



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA MEJORA EN LA ESTRUCTURA Y LIMPIEZA DE UN
SISTEMA DE RETENCIÓN DE GRASAS Y SÓLIDOS PARA UNA PLANTA DE
PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS ENVASADOS**

Jonathan David García Cardenas

Asesorado por el M.Sc. Ing. Elmar Donald Ortega Lima

Guatemala, octubre de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA MEJORA EN LA ESTRUCTURA Y LIMPIEZA DE UN
SISTEMA DE RETENCIÓN DE GRASAS Y SÓLIDOS PARA UNA PLANTA DE
PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS ENVASADOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JONATHAN DAVID GARCÍA CARDENAS

ASESORADO POR EL M.SC. ING. ELMAR DONALD ORTEGA LIMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

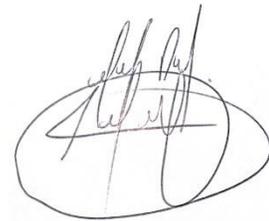
DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Inga. María Martha Wolford Estrada
EXAMINADOR	Inga. Sherly Gabriela Herrera Escobar
EXAMINADOR	Inga. Suriel Cristina Aballí Herwing
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA MEJORA EN LA ESTRUCTURA Y LIMPIEZA DE UN SISTEMA DE RETENCIÓN DE GRASAS Y SÓLIDOS PARA UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS ENVASADOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha de abril de 2022.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'Jonathan David García Cardenas'.

Jonathan David García Cardenas



EEPFI-PP-0559-2022

Guatemala, 26 de abril de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

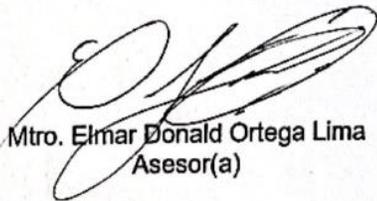
Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA MEJORA EN LA ESTRUCTURA Y LIMPIEZA DE UN SISTEMA DE RETENCIÓN DE GRASAS Y SÓLIDOS PARA UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS ENVASADOS**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Diseño e implementación de proyectos industriales**, presentado por el estudiante **Jonathan David García Cardenas** carné número **201503920**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

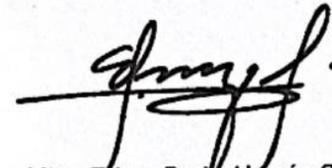
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Mtro. Elmar Donald Ortega Lima
Asesor(a)




Mtro. Hugo Humberto Rivera Perez
Coordinador(a) de Maestría


Mtro. Edgar Darío Alvaréz Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIMI-0559-2022

El Director de la Escuela Ingenieria Mecanica Industrial de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA MEJORA EN LA ESTRUCTURA Y LIMPIEZA DE UN SISTEMA DE RETENCIÓN DE GRASAS Y SÓLIDOS PARA UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS ENVASADOS**, presentado por el estudiante universitario **Jonathan David Garcia Cardenas**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in blue ink is written over a circular official stamp. The stamp contains the text: "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS", "DIRECCION", "Escuela de Ingenieria Mecanica Industrial", and "FACULTAD DE INGENIERIA".

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingenieria Mecanica Industrial

Guatemala, abril de 2022

LNG.DECANATO.OI.716.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA MEJORA EN LA ESTRUCTURA Y LIMPIEZA DE UN SISTEMA DE RETENCIÓN DE GRASAS Y SÓLIDOS PARA UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS ENVASADOS**, presentado por: **Jonathan David García Cardenas**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, octubre de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por haberme permitido realizar una más de mis metas.
Mis padres	David García y Mildred Cárdenas, por haberme criado con valores, brindarme de amor incondicional, apoyarme e impulsarme para conseguir mis metas.
Mi hermano	Manuel García Cárdenas, por su apoyo y compañía durante mi vida.
Mi novia	Andrea García, por su apoyo y amor demostrado en estos meses.
Mis abuelas	Victoria Hernández y Virginia Vides (q. d. e. p.), por sus sabias enseñanzas, amor y apoyo durante toda mi vida.
Mis amigos	Ximena Fuentes, Iván Mejía, Erick Ixcamparic, Julio Pérez y Bryan Herrera, por ser amigos de confianza y apoyarme durante toda mi vida universitaria.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser el <i>alma mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
Planta de Producción	Por haberme brindado la oportunidad de realizar mis prácticas, ser mi primera experiencia laboral y darme las facilidades para conseguir mi sueño.
Gerentes de Empresa	M.Sc. Ing. Elmar Ortega y Lic. Juan Fernando Tres quienes bondadosamente me permitieron llevar a cabo esta investigación dentro de la empresa.
Familia y amigos en general	Por apoyarme en todos los procesos para alcanzar mis sueños.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3.1. Información general	5
3.2. Descripción del problema	6
3.3. Formulación del problema	6
3.4. Delimitación del problema	9
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	15
7. MARCO TEÓRICO	19
7.1. Información general	19

7.1.1.	Productos elaborados	20
7.2.	Grasas y aceites comestibles.....	20
7.3.	Lodos	21
7.4.	Usos de grasas y lodos extraídos	22
7.5.	Trampas de grasas	23
7.5.1.	Partes de trampa de grasa	24
7.5.2.	Instalación	26
7.5.3.	Procedimiento de extracción de grasas	27
7.6.	Retenedor de sólidos	29
7.7.	Planta de tratamiento de aguas residuales	31
7.7.1.	Fases de una PTAR	31
7.7.2.	Planificación de diseño de PTAR	34
7.8.	Aguas residuales.....	34
7.9.	Marco legal de PTAR	36
7.10.	Marco legal para límites máximos permisibles para entes generadores nuevos.....	38
7.11.	Marco legal para parámetros de aguas de reúso	38
7.12.	Marco legal de parámetros para lodos	40
7.12.1.	Artículo 43 “Aplicación al suelo”	42
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	43
9.	METODOLOGÍA	47
9.1	Características del estudio	47
9.2	Unidades de análisis	49
9.3	Variables	49
9.4	Fases del estudio	51
9.4.1	Fase 1: exploración bibliográfica	51
9.4.2	Fase 2: gestión o recolección de la información.....	52

9.4.3	Fase 3: análisis de información	53
9.4.4	Fase 4: interpretación de información.....	54
9.4.5	Resultados esperados	55
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	57
11.	CRONOGRAMA.....	59
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	61
13.	REFERENCIAS.....	63
14.	APÉNDICES.....	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Árbol de problemas	8
2.	Esquema de solución	17
3.	Figura de trampa de grasa y aceites	27
4.	Partes de retenedor de sólidos	31

TABLAS

I.	Parámetros de calidad asociado de DBO	37
II.	Parámetros y límites máximos permisibles para reúso	40
III.	Parámetros y límites máximos permisibles para lodo	41
IV.	Variables de pregunta auxiliar 1	49
V.	Variables de pregunta auxiliar 2	50
VI.	Variables de pregunta auxiliar 3	50
VII.	Cronograma de actividades	59
VIII.	Recursos necesarios para la investigación	61

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H₂O	Agua
cm	Centímetro
CO₂	Dióxido de Carbono
°C	Grados Celsius
g/ml	Gramos sobre litros
=	Igual que
kg	Kilogramo
l	Litros
m	Metro
m³	Metro cúbico
mg/kg	Miligramos sobre cada kilogramo
mg/l	Miligramos sobre cada litro
mm	Milímetros
%	Porcentaje
+	Suma
t	Tiempo

GLOSARIO

Afluente	Agua que ingresa a una planta de tratamiento de aguas residuales o sistema retenedor.
Almacenamiento	Operación conducente al depósito transitorio de desechos líquidos, en condiciones que aseguren la protección al medio ambiente y a la salud humana.
AR	Aguas residuales
Cargas Orgánicas	Contenido de compuestos de carbono presentes en un efluente.
Cianuro total	Suma de cianuros orgánicos, iones de cianuro libre, complejos cianurados y cianuro ligado a metales simples.
Coliformes Fecales	Bacteria facultativamente anaeróbica.
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno.
Desechos Líquidos	Aquellos residuos que se producen por las actividades del hombre o por los animales, que normalmente son líquidos y que son desechados como inútiles o superfluos.

DQO	Demanda Química de Oxígeno.
Efluente	Agua saliente de un complejo industrial.
Fósforo Total	Suma de todas las formas de fósforos presentes en el agua.
GAR	Grasas y Aceites Residuales.
Grasas comestibles	Grasas obtenidas de producciones de alimentos dentro de una planta de producción.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Lodos	Sedimentos orgánicos acumulados en la parte inferior de una trampa de grasa.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
Nitrógeno Total	Indicador de la suma de nitrógeno orgánico e iones de amonio presente en una muestra de agua.
Operador	Persona natural que realiza cualquiera de las operaciones o procesos que componen el manejo de los residuos líquidos, ya sea el generador de los mismos o no.
Potencial de Hidrógeno	Indicador de iones de hidrógeno en disoluciones.

PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
Reciclaje	Toda actividad que permita reaprovechar un residuo sólido mediante un proceso de transformación para cumplir su fin inicial u otros fines.
Retenedor de Sólidos	Equipo para retención de sólidos presentes en agua saliente de planta de producción.
Sólidos Suspendidos	Porción de sólidos retenidos por un filtro.
TCR	Temperatura del cuerpo receptor.
Trampa de grasa	Equipo para separación de grasas del agua proveniente de planta de producción mediante densidades.
UPH	Unidades de potencial de hidrogeno.
UPC	Unidades platino cobalto.
VMA	Valores Máximos Admisibles.

RESUMEN

La contaminación de una planta de tratamiento de aguas residuales es generada por diversos factores, tales como un diseño inadecuado de una trampa de grasa y retenedor de sólidos, descargas de agua que sobrepasen capacidad instalada la de trampa de grasa y retenedor de sólidos o baja frecuencia de limpiezas de equipo. La problemática se resume en la pregunta central ¿De qué forma puede ser minimizada la contaminación de una planta de tratamiento de aguas mediante un diseño adecuado de una trampa de grasa y retenedor de sólidos?

La contaminación de una planta de tratamiento de aguas residuales impacta en la productividad y economía de una industria, por esa razón se pretende reducir los niveles de descargas de agua y mermas que ingresen a la trampa de grasa y retenedor de sólidos, esto mediante el aumento de rendimientos de operaciones unitarias, estandarización de procedimientos de limpieza y propuesta de diseño de trampa de grasa y retenedor de sólidos. Los objetivos del informe se enfocan en analizar costos por inversión de equipo, optimización de procedimientos de limpieza y análisis de rendimientos de operaciones unitarias.

La metodología para la solución del problema planteado comienza por el análisis de los rendimientos de las operaciones unitarias para poder reducir las mermas y agua enviadas hacia la trampa de grasa y retenedor de sólidos, posteriormente se realiza una propuesta de un diseño de una trampa de grasa y retenedor de sólidos que se ajuste a los niveles de descarga de la industria. Finalmente, se plantea la estandarización de procedimientos de limpieza dentro

de la planta de producción y de la trampa de grasa y retenedor de sólidos, con el objetivo de minimizar descargas de agua que provoquen arrastre de material orgánico hacia la planta de tratamiento de aguas residuales.

La reducción de costos generados por exceso de mermas y exceso de consumos de agua, reducción tiempos de limpieza excesivos, estandarización de procedimientos de limpieza y aumento de eficiencia de trampa de grasa y retenedor de sólidos son algunos de los resultados que se esperan obtener con el informe de investigación.

Asimismo, se concluye que la investigación es factible, gracias al apoyo de la empresa con algunos recursos económicos y la facilitación de información para elaboración del informe de investigación.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación de una planta de tratamiento de aguas residuales es provocada por una deficiente retención de grasas y sólidos, en una trampa de grasas y retenedor de sólidos, a causa de la sobrecarga de la capacidad de los equipos mencionados. Es importante encontrar una solución al problema mencionado dado que, en caso de contaminación de una planta de tratamiento, puede haber consecuencias económicas, productivas y sociales para la empresa. La aplicación de metodologías de análisis de operaciones unitarias, procedimientos de limpieza y eficiencia de equipo retenedor, se consideran necesarias para llevar a cabo la solución de la problemática.

