 04 mayo 2022]. Disponible en: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/1162/TFI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

20. CRITES, R; & TCHOBANOGLUES, G. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Santafé de Bogotá-Colombia: McGraw-Hill, 2000. ISBN 9684100424, p. 46.
21. CUENCA ACARO, L. Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia Tingo la Esperanza, ubicada en el Cantón Pujilí, Provincia de Cotopaxi (Trabajo de titulación). [En línea]. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA, CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL. Quito-Ecuador. 2018. [Consulta: 03 junio 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15372>.
22. DELGADILLO, O; et al. 2010. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Cochabamba-Bolivia: Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua. ISBN 9789995476625.
23. ESCUDERO, F; & GALVE, M. Las cloacas de Caesaruagusta y elementos de Urbanismo y Topografía de la ciudad antigua [en línea]. Zaragoza-España: Institución Fernando el Católico, 2013. [Consulta: 31 julio 2022]. ISBN 9788499112312. Disponible en: [https://ifc.dpz.es/recursos/publicaciones/33/21/\\_ebook.pdf](https://ifc.dpz.es/recursos/publicaciones/33/21/_ebook.pdf).
24. FAO. “Dairy Market Review: Overview of global dairy market developments in 2020”. Food and Agriculture Organization of the United Nations [en línea], 2021, (Italia), p. 2. [Consulta: 12 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/cb4230en/cb4230en.pdf>.
25. FRAUME, N. Diccionario Ambiental [en línea]. Bogotá-Colombia: Ecoe Ediciones, 2007. . [Consulta: 12 mayo 2022]. ISBN 9781449277215. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/69025?page=83>.
26. FREIRE, C. Estudio de un sistema piloto para tratamiento de aguas residuales domiciliarias en la comunidad Bella Unión del Napo, provincia de Orellana (Trabajo de titulación). [En línea]. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA, CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL. Quito-Ecuador. 2019. [Consulta: 03 junio 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20076>.
27. FÚQUENE, D; & YATE, A. “Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales”. ECAPMA [en línea], 2018, (Colombia) 2(1). [Consulta: 06 agosto 2022]. DOI <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.2771>.

- Disponible en:  
<http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/workpaper/article/view/2771/2857>.
28. GAD DE SANTA MARIANITA DE JESÚS. “ACTUALIZACIÓN Y ALINEACIÓN DEL PLANO DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA SANTA MARIANITA DE JESÚS PERIODO 2020 – 2023, CON EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2021-2025”. GADPSMJ [en línea], 2022, (Ecuador), pp. 16-43. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en:  
<https://www.gadsantamarianita.gob.ec/wp-content/uploads/2022/03/PDOT-GADP-SANTA-MARIANITA-DE-JESUS-2020-2023-Actualizacion-2022.pdf>.
29. GONZÁLEZ, M. Biorremediación y tratamiento de efluentes [en línea]. Santa Fe-Argentina: El Cid Editor | apuntes. 2009. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en:  
<https://elibro.net/es/ereader/epoch/28454>
30. GONZÁLEZ, M. de J. “Aspectos medio ambientales asociados a los procesos de la industria láctea”. Mundo pecuario [en línea], 2012, (Argentina) 8(1). [Consulta: 01 agosto 2022]. Disponible en:  
[http://produccionbovina.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_leche/leche\\_subproductos/37-industria.pdf](http://produccionbovina.com.ar/produccion_bovina_de_leche/leche_subproductos/37-industria.pdf).
31. GONZÁLEZ, A; & RAMÍREZ, J. Manual Piragüero Medición de Caudal, Programa Integral-Red Agua [En línea]. Medellín-Colombia: Corantioquia, 2014. [Consulta: 16 junio 2022]. Disponible en: [https://www.piraguacorantioquia.com.co/wp-content/uploads/2016/11/3.Manual\\_Medición\\_de\\_Caudal.pdf](https://www.piraguacorantioquia.com.co/wp-content/uploads/2016/11/3.Manual_Medición_de_Caudal.pdf)
32. GRIJALVA, J. “La industria lechera en Ecuador: un modelo de desarrollo”. Retos [en línea], 2011, (Ecuador) 1(1), p. 66. [Consulta: 31 julio 2022]. ISSN 1390-6291. DOI 10.17163/ret.n1.2011.08. Disponible en:  
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjHoLXD5aL5AhXxZTABHcUqCx8QFnoECEQQAQ&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F5967020.pdf&usg=AOvVaw2i3o7BNvN9DXcIE-6ar2zf>.
33. GUAÑA, E. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL EN LA PLANTA DE LÁCTEOS LACTOGAL CIA. LTDA (Trabajo de titulación). [en línea]. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE

- CIENCIAS, ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA. Riobamba-Ecuador. 2014. [Consulta: 07 agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3206/1/96T00240.pdf>.
34. GUERRA, L. Diseño de un prototipo de planta de tratamiento de aguas residuales procedentes de la quesera Isabel ubicada en el Sector Langos el Cisne del Cantón Guano Provincia de Chimborazo (Trabajo de titulación). [en línea]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE INGENIERÍA, ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL. Riobamba-Ecuador. 2014. [Consulta: 4 agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/809>.
35. GUERRERO HIDALGO, H. REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA PILAHUÍN, CANTÓN AMBATO (Trabajo de titulación). [En línea]. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE CIENCIAS, ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS. Riobamba-Ecuador. 2014. [Consulta: 01 agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3499>.
36. GUILLEN, J; et al. “Estudio de los procesos de remoción de hierro y manganeso en aguas subterráneas: una revisión”. Polo del Conocimiento [en línea], 2021, (Ecuador) 6(9), p. 1385. [Consulta: 12 marzo 2022]. DOI 10.23857/pc.v6i9.3118. Disponible en: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi46IDQy7T5AhXbQTABHax7AhoQFnoECCgQAQ&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F8094613.pdf&usg=AOvVaw2VA P\\_xhTg0NFoqTH7FtpnT](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi46IDQy7T5AhXbQTABHax7AhoQFnoECCgQAQ&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F8094613.pdf&usg=AOvVaw2VA P_xhTg0NFoqTH7FtpnT).
37. HERNÁNDEZ, W; & VÁSCONEZ, J. Diseño y construcción de una planta de tratamientos de aguas residuales: Quesera “El Salinerito”, Salinas, Bolívar (Trabajo de titulación). [En línea]. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE CIENCIAS, ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS. Riobamba-Ecuador. 2014. pp.3-79. [Consulta: 01 agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3650>.
38. INEC. Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales [en línea]. 4ª ed. Ecuador: Ecuador en cifras, 2021. [Consulta: 31 julio 2022]. Disponible en:

[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2020/Agua\\_potable\\_alcantarillado\\_2020/Boletin\\_tecnico\\_APA\\_2020\\_VF.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2020/Agua_potable_alcantarillado_2020/Boletin_tecnico_APA_2020_VF.pdf).

39. INEN. NTE INEN 2169:2013 [en línea]. Ecuador: Ministerio del Trabajo, 2013a. [Consulta: 22 junio 2022]. Disponible en: <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACIÓN-DE-MUESTRAS.pdf?x42051>.
40. INEN. NTE INEN 2176:2013 [en línea]. Ecuador: Ministerio del Trabajo, 2013b. [Consulta: 22 junio 2022]. Disponible en: <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-TÉCNICAS-DE-MUESTREO.pdf?x42051>.
41. INTI. Valorización del lactosuero [en línea]. San Martín-Colombia: Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2017. [Consulta: 04 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.inti.gob.ar/lacteos/pdf/lactosuero.pdf>.
42. JIMÉNEZ, V. DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA DE LÁCTEOS SANTA CRUZ- SANTIAGO DE PILLARO – AMBATO LTDA (Trabajo de titulación). [En línea]. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE CIENCIAS, ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA. Riobamba-Ecuador. 2019. [Consulta: 06 agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10792>.
43. LADINO, A. Evaluación técnico-económica preliminar de la producción industrial de una bebida láctea simbiótica fermentada a partir de suero lácteo (Trabajo de titulación). [En línea]. Universidad De La Salle, Facultad De Ingeniería, Programa de Ingeniería de Alimentos. Bogotá-Colombia. 2021. [Consulta: 02 junio 2022]. Disponible en: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1739&context=ing\\_alimentos](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1739&context=ing_alimentos).
44. LAZCANO, C. Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales [en línea]. 2ª ed. Bogotá-Colombia: Ecoe Ediciones, 2016. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esPOCH/122526?page=268>.
45. LOMBEIDA, L. DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA UNA EMPRESA DE CURTIEMBRE (Trabajo de titulación). [En línea]. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, FACULTAD DE CIENCIAS

