

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Diseño de propuesta de mejora del
sistema de tratamiento de aguas
residuales para reducir los niveles de
contaminantes de un complejo
agroindustrial en la ciudad de Ilo, 2022**

Joanuel Anthony Quintero

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Arequipa, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Mg.Ing. Polhett Coralí Begazo Velásquez.

AGRADECIMIENTO

A DIOS, Mi padre Eterno que me ayudado en todas las adversidades de la vida.

A mi Madre que amo y adoro por su gran colaboración en todos estos años de mi vida y que poco a poco me ha dado su amor, confianza y cariño, TE AMO....

A mis Hermanos por sus constantes atenciones y cuidados.

A la Ing. Daphne Castro Arata, gracias por tu paciencia, por tratarme como un hijo y nunca dejarme solo en las adversidades, eres una persona digna de admirar por tu gran liderazgo.

A mi pareja te agradezco por tantas ayudas y tantos aportes no solo para el desarrollo de mi tesis, sino también para mi vida; eres mi inspiración y mi motivación.

A mis amigos Karina, Marcia, Yenny, Norma, Rider y José, me han apoyado en las buenos y malos momentos de mi existencia y que poco a poco se han ganado el título de hermanos en mi vida, los aprecios muchos muchachos.

A Maddy gracias por tu grandiosa amistad en estos últimos días, has demostrado ser una persona que admiro mucho.

A todos los profesores de la Universidad Continental, en especial a mi asesora la Mg. Polhett Coralí Begazo Velásquez muchas gracias por su parcial aprendizaje.

A mis compañeros de clases por su constante alegría y simpatía, en especial a Piero, Santiago.

A todo el personal del CITE que me ayudaron a forja mis metas de estudios universitarios.

DEDICATORIA

A mi Gran Dios, Jehová por darme las fuerzas necesarias para luchar por mis metas y no dejarme rendir antes las adversidades, sin ti yo fuera un barco a la deriva.

A mi querida Madre, por su gran esmero, cuidado y amor; tú eres mi mayor admiración, este triunfo no solo es mío, si no tuyo.

A mis Hermanos Yackeline, May Ling y Elvis ustedes han sido mi modelo de vida los admiro mucho, quiero que sepan que ustedes están en mi corazón.

A mis sobrinas, espero con el favor de Dios se esfuercen mucho en sus estudios para sentirme más orgulloso de lo que estoy por ustedes.

A todos mis compañeros de trabajo en especial a la Ing. Daphne, Maddy, Marcia, Aunque no compartan lazos sanguíneos conmigo, ustedes para mí son como mis hermanos que me han ayudado a crecer poco a poco en mi vida.

ÍNDICE

ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
 CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2.1 Pregunta General.....	4
1.2.2 Preguntas Específicas.....	4
1.3 OBJETIVOS	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 JUSTIFICACIÓN	5
1.4.1 Justificación Legal.....	5
1.4.2 Justificación Ambiental.....	5
1.4.3 Justificación Práctica.....	6
1.4.4 Justificación Social.....	6
1.5 DELIMITACIÓN.....	6
1.5.1 Delimitación Temporal.....	6
1.5.2 Delimitación Espacial	6
1.6 HIPÓTESIS	6
1.6.1 Hipótesis General.....	6
1.6.2 Hipótesis Específicas	7
1.7 VARIABLES	7
1.7.1 Descripción de Variables.....	7
1.7.2 Operacionalización de Variables	8
 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.1.1 Antecedentes Internacionales	9

2.1.2	Antecedentes Nacionales.....	10
2.2	BASES TEÓRICAS.....	11
2.2.1	Aguas Residuales	11
2.2.2	Calidad del Agua Residual	14
2.2.3	Tratamiento de Aguas Residuales.....	18
2.2.4	Normatividad del Agua.....	21
2.2.5	Definición de Términos Básicos	23
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		24
3.1	MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	24
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	24
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	24
3.3.1	Población	24
3.3.2	Muestra.....	25
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	25
3.4.1	Técnicas de Recolección de datos.....	25
3.4.2	Instrumentos de Recolección de datos.....	25
3.5	INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	26
CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y RESULTADOS		27
4.1	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	27
4.2	NIVEL DE PERMISIBILIDAD	32
4.3	DETERMINACIÓN DE PROBLEMAS Y SUS CAUSAS	36
4.4	PROPUESTA DE MEJORA	41
4.4.1	Exceso de Sedimentos.....	41
4.4.2	Sistema de control	42
4.5	DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE LA MEJORA.....	45
4.5.1	Costo de mejoramiento de Canasta de sedimentos	45
4.5.2	Mano de Obra para el manejo de la PTAR.....	46
4.5.3	Gastos de energía de los equipos.....	46
4.5.4	Mantenimiento de equipos de la PTAR	47
4.5.5	Análisis de costos en base a la propuesta planteada	47
4.6	EXPECTATIVAS DE LA PROPUESTA DE MEJORA.....	48

CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
ANEXOS.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las Variables	8
Tabla 2. Características de las Aguas Residuales	13
Tabla 3. Efectos Indeseables de las Aguas Residuales.....	14
Tabla 4. Límites Máximos Permisibles para vertidos a cuerpos de aguas	22
Tabla 5. Plantilla de Diagnóstico de las Instalaciones de la Planta de Tratamiento de agua residual del Complejo Agroindustrial	31
Tabla 6. Técnicas usadas en la medición de los Parámetros.....	33
Tabla 7. Reporte de Resultados de Afluente y Efluentes de PTAR del Complejo Agroindustrial.....	34
Tabla 8. Verificación de permisibilidad de la PTAR del Complejo Agroindustrial de Ilo ..	35
Tabla 9. Escala de Sanciones	36
Tabla 10. Plantilla de Cuestionario de los principales problemas que afecta el sistema de tratamiento de agua residual.....	38
Tabla 11. Principales Causas de los aumentos de los niveles de contaminantes en el Complejo Agroindustrial.....	39
Tabla 12. Cronograma de actividades del PTAR	43
Tabla 13. Mantenimientos de los Equipos y materiales del PTAR	44
Tabla 14. Controles de análisis de laboratorio	44
Tabla 15. Ejemplos del Reporte de Fallas	45
Tabla 16. Costos de Mejoramiento de Canasta	46
Tabla 17. Costos eléctricos de los equipos.....	47
Tabla 18. Costos de Mantenimiento de Equipos.....	47
Tabla 19. Contratación de servicio de Vector	47
Tabla 20. Costos totales de la propuesta planteada	48
Tabla 21. Mejoramiento del agua Residual de la PTAR.....	48
Tabla 22. Expectativas Económicas de la Propuesta de Mejora.....	49

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Fuentes de las Aguas Residuales Municipales	12
Ilustración 2. Imagen visual de una trampa de grasa.	19
Ilustración 3. Diagrama de Operaciones de la PTAR del Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo.....	28
Ilustración 4. Diagrama de Ishikawa.....	37
Ilustración 5. Diagrama de Pareto sobre principales problemas que presenta la planta.	40
Ilustración 6. Modificación de la Canasta	42

ANEXOS

Anexo 1:	Registros Fotográficos.....	56
Anexo 2:	Matriz de Consistencia	59
Anexo 3:	Cuestionarios Aplicados	60

RESUMEN

El propósito de este estudio, es desarrollar una propuesta para mejorar el sistema de tratamiento de aguas residuales del Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo, con el fin de reducir la contaminación y alcanzar el estándar máximo permitido. Este Complejo Agroindustrial posee una planta de tratamiento de agua residual (PTAR), en los últimos años ha mostrado una serie de inconvenientes que afectan gravemente la operatividad del complejo, provocando la contaminación de las aguas residuales.

El estudio posee un enfoque cuantitativo con un alcance explicativo no experimental, con un diseño transversal, en el cual se aplicaron técnicas de observación, entrevista y revisión documentaria para la recolección de los datos.

Se realizó un diagnóstico actual del área por medio de una lista de chequeo y controles de los parámetros fisicoquímicos para evaluar el agua residual, por medio de normas ambientales emitidas por los entes gubernamentales, revelando que la planta de agua residual se encuentra fuera de especificaciones con respecto a la emisión de los sólidos totales en suspensión, encontrándose en 251 mL/L., cuando los límites máximos permisibles de este parámetro son de 150 mL/L. Así mismo, se observó que no cumple con algunos ítems en el artículo 17 del D.S N° 024-2017-VIVIENDA pudiendo ser sancionada leve o moderadamente con una penalidad de hasta 50 UIT.

Los principales problemas encontrados fueron: el exceso de sedimentos, la falta de un sistema de control que posibilite la planificación y control de sus procesos, así como la falta de supervisión sobre sus actividades; causándole a la planta, la inoperatividad de sus equipos y/o procesos de la PTAR; lo que ocasiona que se envíe agua residual contaminada por encima de los límites máximos permisibles.

Finalmente, se propone una serie de alternativas que ayuden a disminuir los niveles de contaminantes, para ello se realizó un balance de todos los costos que generará dicha propuesta, con la finalidad de mejorar los procesos, operaciones en aras de cumplir con las normas ambientales para evitar futuras sanciones, e ir en sintonía con el compromiso y responsabilidad de conservar el medioambiente que caracteriza la organización.

Palabras claves: Aguas residuales, Contaminantes, Planta de tratamiento de agua residual, Sistema de tratamiento, Normatividad, Límites máximos permisibles.

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop a proposal to improve the wastewater treatment system of the Agribusiness Complex of the city of Ilo, in order to reduce pollution and reach the maximum allowed standard. This agribusiness Complex has a wastewater treatment plant (WWTP), in recent years it has shown a series of drawbacks that seriously affect the operation of the complex, properly treated, causing contamination of wastewater.

The study has a quantitative approach with an explanatory scope, not experimental with a cross-sectional design, in which observation, interview and documentary review techniques were applied for data collection.

A current diagnosis of the area was carried out by means of a checklist and controls of the physicochemical parameters to evaluate the residual water, by means of environmental norms issued by the governmental entities, revealing that the residual water plant is out of specifications with regarding the emission of total suspended solids, being 251 mL/L, when the maximum permissible limits of this parameter is 150 mL/L. Likewise, it was observed that it does not comply with article 17 of Supreme Decree No. 024-2017-HOUSING, and may be sanctioned slightly or moderately with a penalty of up to 50 UIT.

The main problems found were: the excess of sediments, the lack of a control system that made it possible to plan and control its processes, as well as the lack of supervision over its activities; causing the plant, the inoperability of its equipment and/or processes of the WWTP; which causes contaminated wastewater to be sent above the maximum permissible limits

Finally, a series of alternatives are proposed that help reduce the levels of contaminants, for this a balance of all the costs that this proposal will generate was made, in order to improve the processes, operations in order to comply with environmental regulations to avoid future sanctions; and be in tune with the commitment and responsibility to conserve the environment that characterizes the organization.

Keywords: Residual water, Pollutants, Residual water treatment plant, Treatment system, Regulations, Maximum permissible limits.

INTRODUCCIÓN

La población mundial tiene como prioridad el abastecimiento del agua pura, libre de contaminantes de forma suficiente. Se estima que anualmente se extrae en el mundo 3 928 km³ de agua dulce y 2 212 km³ de esta agua, se liberan al medio ambiente sin un procedimiento de depuración, esta agua es comúnmente llamada agua residual y es aproximadamente el 56.31 % del agua extraída; la cual, es descargada a los ríos, lagos y mares ocasionando contaminación de estos.

El Perú produce 2 217 946 m³ de aguas residuales diariamente que se vierten al alcantarillado y se estima que esta cantidad se duplicará con creces para el 2024, lo que provocará la desgracia de la biodiversidad, polución de la cadena alimentaria, la falta de agua dulce y muchos malestares que afectan el ecosistema.

En la ciudad de Ilo se encuentra el Complejo Agroindustrial, el cual es una empresa encargada de realizar diferentes procesos y desarrollos de productos alimenticios a las pequeñas y mediana empresas en la región, en dichos procesos de producción se genera un aproximado de 0,13 m³/h. de agua residual por mes, que es procesado en su PTAR con una capacidad de procesamiento de 1 m³/h.; sin embargo, presenta algunos problemas en los últimos años que afectan gravemente su funcionamiento, a tal punto que drena aguas residuales sin un tratamiento y control adecuado de sus niveles de contaminantes, causando daños ambientales e incumpliendo con los límites máximos permisibles exigidos por la legislación del Perú.

Este estudio tiene como objetivo, generar un diseño de una propuesta para mejorar el sistema de tratamiento de aguas residuales de esta planta, con la finalidad de reducir sus niveles de contaminantes; dicha propuesta busca generar opciones a la empresa para mejorar la calidad de las aguas residuales y así cumplir con todas las leyes ambientales evitando futuras multas, sanciones y disminuir la contaminación del ecosistema de manera que pueda desarrollar un impacto ambiental positivo para la región.

Para el alcance de los objetivos, el estudio se divide en cuatro capítulos:

En el Capítulo 1, Se presenta el planteamiento del problema, se precisa el objetivo general y específicos, se presenta una propuesta para mejorar el sistema de tratamiento de aguas residual con el fin de reducir el nivel de contaminación del Complejo Agroindustrial en la ciudad de Ilo. Asimismo, se han presentado la justificación y las variables de este estudio.

En el capítulo II, se refleja todo el marco teórico donde se recopila los antecedentes, investigaciones previas y consideraciones teóricas de las aguas residuales, su calidad y

tratamiento, así como algunas normativas que contribuyen a conservar la calidad y reducir sus contaminantes.

En el Capítulo III, se presenta la metodología del estudio realizado, indicando que método de la investigación tiene un enfoque cuantitativo de alcance explicativo con un diseño no experimental transversal, de igual forma se presentaron las técnicas e instrumentos que se utilizaron para la recolección de los datos.

En el Capítulo IV, se exponen los resultados de la investigación y el análisis de los datos recolectados, así mismo, se diseña una propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales mostrando sus principales costos que traerá dicha mejora.

Finalmente, se presentan las principales conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y algunos anexos elaborados al final de este estudio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La primera prioridad que requiere la población, es que se le proporcione suficiente agua pura; si el agua residual no se trata apropiadamente, contaminarán las aguas, haciéndola no apta para el consumo humano. El problema de las aguas residuales aumenta diariamente, si no se soluciona adecuadamente, podría traer efectos adversos para la salud humana, consecuencias ambientales negativas debido a la degradación del volumen de aguas y los ecosistemas afectando seriamente la actividad económica (UNESCO, 2017).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) calcula que anualmente se extraen 3 928 km³ de agua dulce a nivel mundial, estimando que 2 212 km³ de esta agua se libera al medio ambiente sin un tratamiento previo (UNESCO, 2017), es aproximadamente el 56.31 % del agua extraída, ocasionando muchos efectos negativos al medioambiente, a la salud y la economía global; por tanto, es preciso que la producción de las aguas residuales disminuyan o cuenten con el debido tratamiento para su disposición.

El Organismo de Evaluación y Fiscalización ambiental (OEFA) afirma que el Perú produce diariamente un aproximado de 2.217.946 m³ de aguas residuales y solo el 32 % de esta agua es tratada adecuadamente, estimando que en el 2024 se genere más del doble de agua residual produciendo contaminación de las aguas; conduciendo a la destrucción de la biodiversidad, polución de la cadena alimentaria, la falta de agua dulce y multitud de enfermedades que afectan al ecosistema (OEFA, 2014).

