



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
ALTERNATIVAS PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA 4TA ETAPA DEL ACUERDO
GUBERNATIVO 236-2006 REFERENTE A DESCARGA Y REÚSO DE AGUAS RESIDUALES
EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE TUBERÍA PVC UBICADA EN EL
DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA**

Felisa Lorena López Pacajoj

Asesorado por la M.A. Ing. Pride Tolentino Alvizures Valle

Guatemala, febrero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
ALTERNATIVAS PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA 4TA ETAPA DEL ACUERDO
GUBERNATIVO 236-2006 REFERENTE A DESCARGA Y REÚSO DE AGUAS RESIDUALES
EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE TUBERÍA PVC UBICADA EN EL
DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

FELISA LORENA LÓPEZ PACAJÓJ

ASESORADO POR M.A. ING. PRIDE TOLENTINO ALVIZUREZ VALLE

CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL DE GRADUACIÓN

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Estrada Martínez
EXAMINADOR	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Inga. Laura Rosmery Briones de Díaz
SECRETARIO	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PLAN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALTERNATIVAS
PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA 4TA ETAPA DEL ACUERDO GUBERNATIVO 236-2006
REFERENTE A DESCARGA Y REÚSO DE AGUAS RESIDUALES EN UNA PLANTA
PRODUCTORA DE TUBERÍA PVC UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA,
GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 01 de agosto de 2022.

Felisa Lorena López Pacajoj



EEPFI-PP-1585-2022

Guatemala, 7 de noviembre de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

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

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PLAN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA 4TA ETAPA DEL ACUERDO GUBERNATIVO 236 2006 REFERENTE A DESCARGA Y REÚSO DE AGUAS RESIDUALES EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE TUBERÍA PVC UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Sistemas Integrados de Gestión - Gestión ambiental**, presentado por la estudiante **López Pacajoj Felisa Lorena** carné número **201020617**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion Industrial.

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

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Mtro. Pride Tolentino Alvizures Valle
Asesor(a)


Mtro. Kenneth Lubeck Corado Esquivel
Coordinador(a) de Maestría




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





EEP-EIMI-1358-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PLAN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA 4TA ETAPA DEL ACUERDO GUBERNATIVO 236 2006 REFERENTE A DESCARGA Y REÚSO DE AGUAS RESIDUALES EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE TUBERÍA PVC UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **López Pacajoj Felisa Lorena**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

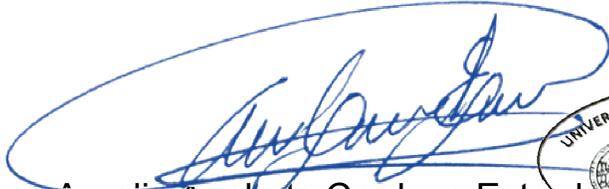
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2022

LNG.DECANATO.OI.225.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA 4TA ETAPA DEL ACUERDO GUBERNATIVO 236-2006 REFERENTE A DESCARGA Y REÚSO DE AGUAS RESIDUALES EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE TUBERÍA PVC UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA**, presentado por: **Felisa Lorena López Pacajoj**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, febrero de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios
Por darme luz en los momentos difíciles y permitirme alcanzar una de mis metas.
- Mis padres
Ricardo López (q. d. e. p.) porque desde mi niñez me inspiró a superarme y me guía desde el cielo. Faustina de López por apoyarme incondicionalmente y cuyo esfuerzo me permitió culminar esta meta.
- Mis hermanos
Alba, Sergio, Dina Leticia y Claudia López, Susana, Marlo y Dina Florencia García, por su apoyo y consejos. Un especial agradecimiento a Dina Leticia por abrirme las puertas de su hogar y cuidarme desde mis años de estudiante hasta la fecha.
- Mis sobrinos
María José Morales, Ricardo y María Lucía López, Juan José y Alejandra Godínez, Sofía y Josué García. Por motivarme a ser una mejor persona para influir de forma positiva en su vida.
- Mi esposo
Edwin Salas por su amor, apoyo y paciencia, que me dan fuerza y me motivan para alcanzar cada una de mis metas.

Mis mejores amigos

Alexander de León, Ludin Sep y María Fernanda
Ramírez, por su apoyo y amistad incondicional.
Fue grato recorrer esta etapa juntos.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser el *alma mater* que me permitió nutrirme de conocimientos.

Facultad de Ingeniería

Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.

Planta de PVC

Por haberme brindado la información necesaria para realizar este diseño de investigación.

Mi asesor

Msc. Ing. Qco. Pride Tolentino Alvizures Valle, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.

Catedrática de PAG 1

Msc. Licda. Blanca Azucena Méndez Cerna por su guía y vocación más allá de la catedra, que fue fundamental para elaborar este trabajo de graduación.

