



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TEMA:

“DISEÑO DE UNA PLANTA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LOS PROCESOS PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ECUAFEED S.A., UBICADA EN LA COMUNA JAMBELÍ, CANTÓN SANTA ELENA, ECUADOR”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

POZO MERA GRACE KELLY

TUTOR:

Ing. VÉLIZ AGUAYO ALEJANDRO CRISÓSTOMO, PhD

La Libertad, Ecuador

2022



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TEMA:

“DISEÑO DE UNA PLANTA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LOS PROCESOS PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ECUAFEED S.A., UBICADA EN LA COMUNA JAMBELÍ, CANTÓN SANTA ELENA, ECUADOR”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

POZO MERA GRACE KELLY

TUTOR:

Ing. VÉLIZ AGUAYO ALEJANDRO CRISÓSTOMO, PhD

La Libertad, Ecuador

2022

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **POZO MERA GRACE KELLY**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO INDUSTRIAL**.

TUTOR:

f.  _____

Ing. Véliz Aguayo Alejandro Crisóstomo, PhD

DIRECTOR DE LA CARRERA

f.  _____

Ing. Franklin Enrique Reyes Soriano, Mgtr.

La Libertad, a los 5 del mes de agosto del año 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación/Estudio de caso “DISEÑO DE UNA PLANTA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LOS PROCESOS PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ECUAFEED S.A., UBICADA EN LA COMUNA JAMBELÍ, CANTÓN SANTA ELENA, ECUADOR”, elaborado por la Srta. POZO MERA GRACE KELLY, estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR

f.  _____

Ing. Véliz Aguayo Alejandro Crisóstomo, PhD.

La Libertad, a los 5 del mes de agosto del año 2022

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Pozo Mera Grace Kelly

DECLARO QUE:

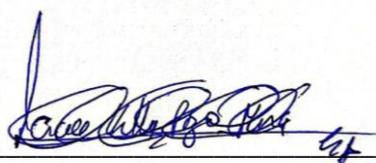
El Trabajo de Titulación, **DISEÑO DE UNA PLANTA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LOS PROCESOS PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ECUAFEED S.A., UBICADA EN LA COMUNA JAMBELÍ, CANTÓN SANTA ELENA, ECUADOR** previo a la obtención del título de **INGENIERO INDUSTRIAL** ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 5 del mes de agosto del año 2022

EL AUTOR

f. _____



Pozo Mera Grace Kelly

AUTORIZACIÓN

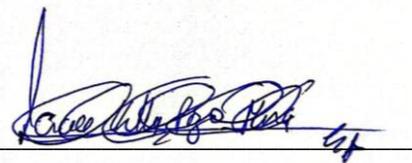
Yo, **POZO MERA GRACE KELLY**

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, **DISEÑO DE UNA PLANTA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ECUAFEED S.A., UBICADA EN LA COMUNA JAMBELÍ, CANTÓN SANTA ELENA, ECUADOR**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 5 del mes de agosto del año 2022

EL AUTOR:

f. _____



Pozo Mera Grace Kelly

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

La Libertad, 5 de agosto del 2022

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado “DISEÑO DE UNA PLANTA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LOS PROCESOS PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ECUAFEED SA, UBICADA EN LA COMUNA JAMBELÍ, CANTÓN SANTA ELENA, ECUADOR”, elaborado por la Srta. POZO MERA GRACE KELLY estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial. Facultad de Ciencias de la ingeniería perteneciente a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio URKUND, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente trabajo de titulación se encuentra con el 0% de la valoración permitida, por consiguiente, se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

TUTOR

f. 

Ing. Alejandro Crisóstomo Véliz Aguayo, PhD.

Reporte URKUND.



Document Information

Analyzed document	grace pozo tesis.docx (D142666179)
Submitted	2022-08-05 01:17:00
Submitted by	
Submitter email	graxesitaos99@gmail.com
Similarity	0%
Analysis address	aveliz.upse@analysis.urkund.com

CERTIFICADO GRAMATOLÓGICO

Salinas, 26 de agosto de 2022

Yo, NANCY TERESA MUÑOZ VERA, MAESTRA EN ADMINISTRACIÓN DE LA EDUCACIÓN, con registro de la SENESCYT No. 6043147062, por medio del presente certifico que:

He leído, revisado y corregido la redacción en la concordancia, la sintaxis y la ortografía del contenido del trabajo de titulación “DISEÑO DE UNA PLANTA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ECUAFEED SA, UBICADA EN LA COMUNA JAMBELÍ, CANTÓN SANTA ELENA, ECUADOR”. Elaborado por GRACE KELLY POZO MERA previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Debo indicar, además, que es de exclusiva responsabilidad que el autor cumpla con las sugerencias y recomendaciones dadas en la corrección de la tesis Impresa.

Sin otro particular

Atentamente,



NANCY TERESA MUÑOZ VERA, MSc.

C.I.: 0907260897

SENECYT REGISTRO No. 6043147062

CORREO: teremunoz_123@hotmail.com

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a Dios por permitirme la vida.

A mi madre Rosario por el amor incondicional que me ha dado durante tantos años.

A mis hermanos Alexi y Juan Carlos por brindarme la calidez y el amor de un hogar.

A mi padre por el sustento y sus consejos.

A mis amigos por su ayuda y amistad a lo largo de la carrera.

A mis profesores por el conocimiento que me han aportado.

Grace Pozo Mera

DEDICATORIA

Por siempre confiar en mi capacidad, por estar conmigo en todo momento y ser incondicional en mi vida, este trabajo de titulación se lo dedico a mi amado Danny, no tengo palabras suficientes para agradecer todo lo que haces por mi.

Grace Pozo Mera

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.  _____

Ing. Franklin Enrique Reyes Soriano, Mgtr.

DIRECTOR DE CARRERA

f.  _____

Ing. Miguel Antonio Salvatierra Barzola. Mgtr.

DOCENTE ESPECIALISTA

f.  _____

Ing. Véliz Aguayo Alejandro Crisóstomo, PhD.

DOCENTE TUTOR

f.  _____

Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica, MEng.

DOCENTE GUÍA DE LA UIC

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	ii
CERTIFICACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	v
AUTORIZACIÓN.....	vi
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	vii
AGRADECIMIENTOS	x
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	xii
ÍNDICE GENERAL.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT	xxi
INTRODUCCIÓN	1
Planteamiento del problema.....	2
Formulación del problema de investigación	3
Alcance de la investigación.....	3
Justificación de la investigación.....	4
Preguntas directrices	4
Objetivos general	4
Objetivos específicos	4

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Antecedentes investigativos	5
1.2. Estado del arte	7
1.2.1. Sistema de depuración de aguas residuales.....	8
1.2.2. Procesos productivos.....	11
1.3. Marco conceptual	11
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO	13
2.1. Enfoque de investigación	13
2.2. Diseño de investigación	14
2.3. Procedimiento metodológico	14
2.3.1. Fase preliminar del proyecto.....	16
CAPÍTULO III: MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
3.1. Estudio técnico	17
3.1.1. Ingeniería del proyecto.....	17
3.1.2. Descripción del proceso	20
3.1.3. Localización	23
3.1.4. Plano de distribución.....	23
3.1.5. Simulación del área de PTAR	24
3.2. Estudio de mercado	25
3.2.1 Segmentación del mercado	25
3.2.2. Análisis de la demanda.....	26
3.3. Estudio financiero	27
3.3.1. Costo del diseño propuesto para PTAR	28
3.3.2. Evaluación de proyecto	28
3.4. Diseños preliminares	30
3.4.1. Diseño 1	30
3.4.2. Diseño 2	33
3.5. Diseño detallado.....	34
3.5.1. Diagrama de procesos	34
3.5.2. Lista de materiales.....	34
3.5.3. Detalles del proceso	35
3.5.4. Diseño en AutoCAD	39

MARCO DE DISCUSIÓN	39
LIMITACIONES DEL ESTUDIO	40
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES	40
ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Aguas residuales</i>	8
Tabla 2: <i>Procesos productivos pesqueros</i>	11
Tabla 3: <i>Fases del proceso metodológico</i>	17
Tabla 4: <i>Proforma de mercado</i>	27
Tabla 5: <i>Costo total para el desarrollo del diseño</i>	28
Tabla 6: <i>Cambio de inversión</i>	29
Tabla 7: <i>Cálculo del tiempo de recuperación del PRI</i>	29
Tabla 8: <i>Cálculo de la VAN y TIR</i>	29
Tabla 9: <i>Lista de materiales</i>	34
Tabla 10: <i>Cálculo de caudal</i>	36
Tabla 11: <i>Cálculo de tiempo de sedimentación</i>	37
Tabla 12: <i>Fórmulas del cálculo de área</i>	37
Tabla 13: <i>Cálculo de superficie estática</i>	38
Tabla 14: <i>Tabla de datos para espacio requerido</i>	38

ÍNDICE DE IMÁGENES

Ilustración 1: <i>Producción y consumo de aguas residuales.</i>	2
Ilustración 2: <i>Comparación entre coagulantes.</i>	7
Ilustración 3: <i>Diseño de investigación.</i>	14
Ilustración 4: <i>Modelo de Morris Asimow.</i>	15
Ilustración 5: <i>Elementos básicos del mercado.</i>	16
Ilustración 6: <i>Diagrama de flujo de la empresa Ecuafeed S.A.</i>	19
Ilustración 7: <i>Adaptación del diseño propuesto al diagrama de flujo.</i>	20
Ilustración 8: <i>Localización de la empresa Ecuafeed S.A.</i>	23
Ilustración 9: <i>El mercado del tratamiento de agua y aguas residuales.</i>	26

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: <i>Certificado de publicación de artículo científico.</i>	47
Anexo 2: <i>Diagrama de flujo de la PTAR.</i>	48
Anexo 3: <i>Tabla de coeficiente para la superficie de evolución.</i>	49
Anexo 4: <i>Cisterna receptora.</i>	50
Anexo 5: <i>Tamiz rotativo.</i>	51
Anexo 6: <i>Separador de grasas.</i>	52
Anexo 7: <i>Tanque ecualizador.</i>	53
Anexo 8: <i>Sistema DAF.</i>	54
Anexo 9: <i>Planta de depuración de aguas residuales.</i>	55

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS

DAF: Sistema de flotación por aire disuelto.

RSL: Revisión sistemática de la literatura.

SST: Sólidos totales en suspensión.

PTAR: Planta de tratamiento de agua residual.

PRI: Periodo de recuperación de la inversión.

VAN: Valor actual neto.

TIR: Tasa interna de retorno.

“DISEÑO DE UNA PLANTA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ECUAFEED S.A., UBICADA EN LA COMUNA JAMBELÍ, CANTÓN SANTA ELENA, ECUADOR”

Autor: Pozo Mera Grace Kelly

Tutor: Ing. Véliz Aguayo Alejandro Crisóstomo, PhD

RESUMEN

En el Ecuador la producción de aguas residuales es un problema sustancial ya que se dispone de poca infraestructura física para el tratamiento de estos efluentes. Las aguas residuales de la fabricación de harina y aceite de pescado suelen contener números contaminantes como son los aceites, grasas y sólidos en suspensión. Para el estudio se ejecutó una verificación de fuentes académicas con el propósito de sustentar las variables de investigación, así también la aplicación de herramientas de diseño que fueron de utilidad para la adecuación del sistema a las instalaciones de la empresa Ecuafeed S.A. y el análisis de factibilidad del diseño propuesto. El objetivo que se estableció fue el de diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales a fin de cerrar el ciclo de producción de la empresa, de este modo aprovechar al máximo la reutilización de las aguas y disminuir el impacto ambiental generado. Para culminar el trabajo se demostró la factibilidad del sistema, evidenciando los beneficios del aprovechamiento de los efluentes, impulsando la economía circular y cumpliendo las normas medioambientales vigentes del país.

Palabras Claves: (Efluentes, factibilidad, diseño)

“DESIGN OF A WASTEWATER TREATMENT PLANT FOR THE PRODUCTION PROCESSES OF THE COMPANY ECUAFEED S.A., LOCATED IN THE COMMUNITY OF JAMBELÍ, CANTON SANTA ELENA, ECUADOR”

Author: Pozo Mera Grace Kelly

Tutor: Ing. Véliz Aguayo Alejandro Crisóstomo, PhD

ABSTRACT

In Ecuador, the production of wastewater is a substantial problem since there is little physical infrastructure for the treatment of these effluents. Wastewater from the manufacture of fishmeal and fish oil usually contain contaminating numbers such as oils, fats and suspended solids. For the study, a verification of academic sources was carried out in order to support the research variables, as well as the application of design tools that were useful for the adaptation of the system to the facilities of the company Ecuafeed S.A. and the feasibility analysis of the proposed design. The objective that was established was to design a wastewater treatment system in order to close the company's production cycle, thus making the most of the reuse of water and reducing the environmental impact generated. To complete the work, the feasibility of the system was demonstrated, evidencing the benefits of using effluents, promoting the circular economy and complying with the country's current environmental standards.

Keywords: (Effluents, feasibility, design)

INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico es un bien público que se ha visto degradado por las diferentes actividades humanas como son el uso indebido de las fuentes de agua y la constante contaminación que recepta este medio (Martín-López et al., 2007), los objetivos mundiales para el desarrollo sostenible son una responsabilidad compartida donde la sostenibilidad e integralidad son conceptos estrechamente relacionados (UNESCO, 2006), por lo tanto los países que integran las naciones unidas aceptaron aplicar una estrategia para el desarrollo mundial durante los siguientes 15 años los cuales se afirma que se puede lograr un desarrollo sostenible que erradicará la pobreza (Organización de las Naciones Unidas, 2018).

El consumo excesivo de los recursos naturales son uno de los principales factores que ponen en riesgo los recursos hídricos del mundo, un ecuatoriano promedio gasta alrededor de 249 litros de agua al día de la cual el 70% es canalizada mediante los sistemas de saneamiento y solo un 10% recibe tratamiento debido a que se considera como un proceso costoso (El Comercio, 2018), el país en busca de alinearse a los objetivos del desarrollo sostenible elaboró la estrategia nacional de la calidad del agua (ENCA) que es un conjunto de metas que busca la participación general de la población para la conservación, recuperación y protección del agua (SENAGUA, 2016).

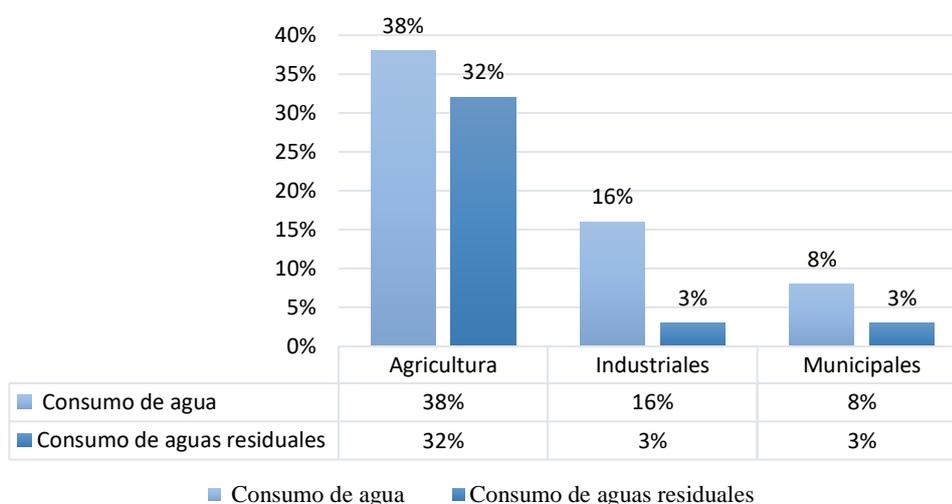
Hace una década el consumo de agua en el Ecuador fue de 15.80km^3 donde el 9.4% fue destinado al consumo doméstico, el 82.6% el consumo agrícola y el 8.0% al sector industrial, actualmente dentro del campo industrial la producción de harina de pescado es un producto usado en su mayoría para la elaboración de alimentos balanceados que se utilizan en las actividades productoras como son la acuicultura, la ganadería y la avicultura.