El Complejo Agroindustrial de la Ciudad de Ilo, es un centro que tiene como función realizar diferentes tipos de procesos y desarrollos de productos alimenticios en las localidades cercanas, entre ellos se encuentra la preparación de aceituna de mesa, aceite de oliva, zumos, deshidratado, mermelada de frutas y otros productos agroindustriales; dichos procesos generan un aproximado de 0,13 m³/h. de aguas residuales industriales

por mes. Las aguas residuales, emitidas son tratadas en una planta de tratamiento de Aguas residuales (PTAR), la cual tiene una capacidad de producción de 1 m³/h.

La PTAR a lo largo de los años, según los reportes del personal de mantenimiento, ha presentado una serie de problemas que afectan seriamente la calidad del agua residual, entre ellos se encuentra: mal funcionamiento de sus equipos, poco mantenimiento, poco monitoreo del agua tratada; haciendo que la planta no trabaje correctamente, drenando aguas residuales sin un tratamiento y un control adecuado de sus niveles de contaminantes, ocasionando daños ambientales e incumpliendo con los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en la Legislación del Perú.

Con base a lo anterior, se presenta la necesidad de diseñar una propuesta de mejora del sistema de tratamiento de las aguas residuales, para reducir los niveles de contaminantes presentes en el complejo agroindustrial en la ciudad de Ilo en el 2022; esto con la finalidad de realinear a la empresa con sus políticas de calidad en gestión ambiental, así como evitar la contaminación del ecosistema, de manera que la actividad empresarial pueda desarrollar un impacto positivo para la región, todo lo anterior enmarcado en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Pregunta General

¿Qué posibles propuestas pueden mejorar el sistema de tratamiento de aguas residuales en aras de reducir los niveles de contaminantes de un complejo Agroindustrial en la ciudad de Ilo, en el 2022?

1.2.2 Preguntas Específicas

- a. ¿Cuál es la situación actual de los niveles de contaminantes en las aguas residuales del complejo Agroindustrial en la ciudad de Ilo, en el 2022?
- b. ¿En qué medida el complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo, cumple con los límites permisibles para los efluentes?
- c. ¿Cuáles son las causas de los niveles de contaminantes de las aguas residuales del proceso en el Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo?
- d. ¿Qué acciones serán adecuadas para reducir los niveles de contaminantes de las aguas residuales en el Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo, en el 2022?

- e. ¿Cuál será el costo de las acciones planteadas para el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en el Complejo Agroindustrial de Ilo, en el 2022?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales, para reducir los niveles de contaminantes del Complejo Agroindustrial en la ciudad de Ilo, en el 2022.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a. Realizar un diagnóstico actualizado del sistema de tratamiento de aguas residuales en el Complejo Agroindustrial en la ciudad de Ilo, en el 2022.
- b. Identificar los límites permisibles de contaminantes presentes en las aguas residuales del complejo Agroindustrial en la ciudad de Ilo, en el 2022.
- c. Determinar las causas que intervienen en los niveles de contaminantes presente en las aguas residuales de un Complejo Agroindustrial en la ciudad de Ilo, en el 2022.
- d. Plantear acciones para elaborar una propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- e. Determinar el costo de la propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales.

1.4 JUSTIFICACIÓN

1.4.1 Justificación Legal

Por medio de este diseño de propuesta, se busca que la empresa pueda cumplir con las leyes emitidas por los entes gubernamentales encargados de la fiscalización, supervisión, evaluación, control y sanción en el marco del ambiente; de esta manera, la empresa pueda evitar futuras multas o sanciones que pueden conducir en el cierre temporal o definitivo del Complejo Agroindustrial ubicado en Ilo.

1.4.2 Justificación Ambiental

Mantener la calidad del agua es fundamental para el suministro de agua dulce, la manufactura de los alimentos y la conservación del ecosistema (Meoño, 2015); por ende, la siguiente propuesta busca mejorar las condiciones en la calidad del agua residual

producida en el Complejo Agroindustrial, disminuyendo la contaminación del ecosistema; de esta manera, se busca crear conciencia del impacto ambiental para que futuras empresas de la región, incluyan en sus políticas, la importancia del tratamiento de las aguas residuales y busquen medios que disminuyan los contaminantes en las mismas.

1.4.3 Justificación Práctica

La propuesta de mejora, se enfoca en el manejo de herramientas y métodos de la ingeniería que aseguren la reducción de la contaminación de aguas residuales y tener un mejor control de la PTAR, generando aprendizaje como investigador, incorporando nuevos conocimientos y dando la oportunidad de realizar unos de los ejercicios intelectuales más importantes, como es la aplicación de conocimientos teóricos para resolución de problemas de la vida real.

1.4.4 Justificación Social

La investigación permitirá crear más conciencia a las personas para que tengan un mejor manejo de las aguas residuales, reduciendo los niveles de contaminantes en las aguas; de esta manera, se evitará aumentar el riesgo en la salud de la población en los sectores aledaños y trabajadores de la empresa, mejorando así su calidad de vida.

1.5 DELIMITACIÓN

1.5.1 Delimitación Temporal

El tiempo de duración, será desde el mes de octubre a noviembre del 2021, en este tiempo se lograron registrar todas las condiciones en las que opera la planta, así como sus posibles fallas.

1.5.2 Delimitación Espacial

La investigación se llevará a cabo en la ciudad de Ilo, provincia de Moquegua, distrito de Ilo.

1.6 HIPÓTESIS

1.6.1 Hipótesis General

El diseño de una propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales reducirá los niveles de contaminantes en el de un complejo Agroindustrial en la ciudad de Ilo, en el 2022.

1.6.2 Hipótesis Específicas

- a. La realización de un diagnóstico actual permitirá conseguir un diseño de mejorar el sistema de tratamiento de aguas residuales para reducir los niveles de contaminantes en el Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo, en el 2022.
- b. La Identificación de los límites permisibles ayudará a obtener un diseño adecuado para la mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales para reducir los niveles de contaminantes en el Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo en el 2022.
- c. La determinación de las causas que intervienen en los niveles de contaminantes permitirá obtener el diseño de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales para reducir los niveles de contaminantes en el Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo, en el 2022.
- d. La planeación de acciones ayudará a obtener el diseño de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales para reducir los niveles de contaminantes en el Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo, en el 2022.
- e. La determinación de los costos permitirá lograr el diseño de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales para reducir los niveles de contaminantes en el Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo, en el 2022.

1.7 VARIABLES

1.7.1 Descripción de Variables

Propuesta de mejora del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

Esta variable pretende sugerir medidas a mediano y largo plazo para mejorar el proceso completado de operaciones de síntesis y procesos fisicoquímicos y biológicos con el fin de promover el sistema de tratamiento de aguas residuales a la calidad requerida para el tratamiento y finalmente, evitar la contaminación de los efluentes.

Reducción de Niveles de Contaminantes

Es la acción en la cual, por medio de procesos fisicoquímicos o biológicos, se busca minimizar o reducir los contaminantes hasta llegar al límite máximo permisible.

1.7.2 Operacionalización de Variables

Tabla 1.

Operacionalización de las Variables

Variables	Nombre	Dimensiones	Indicadores
Independiente	Propuesta de Mejora del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales	Diagnóstico Actual	Mediciones de los Niveles de Contaminantes
		Nivel de Permisibilidad	D.S. N° 003-2010 MINAM
		Causas	Árbol de Causa, Diagrama de Ishikawa, Pareto.
		Planeación de Acciones	Indicadores, Número de Acciones por Causas Identificadas.
Dependiente	Niveles de Contaminantes	Determinación de Costos	Costos Totales
		Sólidos Presentes	Índice de Sólidos Suspendidos
		Acidez	Índice de PH
		Oxigenación	Índice de Oxígeno Disuelto
		Conductancia	Índice de Conductividad eléctrica

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Según Fernández (2020), en su estudio “Diagnóstico, evaluación y Planteamiento de mejora en la planta de aguas residuales (PTAR) para una empresa procesadora de pescados y productos del mar en la ciudad de Guayaquil”, cuyo objetivo principal fue diagnosticar, evaluar y planear una mejora en la PTAR para una empresa productora pesquera.

Presentó una investigación cuantitativa explicativa, realizando técnicas de observación y recolección de datos, ostentó como resultado principal la elaboración de un nuevo diseño en su PTAR, concluyendo que la empresa no tiene un buen sistema de aguas residuales; por la cual, recomienda hacer un rediseño de la planta para que pueda cumplir con los límites máximos permisibles exigido por el gobierno.

Urdaneta (2021), presentó su tesis “Propuesta de mejora para la gestión de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana”, su objetivo principal fue proponer un plan de mejora en la planta de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello.

Presentó un estudio explicativo, sus métodos son la observación directa, encuestas y la entrevista no estructurada, resultados revelados para los procesos y componentes que componen la instalación, los resultados fueron los componentes de la PTAR, concluyo que es necesario recomendar mejoras a nivel de estrategias, en sus procesos, mantenimiento, seguridad y equipamiento de la planta para mejorar sus aguas servidas.

Según García (2018), en su tesis “Propuesta de mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales de la vereda Campoalegre, en el corregimiento de Montebello de Santiago de Cali”, cuyo objetivo fue valorar la efectividad de la PTAR en las veredas de Campoalegre y plantear operaciones para mejorar el trabajo.

Presentó una investigación cuantitativa con un alcance descriptivo, sus técnicas de investigación fueron la observación de campo y análisis de contenido; como resultado determino que la empresa no cumplía con los límites máximos permisibles, concluyendo que es necesario formular un plan de acción para cumplir con la norma vigente de vertimiento de agua residual.

Millán (2018), presentó su tesis “Propuesta de Mejora del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la Empresa Somos K S.A.” cuyo objetivo principal fue desarrollar una propuesta para optimizar el sistema de aguas residuales de la empresa Somos K S.A., presentó una investigación aplicada, aplicando técnicas de observación directa e información bibliográfica, encontrando como resultados que la empresa incumple con algunos parámetros de calidad, concluyendo que es necesario mejorar algunas áreas de la planta baje sus niveles de contaminantes favoreciendo el cumplimiento de las normas de calidad.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Madrid (2020), presentó su tesis “Propuesta para mejorar el sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales y reducir los niveles de contaminantes en la empresa industrial pesquera Santa Mónica S.A. PAITA”, cuyo objetivo principal fue proponer planes para mejorar la PTAR en dicha empresa.

Presentó una investigación aplicada, sus técnicas de investigación fueron la observación y el análisis documental, utilizando hojas de cálculos para la recopilación de información, encontrado como resultado, varios puntos débiles que presenta en su PTAR, concluyendo que es necesario implementar mejoras en su sistema de tratamiento de efluentes para mejorar sus aguas residuales.

Según Huarachi (2020), en su tesis “Propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales del matadero municipal de Tacna”, cuyo objetivo principal fue dar una propuesta de mejora al sistema de tratamiento de aguas residuales en dicho matadero, presentó una investigación exploratoria con un diseño de campo, sus técnicas fueron la aplicación de lista de chequeo y control, encontrando como resultado un plan para mejorar el desempeño del PTAR, concluyendo que es necesario proponer algunas alternativas para reducir los residuos de sus aguas residuales.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Aguas Residuales

La OEFA (2014), lo describe como: “aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado” (p. 2).

Las aguas residuales poseen un aproximado del 99.9 % de agua y el resto está formado por sólidos orgánicos, procedentes de la acción humana y por minerales provenientes de los subproductos de desecho de la cotidianidad humana y la calidad del agua (Rojas, 2002).

Las aguas residuales en algún momento afectan la calidad del agua de la fuente o del agua receptora, causando contaminación solo cuando se crean situaciones o particularidades que hacen que el agua de la fuente no sea apta para el uso previsto (Romero, 1999).

Las aguas residuales se pueden clasificar en:

- a. **Doméstica:** se ocasionan en residencias o comercios, las cuales poseen desechos orgánicos provenientes de las acciones humanas. Las principales fuentes de estas aguas son las zonas residenciales, centros comerciales, edificios institucionales y los espacios recreacionales.
- b. **Industriales:** Son aquellas aguas que se desarrollan por los procesos productivos industriales y sus contaminantes, varían en función del tipo de proceso que realiza una empresa. La mayoría de los procesos industriales utiliza agua potable, esta fuente de agua cuando se usa, debe tratarse antes de drenarse a la red de saneamiento o al medio ambiente. El tratamiento que se realiza, debería ser lo suficiente bueno para no causar problemas ambientales y pueda cumplir con los parámetros que exige los organismos reguladores de agua residual (Romero, 1999).
- c. **Municipales:** Según (OEFA, 2014, p. 3), lo define como: “son aquellas que pueden ser mezcladas con aguas domésticas o industriales previamente tratada para ser admitidas en las alcantarillas”, su principal característica es que cuentan con desechos líquidos, los cuales son transportados a través del sistema de alcantarillas.
- d. **Infiltración y aportaciones incontroladas:** Son corrientes de aguas que ingresan al sistema de alcantarillado directa o indirectamente, e ingresan al sistema a través de conexiones defectuosas. Las entradas no regulares

incluyen aguas de lluvia, drenajes de cimentaciones, canaletas de construcción y alcantarilla (Metcalf, 2000).

- e. **Aguas pluviales:** estos cuerpos de agua están formados por la escorrentía superficial de áreas residenciales e industriales.

Se utilizan tres características de sistemas de aguas residuales para tratar las aguas residuales y pluviales: sistemas sanitarios, pluviales y unitarios de aguas residuales. Tanto las aguas residuales (red de drenaje de aguas residuales) y las aguas pluviales (red de drenaje de aguas pluviales), se recolectan por separados, el volumen de aguas residuales se genera a partir de aguas residuales domésticas, aguas residuales industriales, flujo osmótico, si no se controla, el agua de lluvia utiliza la misma red de alcantarillado como una sola red (Metcalf, 2000).

El agua de lluvia transporta contaminantes desde los techos, calles y otras superficies. En la siguiente figura se pueden observar todas las principales aguas residuales municipales (Romero, 1999, p. 18).