Mis padres

Por su gran amor y brindarme los recursos para desarrollarme profesionalmente.

Familia y esposo

Por darme ánimos y apoyarme, para concluir esta etapa de mi carrera profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Contexto General	9
3.2. Descripción del problema	10
3.3. Formulación del problema	12
3.3.1. Pregunta principal.....	12
3.3.2. Preguntas secundarias	12
3.4. Delimitación del problema	13
3.5. Viabilidad de la investigación.....	13
3.6. Consecuencias	13
3.6.1. De realizarse la investigación	14
3.6.2. De no realizarse la investigación	15
4. JUSTIFICACIÓN	17
5. OBJETIVOS	19
5.1. General.....	19

5.2.	Específicos.....	19
6.	NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	21
7.	MARCO TEÓRICO	25
7.1.	El ciclo del agua	25
7.1.1.	Parámetros de calidad del agua.....	27
7.2.	Utilización del agua en la empresa de extrusión de tubería PVC.....	27
7.2.1.	Agua potable	28
7.2.2.	Agua de proceso	28
7.2.3.	Agua de consumo humano.....	28
7.2.4.	Aguas residuales.....	29
7.2.5.	Planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica.....	29
7.3.	Aguas residuales.....	29
7.3.1.	Caracterización del agua residual	30
7.3.1.1.	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	31
7.3.1.2.	Demanda química de oxígeno.....	31
7.3.1.3.	Relación DBO y DQO.....	32
7.3.1.4.	Demanda teórica de oxígeno (DTO)	32
7.3.1.5.	Turbiedad	32
7.3.1.6.	Color.....	32
7.3.1.7.	Grasas y aceites.....	33
7.3.1.8.	Sólidos.....	34
7.3.1.9.	Potencial de hidrógeno.....	34
7.3.1.10.	Nitrógeno.....	35
7.3.1.11.	Fósforo	36

	7.3.1.12.	Coliformes fecales	37
	7.3.1.13.	Metales pesados.....	37
7.4.		Normativa legal para saneamiento y plantas de tratamiento ...	38
	7.4.1.	Decreto 90-97 Código de Salud (1997)	38
	7.4.2.	Decreto No. 68-86 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (1986)	38
	7.4.3.	Acuerdo Ministerial No. 105-2008 (2008)	39
	7.4.4.	Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 (2006).....	39
7.5.		Criterios de selección de una solución tecnológica para el tratamiento de aguas residuales.....	41
	7.5.1.	Aprovechamiento parcial o total de las aguas residuales	41
7.6.		Gastos de capital.....	42
7.7.		Datos generales de la empresa.....	42
	7.7.1.	Extrusión.....	43
	7.7.2.	Proceso de extrusión de tubería PVC.....	43
8.		PROPUESTA DEL ÍNDICE DE COTENIDO	45
9.		METODOLOGÍA.....	49
	9.1.	Diseño	49
	9.2.	Tipo de estudio	49
	9.3.	Alcance.....	49
	9.4.	Variables e indicadores	50
	9.5.	Fases de estudio	51
	9.6.	Población y muestra	53
	9.6.1.	Población	54
	9.6.2.	Muestra.....	54

10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	55
11.	CRONOGRAMA	57
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	59
13.	REFERENCIAS	61
14.	APÉNDICES	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución.....	23
2.	Comportamiento del ciclo del agua.....	26
3.	Clasificación de sólidos.....	34
4.	Ciclo del nitrógeno	36
5.	Proceso de extrusión	44
6.	Cronograma de actividades	57

TABLAS

I.	Características generales de las aguas	27
II.	Los límites máximos permisible.....	40
III.	Parámetros y límites máximos permisibles para reúso	41
IV.	Operacionalización de variables e indicadores	50
V.	Presupuesto	60

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
As	Arsénico
Ba	Bario
B	Boro
Cd	Cadmio
Cu	Cobre
Cr	Cromo
Fe	Hierro
Mn	Manganeso
Hg	Mercurio
M	Metro
mg/L	Miligramo por litro
NO₃	Nitrato
N	Nitrógeno
Ag	Plata
Pb	Plomo
%	Porcentaje
pH	Potencial de hidrógeno
Zn	Zinc

GLOSARIO

Afluente	El agua captada por un ente generador.
Aguas residuales de tipo especial	Las aguas residuales generadas por servicios varios, públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas.
Aguas residuales de tipo ordinario	Las aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como uso en servicios sanitarios, pilas, lavamanos, lavatrastos, lavado de ropa y otras similares, así como la mezcla de las mismas, que se conduzcan a través de un alcantarillado.
Caracterización de un efluente o un afluente	La determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas, incluyendo caudal, de los parámetros requeridos en el presente Reglamento.
Caracterización de una muestra	La determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos.
Carga	El resultado de multiplicar el caudal por la concentración determinados en un efluente y expresada en kilogramos por día.