El informe de investigación propone una solución cooperativa, dado que se realizará una propuesta de un diseño de una trampa de grasa y retenedor de sólidos; se enfocará en metodologías de limpieza y producción para el cumplimiento del objetivo principal del informe de investigación: reducir la contaminación de una planta de tratamiento de aguas residuales. Dicho objetivo deriva en el análisis del impacto que puede tener la inversión de la propuesta de diseño del equipo, las posibles mejoras en los procedimientos de limpieza dentro de la planta de producción y equipo retenedor; los posibles beneficios de las reducciones de descargas de mermas mediante el análisis de rendimientos de operaciones unitarias.

La solución se determinará mediante el análisis de rendimientos de operaciones unitarias y mejorarlos, dado que, a mayor merma, menor será la eficiencia de la trampa de grasa y retenedor de sólidos. Posteriormente se planea un cambio en el diseño de la trampa de grasa y retenedor de sólidos, así como

la estandarización de los procedimientos de limpieza dentro de la planta de producción y del equipo retenedor.

Algunos de los resultados esperados con el presente informe de investigación son, la reducción de contaminación en la planta de tratamiento de aguas residuales, reducción de mermas desechadas al drenaje, estandarización de procedimientos de limpieza para reducir consumos de agua, tiempos y aumentar productividad de la planta de producción.

Los capítulos del presente informe, cuentan con información relevante con respecto al tema de investigación y problemática planteada. El resumen hace referencia a una síntesis de todo el trabajo, la justificación menciona la necesidad de la elaboración de la investigación, se presenta un esquema de solución junto con las necesidades a cubrir en la investigación, marco teórico con información técnica sobre temas relacionados a la investigación, la metodología de la solución con sus respectivas técnicas de análisis, el cronograma, factibilidad del proyecto y las referencias consultadas.

2. ANTECEDENTES

A medida de brindar apoyo para la información en el siguiente informe de investigación se obtienen algunos antecedentes:

Según Pallomaro (2009), la separación de restos sólidos y grasas alimenticias, provenientes de tuberías de plantas de producción para negocios proveedores de alimentos, es un tema a considerar para la correcta protección de instalaciones sanitarias de un complejo, esto es posible gracias al uso de una trampa de grasa. Se utiliza como método la flotación y la sedimentación de todo el material graso.

Asimismo, es relevante reducir cargas orgánicas para poder minimizar deterioros en una PTAR y en tuberías, según el informe publicado por (Robles, 2019), *Diseño de un equipo que intercepte los sólidos y grasas para evitar la contaminación del sistema de alcantarillado de la ciudad de Huanuco, Perú.*

Según Carreño, Iglesias, y Carrillo (2015), la presencia de una trampa de grasa evita cualquier contaminación de aguas y efluentes, asimismo hace referencia al aprovechamiento de fibras naturales para su elaboración.

De igual forma, Chinchilla (2015) informa sobre el desequilibrio obtenido en aguas grises, debido a la presencia de materia orgánica, posiblemente ocasionado por el paso nulo en un sistema retenedor.

Según Wastech (2018) la limpieza de grasas en las industrias debe de ser abordado a la brevedad, el fin es poder reducir arrastre de sólidos hacia una

PTAR o alcantarillado. Los procedimientos adecuados de limpieza y una asesoría oportuna, pueden minimizar la contaminación ambiental ocasionado por arrastre de materia orgánica.

EMONA (2018), explica que la implementación de 4 factores (acciones mecánicas, químicas, temperaturas y tiempo) pueden permitir una limpieza adecuada de equipo de producción, los factores combinados reciben el nombre de Círculo de Sinner.

Hernández (2019), el uso de una trampa de grasa permite separar los aceites, mediante cristalería de laboratorio y evaporación del agua, el fin de la separación es para ser reutilizadas como aditivos para alimentos de animales, jabones o cosméticos.

De igual forma, Pineda (2011), hace referencia a la extracción y aprovechamiento de la grasa obtenida en una trampa de grasa para restaurantes de comida rápida, lo extraído puede ser materia prima para la elaboración de cera para muebles, cremas lustradoras de zapatos o jabones.

Según Alfonso-Álvarez, Carpinteyro-Chavéz, Vélez-Zamorano, y Teón-Vega (2017), con el fin de reducir el impacto ambiental, los lodos obtenidos en una trampa de grasa pueden ser aprovechados para la elaboración de biofertilizantes y aditivos secundarios.

Al respecto, Núñez (2019), brinda un dato sobre la eficiencia del sistema para separación de grasas y retención de sólidos, para ello determina puntos para toma de muestras y elaborar un análisis de la eficiencia del sistema instalado.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Productos y Servicios de Restaurantes S. A., ha aumentado debido al aumento de los volúmenes de producción en una industria; algunos de los desechos contaminantes más comunes son grasas y sólidos suspendidos, en el agua de producción que desemboca a la planta de tratamiento. La presencia de materia orgánica provoca el aumento de DBO, parámetro químico que aumenta gracias a la presencia de microorganismos presentes en las aguas residuales. Asimismo, los costos de producción aumentarán a causa de rendimientos bajos de operaciones unitarias, altos consumos de agua de limpieza y tiempos de limpieza dentro de planta de producción prolongados.

3.1. Información general

La empresa Productos y Servicios de Restaurantes S.A. cuenta con una planta de producción de alimentos envasados, los procesos productivos de los alimentos hacen uso, en la mayoría de casos, de grasas comestibles (aceites), que son desechados posteriormente en las tuberías, que llegan a la planta de tratamiento de aguas residuales.

En los últimos meses, la demanda de productos de la planta de producción ha aumentado; así como, los niveles de grasas y mermas resultantes en la producción de alimentos; existen protocolos de limpieza dentro de la planta de producción, sin embargo, se ha reportado presencia elevada de grasas y sólidos dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales, lo cual genera gastos por limpiezas e incumplimientos con legislación ambiental.

3.2. Descripción del problema

El exceso de material orgánico que no logra ser retenido en una trampa de grasa y un retenedor de sólidos, desembocan en una planta de tratamiento de aguas residuales; la acumulación de materia orgánica provoca la proliferación de microorganismos de difícil tratamiento, siendo depositados nuevamente en cuerpos acuíferos naturales. Asimismo, las consecuencias por la falta de estandarización de procedimientos de limpieza dentro de la planta de producción, trampa de grasa y retenedor de sólidos; van desde la caída de la productividad de la fábrica hasta pérdida de eficiencia de la trampa de grasa y retenedor de sólidos.

Esta contaminación es, presumiblemente, generada por procedimientos de extracción no estandarizados de grasas y sólidos, diseño de trampa de grasa y retenedor de sólidos inadecuado para retención de materia orgánica, rendimientos bajos de operaciones unitarias que generan exceso de mermas arrojadas al drenaje, altos consumos de agua, empleados para limpieza de equipo de producción y limpieza general de la planta.

3.3. Formulación del problema

Para el desarrollo de la investigación sobre el tema previamente mencionado, se definen las siguientes preguntas, apoyándose en antecedentes investigados:

Pregunta central

¿De qué forma puede ser minimizada la contaminación de una planta de tratamiento de aguas mediante un diseño adecuado de una trampa de grasa y retenedor de sólidos?

Preguntas auxiliares

- ¿Los registros de cantidades retenidas son de utilidad para identificar ahorros, causados por la inversión en un equipo para retención de grasas y sólidos de aguas de producción?
- ¿Los planes de limpieza de la trampa de grasa, retenedor de sólidos y equipo de la producción, son los adecuados para la reducción del paso de contaminantes?
- ¿De qué manera se puede disminuir la necesidad de limpiezas del equipo de producción, para disminuir la cantidad de sólidos desechados por el drenaje hacia la trampa de grasa y retenedor de sólidos?

Figura 1. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word.

3.4. Delimitación del problema

La presencia de contaminantes en aguas provenientes de la planta de producción toma lugar en una bodega, dentro de un complejo de Ofibodegas.

La problemática tiene como fundamento la toma de muestras en áreas específicas del sistema, dichas tomas ocuparán alrededor de 3 meses, para poder tener los suficientes datos estadísticos para determinar los niveles de DBO y DQO en el agua, indicadores químicos sobre los niveles de bacterias en el agua y contaminación de la misma, así como metros cúbicos de agua usados para limpieza, tiempos de limpieza dentro de planta de producción, trampa de grasa y retenedor de sólidos y cantidades de mermas generadas de las operaciones unitarias, para cuantificar cantidades de materia orgánica desechada por drenaje hacia retenedor de sólidos y trampa de grasa.

La propuesta de diseño de la trampa de grasa y retenedor de sólidos es necesaria, para la retención adecuada de materia orgánica y evitar la contaminación de la planta de tratamiento de aguas residuales, asimismo la mejora en los procedimientos de limpieza dentro de la planta de producción, trampa de grasa y retenedor de sólidos para reducir gastos por exceso en consumos de agua utilizados para limpieza, reducir cantidad de mermas arrojadas al drenaje para evitar sobrepasar capacidad de equipo retenedor y ahorro de tiempos de limpieza, para aumentar productividad de la planta de producción.

4. JUSTIFICACIÓN

La investigación realizada se sustenta en la línea de investigación de Innovación y en la rama de Relación Tecnología-Productividad de la Maestría de Gestión Industrial. Con la mejora en la estructura del equipo se pretende la reducción de los agentes contaminantes, que son recibidos en la planta de tratamiento de aguas residuales, mientras se aumenta la productividad de la planta de producción de alimentos; con la estandarización de procesos de limpieza de la trampa de grasa, el retenedor de sólidos y los procesos de limpieza dentro de la planta de producción se plantea la reducción de tiempos improductivos y gastos por mermas y consumos de agua.

La elaboración del informe de la investigación detallará las mejoras propuestas para una trampa de grasa y retenedor de sólidos, con el objetivo de mejorar la retención de materia orgánica, que provoca la contaminación de la planta de tratamiento de aguas residuales, del complejo de Ofibodegas en donde está localizada la empresa.

Asimismo, se plantea una mejora en los procesos de limpieza dentro de la planta de producción, trampa de grasa y retenedor de sólidos; para reducir tiempos improductivos de limpieza, a la vez que aumenta la productividad. También se plantea un análisis de rendimientos de operaciones unitarias, para evitar cantidad de mermas enviadas a trampa de grasa y retenedor de sólidos, que puedan provocar rebalse de la capacidad del equipo retenedor; los resultados servirán de precedente, para las empresas que desean crear consciencia, del impacto generado por el manejo deficiente de materia orgánica presente en aguas de producción.

Entre los resultados esperados están la reducción de contaminación de la planta de tratamiento de aguas residuales, el aumento de la productividad de la planta de producción y rendimientos, reducción de tiempos por limpieza de equipos, reducción de consumo de agua en planta de producción y el cumplimiento con la legislación ambiental vigente.

La investigación será de beneficio para las empresas que se dediquen a la producción de alimentos envasados, pues dará una guía sobre cómo reducir la contaminación de una planta de tratamiento de aguas residuales, a la vez que se aumenta la productividad, se reducen gastos generados por procedimientos de limpieza inadecuados y rendimientos bajos de operaciones unitarias.

De igual forma, se beneficiará al pueblo de Guatemala, con la reducción de los contaminantes de efluentes de agua y ríos cercanos; las grasas alimenticias no retenidas provocan que el agua no sea apta para el consumo humano, dado que forma un ambiente ideal para la proliferación de bacterias dañinas para el ser humano.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Proponer mejora de estructura en trampa de grasa y retenedor de sólidos para agua proveniente de planta de producción de alimentos envasados para minimizar contaminación de planta de tratamiento de aguas residuales.