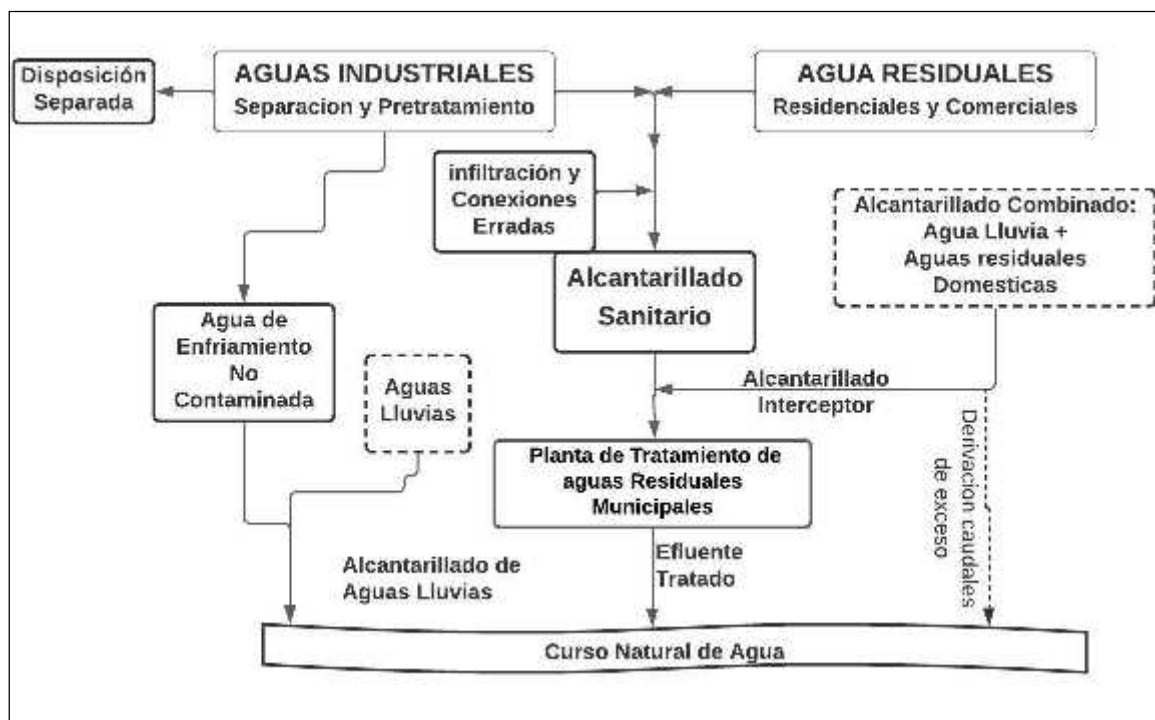


Ilustración 1. Fuentes de las Aguas Residuales Municipales

Fuente: tomada del libro Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseños por (Rojas, 1999).

Existen muchas caracterizaciones propias de las aguas residuales que son muy sustanciales como puntos de referencia para los parámetros críticos analizados y su tamaño; no obstante, es necesario recordar que cada tipo de agua residual tiene sus

propias características únicas y los parámetros de contaminación que deben evaluarse en los laboratorios según su especificación (Romero 1999).

Las aguas poseen diferentes propiedades fisicoquímicas y biológicas que son característicos en el proceso de las aguas residuales, tal como se visualizar en la tabla N°02:

Tabla 2.

Características de las Aguas Residuales

Características			Procedencia		
Propiedades Físicas	Color		Domésticas (ARD), aguas residuales Industriales (ARI).		
	Sólidos totales		Agua de Suministro, ARD, ARI, Erosiones del Suelo, Infiltración y Conexiones Incontroladas.		
	Olor		ARD, ARI.		
	Temperatura		ARD, ARI.		
Propiedades Químicas	Orgánicos	Carbohidratos		ARD, ARI, Aguas residuales municipales (ARM).	
		Grasas, Aceites		ARD, ARI, ARM.	
		Pesticidas		Residuos Orgánicos.	
		Fenoles		Vertidos Industriales.	
		Proteínas		ARD, ARI, ARM.	
		Contaminantes Prioritarios		ARD, ARI, ARM.	
		Tensoactivos		ARD, ARI, ARM.	
		Compuestos Orgánicos		ARD, ARI, ARM.	
		Otros		Degradación Natural de Materias Orgánicas.	
	Inorgánicos	Alcalinidad		ARD, Agua de Suministro, Infiltración de Agua Subterránea (IAS).	
		Cloruros		ARD, Agua de Suministro, IAS.	
		Metales pesados		Vertidos Industriales.	
		pH		ARD, ARI, ARM.	
		Nitrógenos		Residuos Agrícolas y ARD.	
		Fósforo		ARD, ARI, Municipales Agua de Escorrentía.	
		Contaminantes prioritarios		ARD, ARI, ARM.	
		Azufre		Agua De Suministro, ARD, ARI, ARM.	
	gases	Sulfuros de hidrógeno		Descomposición de Residuos Domésticos (DRD).	
		Metano		DRD.	
		Oxígeno		Agua de Suministros, Infiltración de Agua Superficial.	
Características			Procedencia		
Propiedades Biológicos	Animales	Cursos de Agua y Planta de Tratamiento			
	Plantas	Cursos de Agua y Planta de Tratamiento.			
	Protista	ARD, Infiltración de Agua Superficial, Plantas de Tratamiento.			
	virus	ARD.			

Fuente: tomada del libro Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseños por (Rojas, 1999).

Todo exceso de agua residual afecta la calidad del agua de la fuente; no obstante, estas aguas contaminan únicamente cuando se introducen particularidades que hace que el agua de la fuente o cuerpo receptor, sea inadmisibles para el uso propuesto de la misma.

Las aguas pueden presentar algunas contaminantes que puede tener efectos indeseables en las aguas residuales, en la tabla N°02 Efectos indeseables de las aguas residuales, se puede apreciar los principales efectos tales como:

Tabla 3.

Efectos Indeseables de las Aguas Residuales

Contaminantes	Efectos
Materia Orgánica Biodegradable	Desoxidar en agua, peces muertos olores no deseados.
Materia Suspendida	Sustancia depositada en el fondo del río, si es orgánica, se descompondrá y florará por la repulsión de los gases; cubrir el fondo interfiere con la reproducción de los peces o cambia la cadena alimentaria.
sustancias corrosivas, cianuro metales, fenoles.	Extinción de especies acuáticas, Pérdida de Bacterias, alteración de la autodepuración.
microorganismos patógenos	Las Aguas Residuales Domésticas Transportan Organismos que causan enfermedades, ántrax de los desechos de las curtiembres.
Contaminantes	Efectos
Sustancias que Causan olor, entre otros.	El aumento de la temperatura afecta a los peces, color, olor turbiedad, temperatura, color, y turbidez del agua, lo que resulta antiestético para el agua de uso público.
Sustancias o factores que transforman el equilibrio biológico.	Pueden causar el crecimiento excesivo de hongos o plantas acuáticas que alteran los ecosistemas acuáticos al causar olores.
Constituyentes minerales	Mayor dureza, uso industrial limitado sin tratamiento especial, mayor contenido de sólidos disueltos a niveles nocivos para los seres vivos acuáticos.

Fuente: tomada del libro Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseños por (Rojas, 1999).

2.2.2 Calidad del Agua Residual

Este término describe las propiedades fisicoquímicas y biológicas del agua residual, la calidad del agua residual dependerá de sus factores naturales como de las actividades humanas de donde se extraiga y como se vaya a utilizar (García 2018). Para determinar la calidad del agua residual, es preciso medir o examinar sus propiedades, de acuerdo con esta información, se realizan comparaciones con patrones de calidad para asegurar el correcto uso del agua examinada.

La calidad del agua residual se puede clasificar en:

a. Parámetros Físicos

Son aquellos parámetros que permiten determinar cualitativamente el estado y tipo de agua. Las características físicas más importantes del agua residual se encuentran:

- **Sólidos disueltos totales (SDT)**

Es la mezcla que se obtiene como residuo después de la evaporación a 103-105 °C, este proceso se puede clasificar en filtrables o no filtrables (suspensión). Los sólidos disueltos incluyen moléculas orgánicas e inorgánicas en soluciones acuosas. Este parámetro nos indica el aumento de sólidos después de pasar por un proceso de evaporación a una temperatura determinada, se determina por medio acuoso y sus unidades son (g/ml). La determinación de los sólidos disueltos totales es necesaria para controlar el exceso de sólidos, ya que son indicio que el agua presenta turbidez y sedimentos, dificultando el sabor del agua (Metcalf, 2000, p. 82).

- **Temperatura**

Es una medida de qué tan caliente o frío está presente en el cuerpo, se mide por medio de termómetros y su medición se puede realizar en diferentes unidades, sin embargo, la más conocida se encuentra los grados centígrados °C. Este parámetro es importante controlarlo en las diferentes etapas del proceso de la planta de tratamiento residual, la actividad biológica de las aguas y en los análisis de laboratorio (Romero, 2009, p. 111).

- **Color**

Facultad de absorber radiación específica en un rango visible, el color del espectro visible del agua cambia dependiendo de la materia orgánica o material presente. El agua residual dulce suele ser de color gris, pero a medida que aumenta el tiempo de tránsito en el drenaje, se acerca a condiciones anaeróbicas, su color cambia a gris oscuro y finalmente a negro. Este parámetro ayuda a las propiedades del agua, el origen del color y la eficacia del proceso utilizado para eliminarlo (Romero, 2009, p. 110).

- **Olor**

En general el agua residual presenta un olor levemente desagradable, cuando libera gases debido a la materia orgánica en descomposición, su olor característico se debe a la presencia gases sulfurosos, que se forma durante la reducción del sulfato a sulfito bajo la acción de microorganismos anaeróbicos, este parámetro es esencial para el diseño, instalación de alcantarillado.

Cuando el agua residual presenta un olor desagradable, significa que la materia orgánica se ha descompuesto. Los olores se pueden medir mediante métodos sensoriales, mientras que para las concentraciones de olores específicos se utilizan técnicas instrumentales.

- **Turbiedad**

Es una medida indicativa de la calidad del agua, este parámetro se emplea para indicar la cantidad de material disuelto y residual en suspensión, haciendo que el agua pierda su transparencia. Para medir este parámetro se usa un turbidímetro, el cual compara la intensidad de la luz dispersa en la muestra, con la registrada en la suspensión estándar en las mismas condiciones.

b. Parámetros Químicos

Este parámetro identifica las diferentes materias químicas presentes en una muestra recolectada, en un lugar y momento específico. Con esta medida se puede determinar los diferentes cationes o iones, minerales se encuentran en una determinada muestra; los más destacados de ellos se encuentran en:

- **Materia Orgánica**

Generalmente se forman a partir de compuestos a base de carbono, hidrógeno y oxígeno, en algunos casos en presencia de nitrógeno pueden formar proteínas, carbohidratos, grasas y aceite. La presencia de sustancias orgánicas en las aguas residuales, pueden causar fuertes olores debido a la descomposición.

Cuando hablamos de presencia de hidratos de carbono, se observa presencia de bacterias y procesos de fermentación produciendo diversos hongos, cuya acción hace acidificar el agua. La presencia de grasas y aceites pueden causar problemas en la instalación y el sistema de aguas residuales ya que pueden obstruir con los seres biológicos en las aguas superficiales y formar membranas o acumular sustancias flotantes, que causan desagradables problemas en el mantenimiento del sistema de drenaje y el tratamiento de la planta (Metcalf, 2000).

- **Oxígeno Disuelto**

Es la cantidad de oxígeno que se encuentra combinado con el agua, el oxígeno disuelto nos indica el grado de contaminación acuática; con alta concentración de oxígeno, significa buena agua en cambio con bajo niveles es muy difícil la existencia de cualquier organismo. El analizador de oxígeno nos indica que cantidad de oxígeno se encuentra presente el agua.

- **pH**

El parámetro de pH o concentración de iones de hidrógeno, es muy importante en la calidad de las aguas residuales, el rango de concentraciones del pH es necesario para la reproducción y progreso de la mayor parte de la vida orgánica, si no se tiene esta concentración, un tratamiento inadecuado ocasionaría problemas con los procesos biológicos y las aguas residuales pueden cambiar la concentración de pH en el agua natural (Metcalf, 2000).

Este parámetro puede medirse por medio de un equipo llamado potenciómetro.

- **Demanda Biológica de Oxígeno de 5 Cinco Días (DBO5)**

Este parámetro indica el conjunto de oxígeno necesario para que las bacterias crezcan durante cinco días a 20 °C, es la diferencia entre la cantidad inicial de oxígeno disuelto antes de la incubación y los 5 días restante de incubación a 20 °C (Quiroz et al., 2019).

Emplear el parámetro de DBO5, ayuda a establecer la cantidad aproximada de oxígeno necesaria para bioestabilizar los compuestos orgánicos existentes, el tamaño de la planta de tratamiento, medir la actividad de ciertos procesos y controlar el desempeño de los límites de fugas (Metcalf, 2000).

c. Parámetros biológicos

Este parámetro Indica la calidad del agua en función de los organismos que allí habitan, tales como, por ejemplo: virus, bacterias y hongos; estos organismos son útiles para la purificación del agua para la depuración de las aguas, pero igual son portadores de enfermedades. Este parámetro indica contaminación orgánica y biológica causada por humanos o actividades humana y es una buena herramienta esencial en el control de la calidad ecológica de los ecosistemas acuáticos (Rojas, 2002). Entre los principales tenemos:

- **Bacterias**

Se atribuyen a organismos procariotas unicelulares, bacterias involucradas en los procesos de desintegración y estabilidad de elementos vivientes, tanto en condiciones naturales como en plantas de tratamientos de aguas residuales.

- **Hongos**

Los hongos junto con las bacterias, son los primordiales encargados de la degradación del carbono en la biósfera, estos organismos pueden crecer y desarrollarse en lugares con humedad y pH bajo. Sin la presencia de los hongos la materia orgánica comenzaría a acumularse aumentando la podredumbre del agua.

La fermentación en tubos múltiples y la filtración por membrana se utiliza para identificar estos organismos en los laboratorios de microbiología.

2.2.3 Tratamiento de Aguas Residuales

Es un complejo resultante de operaciones física, química y biológicas para tratar las aguas residuales a un nivel que logre la calidad requerida para el tratamiento final, ya sea por medio de reuso o ser vertida a un efluente sin causar contaminación. Hay muchos criterios para al elegir el método apropiado para el tratamiento de aguas residuales, pero el más importante reside en la necesidad de la empresa y en función de los requerimientos de la calidad del agua residual tratada (Rojas, 2002).

La mayoría de los tratamientos de aguas residuales, agrupan diferentes métodos de varias fases donde se elimina las cargas de contaminante, por medio de procesos y operaciones unitarias, en donde predomina principios físicos, químicos y biológicos. Las principales áreas son:

- a. Pre-Tratamiento.**

Según Ramalho, indica que es el proceso de remoción de los componentes de las aguas residuales, cuya presencia causa complicaciones en el mantenimiento y operatividad de los diferentes procesos, operaciones y sistema auxiliares (1996).

En esta etapa las aguas residuales participan en la recuperación de las suspensiones, ya sea preparada para su descarga al receptor (tratamiento primario) o ser transferidas al tratamiento secundario mediante la neutralización y homogenización. Las principales operaciones que involucra podemos mencionar:

- **Cribado**

Esta es una operación manejada para separar sólidos grandes en agua usando un tamiz o malla. La criba puede ser de cualquier material, por ejemplo, metal, madera, hormigón o chapa con agujeros de cualquier forma geométrica. El canal de acceso de la rejilla antes y después debe ser diseñado para prevenir acumulación de materiales pesados, a medida que se acumula material sobre la rejilla, éste se va tapando perdiendo energía del caudal del agua residual (J. A. R. Rojas, 1999).

- Desengrasado

En esta etapa se eliminan las grasas y toda la materia flotante que son más ligeras que el agua, hay dos tipos de desengrasado el estático, el cual hace pasar el agua a través de un tanque equipado con deflector para expulsar el agua por el fondo y el desengrasado aireado el cual inyecta aire con un objeto de un tabique, obligando a las aguas desmenuzarse las grasas y lograr una mejor flotación de las mismas (CENTA 2008).