Aumentando la demanda de este producto, esto favorece económicamente a las comunidades cercanas a la industria debido a la generación de empleos, Ecuafeed S.A. es una de las industrias líderes en el mercado ecuatoriano que se dedica a la producción y distribución de este producto, su línea de procesamiento comprende varias etapas como: cocción, prensado, secado, enfriado, molienda y finalmente envasado teniendo como resultado un alimento rico en energía y proteínas con un alto porcentaje de aminoácidos esenciales.

Planteamiento del problema

El informe UN-Water, (2017) nos señala que a nivel mundial se estima que el 16% del agua dulce es consumida por industrias de diferentes sectores productivos, no obstante, solo el 3% es reciclado, durante los últimos años existe un aumento significativo en la reutilización y recuperación de aguas residuales contemplando a estas no como un problema de eliminación, sino como una solución accesible que busca el mejoramiento del sector industrial. La economía circular tiene como objetivo el equilibrio entre la economía, la protección y la sostenibilidad de recursos, permitiendo la simplificación de los procesos, la reducción de costos y el uso competente de la materia prima (Lett, 2014).

Ilustración 1: Producción y consumo de aguas residuales.



Nota: Basado en UN-Water, (2017).

En el Ecuador la industria pesquera representa uno de los mayores rubros económicos del país registrando un crecimiento del 4.8% desde el año 2008 hasta el 2017, según nos informa (Europa Azul, 2019). En su mayoría, las industrias pesqueras descargan sus aguas residuales en los sistemas de alcantarillados municipales o caso contrario directo a su entorno debido a los costes elevados que conlleva la adecuación de la infraestructura y la implementación de una planta de depuración lo que genera el desaprovechamiento del agua, además del incumplimiento de las normas ambientales vigentes que se debe a la dificultad de confrontar de forma efectiva los diferentes aspectos de la gestión en los niveles gubernamentales.

En el ámbito de las empresas generalmente no miden las ventajas o consecuencias que conlleva el uso apropiado de los recursos, tales como, una producción más predecible que permite la mejora de la calidad en los productos fabricados y el control de las operaciones de la planta lo cual posibilita la recuperación de sub-productos desencadenando así a la minimización de emisiones y descargas de la fuente, reduciendo el riesgo ambiental y aumentando la competitividad de la empresa ante el mercado.

Formulación del problema de investigación

¿Cómo influye una planta de aguas residuales en los procesos de producción?

Alcance de la investigación

El trabajo de titulación tendrá como objetivo general el análisis y el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, el cual se basará en la técnica de sustracción mediante el uso de coagulantes y floculantes comprendiendo así el control, las características y los procedimientos de la misma, para llevar a cabo esta investigación será necesario la obtención de una base bibliográfica que facilite la extracción de datos de interés para el desarrollo teórico del proyecto, también se deberá considerar la información brindada por la misma empresa, siempre teniendo en cuenta el cumplimiento de las leyes y normas nacionales e internacionales que establecerán las restricciones y los objetivos específicos de la planta a proponer.

Posteriormente, se utilizará los cálculos y principios científicos para la creación de la planta de tratamiento de aguas residuales, complementando las instalaciones de la empresa Ecuafeed S.A. en la comuna Jambelí de la parroquia Colonche, mediante herramientas de dibujo arquitectónico y software de diseños, así mismo, se desarrollará un listado de los diferentes materiales a usar. El proyecto de investigación tiene fuera de sus limitaciones el estudio del aprovechamiento del agua tratada de la industria, el estudio de contaminación de los recursos ambientales y la implementación de la construcción de la planta propuesta.

Para finalizar se busca que este trabajo sea de utilidad para la empresa Ecuafeed en un tiempo venidero, ya que brinda un mejoramiento en el proceso de producción y una fuente de estudio para la aplicación de la planta en otras industrias de la provincia de Santa Elena, demostrando así que es posible el aprovechamiento de este recurso, mejorando las condiciones ambientales, de salud y proponiendo la economía circular.

Justificación de la investigación

El presente trabajo investigativo se justifica debido a la necesidad de un adecuado tratamiento de los efluentes residuales que permita la reutilización y el aprovechamiento de los productos obtenidos del proceso de separación y así disminuir el impacto ambiental que genera la fabricación de harina y aceite de pescado, evitando malgastar el potencial de explotación y aumentando el volumen de materias residuales en los vertederos e incluso en aguas marinas. Mediante la propuesta del proyecto se busca proveer a la empresa de información con el fin que el diseño de la planta depuradora cumpla con los parámetros ambientales que determinan los diferentes niveles de participación de las empresas privadas, además de representar una mejora en los procesos productivos en caso de ser aplicada.

Preguntas directrices

1. ¿Cómo se sustenta teóricamente las variables investigativas?
2. ¿Cómo obtener un diagnóstico de la empresa Ecuafeed S.A.?
3. ¿Cómo cerrar el ciclo productivo de la empresa Ecuafeed S.A.?

Objetivos general

Diseñar una planta de depuración de aguas residuales para los procesos de producción de la empresa Ecuafeed S.A., ubicada en la Comuna Jambelí, Cantón Santa Elena, Ecuador.

Objetivos específicos

1. Realizar una investigación teórica, mediante la revisión sistemática de la literatura para el sustento de las variables de investigación.
2. Realizar una estructura metodológica, mediante métodos, técnicas e instrumentos de investigación para llegar a un diagnóstico de la situación actual de la empresa.
3. Proponer un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, mediante la utilización de herramientas de diseño para cerrar el ciclo de producción.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

A fin de sustento investigativo se puntualiza diversas consultas relacionadas con el tema a desarrollar.

Venugopal & Sasidharan, (2021) en su artículo menciona la recuperación de recursos de los efluentes denominándolos como ingredientes valiosos que tienen potenciales aplicaciones en diversas industrias, aportando así la recuperación de compuestos utilizados para la mejora de la nutrición y disminución de impactos ambientales, en los métodos fisicoquímicos nos hacen referencia a los sistemas de flotación por aire disuelto (DAF) que en combinación con coagulantes y floculantes pueden tener una efectividad de eliminar hasta un 50% de TSS (siglas en inglés de total suspended solids - sólidos en suspensión totales) y un 80% de niebla, resultando conveniente en la adaptación de las fluctuaciones del proceso productivo, se recomendó que debido a los distintos orígenes de las aguas residuales se debía tener en cuenta la aplicación de diferentes tipos de tratamiento a fin de favorecer a la gestión de las industrias pesqueras para que en cuestión de tiempo tracen como objetivo la sustentabilidad del medio productivo y un ambiente más seguro.

Bautista & Gracia, (2018) el gobierno nacional de Colombia estableció una normativa que regula la generación de aguas residuales y sus sistemas de tratamiento, lo cual generó una problemática en el municipio de Herveo al tener un déficit en la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales, por lo cual surgió la necesidad de efectuar un análisis de factibilidad para la construcción de la planta de tratamiento y de esta forma brindar una herramienta de gestión que ayudó a terminar con el incumplimiento de las normativas aplicadas.

Fuentes Silva, (2017) en su trabajo de titulación para ingeniero civil industrial nos menciona la presencia de lodos que son aquellos residuos semisólidos que se encuentran en forma fangosa o sedimentos del proceso, en la industria pesquera el tratamiento alcalino consiste en agregar cal hidratada y cal viva con el fin de estabilizar los lodos aumentando así el nivel de pH hasta 12, esto crea un entorno donde no pueden sobrevivir los microorganismos como bacterias, virus, entre otros, debido a que los alcalinos inducen cambios en la naturaleza coloidal del protoplasma ocasionando la muerte de la célula, este tratamiento alcalino tiene como ventajas la reducción de

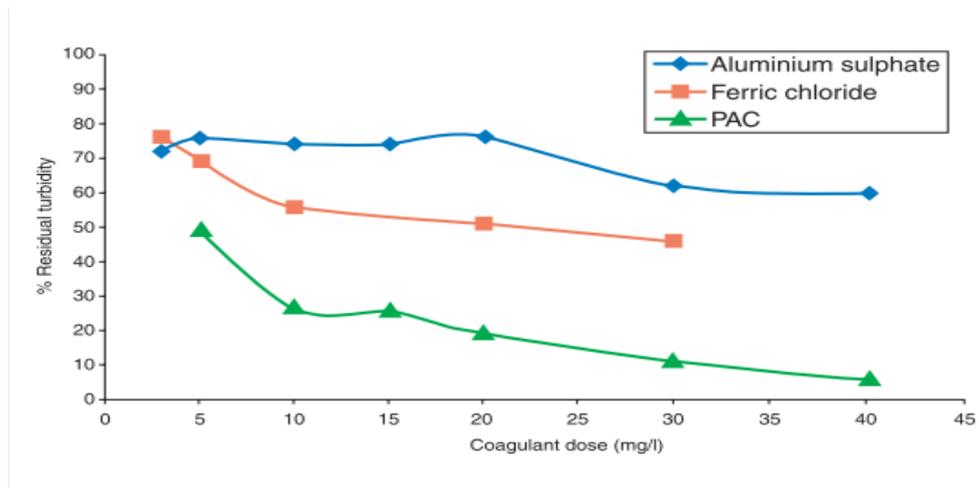
agentes patógenos con un bajo costo operacional, sin embargo, este método aumenta la cantidad de materia orgánica que puede ser usada como fertilizantes en la agricultura.

Arias Dulce & Evaristo Méndez-Gómez, (2014) en su trabajo investigativo llevado a cabo en la industria Maz Industrial S.A, nos menciona la pérdida económica que tuvo la industria debido al desperdicio de los efluentes originarios de la producción de harina de pescado por lo cual se planteó un pretratamiento de aguas que consisten en el uso de coagulantes, floculantes y sedimentación para la recuperación de materia orgánica, en la metodología se estabilizaron las muestras con un ph de 6.5 y con una temperatura de $42^{\circ}C$ para luego añadir el coagulantes y mezclar por rotación durante cinco minutos a diferentes velocidades, mediante este método se obtuvo la remoción de materia orgánica en un 91% recuperando así cerca de 283 sacias de 50kg de harina de pescado.

Niño et al., (2004) presento el desarrollo de un programa de simulación nombrado como SIMTELUC donde se pueden utilizar diferentes enfoques para el desarrollo de un sistema de tratamiento de aguas residuales, este puede administrar y controlar el flujo de información durante la simulación debido a que en su creación se usó una plataforma básica para manejar y almacenar los datos, también se añadieron módulos de cálculos que representan las unidades operacionales como son: reactor biológico por lodos activados, dosificación química, sedimentación primaria, unidad de flotación por aire disuelto, entre otros.

Delgado et al., (2003) en su investigación acerca del Comportamiento de Coagulantes se realizó la comparativa de tres coagulantes inorgánicos donde se buscaba la efectividad mayor para reducir la turbidez del agua residual, fueron utilizados los coagulantes sulfato de aluminio, cloruro poli aluminio y cloruro férrico para llevar a cabo la prueba de jarra donde se tomaron muestras de 800 ml del efluente y se aplicó la misma técnica de floculación donde fue agitado durante un minuto a 220 rpm, posteriormente durante veinte minutos a 48 rpm. La sedimentación se estableció en un periodo de 15 minutos y mediante el uso de un medidor de pH y un turbidímetro se establecieron los resultados que muestran la efectividad del 95% del cloruro poli-aluminio para reducir la turbidez de las aguas residuales.

Ilustración 2: Comparación entre coagulantes.



Nota: La imagen representa el porcentaje de reducción que obtuvieron los diferentes coagulantes.

Desde la revisión sistemática de la literatura podemos sustentar mediante los antecedentes la importancia que tiene la reutilización del agua residual y los diferentes factores que influyen en este proceso, se obtuvo información respecto al método de depuración por aire disuelto donde se puede hacer uso de coagulantes y floculantes con el fin de obtener una reducción de la turbidez más eficiente, así mismo se debe completar el sistema mediante la aplicación de tuberías, tanques y otros componentes que potencian una mejor división de la materia orgánica y el efluente.

1.2. Estado del arte

Centeno-Romero et al., (2021) habla sobre la revisión sistemática como un diseño investigativo observacional y retrospectivo que ayuda en la sintonización de las diferentes investigaciones primarias, (Manterola et al., 2013) nos indica que luego se seleccionan los artículos de interés para ser analizados y comparados con investigaciones similares, para esto (Gonz et al., 2007) nos señala que para la justificación de la RSL (revisión sistemática de la literatura) es necesario el planteamiento de preguntas que tengan un enfoque claro.

Para la recolección de datos investigativos se tomaron como motor de búsqueda las siguientes páginas de ScienceDirect, Scielo, Dialnet, Dimensions y Google Académico, mediante los criterios de inclusión y exclusión se formuló la pregunta investigativa que es ¿Cómo una planta de depuración de aguas residuales mejora los procesos productivos?, considerando el área de investigación se reducirán los criterios para:

- ✓ Aquellos documentos encontrados en los motores de búsqueda establecidos y que sean de libre acceso.
- ✓ Los artículos de los últimos 3 a 6 años de anterioridad.
- ✓ Los trabajos vinculados a la ingeniería o la industria pesquera.

Para el acopio de datos se utilizaron términos relacionados a la pregunta investigativa, mediante los operadores booleanos se logró establecer una base lógica para enlazar las palabras claves:

- AND: El buscador selecciona los documentos que introduzcan ambos términos "aguas residuales AND procesos productivos".
- NOT: El buscador selecciona los documentos que incluyan el primer término, mas no el segundo "depuración del agua NOT medicina".
- OR: El buscador selecciona los documentos que contenga alguna de las palabras de búsqueda o incluso ambas (aguas residuales OR procesos productivos).

Ingresando las palabras claves se obtuvieron alrededor de 1.210 resultados, sin embargo, después de la aplicación de los criterios de búsqueda se obtuvieron 10 resultados favorables.

1.2.1. Sistema de depuración de aguas residuales

Tabla 1: Aguas residuales

N°	Cita	Propuesta	Tipo de investigación	Fuente
1	(Vilanova et al., 2017)	Procesos de fangos activados	Artículo	ScienceDirect
2	(Wang et al., 2021)	Método de coagulantes y floculantes	Artículo	ScienceDirect
3	(Almeida et al., 2021)	Reutilizar el agua residual	Artículo	ScienceDirect
4	(Rajabpour-Ashkiki et al., 2019)	Sistema de separación	Artículo	ScienceDirect
5	(Cribas Et Al., 2021)	Sistema de transporte y almacenamiento de agua	Artículo	Dialnet

6	(Menéndez & Dueñas, 2018)	Métodos de depuración de aguas	Artículo	Google académico
7	(Cabrera-Carranza, 2019)	Coagulantes orgánicos e inorgánicos	Artículo	Dialnet

Nota: Se consideran los diferentes factores y componentes relacionados al sistema de tratamiento de agua.

Vilanova et al., (2017) planteó una revisión basada en el modelado y la simulación de las estaciones depuradoras de aguas residuales, describiendo el proceso para la eliminación del fósforo (P) y nitrógeno (N), mediante el proceso biológico denominado fango activados se ingresa el efluente en el biorreactor donde las partículas se oxidan y mineralizan la materia orgánica, para después ser pasados al decantador donde los fangos serán desechados, se expone un modelado perteneciente a la familia ASM que facilita el control y la operatividad.

Wang et al., (2021) indicó que el método de coagulación y floculación es uno de los más usados por las plantas de tratamiento, esto consiste en la separación de los sólidos que están en suspensión en el agua cruda, por lo cual se hace el uso de químicos como el sulfuro de sodio (Na_2S) y sulfato ferroso ($FeSO_4$) que neutralizan los sólidos suspendidos produciendo una reacción de agrupación de partículas capaces de aumentar su tamaño para luego ser eliminadas. En la recolección de datos se realizaron alrededor de 132 pruebas de jarras para establecer los parámetros y las restricciones del modelo de regresión múltiple que se aplicó en este estudio.