5.2. Específicos

- Analizar el impacto en los costos causado por la inversión de un equipo adecuado para la retención de grasas y sólidos provenientes de las aguas de producción mediante el estudio de registros y análisis periódicos de las cantidades retenidas.
- Plantear un plan de optimización de procedimientos de limpieza del equipo de producción de la planta, trampa de grasa y retenedor de sólidos mediante los resultados obtenidos por el análisis de las cantidades retenidas.
- Determinar las causas de las mermas de sólidos y grasas de los diferentes procesos de producción desechados al drenaje de la planta mediante el estudio de rendimientos de las operaciones unitarias mediante balances de masa.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La investigación tiene como principales objetivos aumentar la productividad de la planta de producción, reducir costos generados por rendimientos de operaciones unitarias y minimizar el impacto ambiental causado por la poca retención de grasas y sólidos provenientes del agua de la planta de producción. Mediante el informe elaborado se podrá justificar la inversión en equipo y tiempo, para la estandarización de procedimientos de limpieza y capacitación de operarios.

La necesidad de una mejora en el diseño de la trampa de grasa y el retenedor de sólidos actuales, se debe a la poca retención de grasas comestibles y sólidos en agua saliente de una planta de producción; los efectos provocados son altos gastos por la limpieza de ambos equipos y remoción de aceites, presentes en la planta de tratamiento de aguas residuales. De igual forma, la necesidad de estandarizar los procedimientos de limpieza interna para aumentar productividad dentro de la planta de producción, así como la mejora de rendimientos de operaciones unitarias, para reducir la cantidad de desechos sólidos arrojados hacia la trampa de grasa mediante el drenaje.

En esta investigación se busca aumentar la productividad dentro de la planta de producción, minimizar gastos y tiempos improductivos por limpiezas, aumentar eficiencia de trampa de grasa y retenedor de sólidos y reducir el impacto ambiental causado por la contaminación de una planta de tratamiento de aguas residuales.

La investigación aportará información sobre el procedimiento de la solución que se propone para la problemática documentada. El proceso se desarrolla por varias etapas, las cuáles se ordenan de forma cronológica, para poder garantizar el éxito de cada una de ellas y exista un control documentado para cada etapa.

La solución inicia con la recolección de datos sobre consumos de agua para limpieza, recolección de materia orgánica extraída de la PTAR y del equipo retenedor, datos sobre los rendimientos de las operaciones unitarias, mermas, la eficiencia del equipo retenedor y tiempos de limpieza.

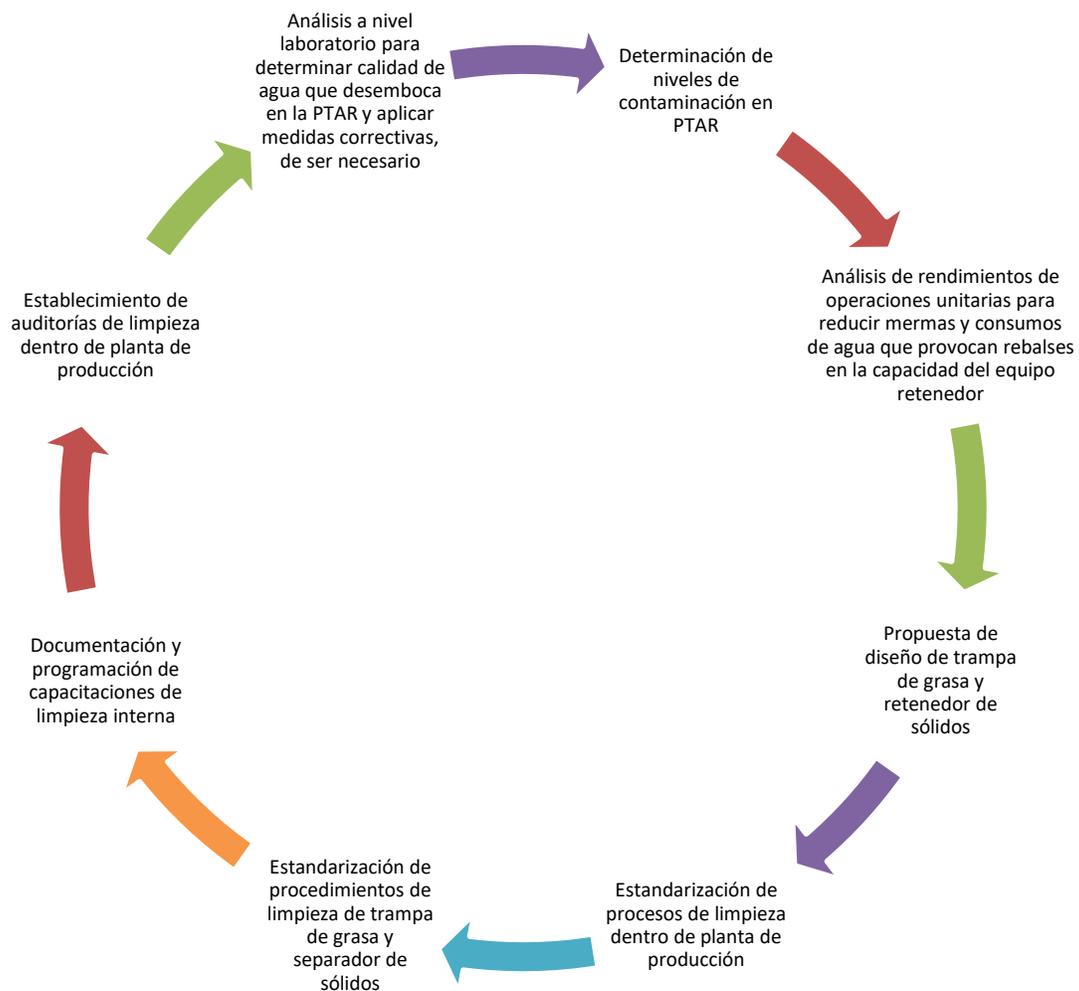
Seguidamente, se propone un diseño mejorado de la trampa de grasa y el separador de sólidos, para minimizar la contaminación de la PTAR y evitar generación de costos por limpiezas.

Posteriormente, se plantea la estandarización de los procedimientos de limpieza dentro de la planta de producción mediante la programación de capacitaciones. El objetivo es mejorar la retención de las mermas, minimizar consumos de agua usada para limpieza, reducir tiempos y minimizar descargas que sobrepasen la capacidad del equipo retenedor.

Al determinar lo anterior, se planea poder reducir gastos por desperdicio de mermas, minimizar descargas que sobrepasen la capacidad de equipo retenedor, aumentar la productividad de la planta de producción y reducir la contaminación de la PTAR. Asimismo, se plantea el dejar documentado todo el proceso de mejora y rediseño, esto con el fin de poder apoyar a empresas dedicadas a la elaboración de alimentos que tengan la idea de minimizar el impacto ambiental, minimizar gastos y aumentar la productividad de las plantas de producción.

El esquema de solución elaborado (Figura 2), explica de forma breve la ruta de solución para la problemática planteada. Consta de 8 fases para el cumplimiento de la solución planteada.

Figura 2. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia, realizado con herramienta SmartArt en Microsoft Word.

7. MARCO TEÓRICO

La información del presente marco teórico brinda la posibilidad de acondicionar la información científica con la información a investigar sobre el tema de investigación.

7.1. Información general

La empresa manufactura productos envasados y los vende mediante diferentes canales de distribución, algunos de esos canales son *food service* para restaurantes, maquila de productos a terceros y un canal específico para distribuidores de productos terminados a diferentes franquicias u empresas.

Cada uno de los procesos productivos son elaborados en una industria ubicada dentro de un complejo de ofibodegas, en la cual se encuentran varias líneas de producción para frituras, productos típicos, granos, mermeladas, salsas, rellenos, mieles y aderezos.

Asimismo, la empresa cuenta con un departamento de logística que permite distribuir los productos elaborados, de esta forma se asegura que los productos sean entregados en los tiempos establecidos por los clientes, y garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos por el cliente y control de calidad.

7.1.1. Productos elaborados

Los productos que son elaborados dentro de la planta de producción son frijoles, hummus, productos típicos, salsas elaboradas a base de tomate, rellenos para pasteles y pies, frituras en bolsas laminadas, mermeladas y jaleas de diferentes sabores, miel de maple, aderezos para ensaladas y kétchup sin azúcares. Asimismo, se cuenta con un área de panadería y repostería ubicada en una bodega independiente, con el objetivo de poder evitar contaminación cruzada de los productos y mantener una estructura lógica en los procesos de manufactura.

7.2. Grasas y aceites comestibles

Según QUIMA (2019), las grasas que son producidas por establecimientos encargados de la manufactura de alimentos deben de ser recolectadas y tratadas de forma adecuada, en caso de que exista acumulación que pueda generar inconvenientes como taponamiento de tuberías y alcantarillado, olores desagradables en los alrededores e impedimento de paso de aguas a tratar en una PTAR destinada para ello. (p. 6)

Las grasas y los aceites empleados en una planta de producción son los principales contaminantes de efluentes de agua, así como PTAR al ser de difícil tratamiento. Estos aceites provocan altas cantidades de contaminantes que, si no son retirados del agua, pueden provocar la contaminación de cuerpos acuíferos y aguas subterráneas.

Los aceites y grasas, al ser removidos, pueden ser empleados como materias primas para productos secundarios, así como para productos cosméticos.

7.3. Lodos

Mérida (2009, como se citó en Cifuentes, 2020), hace mención que los lodos son todos los sedimentos orgánicos, que son acumulados durante un proceso de retención para minimizar contaminación de aguas, es por ello que su manejo, extracción y desecho final deben de hacerse de manera correcta.

Cifuentes (2020), menciona 3 métodos para poder realizar un tratamiento adecuado de los lodos recolectados en una trampa de grasa, los cuáles son digestión sin la presencia de oxígeno (anaerobia), digestión con presencia de oxígeno (aerobia) y eliminación de humedad mediante el secado de lodos recolectados.

Los lodos se presentan debido al paso de toda la materia sólida, que no fue retenida de forma satisfactoria con un retenedor de sólidos, la causa de la aparición de lodos en una trampa de grasa, también se debe a las producciones elaboradas en una industria; las producciones que involucran granos (frijoles, maíz, cebada, arroz, etc.) producen grandes cantidades de lodos, esto debido a la imposibilidad de retención en la malla del retenedor de sólidos.

Según QUIMA (2019), la acumulación de lodos en el fondo de una trampa de grasa provoca un decaimiento en la eficiencia del equipo, es por ello que es necesario poder realizar una limpieza de dichos lodos cuando alcance, como máximo, un 25 % de su capacidad total.

Muchas veces los lodos pueden ser usados como abono para áreas de plantaciones diversas, aunque muchas veces los lodos, al ser material orgánico que no cumple con parámetros fisicoquímicos adecuados para ser reutilizado, debe ser dispuesto en espacios regulados por entes gubernamentales, como el

MARN y MEM, para minimizar la contaminación ambiental que puede provocar la disposición incorrecta de lodos extraídos de un equipo retenedor.

7.4. Usos de grasas y lodos extraídos

Las grasas retenidas y extraídas del sistema de una trampa de grasas, pueden ser vendidas y utilizadas como materia prima, para la elaboración de productos secundarios como jabones, aditivo para alimentos veterinarios, elaboración de velas, etc.

Asimismo, según Ecocentury (2016), la grasa extraída puede ser usada como abono para los jardines gracias a los procesos biológicos de descomposición de las grasas, esto fomenta que sea aprovechada por las plantas o los cultivos que se tengan. El aprovechamiento de los nutrientes es un proceso que ayuda a las plantas y cultivos a poder crecer de forma saludable.

Según Alfonso-Álvarez, Carpinteyro-Chavez, Vélez-Zamorano, y Teón-Vega (2017), los lodos extraídos de una trampa de grasa pueden ser reutilizados para la elaboración de biofertilizantes, reduciendo el impacto ambiental debido al manejo correcto de lodos y materia orgánica presente en el sistema retenedor.