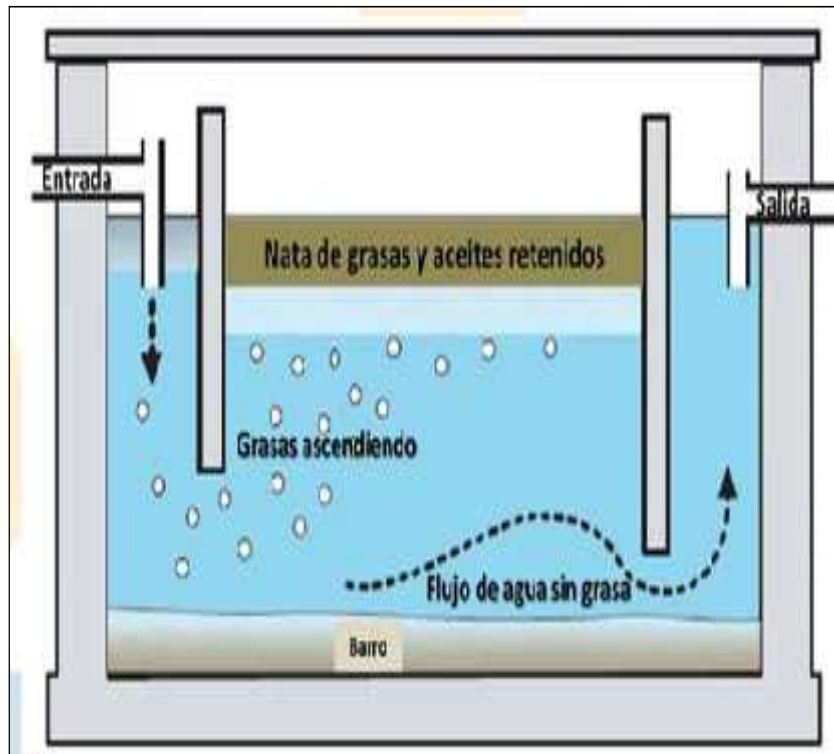


Ilustración 2. Imagen visual de una trampa de grasa.

Fuente: Imagen tomada del manual de operaciones de la Planta de Tratamiento de agua residual (2000).

b. Tratamiento Primario

Metcalf (2000, p. 145), lo define como: “La fase en la cual se elimina una fracción de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica del agua residual, en esta etapa el efluente suele contener una cantidad considerable de materia orgánica y una demanda biológica de oxígeno alta”.

Su principal objetivo es eliminar los sólidos en suspensión, reducir los contaminantes biodegradables, ya que algunos de los sólidos eliminados incluyen compuestos orgánicos. Entre los principales tratamientos primarios se encuentra:

- **Tamizado**

Los tamices al igual que las rejillas, son dispositivos para separar sólidos en suspensión de gran tamaño en serie, se utilizan para atrapar agua a través de una placa perforada con ranuras u orificios eliminando basuras que las rejillas van filtrando (Fernández, 2015).

- **Sedimentación**

Esta operación tiene por objeto separar los sólidos suspendidos de los mismos, basado en la diferencia de gravedad específica entre el sólido y el líquido que cae en el residuo de sólidos en suspensión. El objetivo fundamental es conseguir agua residual tratada y generar un lodo cuya concentración pueda ser tratada y controlada (Metcalf, 2000).

c. Tratamiento Secundario

Es un proceso que implica un tratamiento biológico con precipitación secundaria o cualquier proceso que elimine materia orgánica. Este proceso tiene lugar en presencia de microorganismos que actúan sobre la materia orgánica presente en las aguas residuales en condiciones anaeróbicas (CENTA, 2008). Los sistemas más empleados son:

- **Depuración biológica**

Este proceso depende de la materia orgánica consumida por los organismos correspondientes, la materia orgánica se metaboliza y se disuelve en forma de gas y como el tejido tiene un peso específico mayor que el agua, se elimina por decantación. Hay cuatro grupos principales de procesos biológicos: procesos aeróbicos, procesos anóxicos, procesos anaeróbicos y procesos compuestos (Bermeo, 2016).

d. Tratamiento avanzado o terciario

Su finalidad es complementar el tratamiento primario de la limpieza de las aguas residuales sin menos cargas contaminantes, de manera que el agua pueda ser utilizada para diferentes usos. En este tratamiento influyen procesos físicos, químicos y biológicos entre los más destacados se pueden ubicar:

- Filtración múltiple.
- Destilación.
- Ósmosis inversa.
- Carbón activado.
- Precipitación química o en lodo activo.
- Electroquímicos.

- Intercambio iónico (Ramalho, 1996).

e. Manejos de lodos

En este proceso se busca reducir los subproductos que son retenidos en los primeros tratamientos formando lodos, este producto antes de su disposición final se debe acondicionar y ser tratado para reducir su materia orgánica putrescible (Rojas, 2002).

2.2.4 Normatividad del Agua

El Perú en la actualidad cuenta con varias normas para el cuidado de sus recursos renovables, asegurando que las entidades encargadas de la preservación de la calidad del agua tengan una mejor gestión, transparencia en la gestión y revisión de vertidos de aguas residuales industriales, entre las principales se encuentra:

- **Resolución Jefatural N° 058-2017- ANA**

Esta resolución establece la forma y condiciones para que los usuarios realicen la compensación económica por el uso del agua y el tratamiento de aguas residuales.

- **Resolución Jefatural N° 058-2017- ANA**

En dicha regulación se indican algunas normas que promueven la huella hídrica, su finalidad es reducir el consumo de agua en la cadena de suministro e implementar medidas de responsabilidad social en el uso de los recursos hídricos para crear valor común.

- **Resolución Jefatural N° 187-2016- ANA**

Este reglamento proporciona una guía general sobre las normas y procedimientos para la administración, seguimientos, control y coordinación de las tarifas de compensación económica por el uso del agua y las descargas de aguas residuales.

- **Ley N°28611 Ley General del Ambiente**

Esta ley suscita el tratamiento de las aguas residuales para su reusó como requisito previo para asegurar entorno de los seres vivos o las actividades que no se requieren para ello, asimismo, especifica el nivel de descarga permisible en caso de ser autorizado por la autoridad receptora.

- **Decreto Supremo N° 004-2017-MIMAM**

El reglamento permite estándares de calidad ambiental (ECA) como medida para determinar la concentración de los elementos, parámetros fisicoquímicos y biológicos en el medioambiente, y los principales componentes del ambiente (aire, suelo, agua), para evitar un riesgo grave para la salud humana y el medioambiente. El (ECA) es necesario para el desarrollo de la legislación, las políticas públicas, el desarrollo y adopción de todas las herramientas de gestión ambiental (Méndez y Marchán 2008).

- **Decreto N°003-2010-MINAM**

El D.S. N°003-2010-MINAM, es el estatuto donde se aprueba los límites máximos permisibles (LMP) para aguas residuales de PTAR tanto domésticas como municipales, para el control de concentraciones excesivas de sustancias fisicoquímicas y biológicas en las aguas residuales, para prevenir daños a la salud y al medioambiente.

Los (LMP) se definen como la concentración de las medidas fisicoquímicas y biológicas que caracteriza de las aguas residuales, cuyo exceso causa daños a la salud, a las personas y al medioambiente (Méndez and Marchán 2008).

Tabla 4.

Límites Máximos Permisibles para vertidos a cuerpos de aguas

Parámetro	Unidad	LMP de Efluentes para Vertidos a Cuerpos de Aguas
Aceites y grasas	Mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100 MI	10.000
Demanda bioquímica de oxígeno	Mg/L	100
Demanda química de oxígeno	Mg/L	200
Ph	Unidad	6.5-8.5
Sólidos totales en Suspensión	MI/L	150
Temperatura	°C	< 35

Fuente: tomada del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM (2010)

- **Norma ISO 14001:2015**

Es una norma internacional que permite a las empresas demostrar el compromiso asumido con la protección del medio ambiente, a través de la gestión de los riesgos medioambientales asociados a la actividad desarrollada.

Al asumir la responsabilidad ambiental, además de la reducción del impacto ambiental procedente de su actividad, se proyecta y se refuerza la imagen comercialmente sostenible de la empresa. La ISO 14001 asiste en la identificación y gestión de los riesgos ambientales asociados a los procesos internos de la actividad desarrollada por la organización.

Esta norma se basa en la metodología del ciclo PDCA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), su función es permitir la mejora y optimización de la gestión de recursos a través del uso racional de los mismos de este modo reduce la probabilidad de ocurrencia de riesgos ambientales, haciendo que las empresas y organizaciones demuestren su

compromiso de una gestión sostenible asegurando la mejora del desempeño (Organización Internacional de Normalización 2015).

2.2.5 Definición de Términos Básicos

Acuífero: formación geológica de material permeable capaz de contener grandes cantidades de agua (N°011-2006-VIVIENDA, 2006).

Afluente: agua u otro líquido que integra un reservorio, instalación tratamiento o proceso de tratamiento (N°011-2006-VIVIENDA, 2006).

Biodegradación: conversión de sustancias orgánicas en compuestos menos complejos por la acción de microorganismos (N°011-2006-VIVIENDA, 2006).

Criba: estructura de barras paralelas igualmente espaciadas para eliminar sólidos flotables y en suspendidos (N°011-2006-VIVIENDA, 2006).

Desecho industrial: residuos de la producción de un producto en particular (N°011-2006-VIVIENDA, 2006)

Efluente: líquido que se produce como resultado del proceso de tratamiento (N°011-2006-VIVIENDA, 2006).

Impacto ambiental: cambio o impacto en el medioambiente debido a una acción particular (N°011-2006-VIVIENDA, 2006).

Límite Máximo Permisible: medida de la concentración parámetros fisicoquímicos y biológicos, que caracterizan los residuos (Ministerio de Vivienda de Construcción y Saneamiento, 2014).

Parámetros de Calidad: propiedades fisicoquímicas y biológicas que determinan la calidad del agua (Ministerio de Vivienda de Construcción y Saneamiento, 2014).

Planta de tratamiento: infraestructura y proceso que posibilitan el tratamiento de las aguas residuales (N°011-2006-VIVIENDA, 2006,).

Proceso de lodo activados: tratamiento de aguas residuales en el que se airea una mezcla de lodos activados y aguas residuales, luego la mezcla se sedimenta para su circulación y eliminación (N°011-2006-VIVIENDA, 2006).

Reactor anaerobio de flujo ascendente: proceso aeróbico continuo de aguas residuales, en los efluentes se recirculan hacia arriba a través de un lecho de lodo o filtro para estabilizar parcialmente la materia orgánica (N°011-2006-VIVIENDA).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que existe una relación muy estrecha entre el planeamiento del estudio, la revisión de la literatura y las hipótesis; coincidiendo con Hernández (2014), que afirma: “En el enfoque cuantitativo, el investigador utiliza sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular o para aportar evidencias de los lineamientos de la investigación” (p. 36).

En cuanto al alcance de la investigación es explicativo, ya que se busca explicar cómo ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiestan, afirmando con Hernández (2014), que alega: “El estudio explicativo pretende establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian” (p. 92).

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es no experimental, ya que en dicha investigación se observa el fenómeno tal como se dan en su contexto natural para analizarlo sin manipular sus variables, como lo indica Hernández (2014): “La investigación no experimental es el estudio que se realiza sin la manipulación deliberada de variables y en lo que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlo” (p. 152). La investigación se realizó en base a un diseño transversal en donde se recolectan datos en un solo momento y en un solo tiempo.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 Población

La población de esta investigación involucra todo el sistema de tratamiento de las aguas residuales presente en el complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo.

3.3.2 Muestra

La muestra es la misma que la población, involucrando todos los procedimientos del sistema de tratamiento de las aguas residuales presentes en el complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1 Técnicas de Recolección de datos

Observación Sistemática

Para esta técnica se observaron todas las características que presenta la planta de tratamiento de agua residual, de manera que se pueda tener un registro visual de lo ocurre en sitio, tal como lo describe Bernal (2010): “la observación es una técnica de investigación científica que permite reconocer de forma directa, el objeto de estudio con la finalidad de describir y analizar las situaciones sobre la realidad estudiada” (p. 258).

Entrevista no Estructurada

Con esta técnica, se buscó una comunicación interpersonal cara a cara con el encargado del sistema de tratamiento de agua residual, con el propósito de recolectar datos para evaluar hábitos, revelar formas de comportamiento de las variables y conocer la situación actual de la planta, la entrevista se realizó de forma no estructurada; concordando con lo que indica Bernal (2010): “la entrevista busca recoger información mediante un proceso directo de comunicación entre entrevistador y entrevistado, en la cual el entrevistado responde a argumentos previamente diseñada en función de las dimensiones que se pretenden estudiar planteadas por el entrevistador” (p. 257).

Revisión de documentación

Según Bernal (2010) indica: “Es una técnica basada en el manejo de fichas bibliográficas con la finalidad de analizar el material impreso” (p. 194), para la elaboración de la propuesta fue necesario recolectar una serie de libros, revistas, investigación que sirvió para la elaboración del marco teórico y aumentar los conocimientos de los tratamientos de las aguas residuales.

3.4.2 Instrumentos de Recolección de datos

Cuestionario

Según Hernández (2014) lo define como “Es un conjunto de preguntas respecto de una o más variables que se va a medir” (p. 217), la ejecución del cuestionario se hará al personal encargado de la planta; el cual, elaborará pregunta cerradas de opción múltiple, previamente delimitadas haciendo que sea más fácil de codificar y analizar.

Ficha de observación

Por medio de material bibliográfico se observaron las principales áreas del PTAR, registrando todos los procesos y/u operaciones presentes en el sistema de tratamiento de agua residual, asegurando que la información recolectada corresponde a los objetivos de la propuesta.

Ficha de revisión documental

Esta herramienta ayudó a recopilar y clasificar todo el material bibliográfico obtenido de una serie de libros, revistas e investigaciones.

3.5 INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Para el procesamiento de los análisis de datos será utilizado el programa de Office entre ellos será el componente de Excel; en el cual, por medio de tablas, figuras y otros recursos, aportará los resultados de una base de datos. Así mismo, se aplicó herramientas estadísticas para el procesamiento de los resultados tales como:

Diagrama de Ishikawa (diagrama de causa efecto):

Es una gráfica mediante la cual los miembros de un equipo representan, categorizan y evalúan todos los posibles motivos de un resultado o reacción expresando un problema a resolver (Bernal, 2010).

Distribuidor de frecuencia

Se realizó agrupamientos de los principales problemas que causan el aumento los niveles de contaminantes en el sistema de tratamiento de agua residual, con la finalidad de evaluar la frecuencia de dichos problemas.

Análisis de Pareto

Bernal (2010) Indica que es: “técnica que estudia fuentes de problemas y las prioridades relativas de sus causas, el cual se emplea para evaluar causas de problema de calidad” (p. 199).

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo, es una empresa que se dedica a la producción agroindustrial, con la finalidad de transformar alimentos procesados con alto valor agregado aptos para el consumo humano, toda la materia prima que se procesa es proveniente de pequeños productores de las zonas rurales y cercanas en la región. Entre los principales productos que se manufacturan están: envasado de aceituna de mesa, preparación de aceite de oliva, zumo o néctares de frutas, mermelada de frutas, deshidratado de frutas o vegetales y otros productos agroindustriales en la región.