Almeida et al., (2021) expuso que el uso del agua residual una vez depurada puede influenciar en los países de sequía, siendo una opción rentable para el riego de cultivos, mediante la investigación se establecieron dos parcelas experimentales que fueron regadas con el efluente, ambas obtuvieron resultados similares en su disponibilidad de sodio, sin embargo, en la parcela 2 se aplicaron lodos lo cual dio como resultado el aumento de materia orgánica favoreciendo la simetría de crecimiento en un 10% en comparación de la parcela 1 esto debido a que los lodos redujeron el riesgo de salinidad.

Ashkiki et al., (2019) señaló que los sistemas de cribado funcionan principalmente para la separación de partículas que se pueden clasificar en (I) separación por densidad, que es una técnica donde se pueden fraccionar los materiales ligeros como son el papel, los plásticos o materias orgánicas y en pesados que son los

metales o madera (II) separación por campo magnético, donde se utilizan las propiedades electroestáticas y magnéticas de los materiales y (III) separación por tamaño, que por medio de superficies de cribado pasa la materia dentro de un rango de tamaño. Dependiendo del uso del trómel, existe cierta incertidumbre que podrían afectar el rendimiento de separación, por ejemplo, la composición de la fuente, la tasa de alimentación, la obstrucción de las aberturas y la rotura de bolsa.

Cribas et al., (2021) analizó que en las industrias cuya operación emplea de grandes cantidades de agua requiere el cumplimiento de transporte y almacenamiento del líquido, por lo cual es indispensable la aplicación de un sistema de tanques y el uso de componente para su óptimo funcionamiento como es la capacidad de los tanques, válvulas, tuberías y bombas encargadas de transportar por succión el efluente, este sistema también cumple otras funciones como enfriar el líquido, permitir el asentamiento de las partículas contaminantes y el escape de aire retenido, este tipo de sistema es de mucha utilidad para el tratamiento de aguas residuales, ya que permite el asentamiento de las partículas disueltas en el efluente.

Menéndez & Dueñas, (2018) postuló que existen métodos destinados a tratar de forma más eficiente las aguas urbanas, estos son basados en procesos biológicos debido a la cantidad de materia orgánica que poseen, esto favorece a la efectividad de los tratamientos biológicos logrando así la remoción del 80 a 90% de la materia disuelta, también establecen que los tratamientos biológicos no se diferencian totalmente de los métodos de oxidación – filtración ya que ambos requieren de aireación profunda y de contenido de oxígeno.

Cabrera, (2019) mencionó la comparativa de un coagulante inorgánico (sulfato de aluminio) y un orgánico (moringa oleífera), para la recolección de datos se estabilizó el pH de las muestras para luego variar la dosificación de los coagulantes, el sulfato de aluminio es predominante en pH bajo, sin embargo, a niveles mayores es efectivo usar el método de barredura. En el caso de la moringa se observó que la reducción de turbiedad es ligeramente menor al coagulante inorgánico.

1.2.2. Procesos productivos.

Tabla 2: *Procesos productivos pesqueros.*

N°	Cita	Propuesta	Tipo de Fuente	investigación
1	(Soledispa-Lucas et al., 2022)	Aprovechamiento de recursos	de Artículo	Dialnet
2	(Morocho-Arroyo, 2018)	Reciclaje de residuos	Articulo	Dialnet
3	(Prieto-Sandoval et al., 2017)	Perspectivas de producción	de Articulo	ScienceDirect

Nota: Citas relacionadas al aprovechamiento de recursos en los procesos productivos.

Soledispa-lucas & Comercial, (2022) destacó que la industria pesquera en el Ecuador es un sector explotado que provee de empleo y crecimiento, el manejo eficiente de las empresas requiere de la mejora continua en sus procesos para proveer un producto de calidad que sea competitivo con el mercado, el adecuado aprovechamiento de los recursos es un factor decisivo en la gestión exitosa.

Roberto & Morocho, (2018) enfatizó que el reciclaje de residuos es una iniciativa cada vez más conocida por las empresas ecuatorianas, un modelo de negocio basada en el reciclaje promueve una revolución industrial donde la calidad y la sustentabilidad son una realidad, el consumismo en un futuro no lejano causara la escasez de materia prima por lo cual la ecología industrial debe ser aplicada, según (Banco Central del Ecuador, 2017) la producción de harina de pescado tuvo un incremento en el valor FOB (por sus siglas en ingles free on board) de 1.900.000 dólares.

Prieto-Sandoval et al., (2017) apuntó que las empresas deben cambiar la perspectiva lineal de producción y enfocar esfuerzos a las medidas correctivas de la modernización tecnológica, de modo que reduzcan la presión al medio ambiente, generalizando a la sostenibilidad como un objetivo adecuado a diferentes modelos industriales, previamente, las empresas deben fortalecer el manejo de los recursos, ya que todo material que sufre transformaciones debe representar valor a estas.

1.3. Marco conceptual

Revolución por minuto (rpm): Es la cantidad de vueltas por minuto que da un cuerpo.

Coagulantes y floculantes: El uso de agentes clarificadores en el tratamiento de aguas, como los coagulantes y floculantes, nos permite la eliminación de sólidos suspendidos de elementos orgánicos y su uso eficiente como agua en proceso, resultando el cumplimiento de normativas en el tratamiento de aguas residuales en forma adecuada.

Medición de caudal: Es el volumen de agua que pasa en un área en un tiempo determinado, para esto se utilizan los siguientes métodos como volumétrico.

Agua cola (AC): Es una mezcla inestable de aceites, agua y materia orgánica resultado del proceso de fabricación de la harina y aceite de pescado, como se muestra en la imagen 1 estos efluentes son recolectados en una cisterna para después proceder al tratamiento de aguas (García-Sifuentes et al., 2009).

Imagen 1: *Depósito de agua cola de la empresa Ecuafeed S.A.*



Nota: Se observa la cisterna receptora del agua residual.

Flotación por aire disuelto (DAF): Es un sistema que se basa en la producción de micro burbujas que permiten la flotación de la materia disuelta en el agua a tratar (Bolaño, 2009).

Lodos: Son residuos semisólidos de las plantas de tratamiento de aguas (Fuentes Silva, 2017).

Agentes patógenos: Engloba todo virus, bacteria u hongo infecciosos que pueda enfermar a su portador (Prados, 2018).

Turbidez: Es el aspecto turbio debido a la concentración de partículas que absorben o disipan la luz.

FOB: Es el valor del producto puesto en transporte marítimo, para ser exportados.

Partículas coloidales: Son partículas de diámetro muy pequeño responsable de la turbidez del agua residual.

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico permite al investigador descubrir información para la construcción del estudio con base a conceptos teóricos habitualmente operacionalizados, es decir, que nos ayuda a detallar aspectos determinados para el desarrollo del estudio mediante el respaldo de expertos en el tema. El proceso investigativo genera la necesidad de tomar decisiones que se enfoquen a la resolución del problema investigativo, se debe precisar los criterios de investigación que sirven para responder las preguntas guías que son: (I) ¿Qué se investiga?, (II) ¿Por qué y para qué es necesaria la investigación?, (III) ¿Cómo realizará el estudio?, así mismo se describe los diferentes métodos y técnicas que serán usados para la obtención de información y el material de documentación que se recopila en coherencia a los resultados (Taylor & Bogdan, 2000).

2.1. Enfoque de investigación

Según el modelo racionalista, la ciencia es una necesidad del humano para comprender los fenómenos de su alrededor, mediante la relación de causa y efecto se busca el fin de intervenir en estos fenómenos y utilizarlo a favor, según (Azüero Azüero, 2019) la ciencia se puede dividir en tres aspectos.

1. Unidad de lenguaje: La literatura científica debe satisfacer el lenguaje de la física, como consecuencia toda observación científica debe conducir al fenómeno estudiado.
2. Unidad de leyes: Los fenómenos pueden ser explicados mediante principios teóricos similares.
3. Unidad del método: Se basa en las formas y los medios que fundamentan en argumentos iniciales válidos (unidad de lenguaje y unidad de leyes).

En el presente trabajo se utilizó un enfoque cuantitativo debido a que se adapta de mejor forma a la investigación, (Hamui-Sutton, 2013) nos menciona que este enfoque nos brinda un principio más amplio de diversas investigaciones con el fin de abordar un análisis de forma ordenada y simplificando al mismo tiempo su entendimiento, en la aplicación de este enfoque tuvimos en consideración ciertas fases o etapas que fueron redefinidas al estudio que se realizó, estas se reducen en I) fase

conceptual, II) fase de planeación y diseño, III) fase empírica, IV) fase analítica, V) fase de difusión, tal como nos indica (Monje Álvarez, 2011).

2.2. Diseño de investigación

Debido a que la investigación cuenta con variables que no fueron manipuladas, se determinó que el diseño es no experimental, el desarrollo se limitó a una observación de los fenómenos en su contexto natural (Sampieri et al., 2014), en este tipo de investigación no es recomendable exponer a la variable independiente a estímulos o condiciones creadas por el investigador teniendo en consideración esto, se llevó a cabo un análisis del estado del objeto de estudio y su relación con la variable dependiente en un momento determinado.

Ilustración 3: *Diseño de investigación.*



Fuente: Basado en (Sampieri et al., 2014).

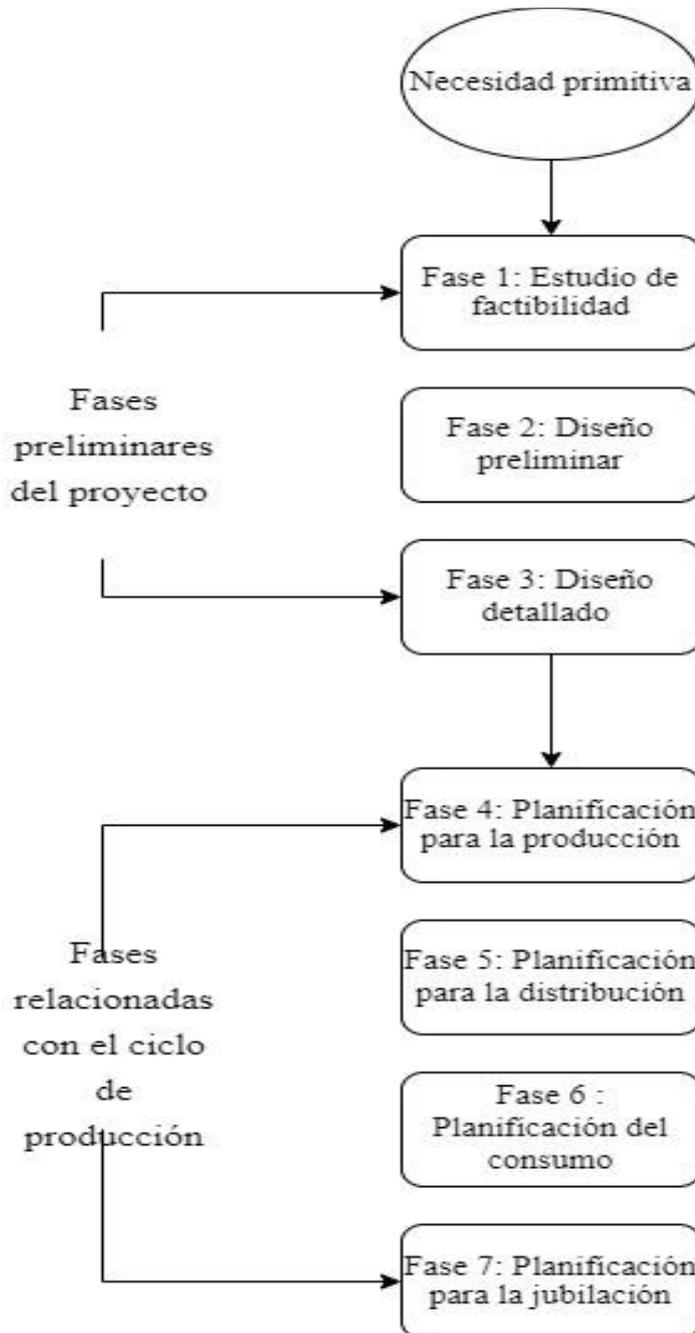
2.3. Procedimiento metodológico

Para el procedimiento metodológico debemos tener en cuenta que los diseños deben responder a factores de avance tecnológico, económico, y sociales, estos se verán afectados en diferentes medidas, sin embargo, pueden influir en el resultado final convirtiéndolo en poco factible. La metodología de Asimow nos propone un método contrario a la espontaneidad, es decir, que para la elaboración de un diseño se debe verificar si la idea principal es correcta y todo paso que se dé en la elaboración debe ser analizado y comprobado.

Morris establece que todo proyecto debe basarse en dos principios que se dividen en: (I) fácticos que son aquellos que se pueden comprobar de manera empírica,

estos se basan en la resolución interactiva de problemas, en otras palabras, la progresión va de lo abstracto a lo concreto y (II) éticos que representan los valores culturales, estos responden a las necesidades individuales o sociales, siendo físicamente realizables y se optimizan de acuerdo a los criterios del proyectista. En su modelo del proceso del diseño constas con dos fases que serán descritas en el siguiente cuadro.

Ilustración 4: *Modelo de Morris Asimow.*



Fuente: (Asimow, 1962).

2.3.1. Fase preliminar del proyecto

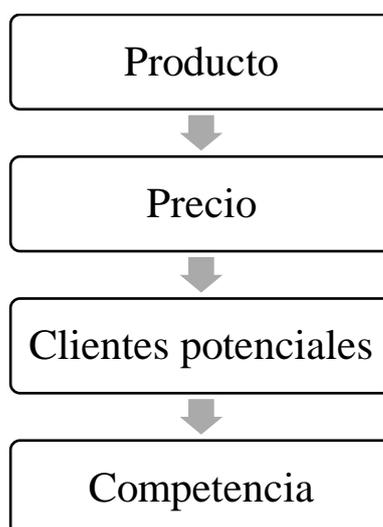
Estudio de factibilidad

Mediante este estudio se propone un análisis de las condiciones que se deben desarrollar para que un producto o servicio sea bueno o malo, para iniciar un proyecto se debe invertir una serie de recursos como tiempo, dinero, materia prima y equipos, sin embargo, esta decisión se debe tomar en base a una serie de evidencias y cálculos que den seguridad al proyecto que se quiere desempeñar (Luna & Chaves, 2017).

Análisis de mercado

Se realiza con el fin de obtener información acerca del acogimiento de un producto en el mercado, bajo esta noción en nuestro trabajo investigativos podemos decir, que el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, sin ser un objeto material, satisface las necesidades del mercado al que está dirigido siendo esta una empresa productora de harina de pescado.

Ilustración 5: *Elementos básicos del mercado.*



Fuente: (Araya, 2017).

Análisis de financiamiento

Consiste en una serie de estudios financieros que permiten analizar la información monetaria del producto a desarrollar con el fin de obtener una visión centrada de la situación y su evolución en el futuro.

Diseño preliminar

El diseño preliminar es donde se efectúan estudios de posibles soluciones para afrontar un problema latente, para esto se deben desarrollar mapas de flujo, bocetos, diagramas de secuencia que faciliten el desarrollo de la idea central.

Diseño detallado

En esta etapa se escoge la solución más acertada a solucionar el problema existe, se realiza el desarrollo central del mismo y se va estructurando los detalles que contenga para garantizar el fácil y óptimo funcionamiento o ejecución.

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario considerar factores técnicos o de diseño, económicos y humanos por lo cual mediante el principio de la metodología de (Asimow, 1962), se establecieron los pasos a seguir del proceso metodológico que consisten en tres fases que se encuentran más detalladas en la tabla 3.

Tabla 3: Fases del proceso metodológico.

Fases	Descripción	Resultados
1. Estudio de factibilidad	Es el análisis de los datos relevantes en el desarrollo del proyecto que permiten lograr los objetivos de forma eficiente y segura (Burdiles et al., 2019).	Estudio de mercado, técnico, financiero y ambiental que demuestran la factibilidad del diseño propuesto.
2. Diseño preliminar	Es la fase donde se desarrolla los primeros borradores para la definición del producto.	Identificación de los procesos anteriores, identificación de errores y un diagrama de flujo preliminar.
3. Diseño detallado	Es la fase donde se agregan las especificaciones completas de la geometría y materiales (Ulrich & Eppinger, 2012).	Cálculos que definen el espacio y características del diseño.

Nota: Descripción de las fases del proceso metodológico.