Muchos de los usos que se le dan a la materia extraída de un sistema retenedor (trampa de grasa y retenedor de sólidos), son para fertilización de suelos y mejora de la calidad de la tierra, ambos representan beneficios económicos y ambientales dado que, al retirarlos de un efluente de agua, se reduce la contaminación directa de ríos y lagos. Las grasas representan, en mayor porcentaje, estos beneficios ya que la contaminación de aguas con aceites y grasas es mayor y, al tener más vías para regresar en forma de beneficio económico (venta de aceites, grasa para materia prima, abono, entre otros), son

consideradas como los objetivos principales de la extracción de un sistema retenedor.

7.5. Trampas de grasas

DURMAN (2018), hace referencia a una trampa de grasa como un dispositivo que puede permite la disminución del flujo del agua entrante, mientras recibe una corriente de aire que permite que los aceites y las grasas en el agua de proceso floten hacia la superficie causado por la varianza en las densidades. Asimismo, se comenta la relevancia del mantenimiento y limpieza oportuna de la trampa de grasa para evitar la acumulación de grasa en tuberías de paso que puedan provocar estancamientos en el paso a la PTAR (p. 2)

Unos de los tipos de trampas para grasa utilizadas en industrias, son las trampas para grasa aéreas, utilizadas principalmente en lugares de venta de comida y en donde se realiza producción de alimentos. Son económicamente más cómodas, pero requieren limpiezas frecuentes.

Proseresa busca una trampa aérea, por motivos de costos es mucho más accesible y ser de una instalación más fácil, aunque los mantenimientos sean más frecuentes.

Las trampas subterráneas buscan retener grasa en compartimientos por debajo de la tierra, su costo es mayor debido a la excavación para su instalación y por el material con el que son elaboradas. Son una de las más eficientes y confiables.

Las trampas por flotación son trampas mecánicas, recogen la grasa suspendida en la superficie, contienen costos muy altos por mantenimiento especializado, suelen ser usado en plantas con alta producción de grasas.

De igual forma, se hace mención del beneficio que conlleva a la oportuna extracción de las grasas del sistema ya que, al evitar la incrustación en las tuberías del sistema, la limpieza de la trampa de grasa se vuelve más eficiente y se incurra a la reducción de gastos de limpieza en las tuberías.

Asimismo, según Organización Mundial de la Salud, (2006), todos los productos para limpieza de equipo usados en las industrias, sumados a la presencia de grasas y sólidos que provienen de la producción, provocan un aumento en el DQO acumulados en una PTAR.

La DBO y DQO son parámetros químicos que permiten determinar los diferentes niveles presentes de contaminantes de las aguas residuales; la DBO representa los límites de oxígeno, que todos los microorganismos obtienen por la separación de la estructura de la materia orgánica obtenida en una trampa de grasa. Asimismo, la DQO indica el nivel de oxígeno necesario para poder convertir la materia obtenida en una muestra, mediante un procedimiento químico, en dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O).

7.5.1. Partes de trampa de grasa

Una trampa de grasa cuenta con diferentes piezas que cumplen funciones de separación de grasas y aceites del agua que ingresa al sistema. Muchas de las partes que conforman una trampa de grasa deben ser removibles para su limpieza periódica.

Según la empresa Hemm Tech (2021), una trampa de grasa cuenta con diferentes secciones para poder cumplir su función, algunas son ganchos de seguridad, cubierta de polipropileno, deflectores desmontables, juntas de cubiertas, tomas de muestras en la entrada y en la salida del sistema y un dispositivo para el control de flujo de aire que debe de ingresar en el sistema.

El sistema de retención de grasas es elaborado con respecto a lecturas de caudales de agua saliente de una planta productiva, el objetivo es poder minimizar descargas que excedan la capacidad del sistema, que puedan derivar en arrastres de grasas y aceites hacia una PTAR; el uso de un dispositivo de control de flujo permite nivelar el afluente con la capacidad del equipo instalado, lo cual permite la separación de las grasas y los aceites.

Hemm Tech (2021), indica que la presencia de tsunamis, descargas espontáneas entrantes al sistema, pueden provocar que el sistema emulsione grasas y aceites con el agua presente, lo cual dificulta la extracción debido al poco estancamiento dentro del sistema.

Asimismo, se indican que una trampa de grasa debe de estar conformada por espacios, conocidos como cámaras, para poder retener de manera eficiente las grasas y aceites.

Adicionalmente, para la retención de las grasas se considera necesario que exista un espacio intermedio, entre la entrada y la salida, para poder retener los aceites y las grasas mediante densidades y estancamiento, de esta forma podrán ser retiradas de una forma más rápida y eficiente.

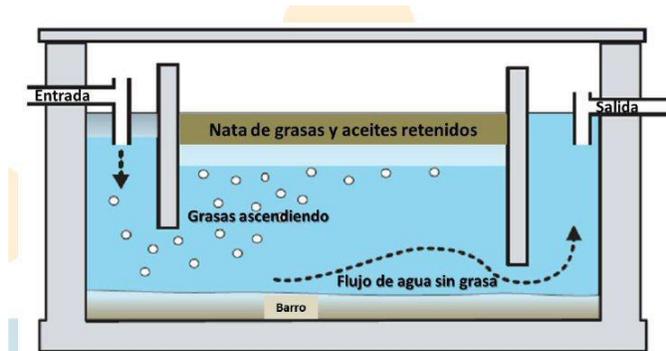
7.5.2. Instalación

La instalación de una trampa de grasa puede realizarse en cualquier espacio, se recomienda una ubicación que permita la correcta limpieza de los deflectores internos; la acumulación de suciedad en los deflectores merma la capacidad de retención y eficiencia del sistema, lo cual deriva en el arrastre de grasa y aceites hacia una PTAR.

Asimismo, la instalación del separador de grasa debe de ser auxiliada por un retenedor de sólidos, según Hemm Tech, (2021), los sólidos deben de ser retenidos previamente al ingreso de una trampa para grasa, si los sólidos no son retenidos, esto puede provocar una reducción considerable en su eficiencia debido a la acumulación de lodos y sólidos en la parte de los deflectores, o en la salida de cada cámara de la trampa de grasa.

El espacio designado de instalación debe de estar debidamente ventilado, con el objetivo de minimizar olores salientes del sistema, asimismo, se debe de contar con suficiente espacio para poder retirar la tapa de la trampa y realizar una limpieza adecuada; el retiro de la grasa debe de ser acompañada con una extracción periódica de lodos o sedimentos que se acumulen en el fondo. Los lodos o sedimentos provocan la formación de obstáculos sólidos, lo que provoca que la extracción sea más difícil y exista contaminación de la PTAR debido a la reducción de la eficiencia de la trampa de grasa.

Figura 3. **Figura de trampa para grasa y aceite**



Fuente: Lozano, Rivas W.A, (2012). *Diseño de PTARS*. Consultado el 22 de enero de 2022
Recuperado de <https://pdfslide.tips/documents/tratamiento-de-agua-unad-moduloversonjulio2013.html>

7.5.3. **Procedimiento de extracción de grasas**

La extracción de grasas consta de 2 fases, la primera fase es la extracción de grasas superiores, en esta fase se procede a la recolección de las grasas separadas en la superficie de una trampa para grasas, la extracción de dicha grasa se realiza con el apoyo de coladores de metal para poder filtrar el agua de las grasas. Posteriormente, se colocan las grasas recolectadas en cubetas para registrar los pesos extraídos y luego ser vendidas como materia prima de productos que empleen grasas extraídas de un sistema retenedor.

La segunda fase la comprende la limpieza de lodos acumulados en una trampa para grasas, el objetivo de esta fase es poder asegurar el funcionamiento correcto de la trampa de grasa, asimismo se plantea reducir el arrastre de sedimentos orgánicos hacia una PTAR.

De igual forma, existen indicadores para los procedimientos de extracción de las grasas acumuladas en el sistema retenedor:

- Verificación de grasas solidificadas en la superficie del agua, lo cual indica que la grasa debe de ser removida para evitar arrastres a lo largo del sistema de tuberías.
- Verificación de olores provenientes de la acumulación de grasas en el sistema de drenajes, lo cual genera “tapones” y provoca la acumulación de las grasas.

Según MYCAM, (2020) la función de las trampas de grasa de retener los aceites y las grasas comestibles, incluidas en el agua saliente hacia el alcantarillado presenta beneficios para el ambiente y la infraestructura, como tuberías y red de alcantarillado, es por ello que se recomienda realizar mantenimientos de forma programada para evitar fallos en las trampas de grasa

Para poder realizar un mantenimiento preventivo, MYCAM, (2020) recomienda brindar apoyo a la trampa de grasa mediante la retención de sólidos que viajen a través de las tuberías; la alta presencia de sólidos en una trampa de grasa puede provocar que exista un decaimiento en la eficiencia del equipo.

El objetivo es evitar el desecho de las grasas y los aceites dentro de la fábrica en las tuberías, de lo contrario, esta práctica puede provocar la acumulación de grasa en la red de tuberías de la planta y una trampa para grasas, lo que puede llevar a obstrucciones y estancamientos.

Asimismo, recomienda realizar instalaciones de complementos metálicos para evitar que sólidos de las producciones provoquen estancamientos, que puedan provocar daños en el equipo y que su eficiencia se vea disminuida.

Asimismo, MYCAM, (2020) indica que, para realizar un mantenimiento correctivo adecuado, se deben realizar limpiezas de la trampa de grasa mediante el retiro de los aceites y grasas acumuladas en la superficie del equipo, en caso de no ser retiradas de forma periódica pueden provocar daños en el equipo, se pueden ocasionar fugas o rebalses de grasa.

La separación de las grasas restantes en recipientes para minimizar la sobrecarga dentro de la trampa de grasa y en las tuberías.

Asimismo, recomienda programar limpiezas internas de tuberías, el motivo es poder asegurar la remoción de cualquier resto sólido que pueda desarrollar alguna obstrucción dentro de una trampa para grasas.

7.6. Retenedor de sólidos

Un retenedor de sólidos es un instrumento empleado para la separación de los sólidos suspendidos transportados, mediante aguas grises provenientes de una planta de producción de la empresa Productos y Servicios de Restaurantes S.A.

El diseño de un retenedor de sólidos debe de ir acompañado con un estudio de las cantidades de productos elaborados dentro una planta de producción; así como, de un estudio de caudal, con el objetivo de evitar que el separador de sólidos sea superado por las cantidades de descargas y provoquen daños en el equipo o una reducción de eficiencia del retenedor de sólidos.

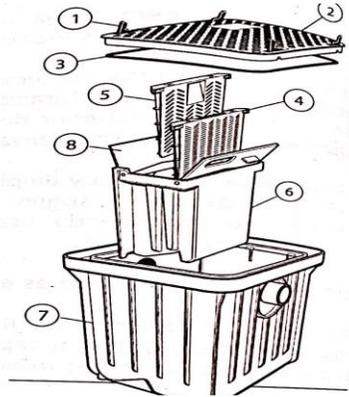
El acople de un retenedor de sólidos a un sistema de retención de grasas y aceites es altamente necesario para minimizar el paso de sedimentos orgánicos hacia la trampa de grasa, lo cual provoca la acumulación de desechos que reducen la eficiencia del equipo retenedor de aceites; el arrastre de sedimentos orgánicos causada por la minimización provoca altas contaminaciones dentro de una PTAR.

Una empresa dedicada a la producción de alimentos produce grandes cantidades de sólidos que deben de ser retenidos previamente, con el objetivo principal de minimizar el aumento de los niveles de DQO y DBO en la empresa, según Hemm Tech, (2021) los niveles de dichos parámetros fisicoquímicos no se encuentran dentro los límites permisibles determinados.