El complejo Agroindustrial cuenta con 2 plantas de procesamiento: una es para productos secos y la otra es para productos que requiere el uso de agua para su desinfección, procesamiento y lavado de materiales y equipo. Esta agua se transforma en agua residual industrial que es trasladada mediante bombas al sistema de alcantarillado a una PTAR para su transformación.

Por medio del siguiente diagrama de operaciones se puede detallar todas las actividades que realizar el PTAR:

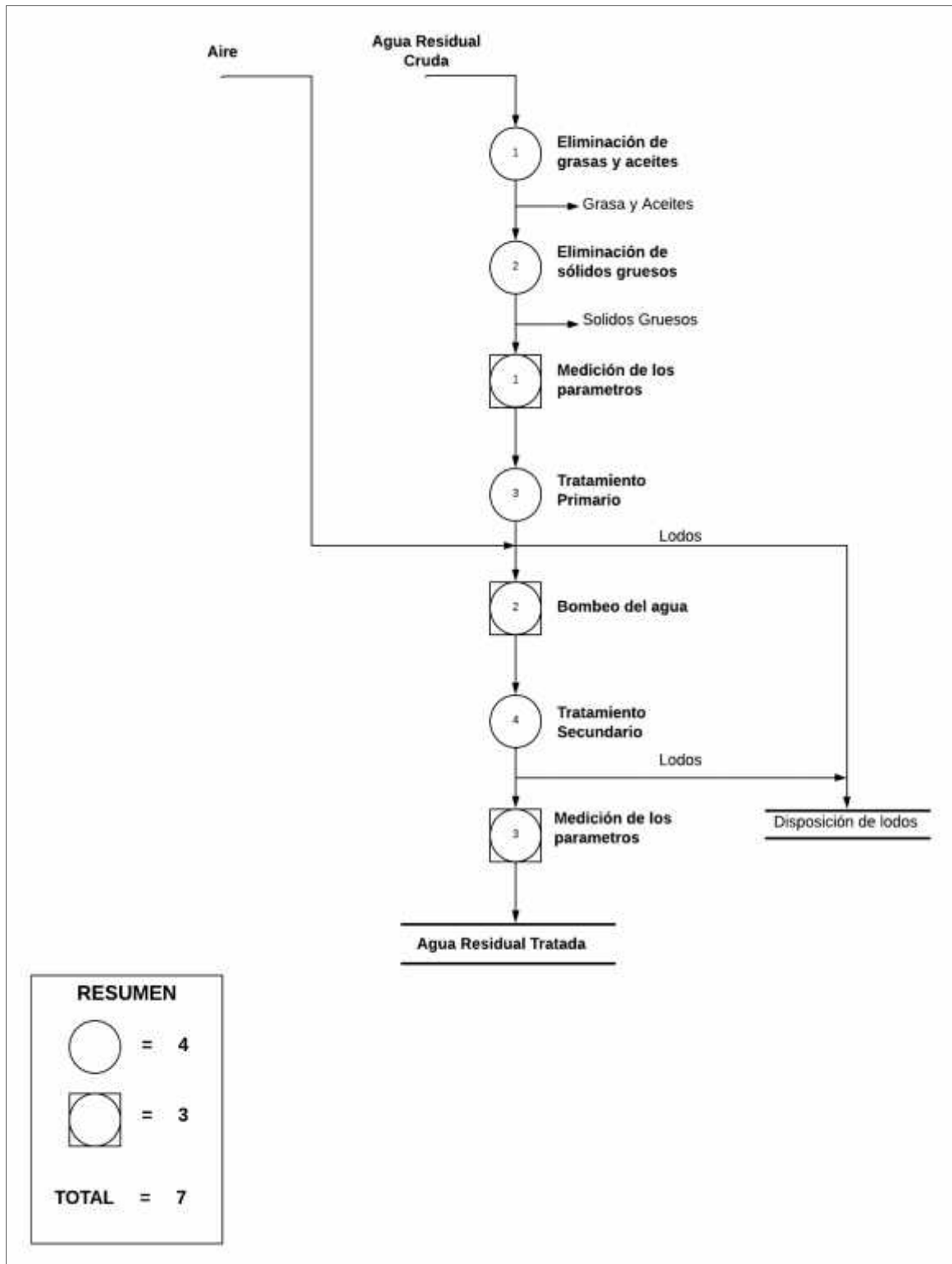


Ilustración 3. Diagrama de Operaciones de la PTAR del Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo

Fuente: Elaboración propia, realizada de acuerdo con las observaciones realizadas en el Complejo Agroindustrial de Ilo.

Las fases de esta planta constan de los siguiente:

a. Pretratamiento

Esta fase está compuesta por las siguientes operaciones:

- **Trampa de grasa:** Consiste en un tanque de flotación donde la grasa sube a la superficie en que queda mantenida y por el fondo fluye agua transparente. Esta trampa está localizada en la salida del sistema de alcantarillado del complejo agroindustrial conectando a la PTAR; revisando con el Supervisor del área, se pudo comprobar que se encuentra en buenas condiciones y opera sin problema; no obstante, se observó que la trampa se encuentra con bastante material de grasa que no ha sido eliminado, dificultando el transporte del agua residual.
- **Cribado o Desbaste:** Está formada por una reja tipo canasta, encargada de separar los sólidos gruesos que presenta el agua residual, de manera que estos sólidos no afecten las operaciones y/o procesos posteriores. En las observaciones realizadas se verificó que la canasta transcurre bastante sólida de gran tamaño haciendo que las bombas peristálticas se obstruyan y paren el proceso de tratamiento del agua residual.

b. Tratamiento Primario

- Está formado por un tanque que busca la homogeneización del flujo de entrada, manteniendo el caudal del agua residual, evitando la sedimentación, la estratificación y la aparición de olores. En esta área la planta cuenta con dos sopladores de aire, los cuales se encargan de suministrar el aire necesario para mantener vivas las bacterias, oxigenando el agua residual y dos bombas peristálticas encargadas de mantener un flujo constante del caudal y de enviar el agua residual al reactor biológico. Se observó que el tanque presenta un olor característico al agua residual, no obstante, el supervisor no tiene un registro de mantenimiento de los equipos y no cuenta con una persona que monitoree el comportamiento de los equipos.

c. Tratamiento Secundario:

- El sitio cuenta con un reactor anaeróbico con flujo ascendente y entrada de lodo conocido abreviadamente como RAFA o UASB (abreviatura en inglés), es un reactor de forma cilíndrico de material fibra de vidrio, en el que el agua residual pasa por el sistema de distribución inferior y fluye de regreso a través del medio

de unión anaeróbica, en la parte superior hay una zona de desvío de fase líquida y el gas se genera hacia arriba, saliendo un flujo claro por la parte superior.

- Una vez tratada el agua residual resultante de los reboses del RAFA, es transportada a un tanque subterráneo de almacenamiento para ser posteriormente ser enviada a la red doméstica por medio de dos bombas sumergibles. Esta área también contiene una red de tuberías que se usan para eliminar el exceso de lodo que se forma en el reactor. Actualmente no hay un personal encargado que realice el monitoreo del lodo formado.

d. Tratamiento y Disposición de lodos

- Esta área está formada por una estructura de concreto armado semienterrada que actúa para separar el lodo que se forma del reactor, el material sólido queda en la estructura de concreto, mientras que el líquido es nuevamente llevado al tanque de homogeneización para su mejoramiento. Este proceso en la actualidad no se realiza, ya que no cuenta con un cronograma de actividades para dicho proceso.
- El diagnóstico actual del funcionamiento de la PTAR se ejecutó por una entrevista estructurada realizada al supervisor de la planta y los operadores de mantenimiento y de calidad, efectuada en las instalaciones del Complejo Agroindustrial de Ilo, en donde se observó todas las áreas implicadas en el proceso de la PTAR y el comportamiento presente en cada fase.
- En el trayecto de la entrevista se utilizó como instrumento el cuestionario, con el que se procedió a realizar una serie de preguntas a todo el personal encargado de la PTAR, con el propósito de obtener un buen enfoque de la situación actual en que se encuentra la planta. Para completar las preguntas se elaboró una lista de cotejo con base en el Reglamento Nacional de Edificación N° 011-2006- VIVIENDA, Norma OS.90 PTAR, aplicable para instalaciones que requieran instalaciones y procesos en su tratamiento de aguas residuales municipales, para verter sus aguas al cuerpo receptor.

Tabla 5.

Plantilla de Diagnóstico de las Instalaciones de la Planta de Tratamiento de agua residual del Complejo Agroindustrial

Fecha:	07/02/21		
Realizado por:	Bach. Joaquel Anthony Quintero		
Ubicación	Ciudad de Ilo, Departamento Moquegua		
Objetivo de la visita	Realizar un Diagnóstico de las instalaciones de la PTAR		
Planta de Tratamiento de aguas residuales del Complejo Agroindustrial	Ítems	Cumplimiento	Observaciones
	Manual de operaciones	Si	Presenta las instrucciones del funcionamiento mencionada en el ítem 4.2.3.2 y 5.1.4.1 del RNE OS.090
	Planos de la Planta	Si	Presenta planos de la estructura de toda la Planta
	Estructura de excesos	Si	Exhibe estructura de transferencia de rebose antes del procesamiento esperado según RNE OS. 090 ítem 5.1.2
	Cerco Perimétrico	Si	Si se proporciona cerco perimetral en base al RNE OS. 090 ítem 4.2.5.
	Cribas	Si	Dispone de activación obligatoria de filtros según ítem 5.5.4.2 del RNE OS. 090; se observa que la entrada de la criba de la PTAR pasa material orgánico de 50 mm de espesor.
	Medidor de Caudal	Si	Se evidencia un medidor de caudal de tipo flujómetro electromagnético, según ítem 5.3.3.1 del RNE OS.090.
	Tratamiento Primario	Si	Se evidencia tanque de homogenización encargado de la remoción de sólidos, según ítem 5.4.1.1 del RNE OS.090, se evidencia mal olor y una coloración oscura del agua residual.
	Tratamiento Anaeróbico de Flujo de Ascendente	Si	Reactor de flujo ascendente cumple con su diseño, según ítem 5.6.3.5 del RNE OS.090 en la inspección el reactor presenta mal olor y una coloración oscura.
	Lecho de secado	Si	Cumple con las especificaciones del diseño, según 5.9.6.5. del RNE OS 090.

Fuente: Elaboración propia, preguntas adecuadas en base a (N°011-2006-VIVIENDA, 2006)

Aunque la planta cumple con el 100 % de la norma OS.90 PTAR, se observó que el agua residual presenta algunas irregularidades, tales como:

- Falta de Limpieza en la trampa de grasa.
- Exceso de sedimentos en el tanque de homogeneización.
- Deterioro de los equipos encargados de bombear y soplar el agua residual al reactor.
- No cuenta con un sistema de control para las principales operaciones y procesos que realiza el PTAR.
- Falta de inspección y supervisión del proceso.
- No se encuentra un registro documentario del PTAR.
- El personal no tiene buen conocimiento del tratamiento de agua residual.

4.2 NIVEL DE PERMISIBILIDAD

Para la identificación de los límites permisibles que realiza la planta de tratamiento de agua residual del Complejo Agroindustrial, es necesario hacer la medición de los parámetros del agua tratada mediante el protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, la cual se ejecutó en el mismo PTAR por el personal encargado del Complejo Agroindustrial de Ilo.

Los análisis que se realizaron fueron en sitio y se hicieron por medio de las siguientes normas y equipos:

Tabla 6.*Técnicas usadas en la medición de los Parámetros.*

Parámetros analizados	Unidades	Método	Recolección de Datos
pH	pH	ASTMD1293-95 “Aguas Naturales, Industriales y residuales. Determinación de pH en muestras de agua”	Potenciómetro
Sólidos suspendidos totales	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater N° 2540 SOLIDS, 1997.	Cálculos gravimétricos
Parámetros analizados	Unidades	Método	Recolección de Datos
Temperatura	°C	Method 2550 Temperature -Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, Washington, DC 20005, 19th Edition., 1995	Termómetro
Aceites y grasas	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation.	Cálculos gravimétricos

Fuente: tomada de la American Society for Testing and Materials (2010).

Como punto de monitoreo se tomaron dos lugares: el primer punto fue tomado desde la entrada principal del alcantarillado de la PTAR (Afluente) y el segundo punto fue en el alcantarillado final del PTAR (efluente), ambas muestras fueron tomadas en un recipiente limpio de material de vidrio. Una vez obtenidos los resultados, estos fueron vaciados en una tabla de resultados, similar a la del Anexo N° VIII Reporte de resultados de efluentes de PTAR.

Tabla 7.*Reporte de Resultados de Afluente y Efluentes de PTAR del Complejo Agroindustrial*

Parámetro	Tipo de Muestra	Resultados del Análisis		LMP	Eficiencia PTAR
		Afluente	Efluente		
pH, unidad	Agua Residual	7.27	7.23	6.5 - 8.5	0.55
Sólidos totales en suspensión mL/L	Agua Residual	542	251	150	53.69
Temperatura, °C	Agua Residual	26.0	24.4	< 35	6.15
Aceites y Grasas, mg/L	Agua Residual	19.89	18.58	20	6.58

Fuente: tomada del Anexo N° VIII Ministerio de Vivienda de Construcción y Saneamiento (2014).

La tabla de reporte de resultados de la PTAR del Complejo Agroindustrial de Ilo, indica que el efluente tiene un exceso en los sólidos totales en suspensión con un valor de 251 mL/L. esto es el 59.76 % de lo permitido en los límites máximos permisibles emitidos por el Decreto N°003-2010-MINAM, indicando que la planta está contaminando su efluente.

El cálculo de la eficiencia de la PTAR mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 1 Cálculo del % de Eficiencia

$$\% E = \frac{F - F}{F} \times 1$$

Donde:

% EF : Grado de Eficiencia.

FZ : Sumatoria de las cargas que ingresan a la planta.

FA : Sumatoria de las cargas que salen de la planta.

El Decreto Supremo N° 024-2017-VIVIENDA, el Artículo 17 indica Infracciones administrativas por incumplimiento de los límites máximos permisibles de descarga de la PTAR domésticas o municipales, diversas infracciones administrativas y establece el nivel de sanciones que pueden aplicarse en caso de incumplimientos de las normas pertinentes para tratar las aguas residuales. Las multas se pueden clasificar en:

- Infracciones leves con amonestaciones escritas a multa de hasta 10 UIT.
- Infracciones graves que lleva a tener multa de hasta 50 UIT.
- Infracciones muy graves que alcanzan hasta 100 UIT.