CAPÍTULO III: MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Estudio técnico

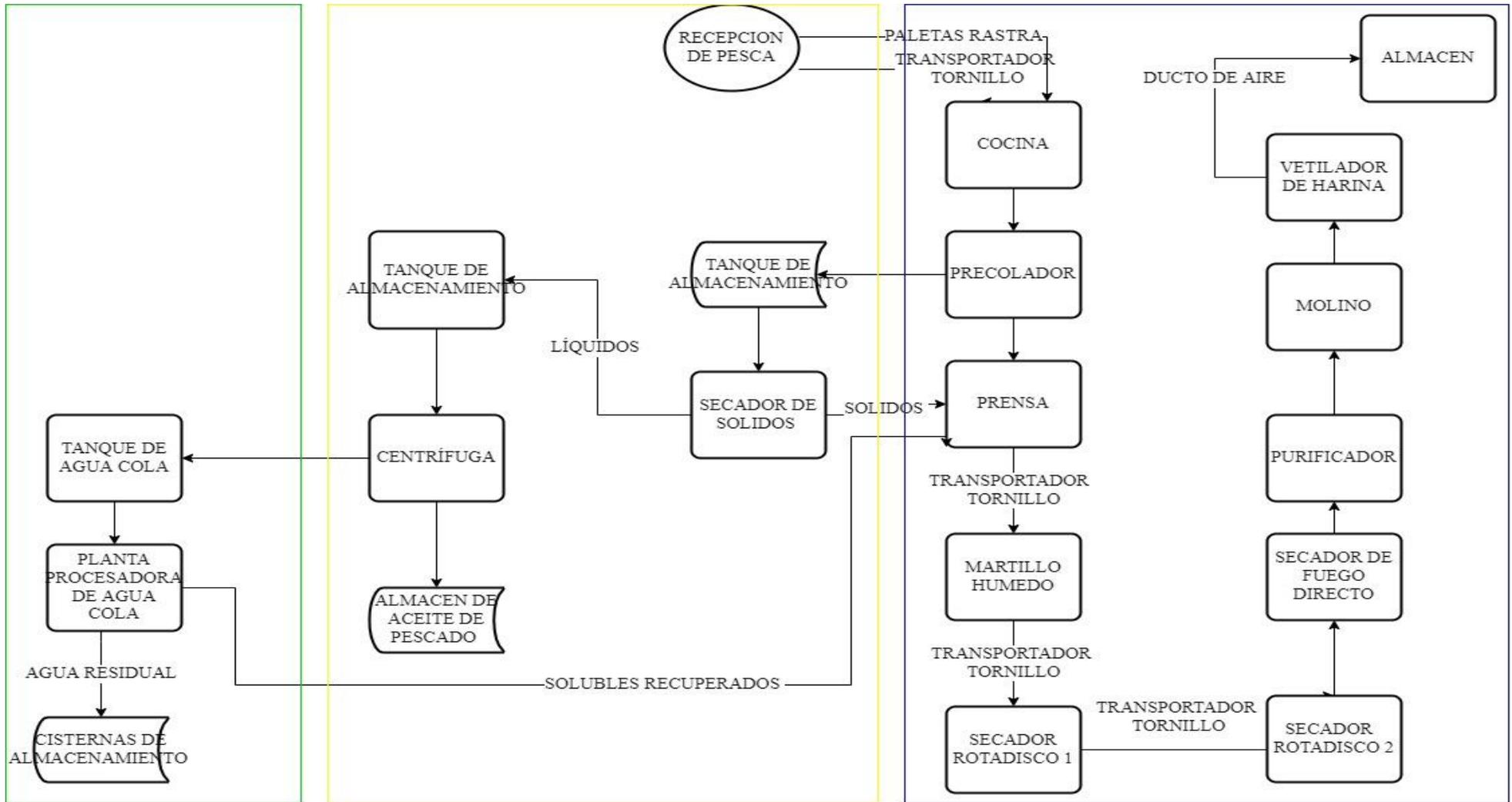
3.1.1. Ingeniería del proyecto

La ingeniería básica del proyecto investigativo es realizar una propuesta con el fin de solucionar las necesidades detectadas en la empresa Ecuafeed S.A., para este

análisis fue necesario un levantamiento de procesos que según (Beltrán et al., 2002) la manera más práctica de estructurar el conjunto de actividades es mediante un gráfico o mapa de fácil interpretación.

A continuación se presenta el diagrama de flujo (ilustración 5) de procesos de la empresa, el cual se representa de color azul el conjunto de actividades destinadas a la fabricación principal que es la harina de pescado, de amarillo las actividades que se realizan para conseguir el aceite y de color verde podemos evidenciar los procesos para la recuperación de algunos sólidos y el aprovechamiento del agua, no obstante, el efluente residual de estas actividades no cuentan con las condiciones necesarias para su reutilización.

Ilustración 6: Diagrama de flujo de la empresa Ecuafeed S.A.

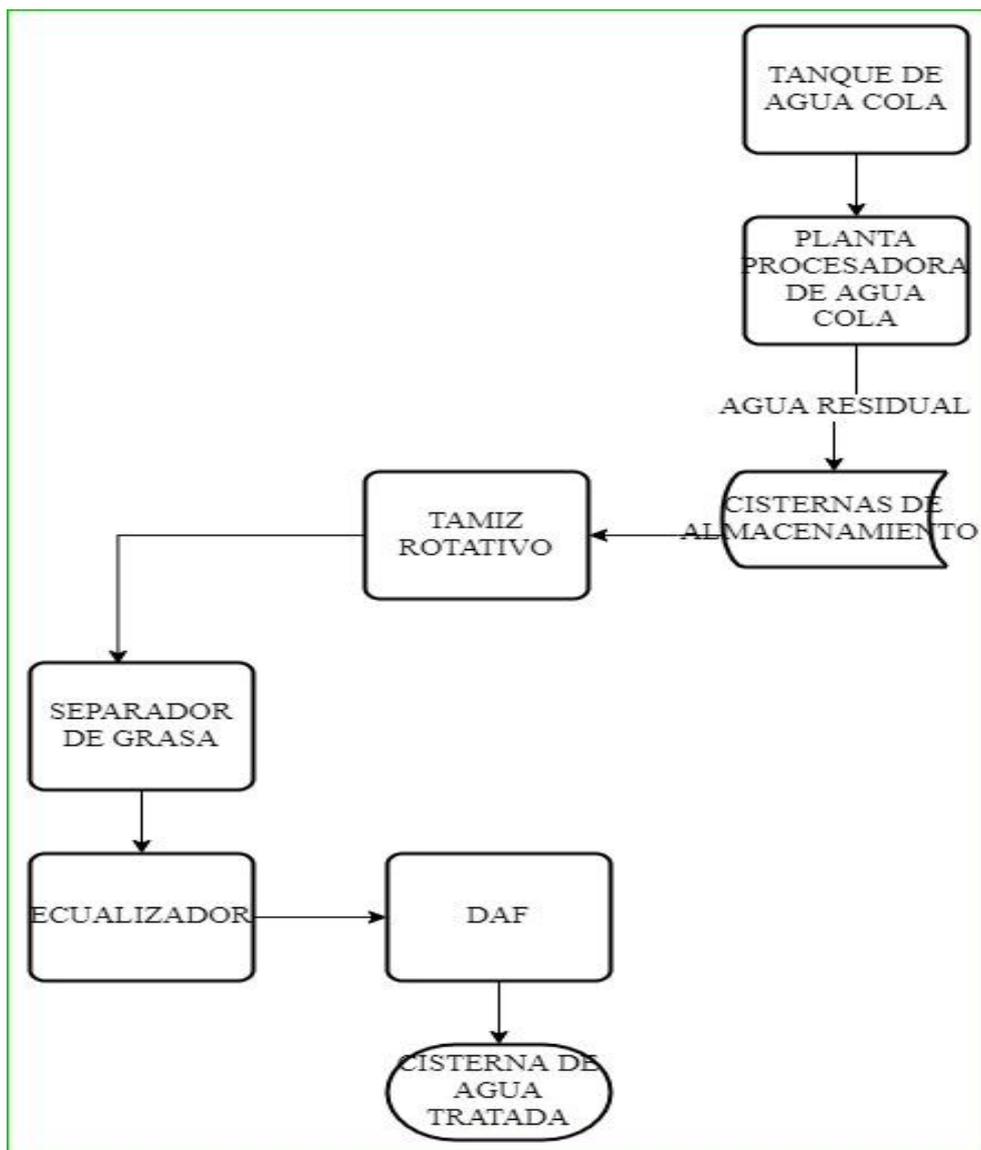


Nota: Diagrama de flujo de los procesos y su segmentación.

3.1.2. Descripción del proceso

Debido a las actividades de producción que son realizadas para la transformación de la materia prima se obtiene alrededor de $12 - 16 m^3$ De agua residual por proceso productivo, mediante el diagrama de flujo que visualizamos con anterioridad podemos evidenciar las diferentes operaciones que generan efluentes, por lo tanto, se realizó la adaptación del sistema propuesto (PTAR) al diagrama de flujo general (ilustración 7) con el fin de proporcionar una mejora a los procesos y cerrar el ciclo productivo.

Ilustración 7: Adaptación del diseño propuesto al diagrama de flujo.



Nota: Se realiza la adaptación del diagrama de flujo para el tratamiento de agua residual.

En la imagen 2 podemos observar la Cisterna de recepción (imagen A) donde se recolecta el volumen de efluente que resulta del proceso productivo, estas están ubicadas cerca de la planta de agua de cola y pueden almacenar alrededor de $45 m^3$ De agua residual. El efluente recolectado es dirigido mediante bombeo al tamiz rotativo (imagen B) donde se distribuye de manera uniforme dentro de la maquinaria, el cilindro empieza a girar separando los sólidos que se quedan atrapados en la rasqueta para luego ser colocadas en un contenedor y el fluido que pasa por las rendijas del cilindro filtrante se dirige al siguiente proceso (Navajas, 2015).

Imagen 2: Cisterna y tamiz rotativo.



A

B

Nota: Se observa la conexión entre la cisterna receptora y el tamiz rotativo.

La imagen 3 muestra el separador de grasas (imagen A) que es un proceso fundamental para aquellas plantas industriales que trabajan en el sector alimenticio, petrolero o cualquier industria cuya producción contenga grasas o aceites, esta operación permite que el efluente tenga un tiempo de retención donde los aceites y grasas se aculan en forma de manto en la superficie para luego ser retirados, los sólidos se decantan al fondo del mecanismo para terminar en un contenedor de lodos y por último el agua semi-clarificada es dirigida al equalizador. La producción de la harina de pescado da como resultado agua con distintas concentraciones, lo cual no resulta positivo al momento de agregar los coagulantes y floculantes, el tanque de homogeneización (imagen B) se emplea con el fin mitigar las variaciones de descargas, concentraciones de sólidos y pH.

Imagen 3: *Separador de grasas y ecualizar de aguas residuales.*

A



B



Nota: Para llevar a cabo estos procesos deben ir en unión al tamiz rotativo mediante líneas de tuberías.

La imagen 4 se puede visualizar que una vez el agua es homogeneizada se dirige al DAF, este sistema realiza una operación física en la que mediante la generación de micro burbujas de gas que se adhieren a los sólidos que se encuentran en suspensión para ser llevados a la superficie donde se retiran mediante arrastre, el proceso de flotación también se basa en mecanismos de coagulación y floculación que permite que las partículas coloidales formen floculos de mayor tamaño que pueden ser eliminados con facilidad. Terminado el proceso dosificador, el agua clarificada es llevada a la cisterna de almacenamiento.

Imagen 4: *DAF y cisterna de almacenamiento.*



Nota: El sistema DAF es aplicado generalmente después de un proceso primario de depuración.

3.1.3. Localización

En la ilustración 8 podemos observar la localización que se tomó para la elaboración del proyecto, que son las instalaciones de La Empresa Ecuafeed S.A. que está ubicada en la Provincia de Santa Elena, específicamente en la Comuna de Jambelí, sector Las Pampas, a 1 kilómetro de la calle principal, vía Manglaralto Parroquia Colonche. Sus coordenadas geográficas son 2° 12´ de latitud sur y 79° 53´ de longitud oeste.

RUC: 0992721952001

administracion@ecuafeed.ec

Ilustración 8: Localización de la empresa Ecuafeed S.A.



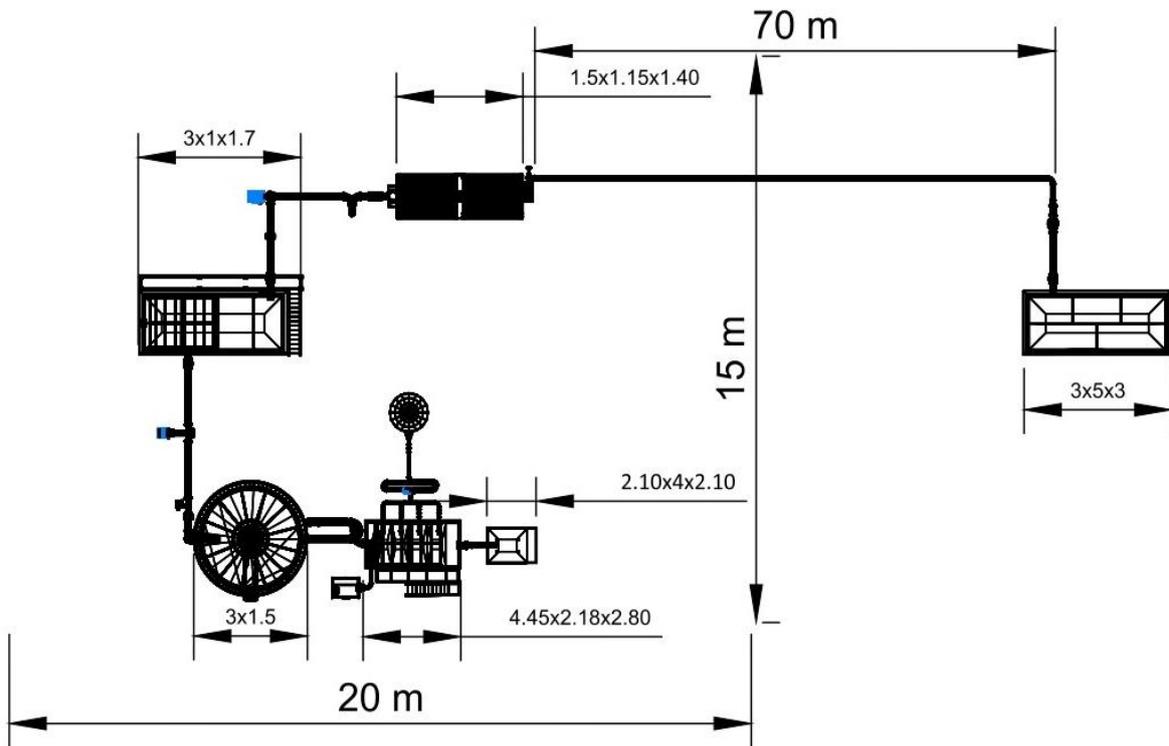
Nota: Imágenes tomadas de google maps.

3.1.4. Plano de distribución

Para el diseño de la PTAR se utilizó la distribución de planta funcional que permite que los recursos necesarios sean transportados al área que se requiere, este tipo de distribución es óptima para las producciones de un mismo ítem o similares (Jose, 2013).

Dentro de la empresa se posee un terreno vacío de 300 m² como se muestra en la imagen 5 donde se puede implementar la instalación de la PTAR respetando la superficie estática de cada maquinaria y una distancia de seguridad de dos metros entre cada una de ellas.

Imagen 5: Plano general de distribución.