- QUÍMICAS, CARRERA DE QUÍMICA. Quito-Ecuador. 2017. [Consulta: 06 agosto 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/186602/PPAU0156-D.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127%0Ahttp://www.scielo.br/pdf/rae/v45n1/v45n1a08%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.>
46. LOPEZ, R; & HERRERA, K. Planta de tratamiento de aguas residuales para reúso en riego de parques y jardines en el distrito de la Esperanza, provincia Trujillo. La Libertad (Trabajo de titulación). [En línea]. UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO, FACULTAD DE INGENIERIA, ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL. Trujillo-Perú. 2015. pp. 8-125. [Consulta: 03 agosto 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/1981>.
47. LORENZO-ACOSTA, Y. “Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación”. ICIDCA [en línea], 2006, (Cuba) 40(2), pp. 14–16. ISSN 0138-6204. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120664002>.
48. MAATE. REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto Ejecutivo 3516. Ecuador: Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2015. pp. 2-32.
49. METCALF and EDDY. Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. 4ª ed. Madrid-España: Mac Graw Hill, 1995. ISBN 0070416907, pp.2-108. Disponible en: [https://www.academia.edu/35963101/Ingeniería\\_de\\_aguas\\_residuales\\_Volumen\\_1\\_3ra\\_Edición\\_METCALF\\_and\\_EDDY\\_FREELIBROS\\_ORG\\_pdf](https://www.academia.edu/35963101/Ingeniería_de_aguas_residuales_Volumen_1_3ra_Edición_METCALF_and_EDDY_FREELIBROS_ORG_pdf).
50. MOLINA, L. ANALISIS DE CALIDAD DEL AGUA EN EL SECTOR URBANO DEL MALECON DE MANTA, PROVINCIA DE MANABI (Trabajo de titulación). [En línea]. UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO, FACULTAD DE ARTES LIBERALES Y CIENCIAS AMBIENTALES. Samborondón-Ecuador. 2015. pp. 12-13. [Consulta: 03 junio 2022]. Disponible en: [http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/2178/1/FINAL .pdf](http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/2178/1/FINAL.pdf).

51. MONJE, V; et al. "Prediction of mass and volumetric flows in a full-scale industrial waste treatment plant". *Chemical Engineering Journal* [en línea], 2022, (Dinamarca) 445(1). [Consulta: 13 junio 2022]. ISSN 13858947. DOI 10.1016/j.cej.2022.136774. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1385894722022690>.
52. MULLOR, C. "ESTUDIO DE LA SALINIDAD DE LAS AGUAS DE ESCORRENTÍA EN EL ENTORNO AGRÍCOLA DE LOS RÍOS SEGURA-VINALOPÓ". *Dspace* [en línea], 2017, (España) 1(1), p. 8. [Consulta: 07 agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/4297/1/TFG Mullor Real%2C Cristina.pdf>.
53. OCAMPO, M. "Tratamiento de aguas residuales". *INCYTU* [en línea], 2019, (México) 52(55), p. 1. [Consulta: 03 junio 2022]. Disponible en: [https://foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU\\_19-028.pdf](https://foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_19-028.pdf).
54. OECD-FAO. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2021–2030* [en línea]. Paris-Francia: OECD Publishing, 2021. [Consulta: 12 mayo 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-%0Ahttp://www.fao.org/documents/card/en/c/cb5332en>.
55. OÑATE, H; & CHINCHILLA, M. "Poliélectrolito catiónico como coagulante empleado para remover aceites y grasas de aguas residuales de una industria láctea". *Tecnura* [en línea], 2021 (Colombia) 25(69), p. 122. [Consulta: 19 abril 2022]. ISSN 2248-7638. DOI 10.14483/22487638.15767. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/15767>.
56. PAGUAY, J. *DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL EN LA PLANTA DE LÁCTEOS ESPOCH (Trabajo de titulación)*. [En línea]. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE CIENCIAS, ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA. Riobamba-Ecuador. 2013. [Consulta: 07 agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2529/1/96T00211.pdf>.
57. PARRA HUERTAS, R. "Lactosuero: importancia en la industria de alimentos". *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín* [en línea], 2009 62(1). [Consulta: 02 junio 2022]. ISSN 0304-2847. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472009000100021&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472009000100021&lng=en&nrm=iso&tlng=es).

58. PORWAL, H; et al. “Biodegradation of dairy effluent by using microbial isolates obtained from activated sludge”. *Water Resources and Industry* [en línea], 2015 9(1), p. 2. [Consulta: 25 abril 2022]. ISSN 22123717. DOI 10.1016/j.wri.2014.11.002. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wri.2014.11.002>.
59. QUISPE, M; et al. 2020. *Aplicaciones tecnológicas de tratamiento de aguas residuales* [en línea]. Ciudad de México-México: Voces de la Educación, 2020. [Consulta: 10 abril 2022]. ISBN 978-607-98840-5-5. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/188961?page=16>.
60. RAFFO, E; & RUIZ, E. “Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno”. *Industrial Data* [en línea], 2014, (Perú) 17(22), p. 75. [Consulta: 07 agosto 2022]. ISSN 15205126. DOI 10.1021/ja00334a047. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>.
61. RAMALHO, R. *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona-España: Editorial Reverté 1996. ISBN 978-84-291-9207-7. pp. 585-683.
62. RAMÍREZ, H; & JARAMILLO, J. “Agentes Naturales como Alternativa para el Tratamiento del Agua”. *Revista Facultad de Ciencias Básicas* [en línea], 2015, (Colombia) 11(2). [Consulta: 07 agosto 2022]. ISSN 2500-5316. DOI <http://dx.doi.org/10.18359/rfcb.1303>. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/1303/1359>.
63. REAL, L. “Industria Láctea con Mejores Condiciones de Producción”. *Gestión* [en línea], 2013, (Ecuador), p. 36. [Consulta: 31 julio 2022]. Disponible en: <https://revistagestion.ec/index.php/empresas/industria-lactea-con-mejores-condiciones-de-produccion#:~:text=La industria láctea en el,una parte de la oferta>.
64. RESTREPO, H. *EVALUACIÓN DEL PROCESO DE COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (Trabajo de titulación)*. [En línea]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, FACULTAD DE MINAS. Medellín-Colombia. 2009. [Consulta: 06 agosto 2022]. Disponible en: <http://downloads.esri.com/archydro/archydro/Doc/Overview of Arc Hydro terrain preprocessingworkflows.pdf%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.11.003%0Ahttp://>