Los cálculos del monto de la multa se determinan de acuerdo con el método de cálculo de multas aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. En relación con este reglamento, se realizó una lista de chequeo para verificar que tan permisible es la PTAR y cuantas infracciones administrativas incumple en los límites máximos permisibles para su efluente final, presentando en la siguiente tabla:

Tabla 8.*Verificación de permisibilidad de la PTAR del Complejo Agroindustrial de Ilo*

N°	Ítems	Cumple	Observaciones	Infracción
8.1	Realiza Monitoreo de su Efluente	No	No posee un registro físico ni virtual del monitoreo de su agua residual.	Leve y causa Amonestación por escrito o Multa de Hasta Diez (10) UIT.
8.2	Controla otros parámetros no controlados	No	No cuenta con un sistema para controlar los parámetros indispensables del PTAR, tales como: caudal, pH, niveles de sólidos.	Leve y causa Amonestación por Escrito o Multa de Hasta Diez (10) UIT.
8.3	Presentar informe de resultados de monitoreo	No	No cuenta con ningún informe de los resultados del monitoreo de los parámetros regulados y no regulados	Leve y causa Amonestación por Escrito o Multa de Hasta Diez (10) UIT.
8.4	Cambios de los puntos de monitoreo de flujo de entrada y salida	No	No omite ni modifica los punto de monitoreo de sus aguas, parámetros o frecuencias establecidos en el instrumento de gestión ambiental.	Leve y causa Amonestación por Escrito o Multa de Hasta Diez (10) UIT.
8.5	Excede los LMP ocasionando daño al ambiente	Si	El PTAR excede de los LMP del parámetro de sólidos totales en suspensión, generando riesgo significativo para el ambiente.	Grave y conlleva Multa de hasta Cincuenta (50) UIT.
8.6	Excede los LMP ocasionando daño a la vida humana	No	Aun cuando se excede de sus sólidos totales en suspensión, este parámetro no genera un riesgo significativo para la vida o salud humana.	No genera
8.7	Excede los LMP, Generando Daño Real al Ambiente.	No	Aun cuando se excede de sus sólidos totales en suspensión, este parámetro no genera un daño real al ambiente.	No genera
8.8	Excede los LMP, Generando Daño Real a la Salud Humana.	No	Aun cuando se excede de sus sólidos totales en suspensión, este parámetro no genera un riesgo significativo para la vida o salud humana.	No genera

Fuente: tomada de El D.S. N° 024-2017-VIVIENDA, Artículo 17, (2017).

Como se puede observar, el Complejo Agroindustrial de Ilo incumple con muchos ítems que el D.S. N° 024-2017-VIVIENDA, presentando sanciones desde leves a moderadas, dichas sanciones se pueden clasificar mediante la siguiente tabla:

Tabla 9.

Escala de Sanciones

Clasificación de Infracciones Administrativa	Sanción (Multa)	Monto (S/.)
Infracciones Leves	Hasta De 10 UIT	46.000,00
Infracciones Graves	Hasta De 50 UIT	230.000,00
Infracciones Muy Graves	Hasta De 100 UIT	460.000,00

Fuente: tomada del Decreto Supremo N° 024-2017-VIVIENDA (2017, P. 29)

4.3 DETERMINACIÓN DE PROBLEMAS Y SUS CAUSAS

Por medio de la visita realizada al Complejo Agroindustrial de Ilo y con el supervisor se observó algunas irregularidades que presenta la PTAR, las cuales por medio de un diagrama de Ishikawa, se pudo reflejar todos los principales problemas que presenta el sistema de tratamiento de agua residual.

En la elaboración del diagrama de Ishikawa se tomó como principal problema el aumento de los niveles de contaminantes, con las observaciones y la entrevista realizada al personal encargado de la PTAR, se analizó todos los factores involucrados en el desempeño del proceso, analizando e identificando 10 causas que afectan considerablemente al sistema de tratamiento de agua residual, dichas causas fueron organizadas por categoría, se obvió el parámetro medio ambiente ya que se encontraron medios que afecta la PTAR, obteniendo los siguientes resultados:

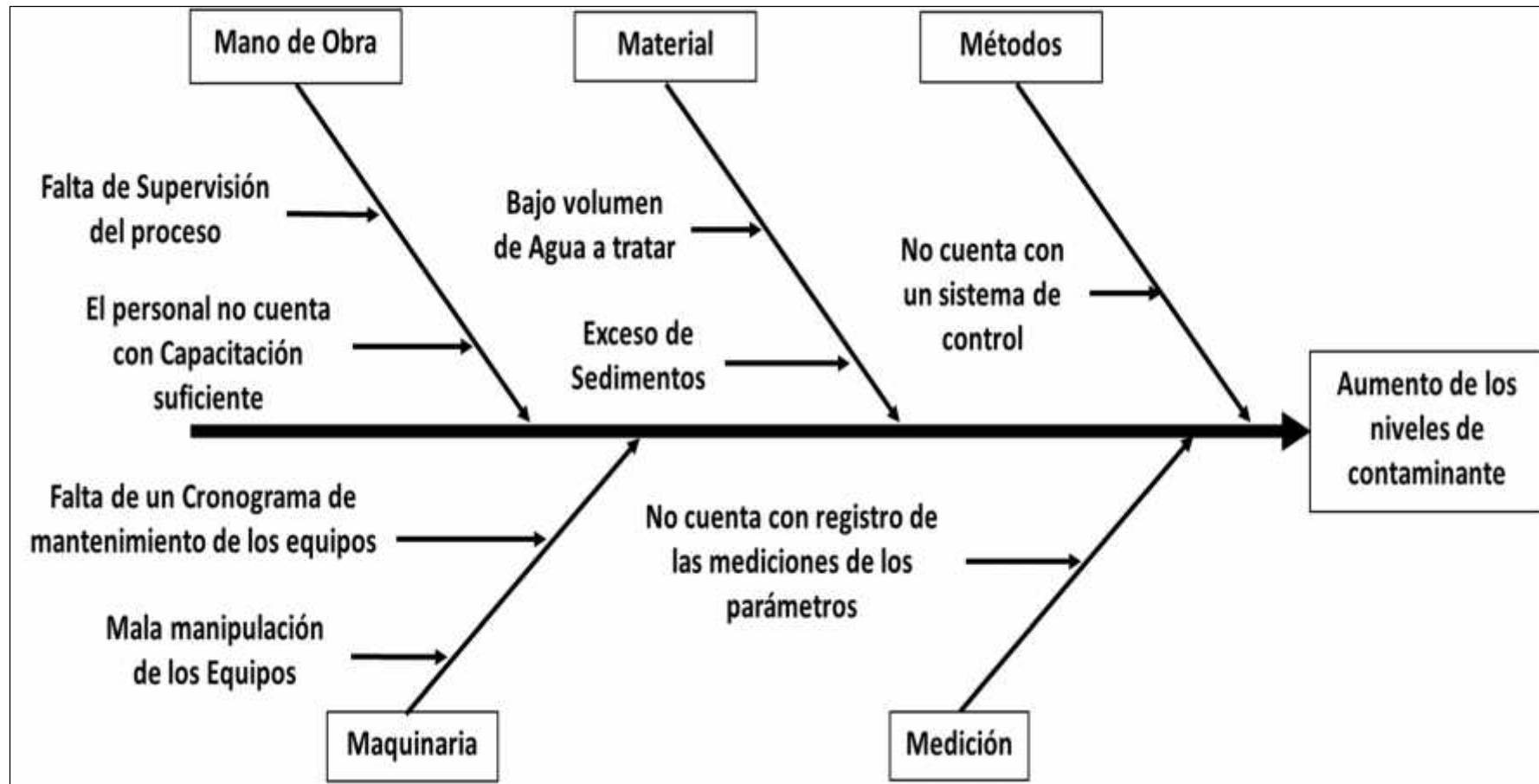


Ilustración 4. Diagrama de Ishikawa

El diagrama se presentó a todo el personal encargado del sistema de tratamiento de agua residual mediante un sencillo cuestionario, en el cual, por medio de una pregunta cerrada solicitando en relación con su criterio, identificará las tres principales causas que actualmente está afectando considerablemente los niveles de contaminantes en la PTAR del Complejo Agroindustrial de Ilo, para ello se le presentó la siguiente plantilla:

Tabla 10.

Plantilla de Cuestionario de los principales problemas que afecta el sistema de tratamiento de agua residual

Cargo:
INSTRUCCIONES
A continuación, se presenta la siguiente pregunta, elija las primeras causas que afecte los niveles de contaminantes en el tratamiento de agua residual, enumere las 4 principales causas a partir del siguiente orden: 4. Máximo. 3. Grande. 2. medio. 1. Bajo.
1. ¿Según su apreciación cuales son las principales fallas que presenta el PTAR para que aumente sus niveles de contaminantes? Bajo volumen de agua a tratar. Exceso de sedimentos. Falta de mantenimiento de los equipos. No cuenta con un sistema de control. Mala manipulación de los equipos Falta de supervisión del proceso. Falta de Capacitación al personal. No se encuentra un registro documentario.

Estos datos fueron tabulados para realizar un diagrama de Pareto, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 11.

Principales Causas de los aumentos de los niveles de contaminantes en el Complejo Agroindustrial

N° de causa	Causas	frecuencia	%	Acumulado	% acumulado
1	Exceso de sedimentos.	18	30,0 %	18	30 %
2	No cuenta con un sistema de control.	16	26,7 %	34	57 %
3	Falta de supervisión del proceso.	10	16,7 %	44	73 %
4	Falta de mantenimiento de los equipos.	8	13,3 %	52	87 %
5	No se encuentra un registro documentario.	5	8,3 %	57	95 %
6	Mala manipulación de los equipos.	1	1,7 %	58	97 %
7	Bajo volumen de agua a tratar.	1	1,7 %	59	98 %
8	Falta de Capacitación al personal.	1	1,7 %	60	100%
Total		63	100 %		

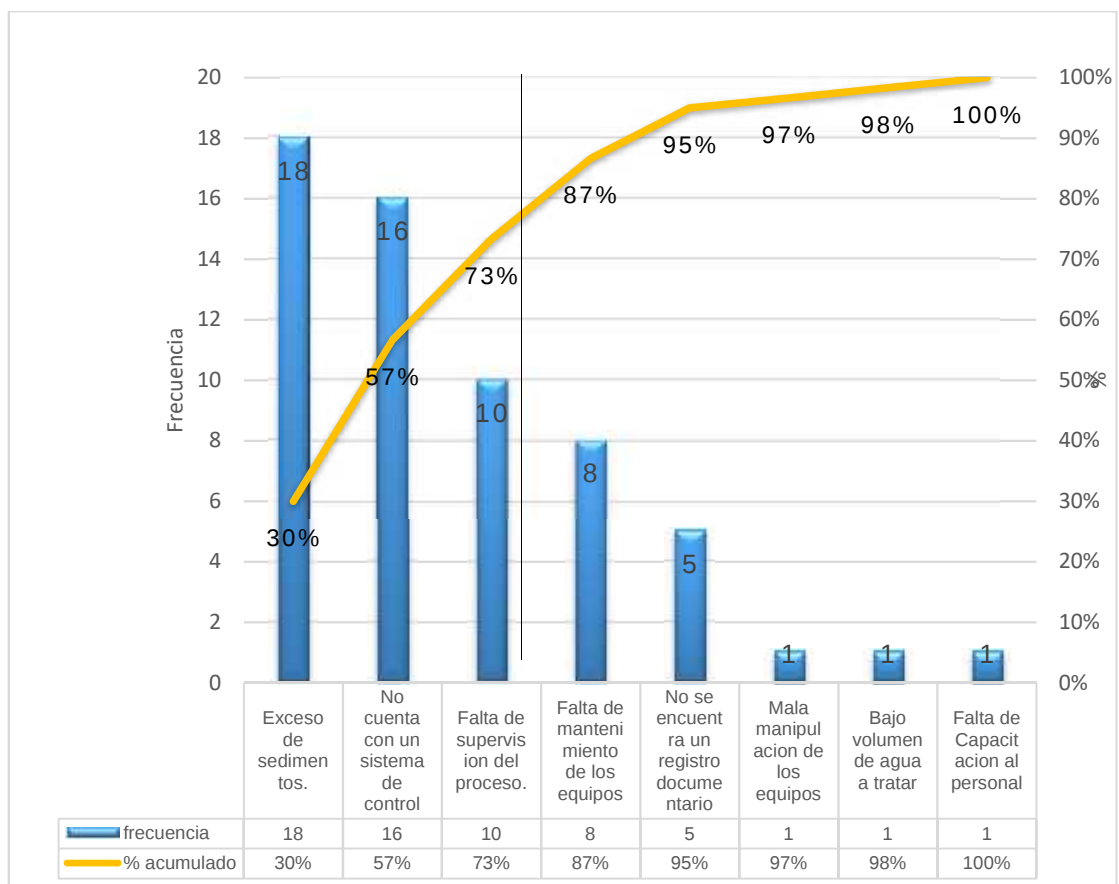


Ilustración 5. Diagrama de Pareto sobre principales problemas que presenta la planta
Fuente: realizado en base al cuestionario realizado al personal encargado de la PTAR.

El diagrama indica que el 87 % de los principales problemas que presenta el sistema de tratamiento de agua residual, radica en un exceso de sedimentos con un porcentaje de frecuencia de 30 %, 26.7 % indica que no cuenta con un sistema de control, 16.7 % por falta de supervisión del proceso y 13.3 % por no tener un mantenimiento adecuado de los equipos.

Según la entrevista con el personal encargado, el problema del exceso de sedimentos en la PTAR, reside en que en el tanque homogenizador se encuentra una canasta tipo criba que actúa para remover sólidos de gran tamaño; la canasta tiene una forma rectangular de 20 cm por lado y una altura de 50 cm aproximadamente, cerrada por barras paralelas de 2 cm de ancho con una separación de 1 cm por barra.

Esta separación es muy amplia haciendo que entre grandes sólidos de tamaño 0.5 cm. de grosor al homogenizador causando que las bombas peristálticas se fuercen y se obstruyan, produciendo que el sistema de tratamiento del agua residual disminuya al igual que acorte la vida de los equipos.

Los excesos de sedimentos han sido cotidianos y afecta constantemente la operatividad de las bombas peristálticas, a tal punto que han llegado a quedar inoperativas, ocasionado que la PTAR quede totalmente inoperativa y paralizando todo el proceso de saneamiento.

En cuanto al segundo problema que presenta la PTAR del Complejo Agroindustrial de Ilo, respecto a no contar con un sistema de control que permita medir el estado del sistema de tratamiento y verificar si se debe modificar algo en sus procesos y/u operaciones, es un grave problema ya que corre los riesgos de incurrir en sobrecostos de equipos y maquinaria, afectando la eficiencia en sus procesos y a futuro, ocasionar posteriores penalidades y sanciones por entes gubernamentales.

El tercer problema reside en que la PTAR no tiene una supervisión de sus procesos y/u operaciones, haciendo que no se identifique y analice las situaciones anormales del proceso, causando potenciales problemas de seguridad del personal y afectación de la producción de la empresa.

El último problema, es la falta de mantenimientos que presentan los equipos, este problema es debido a las malas inspecciones, una falta de supervisión de todos los equipos del proceso, provocando situaciones peligrosas, accidentes y problema en los equipos, sin contar el cierre de operaciones de la planta de tratamiento de agua residual.

4.4 PROPUESTA DE MEJORA

Una vez identificado las principales causas del aumento de los niveles de contaminantes en la planta de aguas residuales del Complejo Agroindustrial, se plantean algunas alternativas de mejoramiento, por medio de los análisis realizados en el campo y por el diagrama de Ishikawa, es necesario corregir los dos principales problemas, el primero es el exceso de sedimentos que están afectando los resultados del análisis fisicoquímico de la planta, el segundo es la implementación de un sistema de control que coadyuve a mejorar todos los procesos y operaciones que se tiene en la planta.