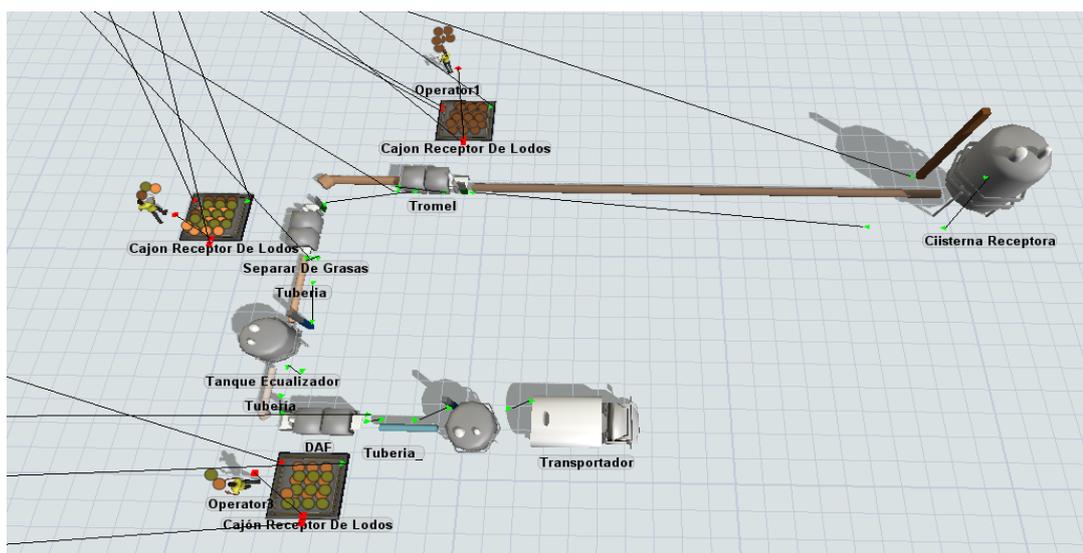
Nota: Se observa las medidas del sistema PTAR.

3.1.5. Simulación del área de PTAR

La simulación de la distribución realizada nos permite observar de manera técnica como es el desempeño de los procesos que se realizan dentro de la planta, podemos realizar la secuencia de la producción, especificar el espacio de cada máquina y establecer rutas para la optimización del proceso.

En la imagen 6 podemos observar el diseño propuesto, este empieza en la cisterna receptora, pasando por el tamiz rotativo, separador de grasas, cisterna equalizadora, DAF para terminar en la cisterna receptora, el paso del efluente es representado por las tuberías y la acumulación de lodos por los cajones receptores.

Imagen 6: Posición de maquinaria para la producción.



Nota: Representación de la ubicación de la maquinaria utilizada acorde al diseño de AutoCAD y simulación del proceso.

3.2. Estudio de mercado

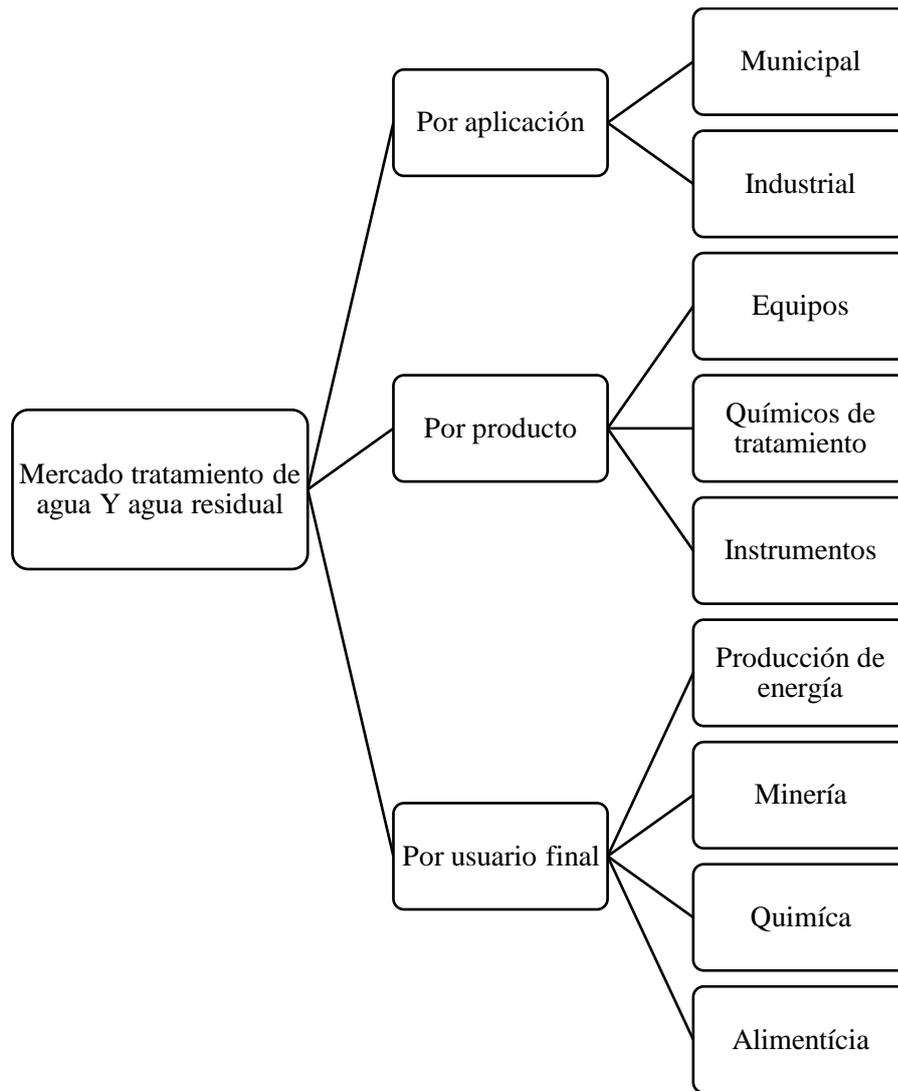
El consumo elevado del agua se debe a la necesidad de conservar los niveles mínimos sanitarios para la producción de la industria, la inversión inicial para su construcción puede abrumar a varios empresarios, sin embargo, representa una disminución en los costes de consumo y otros gastos. Al ser un sistema de clarificación constante, el líquido puede ser reusado durante muchos años, también ser destinado a diferentes ámbitos como son la agricultura y usos industriales.

La oferta y demanda aumentan de diversas maneras con el fin de satisfacer las necesidades de los consumidores, sin embargo, resulta imposible satisfacer de manera favorable a todo el mercado, por lo cual la segmentación se basa en una misma oferta que es comparada entre diversas marcas del mercado, la preferencia del consumidor se da partir de diferentes criterios como son los servicios que se ofrecen, el aspecto del producto, la imagen que proyecta la empresa y la conveniencia en la adquisición (Feijoo et al., 2018)

3.2.1 Segmentación del mercado

En la ilustración 9 visualizamos la división del mercado del tratamiento del agua residual, este se divide en tres grupos que se definen por las aplicaciones, por productos y por usuarios.

Ilustración 9: El mercado del tratamiento de agua y aguas residuales.



Nota: Existen diferentes tipos de aguas residuales y distintos tratamientos para su depuración por lo cual el mercado se segmenta en tres grupos.

El consumo elevado del agua se debe a la necesidad de conservar los niveles mínimos sanitarios para la producción de la industria, la inversión inicial para su construcción puede abrumar a varios empresarios, sin embargo, representa una disminución en los costes de consumo y otros gastos. Al ser un sistema de clarificación constante, el líquido puede ser reusado durante muchos años, también ser destinado a diferentes ámbitos como son la agricultura y usos industriales.

3.2.2. Análisis de la demanda

En la tabla 4 se presenta las proformas realizadas con el fin de establecer un presupuesto de referencia y poder analizar las diferentes opciones del mercado.

Tabla 4: Proforma de mercado.

PUNTOS DE VALORIZACIÓN	ANDEAN WÁTER TREATMENT	WASCORP S.A	DISEÑO PROPUESTO
Características técnicas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compacta. ✓ Tratamiento primario, secundario y terciario. ✓ Producción de 1m3/h. ✓ De 45 hasta 100 m3/día. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 86 m2 de áreas. ✓ No requieren de obra civil. ✓ Sin contaminación acústica. ✓ Depuración del 98% de sólidos De 5 hasta 10 m3/día. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 213 m2 de área. ✓ Depuración del 80% de los sólidos suspendidos. ✓ Producción de 5 a 25 m3/ día.
Capacidad máxima	Alta	Baja	Media
Contado	102.640.00	84.423.00	58.438,12
Créditos	-	-	-
Accesorios previo inicio	2.000.00	-	-
Total	104.640.00	87.423.00	58438,12
Contacto	0987287801	Info@wascorpsa.com / ventas@wascorpsa.com	0981665893

Nota: Comparativa del mercado.

3.3. Estudio financiero

El análisis financiero según (Nava Rosillón, 2009) se considera que es fundamental para la evaluación actual de las empresas, ya que permite anticipar su desempeño a futuro, siendo una herramienta trascendental para el control adecuado de los recursos, el autor (Fornero, 2017) no dice es un método en el cual se basa las decisiones tomadas respecto a una inversión o negocio, esto nos permite mediante la información obtenida aplicar diferentes técnicas, realizar mediciones y entablar conclusiones por lo cual mediante el estudio financiero se buscó analizar la viabilidad del proyecto, teniendo en cuenta los recursos disponibles y los costos totales del proyecto a realizar.

3.3.1. Costo del diseño propuesto para PTAR

En la tabla 5 encontramos la cantidad y el costo de los materiales necesarios para la realización de la PTAR.

Tabla 5: Costo total para el desarrollo del diseño.

Cantidad	Materiales	Valor Unitario	Valor Total
Maquinaria			
1	Bomba 40 hp de 3 in	2620	2620
3	Bomba 5hp de 3 in - 220 v	2380,59	2380,59
1	Tamiz rotativo	3581,63	3581,63
1	Separador de grasas	5300,5	5300,5
1	Tanque ecualizador	2363	2363
1	DAF	12600	12600
Insumos			
13	Tubo de 3 in galvanizado iso	120,83	1570,79
3	Tubo de 4 in acero negro	175,29	525,87
94	Bridas 4 in soldable acero negro	24,4	2293,6
34	Bridas 3 in acero negro	17,94	609,96
6000	Tuercas 1/2 * 3 in	0,26	1560
6000	Perno 1/2*3in	1,32	7920
12000	Anillos planos	0,24	2880
9	Reductor de 4*3 in soldable	3,7	33,3
9	Codo 90° de 4 in soldable	12,41	111,69
1	Codo 45° de 4 in soldable	8,02	8,02
5	Codo 90° de 3 in soldable	6,85	34,25
3	Codo 180° de largo radio 4 in soldable	340,87	1022,61
3	Válvula bola 4 in	430,26	860,52
1	Válvula automática de 3 in	150,72	150,72
1	Válvula de asiento inclinado 4 in soldables	480,32	480,32
1	Válvula bola 3 in	130,75	130,75
Otros			
2	Cisternas de concreto		5000
	Mano de obra		2400
	Mantenimiento		1000
	Gastos operacionales		1000
	Total de inversión fija		58438,12

Nota: Cotización de los materiales necesarios para el diseño.

3.3.2. Evaluación de proyecto

Una vez obtenido el valor de la inversión de la PTAR se realiza un análisis de cambio año a año, como Ecuafeed S.A. se trata de una empresa privada, el proyecto

debe reflejar ganancias a lo largo de 5 años como se muestra en la tabla 6, a lo largo de 4 periodos vemos como los ingresos no son capaces de solventar la inversión inicial utilizada para la aplicación de la PTAR, sin embargo, en el año 5 vemos como el ingreso es capaz de solventar el monto de inversión.

Tabla 6: Cambio de inversión

Años	1	2	3	4	5
Ingresos	6295,07	2802,21	3020,74	7140,65	19239,80
Inversión	11687,62	11687,62	11687,62	11687,62	11687,62
Resultado	-5392,56	-8885,41	-8666,88	-4546,97	7552,18

Nota: Se puede observar el aplacamiento de la inversión.

Para evaluar el proyecto calculamos el tiempo en el que se recupera la inversión inicial, esto lo hacemos mediante el índice financiero que indica el periodo de recuperación de la inversión (PRI) como podemos visualizar en la tabla 7.

Tabla 7: Cálculo del tiempo de recuperación del PRI.

Año	Flujo de caja	Flujo acumulado
0	-54038,12	
1	11777,95	11777,95
2	12255,38	24033,33
3	13050,56	37083,88
4	13613,50	50697,38
5	15264,52	65961,90

A= Años 4 4

B= Meses 3,32 3

C= Días 9,6 9

Nota: La inversión es recuperada antes del cumplimiento de los 5 años por lo tanto se considera factible.

Mediante la tabla 8 podemos revisar el flujo de efectivo calculado de los ingresos y gastos, en base a esto se puede utilizar el indicador VAN que nos muestran que una vez descontada la cuota inicial, si sus valores son positivos, es el resultado de ganancia que el proyecto genera y el TIR que nos da tasa de interés máximo para que sea posible el endeudamiento.

Tabla 8: Cálculo de la VAN y TIR.

Años	Flujo de efectivo	Años	Flujo de efectivo
0	-58438,12	0	-58438,12

1	11777,95	1	11777,95
2	12255,38	2	12255,38
3	13050,56	3	13050,56
4	13613,50	4	13613,50
5	15264,52	5	15264,52
Cálculo del VAN	13159,23	TIR	4%

3.4. Diseños preliminares

3.4.1. Diseño 1

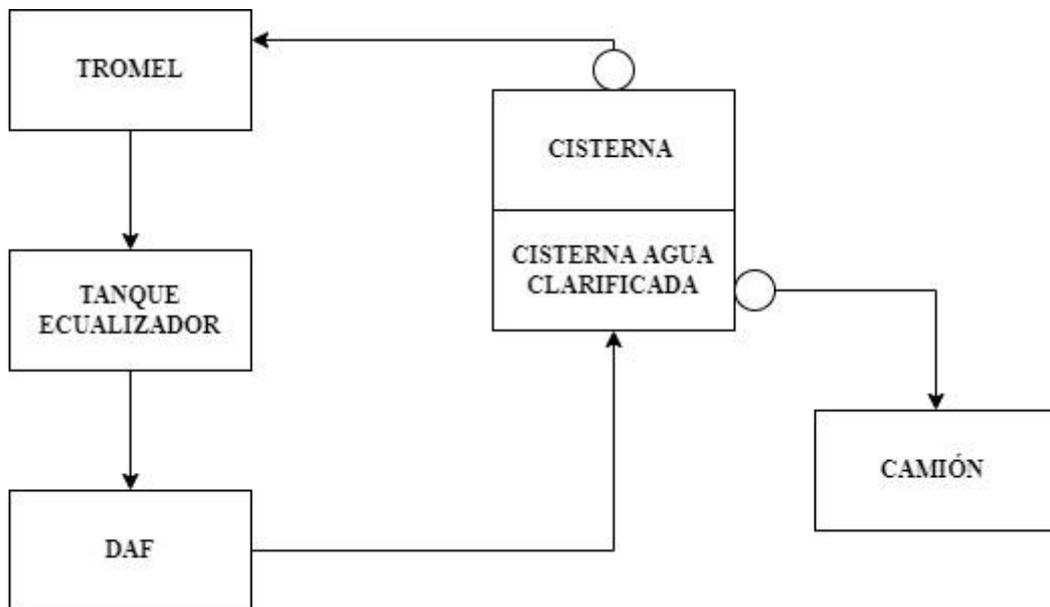
En la imagen 7 nos introducimos en el diseño preliminar que consistía en la repartición del agua residual en cinco cisternas como se muestra en el diagrama de procesos, en la primera cisterna se receptaban todas las aguas residuales del sistema productivo, estas provenían de las calderas, cocción, prensa, secado de sólidos, entre otras actividades productivas, a medida que se llenaba el agua se filtraba mediante un cruce a la cisterna dos, en la segunda cisterna el agua recolectada en la era dirigida mediante una bomba de succión al trómel donde el líquido tratado se dirigía mediante gravedad al sistema DAF y los lodos que se quedaban en la rejilla del tambor eran retirados de forma manual, en la tercera cisterna se acopiaban los lodos de todos los procesos de la PTAR para luego ser llevados a un filtro de piedra y arena en el cual todos los residuos orgánicos se quedan en la superficie para ser retirado por mantenimiento, en la cuarta cisterna el agua floculada proveniente del DAF era recaudada en este cajón de concreto que luego se dirigía a la cisterna central donde tendría un tiempo de retención para separar sólidos restantes y posteriormente ser filtrada. En la quinta cisterna el agua filtrada se conducía a la cisterna receptora donde mediante un camión era llevada a los sectores de cultivo cercanos.