Hemm Tech, (2021) indica que retenedor de sólidos se compone de diferentes partes removibles, esto con el fin de poder facilitar la limpieza y evitar el arrastre de materia orgánica hacia la trampa de grasa. Las partes de un retenedor de sólidos son: Ganchos, cubierta de polipropileno, junta de cubierta, malla fina, malla gruesa, cesta de sólidos, tanque y manija en la superficie de la cubierta.

Las partes son mostradas en la siguiente figura: (1) Ganchos, (2) Cubierta de polipropileno, (3) Junta de cubierta, (4) Malla fina, (5) Malla gruesa, (6) cesta de sólidos, (7) tanque, y (8) manijas.

Figura 4. **Partes de retenedor de sólidos**



Fuente: Hemm Tech, (2021). *Manual de Mantenimiento y Operación*.

Consultado el 26 de enero de 2022

7.7. **Planta de tratamiento de aguas residuales**

Una PTAR permite realizar un procedimiento de eliminación y suavización del agua para ser devuelta al ciclo de agua natural.

Según la guía técnica elaborada por el INFOM, (2018), todas las empresas que desechen sus aguas residuales en algún cuerpo de agua (río, lago, etc.) será considerado como un ente generador, asimismo, el (Acuerdo Gubernativo 236-2006, art. 4) hace referencia sobre las empresas que generen contaminantes deben de realizar un tratamiento de sus aguas para poder ser devueltas a los efluentes de aguas naturales.

7.7.1. **Fases de una PTAR**

INFOM, (2018) indica que, para considerar una PTAR como eficiente, debe de cumplir con varias fases:

El pretratamiento es la primera fase, busca retirar todos los contaminantes grandes, en esta fase se incluye la implementación de un retenedor de sólidos y una trampa de grasa para poder retener las grasas y los aceites flotantes en las superficies, así como de rejillas para evitar el paso de sólidos demasiado grandes y fáciles de retirar de forma manual. Los contaminantes pueden ser hojas, ramas de árboles y restos sólidos.

En la infraestructura recomendada puede ser incluida un desarenador, equipo para poder impedir que arenas o sedimentos ingresen a la planta de tratamiento.

Durante la fase primaria se busca poder retirar los sólidos sedimentados en un recipiente, la idea principal es poder retener el agua con sólidos para poder retirar los lodos, o sólidos, que se sedimentan gracias a la diferencia de densidad de los sólidos.

Según Salazar (2004, como se citó en INFOM, 2018), es necesario instalar algunas unidades para filtrar los sólidos, retirarlos mediante flotación o retirarlos mediante precipitación, se hace hincapié en las propiedades de las aguas salientes de una industria (residuales).

La fase secundaria busca separar las partes orgánicas flotantes presentes que provienen de la fase anterior. La idea principal de esta fase es el uso de microorganismos para alimentarse de todos los contaminantes presentes en el agua.

Según Salazar (2004, como se citó en INFOM, 2018), existen 2 tipos de bacterias que pueden formar parte de esta fase: las anaerobias (bacterias que viven sin oxígeno) y aerobias (bacterias que viven con presencia de oxígeno).

Durante la fase terciaria se remueven nutrientes, que generalmente son fósforo y nitrógeno, para poder alcanzar niveles químicos, físicos y biológicos aceptables.

En esta fase pueden ser usados procesos como vaporización y puentes químicos, el objetivo es poder ayudar a nivelar la calidad química, biológica y física del agua durante este proceso. Según Salazar (2004, como se citó en INFOM, 2018), menciona que un proceso de desinfección del agua puede usarse un sistema, como un método de cloración del agua, para poder eliminar todos los microorganismos presentes en el agua.

En la fase de tratamiento de lodos se tiene como objetivo poder tratar los sólidos, que contienen un alto porcentaje de humedad (80 %), para poder eliminar los patógenos presentes, esto se logra mediante procesos que someten a estos lodos a espacios en donde reciben altas temperaturas durante tiempos prolongados, algunos de los espacios que usados para esta fase incluyen espesadores, patios de deshidratación y digestión de los patógenos.

Un dato relevante sobre una PTAR es que representan un alto costo operativo, esto a raíz del uso de insumos de energía eléctrica, químicos de limpieza o químicos para disolución de aceites disueltos en el agua.

Sin embargo, el tratamiento correcto de las aguas permite la amortización de la inversión inicial de una PTAR gracias a que las materias extraídas pueden ser vendidas a empresas que utilicen dichas materias como materia prima para sus productos, algunos de los ejemplos son las grasas extraídas pueden ser usadas como materia prima de jabones, los lodos pueden ser usados como fertilizantes y las aguas tratadas pueden ser vendidas para sistemas de irrigación de vegetación.

7.7.2. Planificación de diseño de PTAR

Para el diseño de una PTAR se deben de realizar un diagnóstico de los contaminantes que serán recibidos por la PTAR.

El diagnóstico de una PTAR sirve también para determinar aspectos físicos y económicos de la planta como el espacio necesario para colocar la planta de tratamiento, costo de la implementación de la planta antes mencionada y así poder dimensionar las medidas necesarias de la PTAR para que sea eficiente y no existan fallos resultantes de un diseño no adecuado.

De igual forma, se deberán realizar una evaluación de los criterios necesarios para determinar el diseño adecuado de una PTAR, entre ellos se pueden mencionar el funcionamiento deseado del sistema, marco legal para manejo de desechos y parámetros, caudal entrante al sistema, caudal con los que deberá operar la PTAR y registros de la materia retenida en el sistema.

7.8. Aguas residuales

Según Lozano (2012, como se citó en Chinchilla, 2015), hace mención a un enunciado en donde se describen las aguas residuales como las aguas que ya formaron parte de un proceso o cumplieron alguna función y fueron desechadas por estar consideradas como contaminadas. Asimismo, el acuerdo gubernativo 236 2006 también describe a las aguas residuales como aquellas aguas que ya fueron utilizadas y sus propiedades fueron modificadas.

El mismo acuerdo gubernativo antes mencionado, específicamente el artículo 4, clasifica estas aguas en 2 tipos: Aguas residuales ordinarias y especiales.

Las aguas residuales ordinarias son aguas que son utilizadas para actividades cotidianas, tales como las aguas usadas para servicios sanitarios, lavado de ropa, utensilios de cocina, lavamanos, usos domésticos, etc.

Las aguas residuales especiales abarcan todas las aguas empleadas en actividades industriales o empleadas para productos de tipo agrícola, servicios públicos en general, actividades relacionadas con hospitales, etc.

En Mata, Mora y Portugués (2011, como se citó en Chinchilla, 2015) se hace mención de un enunciado en el cual se reporta que la contaminación del agua dulce causada por la falta de un tratamiento previo de las aguas empleadas en cualquier actividad, industrial o doméstica, son causada por las aguas residuales vertidas de forma directa a cuerpos acuíferos como ríos, lagos, entre otros.

Las aguas residuales de uso doméstico hacen referencia a todas las aguas empleadas en actividades de uso doméstico (lavamanos, limpieza de trastos y utensilios, sanitarios, entre otros.)

Las aguas residuales para industrias hacen referencia a las aguas empleadas para actividades de industrias que se dedican a la manufactura de algún producto o que brinden algún servicio que involucre un consumo de agua en grandes cantidades. Estas aguas son consideradas delicadas debido a que cuentan con altas cantidades de químicos, algunos peligrosos, sólidos y grasas en cantidades que pueden generar un alto impacto ambiental en el medio ambiente.

Según Chinchilla, (2015) las aguas industriales cuentan con altas cantidades de sustancias tóxicas, hidrocarburos, metales pesados, etc.

Las aguas residuales comerciales son las aguas empleadas en los centros comerciales, la mayor cantidad de aguas son empleadas por negocios o establecimientos dentro del centro comerciales, tales como restaurantes, hoteles, lavanderías, centros de entretenimiento, sanitarios generales, mercados, etc. Asimismo, se consideran aguas residuales comerciales a las aguas empleadas en teatros, centros de comercio variado, centros de recreación, cines, bares, etc.

Según Chinchilla, (2015), la diferencia entre las aguas residuales comerciales y las domésticas radica en sus aguas grises, dada la cantidad elevada de materia presente en las aguas comerciales tales como grasas, productos químicos para limpieza, sólidos causados por los establecimientos, etc.

Según Cortéz, Betancourt, y Medrano (2010), las aguas comerciales deben de ser acompañadas por un sistema retenedor, como trampas de grasas y un retenedor de sólidos, esto para evitar contaminaciones en la PTAR y minimizar el impacto en el medio ambiente.

7.9. Marco legal de PTAR

Es imperativo considerar algunos parámetros para poder calificar de las muestras enviadas por un ente generador, tal como se indica en el Artículo 25. Parámetros. “Los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales vertidas al alcantarillado público son los siguientes: Temperatura, Potencial de hidrógeno, Grasas y aceites, Material flotante, Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius, Demanda química de oxígeno, Sólidos suspendidos totales, Nitrógeno total, Fósforo total, Arsénico, Cadmio, Cianuro total, Cobre, Cromo hexavalente,

Mercurio, Níquel, Plomo, Zinc, Color y Coliformes fecales” (Acuerdo Gubernativo 236-2006, art. 25)

Los valores permisibles presentes de DQO en las AR son valores que deben de reducirse de forma progresiva mediante la reducción de cargas, como se indica en el Artículo 27. Parámetros de Calidad Asociado de Demanda Bioquímica de Oxígeno. “Las personas que descarguen aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, deben cumplir con las etapas del modelo de reducción progresiva de cargas del artículo 26 y con los valores del parámetro de calidad asociado de demanda bioquímica de oxígeno” (Acuerdo Gubernativo 236-2006, art. 27).

Tabla I. **Parámetros de calidad asociado de DBO**

		Fecha máxima de cumplimiento				
		2/05/2011	2/05/2015	2/05/2020	2/05/2024	
		Etapa				
Parámetro	Dimensional	Valor inicial	1	2	3	4
DBO	mg/l	3500	1500	750	450	200

Fuente: Acuerdo Gubernativo 236-2006, (2006), *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*. Consultado el 16 de enero de 2022.

Recuperado de <https://tinyurl.com/3pskecj8>. Pág. 16.

7.10. Marco legal para límites máximos permisibles para entes generadores nuevos

Todos los nuevos entes que generen descargas deben de cumplir con un límite de tres mil kg de DBO, pero deben de tener un parámetro que no supere los 200 mg/l.

Si la lectura se encuentra por debajo de 100 mg/l, se autoriza realizar descargas superiores a los tres mil kg al día de DBO, sin embargo, se cumplirá con los parámetros para dichas descargas, mencionado en el Artículo 21. Límites Máximos Permisibles para Entes Generadores Nuevos. “Los entes generadores nuevos deberán cumplir (...) con un parámetro de calidad asociado igual o menor que doscientos miligramos por litro de demanda bioquímica de oxígeno.” (Acuerdo Gubernativo 236-2006, art. 21)

7.11. Marco legal para parámetros de aguas de reúso

Según el Artículo 34. Autorización de Reúso. “El presente Reglamento autoriza los siguientes tipos de reúso de aguas residuales” (Acuerdo Gubernativo 236-2006, art. 34).

El TIPO I trata sobre la reutilización de agua tratada puede ser beneficioso para los riegos de plantaciones (excluidas las plantaciones de hortalizas mencionadas en el TIPO II) gracias a la presencia de nutrientes en el efluente, asimismo se considera provechoso para la retención de las propiedades fértiles del suelo y la fertilización orgánica de los suelos que requiere el proceso,

El TIPO II menciona que no se consideran las plantaciones de frutas y hortalizas que pueden ser consumidas crudas o precocidas. Se rige por la Tabla

II “Parámetros y Límites Máximos Permisibles para Reúso” para el cumplimiento del parámetro de coliformes fecales y DBO contenidas en el afluente.

El TIPO III trata sobre reúso del agua puede ser usado para la camaronicultura y piscicultura.