Caudal	El volumen de agua por unidad de tiempo.
Cuerpo receptor	Embalse natural, lago, laguna, río, quebrada, manantial, humedal, estuario, estero, manglar, pantano, aguas costeras y aguas subterráneas donde se descargan aguas residuales.
Dilución	El proceso que consiste en agregar un volumen de agua con el propósito de disminuir la concentración en un efluente de aguas residuales.
Efluente de aguas residuales	Las aguas residuales descargadas por un ente generador.
Entes generadores existentes	Los entes generadores establecidos previo a la vigencia del presente reglamento.
Entes generadores	La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, y cuyo efluente final se descarga a un cuerpo receptor.
Estabilización de lodos	El proceso físico, químico o biológico al que se someten los lodos, para acondicionarlos previo a su aprovechamiento o disposición final.
Eutrofización	El proceso de disminución de la calidad de un cuerpo de agua, como consecuencia del aumento de

nutrientes, lo que a su vez propicia el desarrollo de microorganismos y limita la disponibilidad de oxígeno disuelto, que requiere la fauna y flora.

**Instrumentos de
evaluación ambiental**

Los documentos técnicos definidos en el reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental, acuerdo gubernativo no. 23-2003 y sus reformas, contenidos en los acuerdos gubernativos no. 424-2003 y 704-2003; los cuales permiten realizar una identificación y evaluación sistemática de los impactos ambientales de un proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad, desde la fase de construcción hasta la fase de abandono.

ISO

Internacional Organization for Standardization, es la Organización Internacional de Normalización, cuya principal actividad es la elaboración de normas técnicas internacionales.

**Límite máximo
Permisible**

El valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en las etapas correspondientes, para aguas residuales y en aguas para reúso y lodos.

Lodos

Los sólidos con un contenido variable de humedad provenientes del tratamiento de aguas residuales.

Manto freático

La capa de roca subterránea, porosa y fisurada, que actúa como reservorio de aguas, que pueden ser utilizables por gravedad o por bombeo.

Meta de cumplimiento	La determinación numérica de los valores que deben alcanzarse en la descarga de aguas residuales, al final de cada etapa de cumplimiento. En el caso de los entes generadores nuevos y de las personas nuevas, que descargan al alcantarillado público, al iniciar operaciones.
Modelo de reducción progresiva	Régimen de cumplimiento de valores de parámetros en cargas, con parámetro de calidad asociado, en distintas etapas.
Monitoreo	El proceso mediante el cual se obtienen, interpretan y evalúan los resultados de una o varias muestras, con una frecuencia de tiempo determinada, para establecer el comportamiento de los valores de los parámetros de efluentes, aguas para reúso y lodos.
Muestra simple	La muestra tomada en una sola operación que representa las características de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos en el momento de la toma.
Muestras compuestas	Dos o más muestras simples, que se toman en intervalos determinados de tiempo y que se adicionan, para obtener un resultado de las características de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos.

Parámetro de calidad asociado	El valor de concentración de demanda bioquímica de oxígeno, expresado en miligramos por litro, que determina la condición del efluente y se aplica en el modelo de reducción progresiva de cargas.
Parámetro	La variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos, asignándole un valor numérico.
Punto de descarga	El sitio en el cual el efluente de aguas residuales confluye en un cuerpo receptor o con otro efluente de aguas residuales.
PVC	Policloruro de Vinilo, es la denominación por la cual un plástico que surge a partir de la polimerización del monómero de cloroetileno (también conocido como cloruro de vinilo).
Reúso	El aprovechamiento de un efluente, tratado o no.

RESUMEN

El Acuerdo Gubernativo 236-2006, reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, tiene como finalidad velar por la conservación y aprovechamiento del recurso hídrico de Guatemala. Para ello clasifica a los entes generadores, así como sus descargas, establece límites máximos permisibles y etapas para buscar este aprovechamiento.

La planta de tratamiento de agua residuales que se estudiará descarga sus aguas residuales ordinarias a un cuerpo receptor, considerando los resultados del último muestreo efectuado, no se encuentra preparada para cumplir a futuro con la 4ta. Etapa, que entra en vigor el 2 de mayo de 2024, es por eso que se hace necesario implementar medidas, que permitan el cumplimiento y que esto permita tener una postura preventiva de cumplimiento legal.

El objetivo general es elaborar un plan para el cumplimiento de la 4ta etapa, del Acuerdo Gubernativo 236-2006, referente a descarga y reúso de aguas residuales en una planta productora de tubería PVC, ubicada en el departamento de Escuintla, Guatemala.