Los Factores limitantes de este diseño fueron no considerar de forma correcta los componentes y parámetros de las diferentes aguas recolectadas en la cisterna uno, además los filtro que se plantearon no eran indicados para el tipo de sólidos en suspensión que tiene el agua residual y la distribución de la planta no se adaptaba al espacio que posee la empresa.

3.4.2. Diseño 2

El segundo diseño preliminar consiste en un sistema más compacto para el tratamiento de las aguas residuales ver imagen 8, donde se redujeron las líneas de tubería y el uso de cisternas innecesarias, el proceso comienza en la cisterna receptora que mediante una bomba el efluente es llevado al trómel donde las partículas más grandes son separadas del líquido que filtra mediante el tambor rotativo, en esta ocasión se tomó en consideración la aplicación de un tanque homogeneizador cuyo fin era reducir las variaciones del agua recolectada en la cisterna receptora, el agua recibida en el DAF lleva un tratamiento mediante la aplicación de los floculantes y coagulantes para obtener una reducción significativa de los STS.

Imagen 8: Diagrama de flujo diseño 2.



Nota: El diagrama de flujo es muy simplificado, no se poseía una idea clara de las modificaciones necesarias del sistema.

Los factores limitantes de este sistema fueron no considerar la potencia y la cantidad de bombas necesarias para el paso del efluente por todo el sistema PTAR, a pesar de su diseño compacto, no posee la eficiencia necesaria para tratar el volumen del agua residual que produce la empresa, por lo tanto, al finalizar el proceso no se obtendría el tratamiento esperado para la reutilización del agua.

3.5. Diseño detallado

3.5.1. Diagrama de procesos

El diagrama de flujo o procesos, no es más que la representación gráfica de los movimientos, situaciones y relaciones de los diferentes elementos que son representados mediante simbología, estos contienen información para el desempeño de las operaciones como por ejemplo el tiempo, distancias y unidades asociadas (Chiavenato, 2009).

Después del análisis de los diseños anteriores, se dedujeron las fallas y limitaciones que presentaban para ser corregidas en la realización de un nuevo diseño, en el anexo 1 podemos observar el flujo de los procesos y la simbología de algunos componentes que forman parte del sistema, se integró el separador de grasas con la intención de retirar la película de aceites y grasas que se forman en la superficie del agua residual, también se aumentó la cantidad de bombas con el objetivo de corregir la circulación del agua a través del sistema.

3.5.2. Lista de materiales

La lista (tabla 9) se realizó en base al diseño de AutoCAD y la distribución de planta especificada, la selección de bombas y materiales se realizó en base a la potencia necesaria para que el efluente fluya con facilidad y que el sistema sea capaz de aguantar la temperatura inicial del agua residual que oscila entre los 15 a 20 °C. Se plantea la utilización de bridas que facilita el mantenimiento posterior de las bombas, válvulas y demás componentes.

Los materiales que se consideraron para el diseño de la PTAR fueron los siguientes:

Tabla 9: *Lista de materiales.*

Cantidad	Materiales
Maquinaria	
1	Bomba 40 hp de 3 in
3	Bomba 5hp de 3 in - 220 v
1	Tamiz rotativo
1	Separador de grasas
1	Tanque ecualizador
1	Daf

Insumos	
13	Tubo de 3 in galvanizado iso
3	Tubo De 4 In galvanizado ISO
94	Bridas 4 in soldable
34	Bridas 3 in
6000	Tuercas 1/2 * 3 in
6000	Perno 1/2*3in
12000	Anillos planos
9	Reductor de 4*3 in soldable
9	Codo 90° de 4 in soldable
1	Codo 45° de 4 in soldable
5	Codo 90° de 3 in soldable
3	Codo 180° de largo radio 4 in
3	Válvula bola 4 in
1	Válvula automática de 3 in
1	Válvula de asiento inclinado 4 in
1	Válvula bola 3 in
Otros	
2	Cisternas de concreto

Nota: Lista de materiales necesarios para la PTAR.

3.5.3. Detalles del proceso

Medición de caudal

El agua es transportada por todo el sistema mediante tuberías a las diferentes maquinarias que lo conforman, es necesario saber el volumen que se deposita para poder calcular el tiempo en el que se completa el volumen a utilizar, esto se demuestra en la tabla 10.

$$Q = v * \frac{\pi D^2}{4}$$

Q= Caudal (m^3/seg)

D= Diámetro (m)

V= Velocidad (m/seg)

$\pi = \text{Pi}$

Tabla 10: Cálculo de caudal.

D	D ²	V	Q
0,0508	0,00258064	1,5	0,0030
0,0762	0,00580644	1,5	0,0068
0,1016	0,01032256	1,5	0,0122

Nota: Se demuestra la variación del caudal de acuerdo al diámetro del tubo.

Procesos coagulantes – floculantes

Cuando hacemos referencia a estos procesos consisten en añadir al agua residual ciertos componentes químicos con el propósito de mejorar la desestabilización en las partículas coloidales que son difíciles de sedimentar, esto ocurre debido a que generalmente las partículas disueltas en el agua poseen iones negativos y el agente coagulante que posee carga positiva. Para la implementación de este proceso se debe tener en consideración el pH del agua y el tiempo de agitación, en el proyecto propuesto se plantea usar de 10 a 150 g/m³ de Al₂(SO₄)₃ (sulfato de aluminio) debido a que es muy utilizado por sus características físico-químicas y representa una ventaja frente a costos y disponibilidad de producto. La floculación es la unión de los flocos formados por la coagulación, esto consiste en la recolección mecánica de las partículas dando como resultados sólidos de mayor volumen (x. Cabrera et al., 2009).

Tiempo de retención

El tiempo de retención es directamente proporcional a la profundidad del separador de grasas, por lo tanto, simplificamos en que el tiempo es igual al volumen del tanque y el caudal, esto se calcula a detalle en la tabla 11.

$$T = \frac{V}{Q} = \frac{A H}{Q}$$

T= Tiempo (seg)

V= Volumen (m³)

Q= Caudal (m³/seg)

Tabla 11: *Cálculo de tiempo de sedimentación*

Q	V	T
0,0030	25	8223,02
0,0068	25	3654,68
0,0122	25	2055,76

Nota: Se demuestra el cálculo de tiempo en segundos.

El separador de grasas cumple la función de decantador o sedimentador, por medio de este sistema se procede a la separación de aceites acumulados en la superficie y la eliminación de sólidos sedimentados por acción de la gravedad, la eficiencia de este proceso depende del tiempo de retención que tiene como rango de 1 a 2 horas.

Cálculo de espacios

Por lo general la distribución de espacio se da en base a la experiencia que poseen los ingenieros y administradores, no obstante el análisis de los espacios puede basarse en diferentes métodos que requieren de cálculos para determinar la superficie requerida por los diferentes factores de la planta, el método de (Lluís, 2017) nos indica que la superficie total que se necesita para la instalación es calculada mediante la sumatoria de superficies parciales que son I) superficie de gravitación, II) superficie estática, III) superficie de evolución, esto se especifica de mejor manera en la tabla 12 donde contemplamos las fórmulas usadas.

Tabla 12: *Fórmulas del cálculo de área.*

Superficie total (St).	$St = N(Ses + Sg + Sev)$	Es igual a la suma de todas las áreas necesarias para el desarrollo seguro de una actividad.
Superficie estática (Ses).	$Ss = (L)(A)$	Es el área que ocupan la estaciones o máquinas.
Superficie de gravitación (Sg).	$Sg = (Ss)(N)$	Es el área de trabajo que rodea al material. acumulado o a la mano de obra.

Superficie de evolución (Sev).	$Sev = (Ss + Sg)(K)$	Es el área en que pueden desplazar los operarios de mantenimiento.
--------------------------------	----------------------	--

N = Número de lados.

K = Coeficiente constante para la industria mecánica es 2. (Anexo 2)

Cálculo de áreas de trabajo de la PTAR

1. Debemos tomar medidas del largo y ancho de la maquinaria que se implementará para conseguir la superficie estática como se especifica en la tabla 13.

Tabla 13: *Cálculo de superficie estática.*

Máquina	Largo (m)	Ancho (m)	Superficie estática (m²)
Cisterna receptora	3	3	9
Trómel	1,15	1,54	1,771
Separador de grasas	3	1	3
Cisterna equalizadora	3	3	9
DAF	4,45	2,8	12,46

Nota: Medidas de maquinarias de la PTAR.

2. Se debe determinar el número de frentes por cada máquina a instalar.
3. Se realizan los cálculos necesarios para determinar el espacio requerido para la PTAR, los cálculos correspondientes se encuentran en la tabla 14.

Tabla 14: *Tabla de datos para espacio requerido.*

				$Sg = (Ss)(N)$	$Sev = (Ss + Sg)(K)$
Máquina	Numero de máquinas	Superficie Estática (m²)	N	Sg	Se
cisterna	1	9,0	2,0	18,0	54,0
cisterna	1	9,0	2,0	18,0	54,0
Trómel	1	1,8	1,0	1,8	7,1

separador de grasas	1	3,0	1,0	3,0	12,0
Tanque ecualizador	1	9,0	1,0	9,0	36,0
DAF	1	12,5	1,0	12,5	49,8
				Total área	212,9

Los resultados nos indica que es necesario doscientos doce metros cuadrados de terreno para la implementación de seis maquinarias requeridas para la PTAR dando como resultado una producción óptima.

3.5.4. Diseño en AutoCAD

El diseño en AutoCAD (Anexo 3 al 8) se realizó con el fin de presentar un modelo general del diseño propuesto, considerando todos los parámetros establecidos con anterioridad podemos establecer una vista del producto final.

MARCO DE DISCUSIÓN

Cuando se comienza el capítulo de metodología, uno de los aspectos más importantes son la determinación de variables, ya que estas son las que determinaran si la investigación es exitosa o no, si no son escogidas de forma precisa pueden haber impresiones que determinan consecuencias en la validez de los resultados (Carballo & Guelmes, 2016). En toda investigación hay presencia de variables, nos indica (Pajares, 2007) y estas siempre están dispuestas confusiones o minimizaciones, sin embargo, siempre está la posibilidad de controlar y redirigir la investigación de acuerdo a los métodos que se seleccionan. En base a la metodología desarrollada en este proyecto se presentó la minimización de la variable dependiente, sin embargo, se logró establecer una metodología diferente, por lo tanto, se concluye que, si bien es importante definir las variables del proyecto, también lo es encontrar una metodología que te permita su desarrollo y validación a través de los antecedentes investigativos.

En la metodología, según el método de Morris, se desarrolló un estudio de factibilidad con el fin de detectar y proponer respuestas al problema central que debe estar bien especificado en los documentos, la forma en que se debe resolver el problema debe presentar algún mejoramiento a la población de modo que sea aceptable de forma económica, financiera, y técnica (CORASCO, 2006).

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

- El acceso a la empresa fue limitado por remodelaciones en la infraestructura, esto dificultó la toma de muestras del agua residual debido a que la cisterna receptora mostraba aspectos contaminantes ajenos al proceso.
- El presupuesto asignado para el proyecto fue menos al que se necesitaba, lo cual imposibilitó la adquisición de software y programas necesarios para la simulación.

CONCLUSIONES

1. Para el desarrollo del proyecto fue fundamental la revisión sistemática de la literatura debido a que proporcionó una base confiable de datos que nos indicó que los sistemas de tratamiento mediante coagulación y floculación cuentan con una efectividad de 90% de remoción de sólidos.
2. En este trabajo se utilizó un procedimiento metodológico que se adapta de forma sencilla a los diseños de investigación, esto debido a que el manejo de información se realiza de forma interactiva.
3. Una vez desarrollado el sistema PTAR podemos observar que la inversión es recuperada dentro de cuatro años con un ingreso de 7552.18 dólares anuales, el sistema desarrollado propone la recuperación del 57% de los ingresos durante la vida útil del sistema.

RECOMENDACIONES

1. Durante la búsqueda de la literatura se encontraron varios documentos con un contenido de calidad, sin embargo, la aplicación de la RSL y la metodología son deficientes lo cual dificulta su sustentación, se recomienda al momento de elaborar proyectos investigativos seguir el orden planteado por la metodología escogida.
2. Es recomendable que al establecer un tema de investigación se busque de manera amplia la metodología por la que se va a llevar a cabo, en la actualidad existen varios diseños que permiten el manejo de datos y a su vez el proceso creativo.
3. Teniendo en cuenta que la empresa posee terrenos de cultivo, se recomienda realizar un estudio acerca de la utilización de los lodos y aguas residuales aplicadas al riego, también se pueden desempeñar proyectos en la utilización del agua residual dentro de la producción de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

- Almeida, T., Montenegro, A. A., Carvalho, A. A. de, & Tabosa, J. N. (2021). Soil And Crop Spatial Variability In Maize Irrigated With Domestic Effluent. *Dyna*, 88(219), 111–117. <https://doi.org/10.15446/dyna.v88n219.92874>
- Araya, I. B. (2017). *El estudio del mercado*.
- Arias Dulce, & Evaristo Méndez-Gómez. (2014). Remoción de sólidos en aguas residuales de la industria harinera de pescado empleando biopolímeros. In *Wastewater from the Fishmeal Industry. Water Technology and Sciences (in Spanish): Vol. V* (Issue 3, pp. 115–123).
- Asimow, M. (1962). *Introduction to design*. (J. B. Reswinck (ed.)). Englewood Cliffs, N.J., <http://hdl.handle.net/2027/mdp.39015006325941>
- Azuero Azuero, Á. E. (2019). Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 4(8), 110. <https://doi.org/10.35381/r.k.v4i8.274>
- Banco Central del Ecuador. (2017). Evolución De La Balanza Comercial. *Banco Central Del Ecuador*, 37. <https://www.bce.fin.ec/index.php/component/k2/item/299-evolución-de-la-balanza-comercial%0Apub.econ@bce.ec>
- Bautista, J. J. S., & Gracia, H. Z. (2018). Factibilidad para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales (ptar), para el municipio de herveo. In *Universidad Piloto De Colombia* (Vol. 7).
- Beltrán, J., Carmona, M., Carrasco, R., Rivas, M., & Tejedor, F. (2002). *Guía Para Una Gestión Basada En Procesos Presentación*. 99. https://www.euskadi.eus/web01-s2ing/es/contenidos/informacion/bibl_digital/es_documento/adjuntos/Guia para una gestion-basada-procesos.pdf
- Bolaño, A. (2009). *Sistema de flotación por aire disuelto para el tratamiento de aguas residuales industriales*. <https://doi.org/10.1038/132817a0>

- Burdiles, P., Castro, M., & Simian, D. (2019). Planificación y factibilidad de un proyecto de investigación clínica. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 30(1), 8–18. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2018.12.004>
- Cabrera- Carranza, C. (2019). Compatibilidad Ambiental De La Industria De Harina De Pescado En Paracas - Pisco. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, 2(3), 119–134.
- Cabrera, X., Fleites, M., & Contreras, A. (2009). Floculación de aguas residuales de la empresa textil " desembarco del granma ". *Tecnología Química*, XXIX, núm., 64–73.
- Carballo, M., & Guelmes, E. (2016). Algunas consideraciones acerca de las variables en las investigaciones que se desarrollan en educación. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(1), 140–150. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v8n1/rus20116.pdf>
- Centeno-Romero, M., Chacón-Arrieta, G., Vega-Aguilar, J. A., Gonzalez-Torres, A., & Leitón-Jiménez, J. (2021). Revisión sistemática de literatura. *Revista Tecnología En Marcha*, 1, 60–69. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i2.4982>
- Chiavenato, I. (2009). Comportamiento Organizacional. La Dinámica Del Éxito En Las Organizaciones. In *Syria Studies* (segunda ed, Vol. 7, Issue 1). https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civil_wars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625
- CORASCO. (2006). *Manual Para La Elaboración De Eestudios De Pre Factibilidad Y Factibilidad*. 1999(December), 1–6.
- Cribas, A. J., & Martínez, L. E. (2021). *Sistema de Control de Llenado y Nivel de Tanques en Plantas de Tratamiento de Agua*. 1–10. https://www.academia.edu/51022587/Paper_Sistema_de_Control_de_Llenado_y_Nivel_de_Tanques
- Delgado, S., Díaz, F., García, D., & Otero, N. (2003). Comportamiento de coagulantes inorgánicos en efluentes secundarios de una convencional planta de tratamiento de aguas residuales. *Universidad de La Laguna*, 8(September), 87–

88. [https://doi.org/10.1016/S0015-1882\(03\)00732-8](https://doi.org/10.1016/S0015-1882(03)00732-8)

El Comercio. (2018). *En Ecuador se gasta 40% más agua que el promedio de la región / El Comercio*. Tratamiento y Consumo de Agua En Ecuador. <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/ecuador-gasto-agua-cifras-latinoamerica.html#>

Europa Azul. (2019, March 4). *La pesca en Ecuador genera 1.635 millones de dólares producción pesquera estando entre los 25 primeros - Europa Azul*. <https://europa-azul.es/ecuador-produccion-pesquera/>

Feijoo, Jaramillo Irene, Jirón, Juan Guerrero, & Jorge Garcia Regalado. (2018). *Marketing Aplicado En El Sector Empresarial* (Utmach, Vol. 15, Issue 2).