En el TIPO IV hace mención que del reúso se excluyen los pastos y cultivos que no son consumidos por los seres humanos, como ejemplo están forrajes, semillas, fibras, pastos en general, etc.

Siempre se deberán de tomar en cuenta algunos parámetros establecidos en la Tabla II “Parámetros y Límites Máximos Permisibles para Reúso”

En el TIPO V se considera el reúso de agua tratada para fines recreativos, sin embargo, se excluyen los fines recreativos en donde el contacto con las personas sea esporádico o incidental, así como las áreas de riego de espacios públicos.

Asimismo, toda AR que se considere para reúso deberá de ajustarse a algunos parámetros fisicoquímicos, referenciado en el Artículo 35. Parámetros y Límites Máximos Permisibles para Reúso. “El agua residual para reúso deberá cumplir con los límites máximos permisibles.” (Acuerdo Gubernativo 236-2006, art. 35).

Dichos parámetros descritos en mencionado artículo se detallan en la Tabla II:

Tabla II. **Parámetros y límites máximos permisibles para reúso**

Tipo de reuso	DBO, Mg/l	Coliformes fecales, número más probable por 100 ml
Tipo I	No aplica	N/A
Tipo II	No aplica	< 2x10²
Tipo III	200	N/A
Tipo IV	No aplica	< 1x10³
Tipo V	200	< 1x10³

Fuente: Acuerdo Gubernativo 236-2006, (2006). *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*. Consultado el 16 de enero de 2022.

Recuperado el <https://tinyurl.com/3pskecj8>. Pág. 20.

De igual forma, toda agua se podrá recircular antes de poder ser depositadas en un sistema, sin embargo, estas aguas no serán consideradas como aguas de reúso, como se describe en el Artículo 37. Recirculación Interna de Agua. “Todo ente generador podrá recircular las aguas residuales antes de que las mismas se viertan en un cuerpo receptor. Dicha recirculación no se considerará como reúso ni estará sujeta a las disposiciones del presente Reglamento.” (Acuerdo Gubernativo 236-2006, art. 37).

7.12. Marco legal de parámetros para lodos

Los lodos pueden llegar a representar un peligro, tanto para los humanos, como el ecosistema, y deberán ser extraídos del sistema retenedor, como se refiere en el Artículo 38. Obligatoriedad. “Todos los lodos producidos como consecuencia del tratamiento de aguas residuales que representen un riesgo para el medio ambiente y la salud y la seguridad humana deben cumplir los límites máximos permisibles para su disposición final del presente Reglamento.” (Acuerdo Gubernativo 236.2006, art. 38).

La disposición de lodos puede ser realizada de diversas formas, tal como se indica en el Artículo 41. Disposición Final. “Se permite efectuar la disposición final de lodos, por cualquiera de las siguientes formas: (a) Aplicación al suelo: acondicionador, abono o compost, (b) Disposición en rellenos sanitarios, (c) Confinamiento o aislamiento, (d) Combinación de las antes mencionadas” (Acuerdo Gubernativo 236.2006, art. 41).

Las correctas disposiciones de lodos están sujetas a las propiedades fisicoquímicas de los mismos, tal como se indica en el Artículo 42. Parámetros y Límites Máximos Permisibles para Lodos. “Para poder efectuar en la disposición final de lodos (...), sus propiedades fisicoquímicas no deben exceder los límites máximos permisibles descritos en el siguiente cuadro:” (Acuerdo Gubernativo 236-2006, art. 42).

Tabla III. **Parámetros y límites máximos permisibles para lodos**

Disposición Final	Dimensionales	Aplicación al suelo	Disposición en rellenos sanitarios	Aislamiento
Arsénico	Mg/kg de materia seca a 104 °C	50	100	> 100
Cadmio	Mg/kg de materia seca a 104 °C	50	100	> 100
Cromo	Mg/kg de materia seca a 104 °C	1500	3000	> 3000
Mercurio	Mg/kg de materia seca a 104 °C	25	50	> 50
Plomo	Mg/kg de materia seca a 104 °C	500	1000	> 1000

Fuente: Acuerdo Gubernativo 236-2006, (2006), *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*. Consultado el 16 de enero de 2022.

Recuperado de <https://tinyurl.com/3pskecj8>. Pág. 21.

7.12.1. Artículo 43 “Aplicación al suelo”

En caso de exista alguna presencia de metales y que cumplan con los parámetros establecidos en la Tabla III, se pueden aplicar al suelo como abono, tal como se indica en el Artículo 43. Aplicación al suelo. “Los lodos que presenten metales pesados y que se ajusten a los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 42, podrán disponerse como acondicionador del suelo, en cuyo caso se permitirá disponer hasta doscientos mil kilogramos por hectárea por año. (...).” (Acuerdo Gubernativo 236-2006, art. 43).

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Estudios previos (recientes)

1.2 Antecedentes

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Información general

2.1.1. Productos elaborados

2.2. Grasas y aceites comestibles

2.3. Lodos

2.4. Usos de grasas y lodos extraídos

2.5. Trampa de grasa

2.5.1. Partes de trampa de grasa

2.5.2. Instalación

2.5.3. Procedimiento de extracción de grasas

2.6. Retenedor de sólidos

2.7. Planta de tratamiento de aguas residuales

- 2.7.1. Fases de una PTAR
 - 2.7.2. Planificación de diseño de PTAR
 - 2.8. Aguas residuales
 - 2.9. Marco legal de PTAR
 - 2.10. Marco legal para límites máximos permisibles para entes generadores nuevos
 - 2.11. Marco legal para parámetros de aguas de reúso
 - 2.12. Marco legal de parámetros para lodos
 - 2.12.1. Artículo 43 “Aplicación al suelo”
- 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
 - 3.1. Características del estudio
 - 3.1.1. Diseño
 - 3.1.2. Enfoque
 - 3.1.3. Alcance
 - 3.1.4. Unidad de análisis
 - 3.2. Variables
 - 3.3. Fases del desarrollo de la investigación
 - 3.3.1. Fase 1
 - 3.3.2. Fase 2
 - 3.3.3. Fase 3
 - 3.3.4. Fase 4
 - 3.3.5. Resultados esperados
 - 3.4. Técnicas de análisis
- 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
- 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
REFERENCIAS
APÉNDICES

9. METODOLOGÍA

El presente estudio busca poder dar solución a la contaminación de una planta de tratamiento de aguas residuales, se identifica como una investigación experimental gracias a la posibilidad de poder mantener un control de las variables, determinadas en cada una de las preguntas formuladas para esta investigación.

Asimismo, se indican las fases en las cuáles se llevará a cabo la solución a la problemática, recolección de información necesaria, análisis de información obtenida e interpretación de la misma. Los resultados esperados se resumen en la reducción de la contaminación de una planta de tratamiento de aguas residuales; así como, la reducción de mermas que generan impacto económico para la planta de producción y reducción de consumos de agua empleada para el lavado del equipo.

9.1 Características del estudio

El enfoque del estudio propuesto es cuantitativo, ya que indica registros de tiempos, rendimientos, eficiencia de equipos, cantidad de sólidos recuperados, mermas de producciones y costos generados por operaciones unitarias dentro de la planta de producción.

El alcance es explicativo, dado que se busca poder explicar las causas de la contaminación de una PTAR, causas del decaimiento de la eficiencia de una trampa de grasa y retenedor de sólidos, así como dar una explicación de cómo puede impactar económicamente el aumento de rendimiento de las

producciones, así como minimizar el consumo de agua para limpieza de equipo mediante la estandarización de los procedimientos de limpieza de equipo dentro de la planta de producción como del equipo retenedor.

El diseño adoptado será experimental, pues toda la información relevante y que concierne a la mejora en el diseño de una trampa de grasa y retenedor de sólidos para minimizar la contaminación de una PTAR analizará en su estado original con la manipulación de variables mediante la reducción de mermas, estandarización de procedimientos de limpieza y aumento de productividad de planta de producción, así como el análisis de contaminación de la PTAR mediante pruebas de laboratorio, como prueba de jarras.

La investigación será transversal pues se estudiarán y analizarán todas las variables de interés en un tiempo no mayor a 1 año, pues se realizará un análisis del comportamiento de las variables relacionadas con productividad de la planta de producción, mermas descargadas al drenaje durante el lavado de equipo, eficiencia de trampa de grasa y retenedor de sólidos y estandarización de procedimientos de limpieza y tiempos empleados para lavado de equipo y extracción de grasa y sólidos de equipo retenedor.

La presente investigación es de tipo cuantitativa-descriptiva, esta considera evaluar en qué medida se reduce la contaminación de una PTAR mediante la mejora del diseño de una trampa de grasa y retenedor de sólidos, así como el aumento de rendimientos en operaciones unitarias y productividad por estandarización de procedimientos de limpieza y equipo retenedor. El alcance de esta investigación no comprobará una hipótesis.

9.2 Unidades de análisis

La unidad de análisis es la empresa Proseresa, específicamente el área de planta de producción de alimentos envasados, de la cual se medirán rendimientos, pesos y tiempos de las operaciones de interés.

9.3 Variables

¿Los registros de cantidades retenidas son de utilidad para identificar ahorros causados por la inversión en un equipo para retención de grasas y sólidos de aguas de producción?

Tabla IV. **Variables de pregunta auxiliar 1**

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Costos	Costos causados por mermas en operaciones unitarias.	Registros escritos de producción, Quetzales
Eficiencia	Eficiencia de equipo retenedor de grasas y sólidos	Cantidad de grasas y sólidos retenidos, porcentaje
Rendimientos de producción	Diferencial entre entradas y salidas de una operación unitaria	Balances de masa, %
Tiempos de limpieza	Tiempos de limpieza de las operaciones unitarias y equipo retenedor	Registros escritos de tiempos, minutos

Fuente: elaboración propia, 2022.

¿Los planes de limpieza de la trampa de grasa, retenedor de sólidos y equipo de la producción son los adecuados para la reducción del paso de contaminantes?

Tabla V. **Variabes de pregunta auxiliar 2**

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Tiempos de Limpieza	Tiempos necesarios para realizar los procedimientos de limpieza	Registros escritos de tiempos, minutos
Grado de Contaminantes	Medición de DBO obtenido de muestra de agua en la entrada de la PTAR.	Registros de demanda bioquímica de oxígeno, kg/m ³
Cantidad de sólidos obtenidos	Cantidad de sólidos obtenidos de la trampa de grasa y retenedor de sólidos.	Registros escritos de limpieza, kg

Fuente: elaboración propia, 2022.

¿De qué manera se pueden disminuir la necesidad de limpiezas del equipo de producción para disminuir la cantidad de sólidos desechados por el drenaje hacia la trampa de grasa y retenedor de sólidos?

Tabla VI. **Variabes de pregunta auxiliar 3**

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Rendimientos de producción	Diferencial entre entradas y salidas de una operación unitaria	Balances de masa, %
Consumos de agua para limpieza	Cantidad de agua necesaria para limpieza de mermas	Registros escritos de consumo de agua, cm ³
Estandarización de proceso de limpieza	Estandarización de procedimientos para evitar movimientos cruzados o tiempos excesivos	Registros de tiempos de limpieza, minutos y horas.

Fuente: elaboración propia, 2022.

¿De qué forma puede ser minimizada la contaminación de una planta de tratamiento de aguas, mediante un diseño adecuado de una trampa de grasa y retenedor de sólidos?

Las variables establecidas en cada una de las preguntas de investigación abarcan el tema central, así como temas secundarios como productividad de la planta de producción, tiempos de limpieza de equipo retenedor, estandarización de procesos de limpieza, análisis de grados de contaminantes en el efluente de agua, costos ocasionados por rendimientos de operaciones unitarias y consumo de agua excesivo para limpieza, así como la medición de la eficiencia de trampa de grasa y retenedor de sólidos.

9.4 Fases del estudio

Las siguientes fases de estudio permitirán describir el proceso para poder realizar el trabajo de estudio, se describirán las actividades que se realizarán, así como la secuencia del estudio para la realización del estudio.