4.4.1 Exceso de Sedimentos

Según el diagrama de Ishikawa, el 30 % de los problemas que presenta la PTAR reside en el exceso de los sedimentos; para solventar este inconveniente, se requiere hacer un diseño mejorado de la canasta ubicada en el tanque homogenizador del tratamiento primario, el cual consistirá en soldar dicha cesta en la parte externa con una malla de alambre de material acero inoxidable de 0.1 mm. y con una apertura entre sus barras de 4.08 mm. de esta manera no podrán entrar restos de sólidos menores a 1 cm.

Con la implementación de esta mejora se busca la reducción de los sólidos más grandes, de esta manera la PTAR trabajaría de una forma confiable aumentando la seguridad de los procesos y equipos, evitando la obstrucción de las conexiones de tuberías que conecta el tratamiento primario con el secundario, como también el sobreesfuerzo de las bombas periféricas que traslada el agua residual del homogenizador al reactor de flujo ascendente.

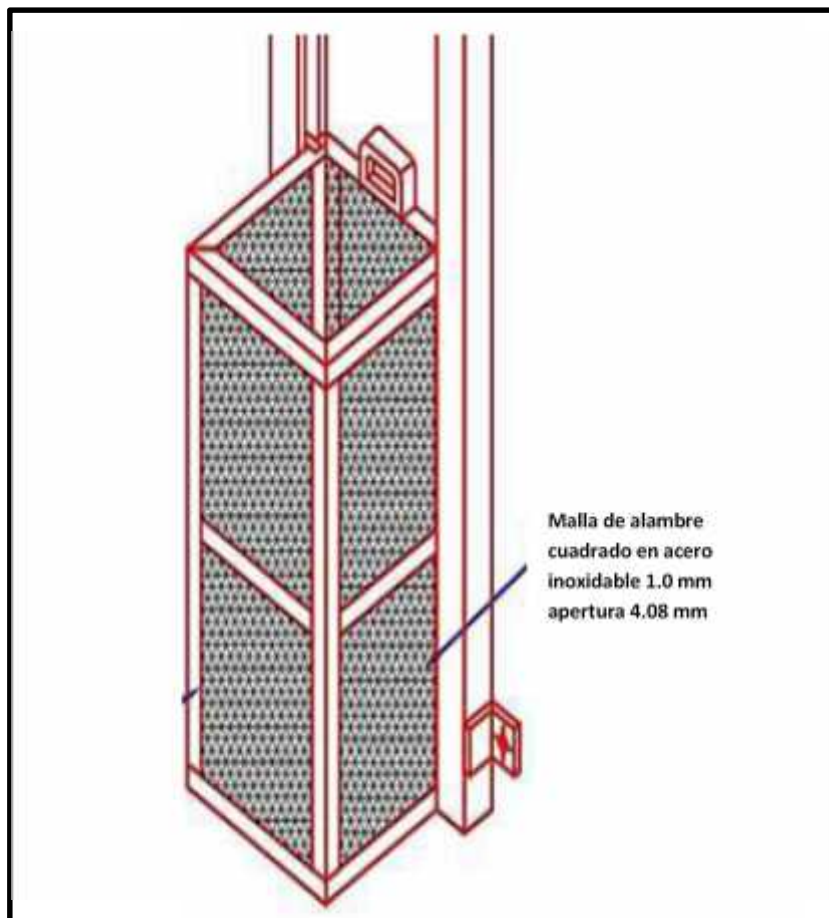


Ilustración 6. Modificación de la Canasta

4.4.2 Sistema de control

Los sistemas de control proporcionan un enfoque más estratégico de la planificación y el control de la producción, de manera que pueda maximizar la capacidad y el rendimiento de la misma, reprogramar mantenimiento y controlar los tiempos de inactividad de cada fase.

En base al diagrama de Ishikawa, el segundo problema que presenta la planta de agua residual, es la ausencia de un sistema de control de procesos con un 26,7 % de frecuencia; no obstante, creando dicho sistema, se estima que las actividades de la PTAR tengan beneficios significativos para la mejora continua de sus procesos, de manera que los siguientes problemas disminuyan:

- Falta de supervisión de los procesos con un 16,7 % de frecuencia.
- Falta de mantenimiento de los equipos con un 13,3 % de frecuencia.
- Falta de un registro documentario con un 8,3 %.
- Mala manipulación de los equipos con un 1,7 % de frecuencia.

Para ello es necesario crear un cronograma de actividades de la PTAR, con la finalidad de llevar un registro de las actividades necesarias para mantener la operación del sistema de tratamiento; así mismo, es preciso que cada actividad tenga un responsable tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 12.

Cronograma de actividades del PTAR

Operación a Realizar	Responsable	Frecuencia
Inspección visual general.		
Verificación del funcionamiento de los motores, parada, movimiento de los interruptores y otras funciones del panel de control.	Operador	Diaria
Encendido de sopladores, bomba de succión y bombas electrosumergibles.		
Limpieza de trampas de sedimentos.	Operador	Semanal
Limpieza de trampa de grasa.	Operador	Mensual
Operación a realizar	Responsable	Frecuencia
Inspección visual de cada mecanismo para identificar anomalía en el proceso.		
Verificación de existencia de ruidos anormales y/o vibraciones.	Operador	Mensual
Mantenimiento de tanque primario, secundario y lecho de secado.	Operador	Mensual

Fuente: tomada del manual de operación de PTAR.

La PTAR cuenta con un conjunto de tareas preventivas de todos sus equipamientos, para ello se propone realizar un cronograma de mantenimientos preventivos a los equipos y materiales, con la finalidad de ampliar al máximo posible la vida útil de la instalación, presentando la siguiente tabla:

Tabla 13.*Mantenimientos de los equipos y materiales del PTAR*

Equipo y Materiales	Frecuencia	Actividad A Realizar
Bombas Peristálticas	3 meses	
Sopladores	3 meses	Medición Eléctrica, comprobación de sensores, cambio de lubricantes, lubricación de cojinetes, limpieza de ventilador y limpieza general.
Bombas electrosumergible	3 meses	Medición Eléctrica, comprobación de sensores, cambio de lubricantes, lubricación de cojinetes y limpieza general.
Medidor de Caudal	1 años	Verificación y funcionalidad del equipo y limpieza general.
Mangueras	1 año	Cambios de mangueras
Tuberías	1 año	Limpieza manual y superficial, recubrimiento de pintura anticorrosiva.

Fuente: tomada de los manuales de los equipos del Complejo Agroindustrial de Ilo.

La PTAR debe de tener un registro de sus controles de análisis de laboratorio, el cual servirá para dar seguimiento de cómo entra y sale el agua residual, esto es prioridad, ya que ayudará a buscar las fuentes de errores cuando el agua supere los límites máximos permisibles. Estos análisis deben de tener una frecuencia determinada en base al comportamiento del Complejo Agroindustrial de Ilo, tal como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 14.*Controles de análisis de laboratorio*

Parámetros	Frecuencia	Áreas
pH	Diaria	Entrada y Salida de la PTAR
Sólidos Totales en Suspensión	Diaria	
Oxígeno Disuelto	Diaria	
Temperatura	Diaria	
Aceites y grasas	Mensual	

Estos controles deben ser monitoreados y reportados en un informe que documente todos los parámetros regulados y no regulados, para garantizar el cumplimiento con el artículo 17 del D.S. N° 024-217, el cual indica que todo PTAR debe realizar un monitoreo de su efluente, indicando sus parámetros regulados y no regulados y si no cumple con esta indicación, le puede resultar en una amonestación por escrito o multas de hasta 10 UIT.

Es necesario que los operarios ante alguna irregularidad o problema tengan un formato de reporte de falla, el cual reportará cualquier anomalía que presente todo el PTAR que pueda afectar la seguridad de los procesos y/u operaciones, manteniendo la comunicación con el equipo de trabajo referentes a cualquier irregularidad presente, brindándole una excelente oportunidad para tomar acciones preventivas y correctivas en caso de un accidente, para ello se presenta el siguiente reporte:

Tabla 15.

Ejemplos del Reporte de Fallas

Reporte de Fallas					
Datos	Fecha	Hora		Duración	
Inicio:	03/02/22	09:00 am.	Día	Horas	Minutos
Fin:	03/02/22	12:58 pm.	Lunes	04	58
Descripción del Problema					
La bomba peristáltica se encuentra parada					
Acciones Correctivas					
1. Se revisó la bomba observando que se encuentra bloqueada con sedimentos.					
2. Se realizó limpieza de la tubería.					
3. Se dejó operativa el equipo.					
Elaborado Por:	Operario de Planta		Aprobado Por	Jefe de Planta	

4.5 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE LA MEJORA

En esta sección se contemplan los costos de las mejoras al proceso de tratamiento de agua residual requeridas para implementar la alternativa seleccionada, teniendo en cuenta los costos de los materiales que arrojan la mejor alternativa durante la experimentación y la caracterización.

4.5.1 Costo de mejoramiento de Canasta de sedimentos

El mejoramiento de la canasta, deber ser realizada por un técnico soldador profesional que pueda trabajar con una malla de material de acero inoxidable AISI-304, con un espesor 1 mm. y apertura de 4.8, los costos se pueden detallar en la siguiente tabla:

Tabla 16.

Costos de Mejoramiento de Canasta

Materiales necesarios		Unidades	costo (soles/.)	total
Materia Prima	Malla de Acero inoxidable	2,4	180,00	432,00
	Ángulo	1,0	70,00	70,00
	Varilla de soldadura	2,0	16,00	32,00
	Pintura	0,5	40,00	20,00
Total, Insumo de Materia Prima (S/.)				554,00
Mano de Obra	Técnico Soldador	1	250	250,00
Total, en Costos de mejoramiento de la canasta				804,00

4.5.2 Mano de Obra para el manejo de la PTAR

Esta función estará a cargo de la contratación de un operario, debe contar con una profesión de técnico ambiental, esta persona se encargará de todo el funcionamiento operativo de la PTAR, teniendo en cuenta que el salario de un operario debe determinar el costo de la hora laboral del empleador y las horas invertidas.

$$\frac{1.300 \text{ S/.}}{20 \text{ día}} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ ho}} = \frac{8.125}{\text{ho}}$$

El mantenimiento y operativa de la PTAR tomará un tiempo aproximado de 3 horas y 1 hora para llenado de los formatos, en total serian 4 horas por día; por tanto, el salario del operario será:

$$\frac{\text{S/. } 8.125}{\text{h li}} * \frac{4 \text{ ho}}{1 \text{ día}} * \frac{20 \text{ día}}{1 \text{ m}} = \frac{\text{S/. } /. 650}{\text{m}} = \frac{\text{S/. } 7.800}{\text{año}}$$

4.5.3 Gastos de energía de los equipos

La planta cuenta con 4 bombas y dos sopladores; las dos primeras bombas son peristálticas y los dos sopladores se encuentran ubicados en el tanque homogenizador, las dos últimas bombas son sumergidas y se ubicaN en el tanque de almacenamiento. El costo total de energía gastado es de:

Tabla 17.*Costos eléctricos de los equipos*

Equipos	Consumo día (kW) (h)		Consumo (kW/día)	Costo (Soles/h)	Costo Consumo (soles/día)	Costo Consumo (soles/año)
02 Bombas peristálticas	0,37	24	17,76	0,2	3,55	1 296,48
02 Sopladores	0,6	24	28,80	0,2	5,76	2 102,40
02 Bombas sumergibles	0,75	4	6,00	0,2	1,20	438,00
TOTAL					3 836,88	

4.5.4 Mantenimiento de equipos de la PTAR

Los costos asociados al mantenimiento de equipos, se basan en un mantenimiento preventivo a las maquinarias, el cual incluye lubricación de sus partes, chequeo eléctrico y pintura para protección de equipo; así mismo, se tiene contemplado la contratación de un vector para la remoción de lodos y grasas el cual se realizará una vez al año.

Tabla 18.*Costos de Mantenimiento de Equipos*

Equipos	Costo de Equipo	Cantidad	Costo de Mantenimiento de equipo
Bombas Peristálticas	360,00	2	36,00
Sopladores	1 200,00	2	120,00
Bombas Sumergibles	789,00	2	78,90
Total			234,90

Tabla 19.*Contratación de servicio de Vector*

Servicio	Costo
Contratación de un Vector	220,00

4.5.5 Análisis de costos en base a la propuesta planteada

En base a todos los gastos calculados en que la empresa incurre con la propuesta planteada, se determina la inversión mediante la siguiente tabla:

Tabla 20.

Costos totales de la propuesta planteada

Costo Relacionado	Costo anual (Sol/.)
Mejoramiento de Canasta de Sedimentos	804,00
mano de obra (contratación de un operario)	7 800,00
Gastos de energía de los Equipos	3 836,88
Mantenimiento de los Equipos de Planta	234,90
Contratación de un servicio de Vector	220,00
Costos Totales de la propuesta planteada	12 895,78

4.6 EXPECTATIVAS DE LA PROPUESTA DE MEJORA

Los ensayos de laboratorio indicaron que las aguas residuales de la PTAR del complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo, muestran en su efluente 251 mL/L. de sólidos totales en suspensión, aun sabiendo que su límite máximo permisible es de 150 mL/L., presentando un aumento de 59 % fuera de su límite; no obstante, se estima que al mejorar la canasta ubicada en el tanque homogenizador del tratamiento primario se atrape el 50 % de estos sólidos, obligando a la planta a optimizar sus procesos de mejoramiento del agua residual, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 21.

Mejoramiento del agua Residual de la PTAR

Muestra	Sólidos Totales En Suspensión (MI/L)
Entrada del agua residual en la actualidad	542
Salida del agua residual en la actualidad	251
Entrada del agua residual con malla mejorada	271
Salida del agua residual con malla mejorada	125.5

Así mismo, en la tabla 7 Verificación de permisibilidad de la PTAR del Complejo Agroindustrial de Ilo, se pudo identificar que la planta no cumple con muchos ítems, esto le puede causar infracciones tanto leves como graves, según la tabla 22 Expectativas de la propuesta de mejora, se aprecia que tan solo una infracción de tipo leves puede tener una

sanción de 10 UIT que equivale a S/. 46 000,00; en tanto, el Complejo Agroindustrial de Ilo solo requiere de una inversión de S/. 12 895,78. aproximado para levantar todas sus observaciones y mantener su funcionamiento correctamente.

Por esta razón es indispensable que el Complejo Agroindustrial pueda realizar esta propuesta, para evitar esta sanción y de este modo demuestre su compromiso y la responsabilidad de conservar el medio ambiente; así mismo, pueda cumplir con todas las normas exigidas por las políticas del estado peruano y entes gubernamentales encargados de la protección de los recursos hídricos.

Tabla 22.