Fornero, R. A. (2017). *Fundamentos de análisis financiero*. 215. https://www.academia.edu/35162347/Fundamentos_de_análisis_financiero

Fuentes Silva, J. (2017). *Estudio de las propiedades de los lodos de una planta procesadora de harina y aceite de pescado: Tratamiento y Valorización*. Universidad Austral De Chile.

García-Sifuentes, C. O., Pacheco-Aguilar, R., Valdez-Hurtado, S., Márquez-Rios, E., Lugo-Sánchez, M. E., & Ezquerria-Brauer, J. M. (2009). Impacto del agua de cola de la industria pesquera: Tratamientos y usos impact of stickwater produced by the fishery industry: Treatment and uses. *CYTA - Journal of Food*, 7(1), 67–77. <https://doi.org/10.1080/11358120902850412>

Gonz, J., Santamar, A. B., & Joan, H. S. (2007). Revisión sistemática y metanálisis (I): conceptos básicos. *Evidencias En Pediatría*, 3(I), 1–10.

Hamui-Sutton, A. (2013). Un acercamiento a los métodos mixtos de investigación en educación médica. *Investigación En Educación Médica*, 2(8), 211–216. [https://doi.org/10.1016/s2007-5057\(13\)72714-5](https://doi.org/10.1016/s2007-5057(13)72714-5)

Jose, G. S. (2013). *Distribución En Planta. Nota Técnica*. <http://hdl.handle.net/10251/152734%0ADISTRIBUCIÓN>

Lett, L. A. (2014). Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. *Revista Argentina de Microbiología*, 46(1), 1–2. [https://doi.org/10.1016/S0325-7541\(14\)70039-2](https://doi.org/10.1016/S0325-7541(14)70039-2)

- Lluis, C. (2017). Ingeniería De Procesos Y De Planta. In *Syria Studies* (Profit Edi, Vol. 7, Issue 1).
https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civil_wars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625
- Luna, R., & Chaves, D. (2017). Estudio De Factibilidad Para La Fabricación Y Comercialización Del Producto Mentholflex En El Municipio De Sogamoso. *Guía Para Elaborar Estudios de Factibilidad de Proyectos Ecoturísticos*, 1–93.
<https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2232/1/TGT-766.pdf>
- Manterola, C., Astudillo, P., Arias, E., & Claros, N. (2013). Revisiones sistemáticas de la literatura. Qué se debe saber acerca de ellas. *Cirugia Espanola*, 91(3), 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2011.07.009>
- Martín-López, B., González, J. A., Díaz, S., Castro, I., & González, J. A. (2007). Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Ecosistemas*, 16(3), 69–80.
<http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/94%0Ahttp://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/issue/view/15%5Cnhttp://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/117/114%5Cnhttp://www.revistaecosis>
- Menéndez, C., & Dueñas, J. (2018). Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, XXXIX(3), 97–107. <https://bit.ly/35hSyMk>
- Monje Álvarez, C. A. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. *Universidad Surcolombiana*, 1–216.
<http://carmonje.wikispaces.com/file/view/Monje+Carlos+Arturo+-+Guía+didáctica+Metodología+de+la+investigación.pdf>
- Morocho-Arroyo, R. F. (2018). The Circular Economy as a Sustainable Development Factor of the Productive Sector. *INNOVA Research Journal*, 3(12), 78–98.
- Nava Rosillón, M. A. (2009). Análisis financiero: una herramienta clave para una gestión financiera eficiente. In *Revista Venezolana de Gerencia* (Universida,

Vol. 14, Issue 48). UNIVERSIDAD ZULIA.

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-99842009000400009&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Navajas, R. L. (2015). *Diseño De Un Sistema De Tratamiento De Aguas En Una Industria Cárnica*.

Niño, Z. M., Pérez, S. A., & Llobregat, M. J. (2004). Desarrollo de un Programa de Simulación de Procesos para el Tratamiento de Efluentes Líquidos. *Informacion Tecnologica*, 15(2), 47–54. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642004000200009>

Organización de las Naciones Unidas. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL. In *Publicación de las Naciones Unidas*.

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf

Pajares, F. (2007). Los Elementos de una Propuesta de Investigación. *Revista Evaluar*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.35670/1667-4545.v7.n1.509>

Prados, A. (2018). *Agente patógeno*. Gut Microbiota for Health.

<https://www.gutmicrobiotaforhealth.com/es/glossary/agente-patogeno/>

Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Memoria Investigaciones En Ingeniería*, 15, 15.

Rajabpour-Ashkiki, A., Felske, C., & McCartney, D. (2019). Impacts of seasonal variation and operating parameters on double-stage trommel performance.

Waste Management, 86, 36–48. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.01.026>

Sampieri, D. R. H., Collado, D. C. F., & Lucio, D. M. del P. B. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta edic, Vol. 59).

SENAGUA. (2016). Estrategia Nacional de Calidad del Agua. *Ministerio de Ambiente, Ecuador*, 97. <https://n9.cl/1klc>

Soledispa-Lucas, F. F., Bailón-Lourido, W. A., & Vásquez-Giler, C. F. (2022). *Auditoría de gestión de calidad y mejoramiento continuo de procesos en pequeñas y medianas empresas del sector pesquero, Manta, Montecristi y*

Jaramijó – Ecuador. 8, 718–729. <https://doi.org/DOI:>
<http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i1.2599>

- Taylor, S. ., & Bogdan, R. (2000). Introducción a los métodos cualitativos. In *Introducción a los métodos cualitativos de investigación* (editorial).
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2012). *Diseño y desarrollo de productos* (P. E. R. Vázquez (ed.); Quinta Edi).
- UN-Water. (2017). *Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas 2017*.
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247553_spa
- UNESCO. (2006). El agua, una responsabilidad compartida 2° Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Educación, La Ciencia y La Cultura*, 1–48. www.unesco.org/water/wwap/index_es.shtml
- Venugopal, V., & Sasidharan, A. (2021). Seafood industry effluents: Environmental hazards, treatment and resource recovery. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(2), 104758. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104758>
- Vilanova, R., Santín, I., & Pedret, C. (2017). Control and operation of wastewater treatment plants (I). *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, 14(3), 217–233. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2017.05.004>
- Wang, K. J., Wang, P. S., & Nguyen, H. P. (2021). A data-driven optimization model for coagulant dosage decision in industrial wastewater treatment. *Computers and Chemical Engineering*, 152, 107383.
<https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2021.107383>

ANEXOS

Anexo 1: certificado de publicación de artículo científico.



Quito, 18 de agosto del 2022

Estimados

Grace Kelly Pozo Mera

Miguel Antonio Salvatierra Barzola

Juan Carlos, Muyulema Allaica

Franklin Enrique Reyes Soriano

V7-N5-1-1348

Presente

Reciban un cordial saludo del equipo de la revista 593 Digital Publisher CEIT, ISSN# 2588-0705, esta revista es indexada en Latindex con catálogo v2.0, su proceso contempla un arbitraje de pares ciegos y sus ámbitos de investigación abarcan las áreas de: Educación, Administración, Derecho, Auditoría, Innovación Tecnológica, Finanzas y Emprendimiento, evalúa la pertinencia en la calidad de investigación y sus dinámicas propias relacionadas al tema de estudio, con el fin de garantizar estándares de exigencia académica.

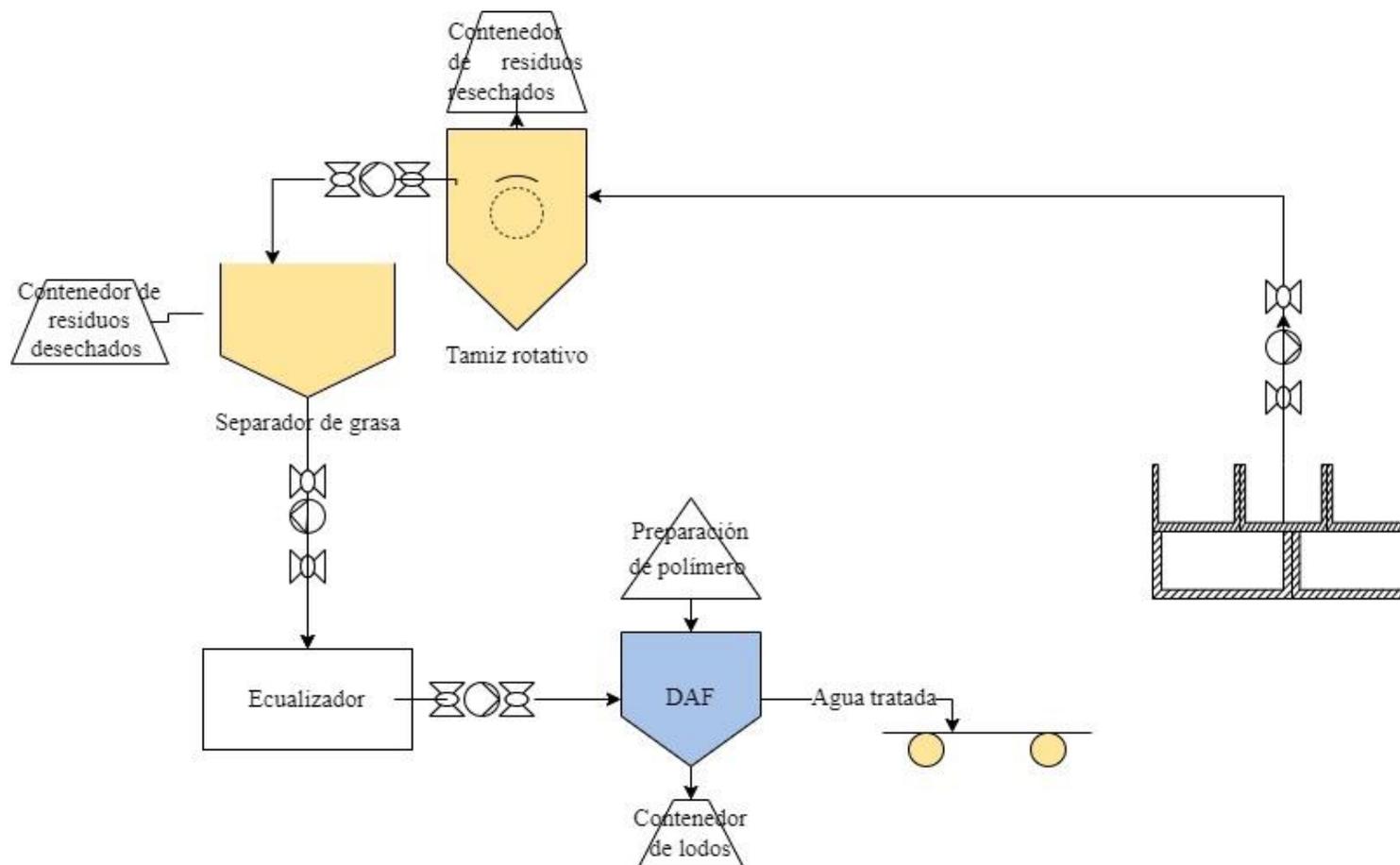
Este documento certifica que ha concluido la fase de revisión de pares, por lo tanto, el artículo es aceptado para la publicación en el V7-N5-1, edición especial de sep/2022, por los autores **Grace Pozo, Miguel Salvatierra, Juan Muyulema, Franklin Reyes**, con el tema **“Revisión de métodos para depuración de aguas residuales derivadas de los procesos productivos”**, cuyos resultados obedecen a un proceso de investigación previo del/os autor/es.

doi.org/10.33386/593dp.2022.5-1.1348

Agradecemos su publicación y le deseamos éxitos en su carrera como investigador.

Philipp Altmann Ph.D
Director

Anexo 2: Diagrama de flujo de la PTAR.



Nota: El diagrama de flujo muestra simbología de válvulas, bombas y accesorios utilizados.

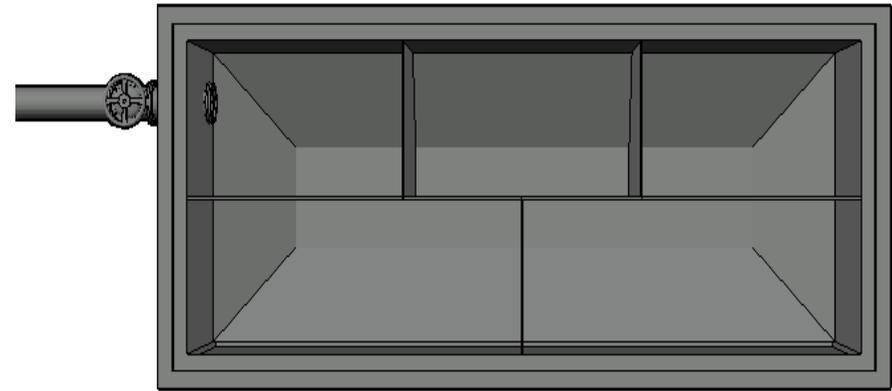
Anexo 3: *Tabla de coeficiente para la superficie de evolución.*

TIPOS DE ACTIVIDAD PRODUCTIVA	K
Gran industria, alimentación y evacuación mediante grúa puente.	0,05 a 0,15
Trabajo en cadena, con transportador aéreo.	0,1 a 0,25
Textil, hilados.	0,05 a 0,25
Textil tejidos.	0,5 a 1
Relojería y joyería.	0,75 a 1
Pequeña mecánica.	1,5 a 2
Industria mecánica.	2 a 3

Nota: Basado de (Luís, 2017).



VISTA LATERAL.

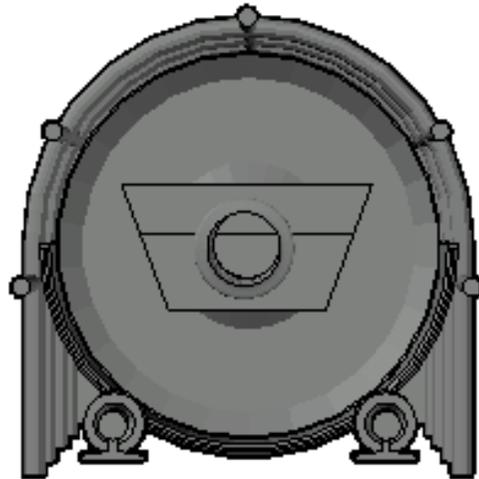


VISTA SUPERIOR.

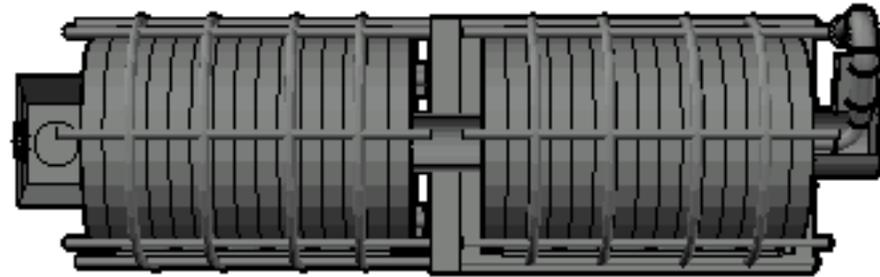


VISTA LATERAL.