9.4.1 Fase 1: exploración bibliográfica

Durante la primera fase se procede a realizar una consulta bibliográfica para poder aumentar el conocimiento sobre toda la terminología sobre trampas de grasa, retenedores de sólidos y plantas de tratamiento de aguas residuales.

De igual forma, se realizará una exploración bibliográfica para poder conocer los detalles de la empresa en donde se realizará el estudio de investigación, esto permitirá conocer el efluente que desemboca en una planta de tratamiento de aguas residuales, los tipos de contaminantes que pueden contener dichos efluentes, consumos de agua por limpiezas, rendimientos de

operaciones unitarias y cantidad de mermas arrojadas al drenaje conectado a la entrada de la trampa de grasa y retenedor de sólidos.

Asimismo, investigar los antecedentes que apoyen a la información consultada en el presente trabajo, la cual permitirá realizar una investigación que para la mejora en los procedimientos de limpieza, mejorar la eficiencia de la trampa de grasa y el retenedor de sólidos y así poder proponer un diseño adecuado para asegurar la máxima retención de contaminantes provenientes de un efluente de una planta de producción; analizar el aumento de rendimientos en las operaciones unitarias y posibilidad de reducción de consumos de agua empleados para limpieza, con el objetivo de minimizar descargas en equipo retenedor.

9.4.2 Fase 2: gestión o recolección de la información

En la segunda fase se plantea obtener toda la información brindada por la empresa gracias a registros de limpieza y consumos de agua, entrevistas con personal de mantenimiento para poder conocer el tipo de contaminantes extraídos de la PTAR y la materia orgánica extraída de la trampa de grasa y retenedor de sólidos, los cuáles se encuentran conectados a la tubería saliente de la planta de producción.

Asimismo, se plantea recolectar los datos de los rendimientos de operaciones unitarias para analizar el impacto económico y operativo que tiene dentro de la empresa, con el objetivo de poder realizar un análisis de cómo se ve afectada la eficiencia del equipo retenedor debido a las elevadas descargas de agua y mermas e identificar las oportunidades de mejora en los procesos de producción.

Adicionalmente, se plantea elaborar una bitácora en donde se realice un recuento de la materia orgánica extraída de la trampa de grasa y el retenedor de sólidos actual, con el objetivo de realizar comparaciones mediante la proyección de la materia orgánica a extraer con el diseño propuesto de la trampa de grasa y retenedor de sólidos.

Finalmente, se plantea programar capacitaciones de limpieza interna para reducir los consumos de agua para limpieza y mermas que lleguen a la trampa de grasa y el retenedor de sólidos, con el objetivo de evitar sobrepasar la capacidad de retención del nuevo diseño propuesto y provocar contaminación dentro de la PTAR.

9.4.3 Fase 3: análisis de información

Para el análisis de la información obtenida se realizará un análisis estadístico de los contaminantes retenidos en la trampa de grasa y retenedor de sólidos, de esta forma se podrá encontrar una tendencia de la cantidad de sólidos y grasas provenientes de las mermas arrojadas por el drenaje de la planta de producción.

Seguidamente se plantea realizar una toma de tiempos de los procesos de limpieza dentro de la planta de producción y del equipo retenedor, con el fin de poder identificar las oportunidades de mejora y poder estandarizarlos, con el objetivo de aumentar la productividad de la planta de producción y evitar la generación de tiempos improductivos causados por tiempos improductivos debido a limpiezas frecuentes de equipo de producción y equipo retenedor.

Posteriormente se procederá a realizar una propuesta de mejora en el diseño de una trampa de grasa y un retenedor de sólidos y poder realizar una

comparativa con la eficiencia de la trampa de grasa y retenedor de sólidos actual versus la eficiencia proyectada de la propuesta del nuevo diseño de la trampa de grasa y retenedor de sólidos.

Seguido de dicha propuesta, se procederá a realizar un análisis de los rendimientos de las operaciones unitarias con el objetivo de poder determinar la productividad actual de la planta de producción, analizar los gastos por consumos altos de agua en procedimientos de limpieza y cantidad de mermas descargadas al drenaje, lo cual representa altos gastos para la empresa debido al impacto del rédito de la empresa y a la sobrecarga del equipo retenedor. Dicho análisis brindará la oportunidad de encontrar oportunidades de mejora en los procedimientos para aumentar los rendimientos, lo que impactará económicamente a la empresa.

Finalmente se plantea la programación de auditorías para verificar los procedimientos de limpieza dentro de la planta de producción y del equipo retenedor, así como la elaboración de documentación para poder llevar un registro de las limpiezas y poder tener un control diario de dichos procedimientos de limpieza, el objetivo es poder tener un control de los procesos y evitar movimientos innecesarios que provoquen el aumento de tiempos y afecten directamente la productividad de la planta de producción.

9.4.4 Fase 4: interpretación de información

Para la interpretación de la información se plantea la tabulación de los resultados, de esta forma se podrán tomar acciones correctivas y mejorar los procedimientos establecidos.

De igual forma, se realizarán análisis estadísticos de todos los registros elaborados, de esta forma se podrá determinar si el aumento de rendimientos de operaciones unitarias reduce la cantidad de materia orgánica en el equipo retenedor, la eficiencia del equipo aumenta, se minimizan los consumos de agua empleados para limpieza y la planta de tratamiento de aguas residuales presenta una reducción de contaminantes mediante pruebas nivel laboratorio.

Finalmente se planea realizar un análisis de beneficios económicos y operativos que representa la mejora de los rendimientos de las operaciones unitarias mediante el análisis de mermas desechadas al drenaje, lo cual provoca que se exceda la capacidad del equipo, que deriva en una reducción de la eficiencia del equipo retenedor, lo que provoca la contaminación de la planta de tratamiento de aguas residuales y el aumento de los tiempos y costos de limpieza de la planta de tratamiento de aguas residuales.

9.4.5 Resultados esperados

Los resultados que se esperan son datos relacionados a las operaciones unitarias que se llevan a cabo dentro de la planta de producción, asimismo se esperan aumentar los rendimientos de las producciones para evitar la acumulación de mermas, minimizar tiempos y frecuencia de limpiezas de equipo operativo y reducir costos por consumos de agua para limpieza, lo que da como resultado la reducción de sólidos y grasas recibidas por trampa de grasa y retenedor de sólidos.

La reducción de las cantidades de grasas y sólidos recibidas en el equipo retenedor asegura un aumento en la eficiencia de la trampa de grasa y retenedor de sólidos, lo que da como resultado la reducción de contaminantes presentes en la planta de tratamiento de aguas residuales.

De igual forma, se espera estandarizar procedimientos de limpieza de equipo, que puede brindar apoyo al equipo retenedor mediante la reducción de descargas de agua que excedan la capacidad del equipo, así como minimizar la cantidad de sólidos desechados hacia el drenaje, con el objetivo de apoyar a la reducción de contaminantes que pasen a la planta de tratamiento de aguas residuales y causen aumento de costos debido a la tercerización de su limpieza.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el análisis de las variables descritas en la sección de “Metodología” se harán uso de técnicas de estadística descriptiva e inferencial, en donde se describen la finalidad de dicha técnica y los resultados esperados al utilizar dicha técnica.

Se hará uso de pruebas de normalidad se aplicará la prueba de Shapiro-Wilk, mediante el uso del software SPSS, con el objetivo de determinar si la distribución de los datos se ajusta a una distribución Normal. Esta técnica será usada para poder determinar si las variables de cantidades de sólidos extraídos, tiempos de limpieza, consumos de agua y mermas se ajustan a la normalidad de datos. Los datos serán obtenidos mediante observación y tabulados en una tabla con el nombre del parámetro observado. El objetivo es poder cuantificar las causas de los datos obtenidos, aceptar o rechazar dichas hipótesis, tabularlas y realizar una gráfica de barras para realizar comparaciones de los datos.

La herramienta de análisis de correlación será empleada para analizar la correlación entre las variables de tiempos de limpieza dentro de la planta de producción y la cantidad de sólidos extraídos del equipo retenedor de esta forma se podrá determinar si las cantidades de sólidos extraídos son linealmente dependientes de los tiempos de limpieza. Los datos serán obtenidos mediante la técnica de observación y consulta de datos obtenidos en el pasado. Se plantea hacer uso del Software SPSS para realizar dicho análisis y así poder afirmar o rechazar la hipótesis de correlación entre ambas variables, posteriormente reflejar los resultados en tablas y en una gráfica de dispersión para realizar un análisis de los cambios en los datos obtenidos.

Se realizará una serie de tiempos para realizar un análisis del comportamiento de las variables de rendimiento de la producción, consumos de agua para limpieza y los tiempos tomados para limpieza, con el objetivo de realizar un análisis estadístico sobre como varían con el tiempo, o si depende de factores tales como el día de producción, la disponibilidad de equipo o la cantidad programada a producir. Los datos serán anotados en tablas con los respectivos nombres de cada variable y se realizarán gráficas de barras y líneas para analizar el comportamiento de las variables de rendimiento de la producción, consumo de agua y tiempos de limpieza.

11. CRONOGRAMA

Las actividades a realizar para la elaboración del presente trabajo de investigación serán descritas mediante una gráfica Gantt, dicho gráfico proyecta fechas del mes de octubre de 2021 al mes de diciembre de 2022.

Tabla VII. **Cronograma de actividades**

Descripción	Oct-Dic 2021 (Semana 1 a 12)	Ene-Mar 2022 (Semana 13 a 24)	abr-22 (Semana 25 a 28)	may-2022 (Semana 29 a 32)	jun-22 (Semana 33-36)	jul-22 (Semana 37-40)	ago-2022 (Semana 41 a 44)	sept-2022 (Semana 45-48)	oct-22 (Semana 49 a 52)	nov-22 (Semana 53 a 56)	dic-2022 (Semana 57 a 60)
	Diseño de Anteproyecto										
Diseño de Investigación											
Aprobación del Protocolo											
Fase I: Exploración Bibliográfica											
Fase II: Gestión o recolección de la información											
Fase III: Análisis de Información											
Fase IV: Interpretación de Información											
Redacción Final de Informe											
Elaboración de Artículo Científico											
Elaboración y Preparación para Defensa de Tesis											

Fuente: elaboración propia, 2022.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizará con recursos propios del estudiante de maestría. Algunos de los recursos mencionados serán facilitados por la empresa Proseresa como los materiales, equipo de computación, internet y energía eléctrica. Dichos recursos son proyectados en la siguiente tabla:

Tabla VIII. **Recursos necesarios para la investigación**

Recurso	Disponibilidad	Costo	% Destinado de fondos
Humanos	Honorario del asesor	Q 8,300.00	0.0%
	Honorarios de estudiante	Q 3,500.00	28.7%
	Conferencistas	Q 2,000.00	16.4%
Financieros	Transporte y Combustible	Q 2,300.00	18.9%
	Materiales	Q 1,500.00	12.3%
Tecnología y servicios	Equipo de computación	Q 4,000.00	32.8%
	Internet	Q 350.00	2.9%
	Energía eléctrica	Q 150.00	1.2%
Subtotal		Q13,800.00	100.0%
Riesgo 5%		Q14,490.00	118.9%
Aporte del estudiante (-)		Q 2,300.00	
Aporte del Asesor (-)		Q 8,300.00	
Total		Q12,190.00	

Fuente: elaboración propia, 2022.

Los recursos serán brindados por el tesista, los cuáles se consideran suficientes para la investigación, lo que hace que sea factible la realización del estudio de investigación.

13. REFERENCIAS

1. Acuerdo gubernativo 236-2006, *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*, artículo 21, 5 de mayo de 2006.
2. Acuerdo gubernativo 236-2006, *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*, artículo 25, 5 de mayo de 2006.
3. Acuerdo gubernativo 236-2006, *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*, artículo 27, 5 de mayo de 2006.
4. Acuerdo gubernativo 236-2006, *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*, artículo 34, 5 de mayo de 2006.
5. Acuerdo gubernativo 236-2006, *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*, artículo 35, 5 de mayo de 2006.
6. Acuerdo gubernativo 236-2006, *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*, artículo 37, 5 de mayo de 2006.