Expectativas Económicas de la Propuesta de Mejora

Monto Total para la Propuesta (Sol/.)	Monto (Sol/.) de ser Sancionada 10 UIT
12 895,78	46 000,00

CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Se realizó el diagnóstico actual para reducir los niveles de contaminantes por medio de visitas a las instalaciones de la PTAR y entrevistas a todo el personal encargado del Complejo Agroindustrial de la ciudad Ilo, para ello se realizaron varias plantillas para evaluar el cumplimiento con base a normas ambientales vigentes en el Perú, en la cual, se evidenció algunas oportunidades de mejoras tales como: limpieza en la trampa de grasa, exceso de sedimentos en el tanque de homogenización, deterioro de sus equipos, razones entre otras por las cuales, el agua residual no es tratada correctamente.
- SEGUNDA:** Se evaluaron los límites permisibles del Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo por medio de análisis de laboratorio, monitoreando que el efluente de la PTAR exceden el límite máximo permisible alrededor del perímetro del contenido total de sólidos en suspensión con un valor de 251 mL/L. mientras que el Decreto N° 003-2010-MINAM indica que su límite debe ser menor a 150 mL/L. revelando que la planta está contaminando su efluente; así mismo, se verificó la permisibilidad de la PTAR por medio del Decreto Supremo N° 024-2017-VIVIENDA, evidenciando que la planta no cumple con algunos ítems de la norma, como los monitoreos de sus aguas, controles de los parámetros de control, informes de resultados de sus parámetros, entre otros, indicando que el Complejo Agroindustrial de la Ciudad de Ilo posee algunas infracciones leves a graves que pueden ser sancionadas hasta con 50 UIT.
- TERCERO:** Se encontraron como principales problemas el exceso de sedimentos, falta de métodos adecuados de control de procesos, la ausencia de una programación de actividades y de supervisión de sus operaciones; la cual, ocasiona, la inoperatividad de algunos equipos y procesos vitales de la PTAR; lo que ocasiona que se envíen aguas residuales por encima de los límites máximos permisibles de contaminantes.
- CUARTA:** Como principales soluciones para reducir los niveles de contaminantes en el diseño de propuestas para mejorar el sistema de tratamiento de aguas residuales se plantean: reforzar la canasta que se encuentra en el tanque homogenizador, con la finalidad de controlar los excesos de sedimentos en la PTAR, implementar un sistema de control que permita medir, comprobar

y controlar todas las variables que garanticen la operación óptima del sistema y como última solución, se busca mejorar la supervisión de sus procesos y operaciones para evitar situaciones peligrosas, accidentes y problemas en los equipos.

QUINTO: El costo aproximado que se generará para la implementación de las propuestas de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales es de S/. 12 895,78.

SEXTO: La disminución de riesgos con respecto a la implementación de la propuesta compensa con creces los costos asociados a la misma, lo que garantizará una reducción en el contenido de sus sólidos totales en suspensión, para que se alcance el límite máximo permisible de acuerdo con las normas ambientales y evitará futuras sanciones en el Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo que pudiese llevar al cierre de la instalación.

RECOMENDACIONES

Ampliar la evaluación de parámetros como demanda bioquímica o química de oxígeno, coliformes termo tolerantes entre otros, que permitan verificar la calidad de la salida del agua residual.

Diseñar una estrategia para proporcionar un uso adecuado al agua tratada para permitir la optimización de los procesos dentro de las instalaciones del Complejo Agroindustrial de Ilo.

Realizar adiestramientos al personal encargado de la PTAR, para incrementar conocimientos técnicos y concientizar la importancia de la buena práctica y operación del sistema.

Evaluar la implementación de un tratamiento terciario o biológico para mejorar la calidad del agua residual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERMEO, M., Tratamiento de aguas residuales: técnicas convencionales, 2da ed. Segunda ed. Guayaquil, 2016. ISBN 9789942138729. [en línea] Disponible en: http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/68/1/COMPLETO_libro_agua_UltimoPDF.pdf.
- BERNAL, C. Metodología de la investigación. 2da. ed. Bogotá: Pearson Educación, 2010 ISBN 978-958-699-129-2.
- CENTA. Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Centa, Secretariado de Alianza por el agua, Ecología y Desarrollo, 2008, pp. 264. Disponible en: <http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf>.
- FERNÁNDEZ, J. Diagnóstico, Evaluación y Planteamiento de mejora en la planta de aguas residuales (PTAR) para una empresa procesadora de pescados y productos del mar en la ciudad de Guayaquil. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador, 2020. 69 pp. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21060/1/UPS-GT003418.pdf>
- FERNÁNDEZ, R. Pretratamientos / Aguas, 2015, pp. 50. Disponible en: https://www.eoi.es/sites/default/files/savia/documents/pretratamientos_magua_2016_rfd_rev0.pdf
- GARCÍA, J. 2018. Propuesta de mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales de la vereda Campoalegre, en el corregimiento de Montebello de Santiago de Cali. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2018. 119 pp. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10158/T07820.pdf>
- HERNÁNDEZ S. Metodología de la Investigación. 6ta. ed. México D.F.: Editorial: McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2014. ISBN 9781456223960.
- HUARACHI, Y. Propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales del matadero Municipal de Tacna. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Tacna: Universidad Privada de Tacna, 2020. 101 pp. Disponible en: <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1527/Huarachi-Nunes-Yannela.pdf>
- MADRID, J. Propuesta para mejorar el sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales y reducir los niveles de contaminantes en la empresa industrial pesquera Santa Mónica S.A. PAITA. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Piura:

- Universidad Cesar Vallejo, 2020. 145 pp. Disponible en:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60738?locale-attribute=es>
- MÉNDEZ, J. y MARCHÁN, J. Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de Aguas Residuales En Las EPS del Perú y propuestas de polución. SUNASS, 2008. 80 pp. Disponible en:
http://www.proagua.org.pe/files/de62b65581b727d66847f48aa52fbbfd/Libro_PTA_R.pdf.
- METCALF, E. Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. Volumen 1. 3ra. Ed. Madrid: McGraw-Hill. 2000. ISBN 0070416907.
- MILLAN, C., LÓPEZ, A. y POLANIA, L. Propuesta de Mejora del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la Empresa Somos K S.A. Bogota: Fundación Universidad de América. 2018. 157 pp.
- MINISTERIO de Vivienda de Construcción y Saneamiento. Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. El peruano, 2014. 6–10 pp. Disponible en:
<http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1057.pdf>
- N°011-2006-VIVIENDA, D.S. Reglamento Nacional de edificaciones, 2006. Disponible en:
<https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y-urbanismo/documentos/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>
- OEFA. Fiscalización ambiental en aguas residuales. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014. 42 pp. Disponible en:
https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.
- ORGANIZACIÓN Internacional De Normalización, ISO 14001 Sistemas de Gestión Ambiental — Requisitos con orientación para su uso. 2015.
- QUIROZ, S., MENÉNDEZ, C. e IZQUIERDO, E. Ciencias Tecnológicas C / T. Portoviejo: s.n. 2019. ISBN 9789942948403.
- RAMALHO, R. Tratamiento de Aguas Residuales. Quebec: Editorial Reverte S.A., 1996. ISBN: 84-291-7975-5
- ROMERO, J., 1999. Tratamiento de Aguas Residuales. 3ra. ed. Bogotá. ISBN 958-8060-13-3.
- ROJAS, R., 2002. Conferencia Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. Gestión Integral De Tratamiento De Aguas Residuales [en línea], Disponible en:
<datateca.unad.edu.co/.../ARESIDUAL2012.../fundamentoaguasresiduales...>
- ROMERO, J. Calidad del Agua. 3ra. ed. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009. 484 pp. ISBN 978-958-8060-83-5.

UNESCO. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas. 2017 Disponible en: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf.

URDANETA, K. Propuesta de mejora para la gestión de la Planta de Tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello - Extensión Guayana. Tesis (Título de Ingeniero Industrial. Guyana: Universidad Católica Andres Bello, 2021. 249 pp. Disponible en: <https://saber.ucab.edu.ve/xmlui/handle/123456789/20086>

ANEXOS

Anexo 1: Registros Fotográficos

Figura







Anexo 2: Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables y dimensiones	Métodos
Pregunta General ¿Qué posibles propuestas pueden mejorar el sistema de tratamiento de aguas residuales en aras de reducir los niveles de contaminantes de un complejo Agroindustrial en la ciudad de Ilo, en el 2022? Preguntas Específicas 1. ¿Cuál es la situación actual de los niveles de contaminantes del complejo Agroindustrial en la ciudad de Ilo, en el 2022? 2. ¿En qué medida el complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo, cumple con los límites permisibles para los efluentes? 3. ¿Cuáles son las causas de los niveles de contaminantes en el Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo? 4. ¿Qué acciones serán adecuadas para reducir los niveles de contaminantes en el Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo, en el 2022? 5. ¿Cuál será el costo de las acciones planteadas para el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en el Complejo Agroindustrial de Ilo, en el 2022?	Objetivo General Diseñar una propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales para reducir los niveles de contaminantes del Complejo Agroindustrial en la ciudad de Ilo, en el 2022. Objetivos Específicos 1. Realizar un diagnóstico actualizado del sistema de tratamiento de aguas residuales en el Complejo Agroindustrial en la ciudad de Ilo, en el 2022. 2. Identificar los límites permisibles de contaminantes presentes en las aguas residuales del complejo Agroindustrial en la ciudad de Ilo, en el 2022. 3. Determinar las causas que intervienen en los niveles de contaminantes presente en las aguas residuales de un Complejo Agroindustrial en la ciudad de Ilo, en el 2022. 4. Plantear acciones para elaborar una propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales. 5. Determinar el costo de la propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales.	Hipótesis General El diseño de una propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales reducirá los niveles de contaminantes en el de un complejo Agroindustrial en la ciudad de Ilo, en el 2022. Hipótesis Específicas 1. La realización de un diagnóstico actual permitirá conseguir un diseño de mejorar el sistema de tratamiento de aguas residuales para reducir los niveles de contaminantes en el Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo, en el 2022. 2. La Identificación de los límites permisibles ayudará a obtener un diseño adecuado para la mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales para reducir los niveles de contaminantes en el Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo en el 2022. 3. La determinación de las causas que intervienen en los niveles de contaminantes permitirá obtener el diseño de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales para reducir los niveles de contaminantes en el Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo, en el 2022. 4. La planeación de acciones ayudará a obtener el diseño de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales para reducir los niveles de contaminantes en el Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo, en el 2022. 5. La determinación de los costos permitirá lograr el diseño de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales para reducir los niveles de contaminantes en el Complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo, en el 2022.	Variable Independiente Propuesta de mejora del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales. Dimensiones - Diagnóstico Actual - Nivel de Permisibilidad - Causas - Planeación de Acciones - Determinación de Costos Variable Dependiente Reducción de Niveles de Contaminantes Dimensiones - Sólidos Presentes - Acidez - Oxigenación - Conductancia	Tipo de investigación Cuantitativo Alcance Explicativo Diseño de la Investigación No experimental Transversal Población y muestra Todo el sistema de tratamiento de las aguas residuales presente en el complejo Agroindustrial de la ciudad de Ilo Técnica de recolección de datos - Observación Sistemática - Entrevista no estructurada - Revisión de documentación Instrumentos de Recolección de datos - Cuestionario - Ficha de observación - Ficha de revisión documentaria

Anexo 3: Cuestionarios Aplicados

Cargo: Jefe de Operaciones

INSTRUCCIONES

A continuación, se presenta la siguiente pregunta, elija las primeras causas que afecte los niveles de contaminantes en el tratamiento de agua residual, enumere las 4 principales causas en base al siguiente orden:

4. Máximo.

3. Grande.

2. medio.

1. Bajo.

1. ¿Según su apreciación cuales son las principales fallas que presenta el PTAR para que aumente sus niveles de contaminantes?

Bajo volumen de agua a tratar

04 Exceso de sedimentos.

03 Falta de mantenimiento de los equipos.

02 No cuenta con un sistema de control.

Mala manipulación de los equipos

01 Falta de supervisión del proceso.

Falta de Capacitación al personal.

No se encuentra un registro documentario.

Cargo: Supervisor de Calidad

INSTRUCCIONES

A continuación, se presenta la siguiente pregunta, elija las primeras causas que afecte los niveles de contaminantes en el tratamiento de agua residual, enumere las 4 principales causas en base al siguiente orden:

4. Máximo.

3. Grande.

2. medio.

1. Bajo.

1. ¿Según su apreciación cuales son las principales fallas que presenta el PTAR para que aumente sus niveles de contaminantes?

Bajo volumen de agua a tratar

04 Exceso de sedimentos.

02 Falta de mantenimiento de los equipos.

03 No cuenta con un sistema de control.

Mala manipulación de los equipos

01 Falta de supervisión del proceso.

Falta de Capacitación al personal.

No se encuentra un registro documentario.

Cargo: Supervisor de Planta

INSTRUCCIONES

A continuación, se presenta la siguiente pregunta, elija las primeras causas que afecte los niveles de contaminantes en el tratamiento de agua residual, enumere las 4 principales causas en base al siguiente orden:

4. Máximo.

3. Grande.

2. medio.

1. Bajo.

1. ¿Según su apreciación cuales son las principales fallas que presenta el PTAR para que aumente sus niveles de contaminantes?

Bajo volumen de agua a tratar

04 Exceso de sedimentos.

03 Falta de mantenimiento de los equipos.

02 No cuenta con un sistema de control.

Mala manipulación de los equipos

01 Falta de supervisión del proceso.

Falta de Capacitación al personal.

No se encuentra un registro documentario.

Cargo: Jefe de Mantenimiento

INSTRUCCIONES

A continuación, se presenta la siguiente pregunta, elija las primeras causas que afecte los niveles de contaminantes en el tratamiento de agua residual, enumere las 4 principales causas en base al siguiente orden:

4. Máximo.

3. Grande.

2. medio.

1. Bajo.

1. ¿Según su apreciación cuales son las principales fallas que presenta el PTAR para que aumente sus niveles de contaminantes?

Bajo volumen de agua a tratar.

Exceso de sedimentos.

Falta de mantenimiento de los equipos.

03 No cuenta con un sistema de control.

Mala manipulación de los equipos.

04 Falta de supervisión del proceso.

01 Falta de Capacitación al personal.

02 No se encuentra un registro documentario.

Cargo: Operario de Planta 1

INSTRUCCIONES

A continuación, se presenta la siguiente pregunta, elija las primeras causas que afecte los niveles de contaminantes en el tratamiento de agua residual, enumere las 4 principales causas en base al siguiente orden:

4. Máximo.

3. Grande.

2. medio.

1. Bajo.

1. ¿Según su apreciación cuales son las principales fallas que presenta el PTAR para que aumente sus niveles de contaminantes?

Bajo volumen de agua a tratar

02 Exceso de sedimentos.

Falta de mantenimiento de los equipos.

04 No cuenta con un sistema de control.

01 Mala manipulación de los equipos.

Falta de supervisión del proceso.

Falta de Capacitación al personal.

03 No se encuentra un registro documentario.

Cargo: Operario de Planta 2

INSTRUCCIONES

A continuación, se presenta la siguiente pregunta, elija las primeras causas que afecte los niveles de contaminantes en el tratamiento de agua residual, enumere las 4 principales causas en base al siguiente orden:

4. Máximo.

3. Grande.

2. medio.

1. Bajo.

1. ¿Según su apreciación cuales son las principales fallas que presenta el PTAR para que aumente sus niveles de contaminantes?

01 Bajo volumen de agua a tratar.

04 Exceso de sedimentos.

Falta de mantenimiento de los equipos.

02 No cuenta con un sistema de control.

Mala manipulación de los equipos.

03 Falta de supervisión del proceso.

Falta de Capacitación al personal.

No se encuentra un registro documentario.