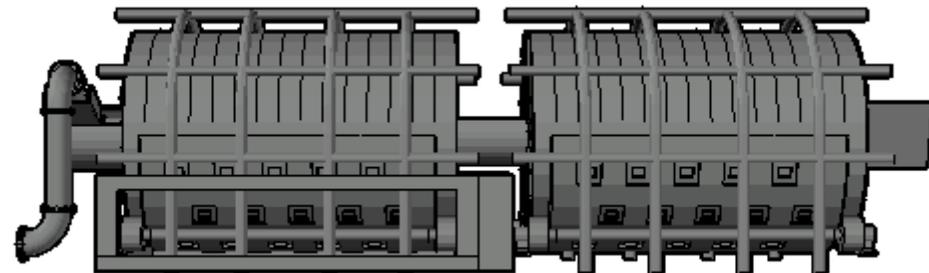
Autor: Pozo Mera Grace Kelly		Universidad Estatal Península De Santa Elena Proyecto de investigación.	
Escala: 1:1	Fecha: 03/08/2022		
Anexo 4: <i>Cisterna receptora.</i>			



VISTA LATERAL.

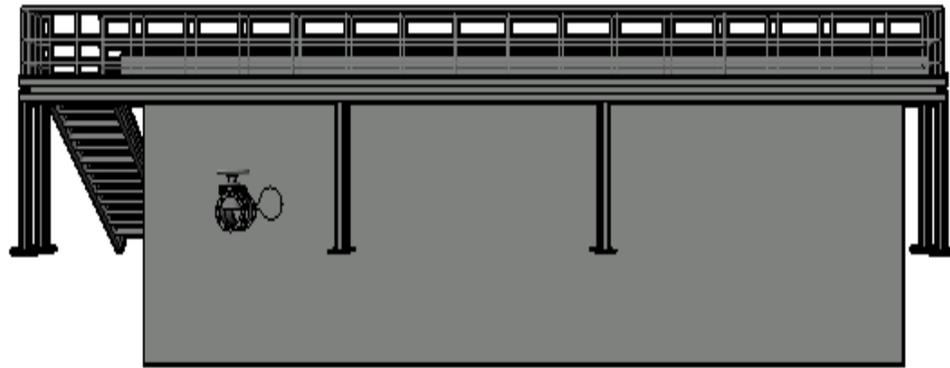


VISTA SUPERIOR.

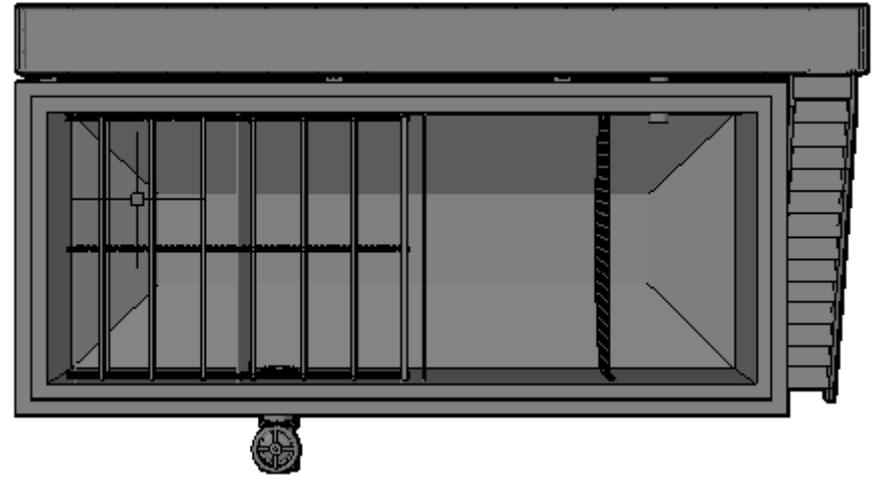


VISTA LATERAL.

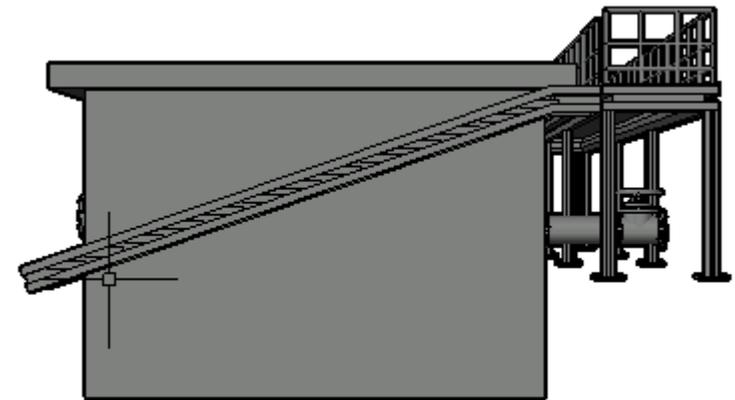
Autor: Pozo Mera Grace Kelly		Universidad Estatal Península De Santa Elena Proyecto de investigación.	
Escala: 1:1	Fecha: 03/08/2022		
Anexo 5: <i>Tamiz rotativo.</i>			



VISTA LATERAL.

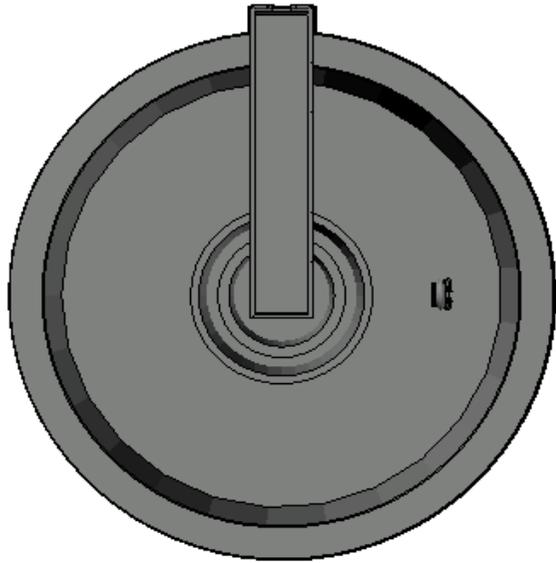


VISTA SUPERIOR.

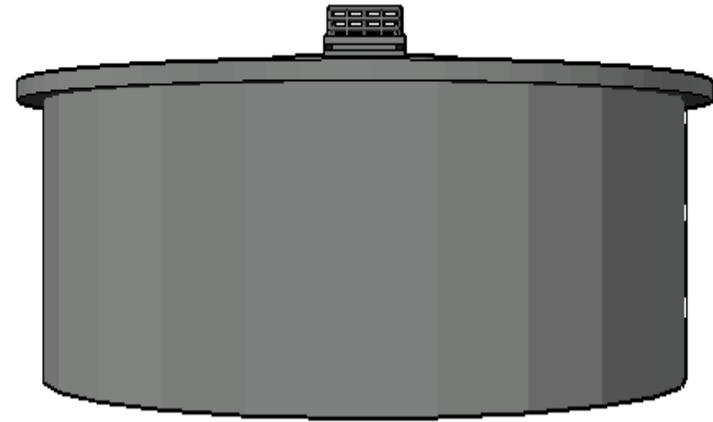


VISTA LATERAL.

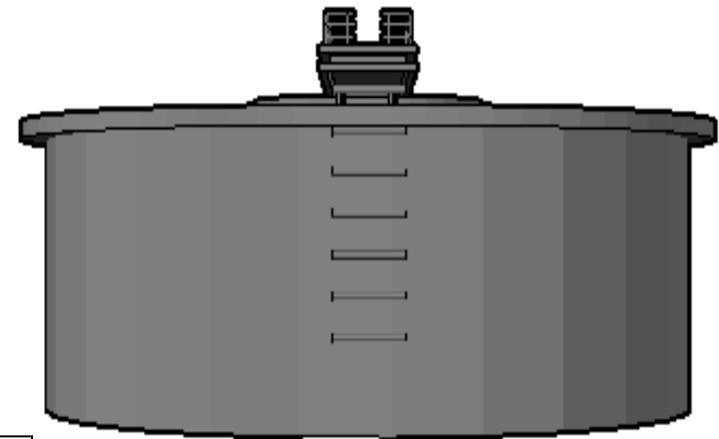
Autor: Pozo Mera Grace Kelly		Universidad Estatal Península De Santa Elena Proyecto de investigación.	
Escala: 1:1	Fecha: 03/08/2022		
		Anexo 6: <i>Separador de grasas.</i>	



VISTA SUPERIOR.

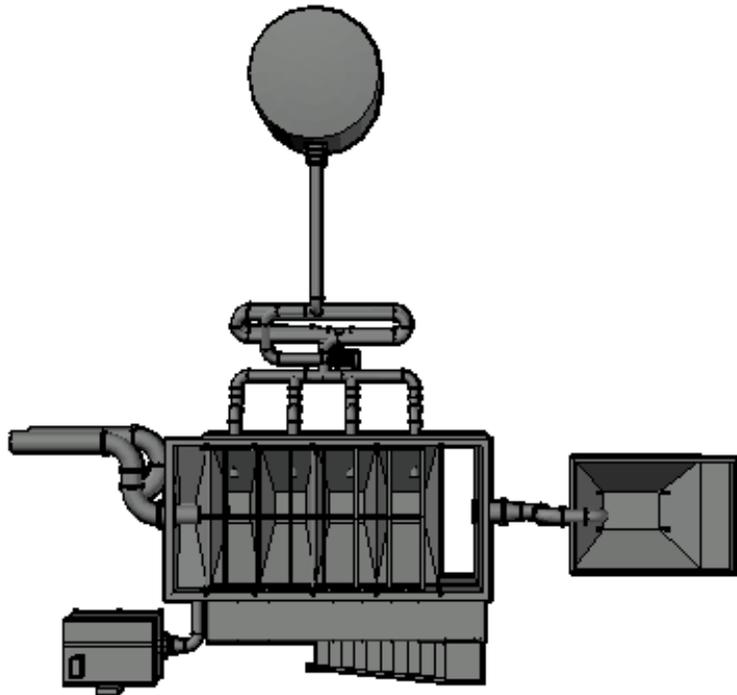


VISTA LATERAL.

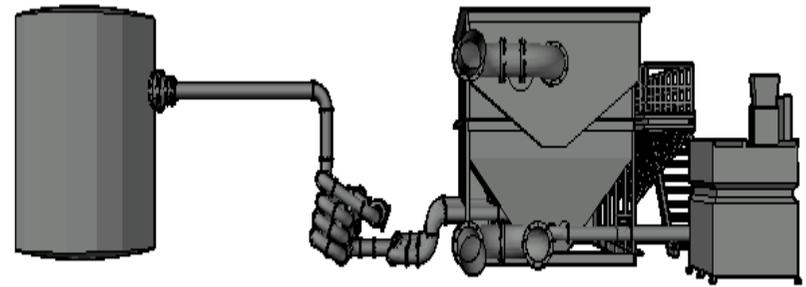


VISTA LATERAL.

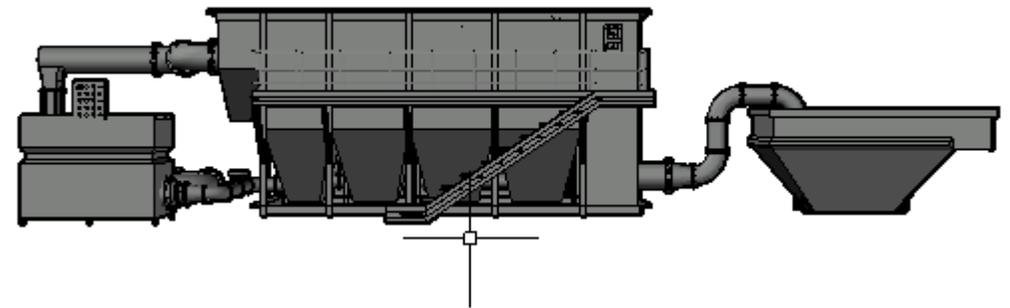
Autor: Pozo Mera Grace Kelly		Universidad Estatal Península De Santa Elena Proyecto de investigación.	
Escala: 1:1	Fecha: 03/08/2022		
		Anexo 7: <i>Tanque equalizador.</i>	



VISTA SUPERIOR.

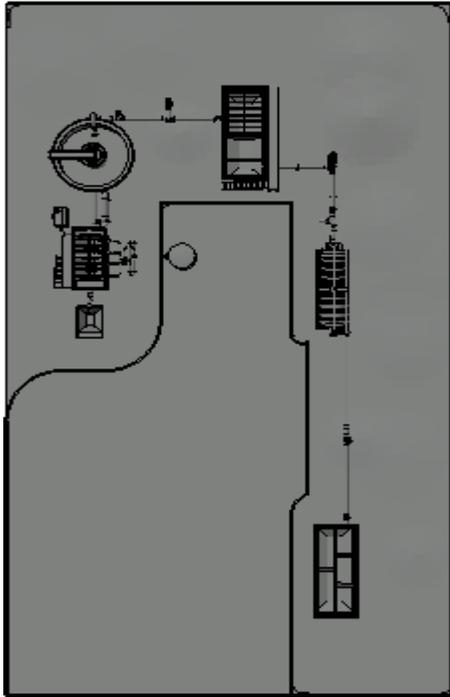


VISTA LATERAL.

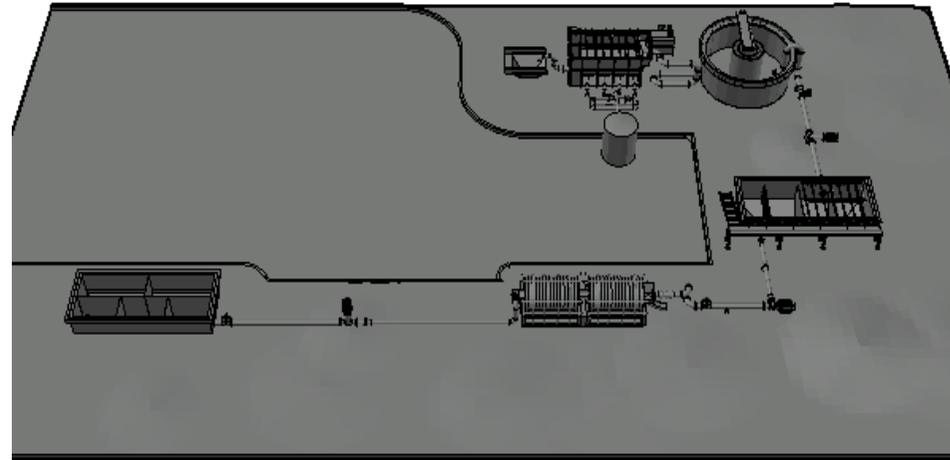


VISTA LATERAL.

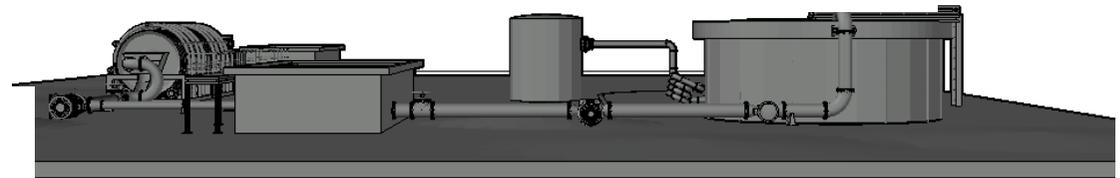
Autor: Pozo Mera Grace Kelly		Universidad Estatal Península De Santa Elena Proyecto de investigación.	
Escala: 1:1	Fecha: 03/08/2022		
Anexo 8: Sistema DAF.			



VISTA SUPERIOR.



VISTA LATERAL.



VISTA LATERAL.

Autor: Pozo Mera Grace Kelly		Universidad Estatal Península De Santa Elena Proyecto de investigación.	
Escala: 1:1	Fecha: 03/08/2022		