- sites.tufts.edu/gis/files/2013/11/Watershed-and-Drainage-Delineation-by-Pour-Point.pdf%0Awww.
65. RIGOLA, M. TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES : AGUAS DE PROCESO Y RESIDUALES. Barcelona-España: MARCOMBO, S.A., 1990. ISBN 84-267-0740-8.
  66. RODRÍGUEZ, P. Hidráulica II. Oaxaca-México: s.n., 2008. ISBN 2013206534. p. 70
  67. ROMERO, J., 1999. Potabilización del agua. 3a ed. Ciudad de México-México: s.n.
  68. SAENZ, L. Diseño Del Sistema De Tratamiento Y Reutilización De Agua Residual en la Planta De Lácteos Oasis (Trabajo de titulación). [En línea]. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE CIENCIAS, ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA. Riobamba-Ecuador. 2013. [Consulta: 01 agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2529>.
  69. SÁNCHEZ, J; & ROMÁN, S. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales para una empresa empacadora y exportadora de camarón en la ciudad de Guayaquil (Trabajo de titulación). [En línea]. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL. Guayaquil-Ecuador. 2020. p. 13. [Consulta: 07 agosto 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19149/4/UPS-GT002985.pdf>.
  70. SANTANA, J; et al. “Evaluación de Ulex Europaeus (FABACEAE) como Coagulante Natural para el Tratamiento del Agua”. Producción + Limpia [en línea], 2021, (Colombia) 16(1), pp. 102–103. [Consulta: 03 junio 2022]. DOI 10.22507/pml.v16n1a6. Disponible en: <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/2652>.
  71. SORIA, K. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la planta de lácteos “San Jacinto”, ubicada en el cantón Penipe, provincia de Chimborazo (Trabajo de titulación). [En línea]. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE CIENCIAS, ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA. Riobamba-Ecuador. 2019. p. 6. [Consulta: 06 agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13599>.
  72. TAFUR, L; & QUEVEDO, R. ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CROMADAS CON QUITOSANO EXTRAÍDO DEL EXOESQUELETO DE CAMARÓN (Trabajo de titulación). [En línea]. UNIVERSIDAD DEL TOLIMA, FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, PROGRAMA DE INGENIERÍA

- AGROINDUSTRIAL. Tolima-Colombia. 2014. pp. 44-45. [Consulta: 06 agosto 2022]. Disponible en: <https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayat-db/Yayinlar/kitaplar/diger-kitaplar/TBSA-Beslenme-Yayini.pdf>.
73. VALENCIA, E; & RAMÍREZ, M. 2009. “La industria de la leche y la contaminación del agua”. Redalyc [en línea], 2009, (México) 16(73), pp. 27–28. [Consulta: 01 agosto 2022]. ISSN 0187-9073. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=29411996004>.
74. VALLEJO, A. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la quesera “El pajonal” Quimiag 2013 (Trabajo de titulación). [En línea]. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE CIENCIAS, ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS. Riobamba-Ecuador. 2014. pp. 2-4. [Consulta: 04 mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3640>.
75. VELASTEGUI SANUNGA, M. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales de la quesera Doña Isabelita “cantón Guano” (Trabajo de titulación). [En línea]. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE CIENCIAS, CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL. Riobamba-Ecuador. 2020. pp. 4-91. [Consulta: 02 marzo 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14270>.
76. VILLÓN, M. Hidráulica de canales. 2a ed. Lima-Perú: Editorial Villón, 2007. ISBN 99778660816. p.139.
77. WIKI. Ingeniería de aguas residuales. Madrid-España: Wiki, 2007. ISBN 9781449211493. pp. 2-6.