7. Acuerdo gubernativo 236-2006, *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*, artículo 38, 5 de mayo de 2006.
8. Acuerdo gubernativo 236-2006, *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*, artículo 41, 5 de mayo de 2006.
9. Acuerdo gubernativo 236-2006, *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*, artículo 42, 5 de mayo de 2006.
10. Acuerdo gubernativo 236-2006, *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*, artículo 43, 5 de mayo de 2006.
11. Alfonso-Álvarez, J., Carpinteyro-Chavez, L., Vélez-Zamorano, A., y Teón-Vega, A. (2017). Obtención de un biofertilizante. *Revista de ciencias naturales y agropecuarias*, 46-57. Recuperado el 24 de Noviembre de 2021, Obtenido de <https://tinyurl.com/bddfmm28>
12. Carreño, F., Iglesias, D., y Carrillo, A. (2015). *Sustentabilidad productiva sectorial*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México. Recuperado el 12 de noviembre de 2021, Obtenido de <https://tinyurl.com/4shdve84>
13. Chinchilla, M. (2015). *Relación de parámetros de diseño de trampas de grasas (desengrasadores) versus su eficiencia, en aguas residuales comerciales*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Recuperado el 8 de Diciembre de 2021, Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0503_MT.pdf

14. Cifuentes, J. (2020). *Tecnología innovadora en manejo de lodos residuales y políticas mejoradas*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 4 de Enero de 2022, Obtenido de <https://tinyurl.com/3sfj6kwz>
15. Cortéz, F., Betancourt, F., y Medrano, F. (2010). *Control inicial en la descarga de aguas residuales industriales y comerciales*. México: Instituto Tecnológico de Aguas Calientes. Recuperado el 1 de Febrero de 2022, de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.redalyc.org%2Fpdf%2F944%2F94415753008.pdf&cien=927913
16. DURMAN. (2018). Manual técnico trampa de grasa DURMAN. *DURMAN Trampa de Grasa*, 1-12. Recuperado el 5 de Febrero de 2022, Obtenido de <https://tinyurl.com/yd3th9c3>
17. Ecocentury. (26 de Enero de 2016). *Ecocentury*. Recuperado el 5 de Febrero de 2022, Obtenido de Ecocentury WebSite: <http://www.ecocentury.pe/blog/limpieza-trampas-grasa-gestion-residuos-liquidos-reciclaje/>
18. EMONA. (23 de Abril de 2018). *Productos*. Recuperado el 23 de Diciembre de 2022, Obtenido de la limpieza perfecta: El círculo de Sinner: <https://emona.com.ar/la-limpieza-perfecta-el-circulo-de-sinner/>

19. Hemm Tech. (2021). *Manual de operación y mantenimiento de Trampa de Grasa y separador de sólidos*. Guatemala: Hemm Tech.
20. Hernández, A. (2019). *Diseño e implementación de trampa de desecho de aceite comestible en un establecimiento alimentario*. Tuxtla Gutiérrez: Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Recuperado el 14 de Diciembre de 2022, Obtenido de <https://tinyurl.com/2p8nca5>
21. INFOM. (7 de Agosto de 2018). *Servicios*. Recuperado el 12 de Enero de 2022, Obtenido de Guía de Implementación de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales: <https://issuu.com/infomgt/docs/aspw>
22. Lozano, W. A. (2012) *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales*. Módulo didáctico. Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá. 14 p. [Diapositivas]. pdfslide.tips. <https://pdfslide.tips/documents/tratamiento-de-agua-unad-moduloversonjulio2013.html>
23. Mata, Mora, y Portugués (2011). *Agua para consumo y saneamiento: Situación de Costa Rica en el contexto de las Américas*. Costa Rica: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
24. MYCAM. (14 de Febrero de 2020). *Consejos para el mantenimiento adecuado de una trampa de grasa*. Recuperado el 12 de Enero de 2022, Obtenido de <https://www.mycam.com.mx/flexo/post/consejos-para-mantenimiento-adecuado-de-una-trampa-de-grasa>

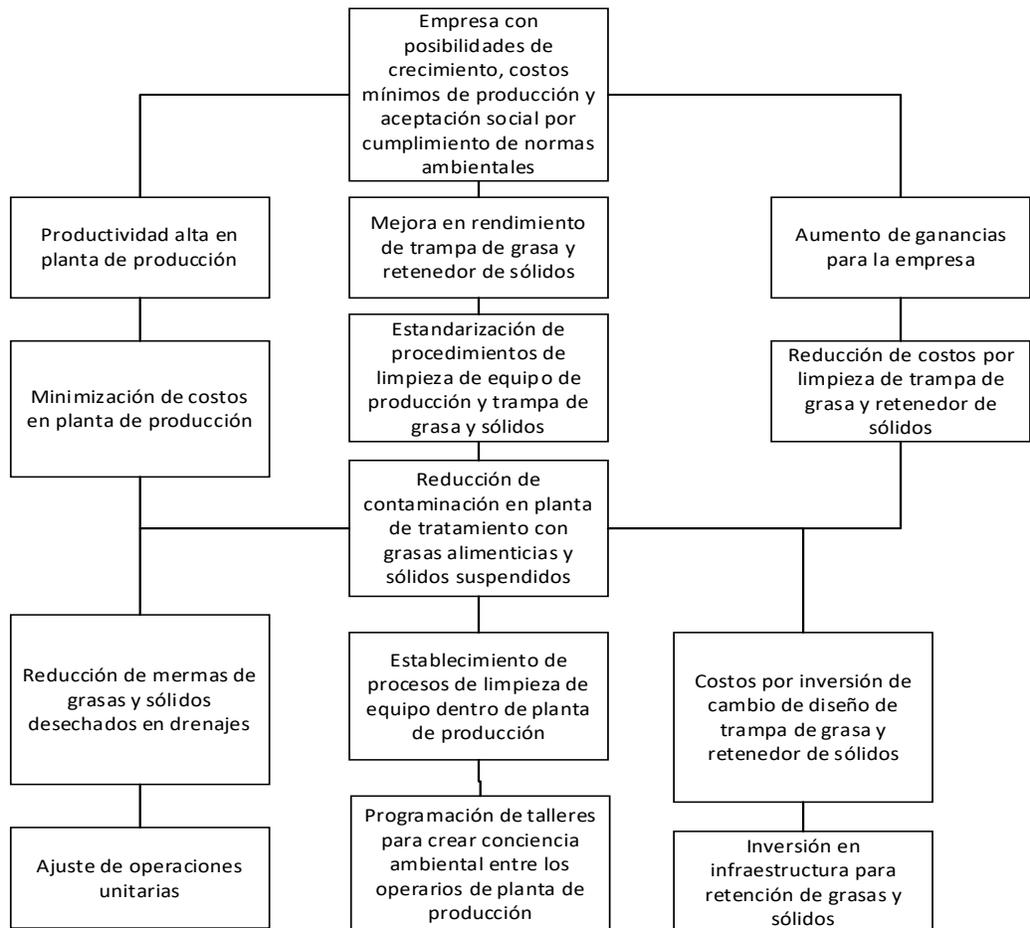
25. Núñez, M. (2019). *Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba - Cajamarca. Alternativas para mejorar su tratamiento*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
26. Organización Mundial de la Salud. (2006). *Excreta and greywater use in agriculture* (Vol. 4). Suiza: Organización Mundial de la Salud. Recuperado el 12 de Enero de 2022, Obtenido de *Institutional Repository for Information Sharing*.
27. Pallomaro. (8 de Enero de 2009). *Trampas de grasas: ideal para proteger instalaciones sanitarias en su restaurante*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2021, Obtenido de Pallomaro: Diseño de cocinas industriales:
https://pallomaro.com/disenos_cocinas_industriales/trampa-de-grasas-ideal-para-proteger-instalaciones-sanitarias-en-su-restaurante/
28. Pineda, C. (2011). *Aprovechamiento de los residuos generados en las trampas de grasa provenientes de los establecimientos comerciales en el municipio de Pereira*. Pereira. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado el 27 de Octubre de 2021, Obtenido de <https://tinyurl.com/yznnp7nw>
29. QUIMA. (20 de Agosto de 2019). *QUIMA*. Recuperado el 26 de Enero de 2022, Obtenido de Trampa de grasa: Todo lo que necesitas saber: <https://quima.com/blogs/blog/tu-trampa-de-grasa-no-da-su-100-como-darle-mantenimiento-a-mi-trampa-de-grasa>

30. Robles, M. (2019). *Diseño de interceptor de sólidos y grasas para controlar el exceso de concentración de los valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales en el sistema de alcantarillado sanitario de los restaurantes de la ciudad de Huánuco*. Huánuco: Univerisdad Nacional Hermilio Valdizán.
31. Salazar, D. B. (2004). *Guía para el manejo de excretas y aguas residuales municipales*. Guatemala: PROARCA. Recuperado el 14 de Enero de 2022, Obtenido de <https://tinyurl.com/5n6h9w8k>
32. Saniseg. (2020). *Servicios*. Recuperado el 25 de Diciembre de 2022, Obtenido de *Succión y lavado de trampa de grasas*: <https://www.saniseg.com/succion-y-limpieza-de-trampa-de-grasa/>
33. Wastech. (Octubre de 2018). Recuperado el 12 de Octubre de 2021, Obtenido de *Limpieza de trampas de grasa en industria de alimentos*: <https://wastechcr.com/2018/10/18/limpieza-trampas-grasa-industria-alimentaria/>

14. APÉNDICES

Para el presente informe de investigación se diseñan los siguientes apéndices:

Apéndice 1. Árbol de Objetivos



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Apéndice 2. Matriz de Coherencia

Matriz de Coherencia			
Titulo	Planteamiento del problema	Preguntas de Investigación	Objetivos
		Principal	General
<p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA MEJORA EN LA ESTRUCTURA Y LIMPIEZA DE UN SISTEMA DE RETENCIÓN DE GRASAS Y SÓLIDOS PARA UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS ENVASADOS</p>	<p>Altos niveles de contaminación de planta de tratamiento de aguas en complejo industrial causado por grasas y sólidos en agua proveniente de planta de producción, así como reducción de productividad de planta de producción</p>	<p>¿De que forma puede ser minimizada la contaminación de una planta de tratamiento de aguas mediante un diseño adecuado de una trampa de grasa y retenedor de sólidos?</p>	<p>Proponer mejora de estructura en trampa de grasa y retenedor de sólidos para agua proveniente de planta de producción de alimentos para minimización de contaminación de planta de tratamiento de aguas residuales</p>
		Auxiliares	Específicos
		<p>¿Los registros de cantidades retenidas son de utilidad para identificar ahorros causados por la inversión en un equipo para retención de grasas y sólidos de aguas de producción?</p>	<p>Analizar el impacto en los costos causado por la inversión de un equipo adecuado para la retención de grasas y sólidos provenientes de las aguas de producción mediante el estudio de registros y análisis periodicos de las cantidades retenidas.</p>
		<p>¿Los planes de limpieza de la trampa de grasa, retenedor de sólidos y equipo de la producción son los adecuados para la reducción del paso de contaminantes?</p>	<p>Plantear un plan de optimización de procedimientos de limpieza del equipo de producción de la planta, trampa de grasa y retenedor de sólidos mediante los resultados obtenidos por el análisis de las cantidades retenidas</p>
		<p>¿De que manera se puede disminuir la necesidad de limpiezas de equipo de producción para disminuir la cantidad de sólido desechados por el drenaje hacia la trampa de grasa y retenedor de sólidos?</p>	<p>Determinar las causas de las mermas de sólidos y grasas de los diferentes procesos de producción desechado al drenaje de la planta mediante el estudio de rendimientos de las operaciones unitarias utilizando balances de masa.</p>

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.