El trabajo se desarrollará en 5 fases: iniciando con la revisión documental, seguido del diagnóstico de la situación actual, búsqueda de alternativas, evaluación de alternativas y elaboración del plan. Con la ejecución de las fases se busca brindar una alternativa a la empresa productora de PVC, que sea acorde a sus objetivos de sustentabilidad y factible para su implementación.

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación consiste en una innovación dentro de la empresa, puesto que no se han realizado modificaciones a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), desde que fue construida en el 2015, cuando la planta productora se trasladó de ubicación.

El dos de mayo de dos mil veinticuatro entrar en vigor la etapa cuatro del Acuerdo Gubernativo 236-2006, referente a la descarga de aguas residuales, reúso y disposición de lodos. Derivado de este cambio, la organización debe ejecutar medidas que permitan lograr el cumplimiento de los límites máximos permisibles proyectados, para evitar incumplimiento legal que pueda generar multas económicas o incluso un cierre temporal de operaciones.

La propuesta de solución planteada en la presente investigación permitirá tomar medidas preventivas, a través del diseño de un plan de alternativas para el cumplimiento de la 4ta. Etapa del Acuerdo Gubernativo 236-2006. Con la finalidad de presentar distintas alternativas para cumplimiento y estas se ajuste a los recursos y objetivos de la empresa. Con esto se logrará cumplir legalmente y contribuir a la conservación del recurso hídrico.

El esquema de solución que se realizará consta de 5 fases.

La fase 1, consiste en investigación documental, encuestas y recursos de la empresa.

En la fase 2, se realizará el diagnóstico de la situación actual, para determinar los parámetros que pueden llegar a comprometer el cumplimiento legal asociados al cambio de etapa.

En la fase 3, se definirán especificaciones técnicas, para la búsqueda de alternativas de solución, tanto a nivel local e internacional.

En la fase 4, se evaluarán las alternativas para determinar cuál es la que mejor se adecua a las necesidades de la organización.

En la fase 5, se elaborará el plan para la implementación de la alternativa propuesta de solución, incluyendo modificaciones documentales y requerimiento de CAPEX.

El trabajo de investigación es factible, porque se cuentan con los recursos para ejecutar las fases de la investigación, la empresa autorizó la ejecución del trabajo de investigación y asignará los recursos necesarios para su desarrollo.

El informe final de investigación estará formado por 5 capítulos.

El capítulo 1 corresponde al marco referencial, donde se expondrán estudios previos realizados sobre el tema que se ha decidido investigar.

El capítulo 2, marco teórico, consiste en la revisión de la teoría relacionada con el diseño del plan de alternativas para el cumplimiento de la 4ta. Etapa del AG 236-2006 y otros temas que aporten nuevas perspectivas de solución al estudio.

En el capítulo 3, desarrollo de la investigación, se dará a conocer la situación actual de la empresa y se ejecutarán las actividades necesarias para el cumplimiento de los objetivos definidos.

El capítulo 4, presentación de resultados, se expondrá la resolución de la investigación.

El capítulo 5 finalizará con la discusión de resultados, donde se validará el diseño plan de alternativas para el cumplimiento legal AG 236-2006, beneficios y el impacto que tendrá en la empresa la investigación.

2. ANTECEDENTES

Según el Acuerdo 236-2006:

Las empresas privadas que descarguen sus aguas residuales a un cuerpo receptor deben cumplir con el Acuerdo Gubernativo 236-2006. Para lograr este cumplimiento es importante analizar estudios previos relacionados al tratamiento, reúso de aguas secundarias, como la optimización de recursos y otros datos relevantes a la investigación, que permitan el aporte de herramientas, técnicas o enfoques para ampliar y guiar los conocimientos a aplicar.

Las propuestas para el trato de aguas residuales como primer punto se enfocan en la caracterización, para conocer la fase de PTAR. La caracterización tiene como destino conocer las propiedades fisicoquímicas del agua residual, con el designio de instaurar el tratamiento a utilizar, cantidades y frecuencias, para la observación de los parámetros. (García, 2018, p. 66).

El conocer las tipologías del agua residual permite ahorrar costos asociados al control, enfocarse en los parámetros que tienen tendencia al incumplimiento y determinar la eficiencia de PTAR, al comparar los análisis de entrada y salida para optimizar los recursos en el tratamiento”.

Según García (2018):

En la tesis de Doctorado Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba - Cajamarca. Alternativas para mejorar su tratamiento describe la metodología utilizada para el análisis de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), dentro de estos: revisión del diseño, mantenimiento, operación, procedimientos, protocolos, legislación aplicable, puntos de muestreo para la entrada y salida, así como la periodicidad del muestreo. Lo que aporta a la investigación una guía para orientar la investigación.

Según Silva (2018)

Los efectos ambientales de los efluentes de una planta de tratamiento de aguas residuales plantean la importancia de la representatividad para el muestreo de aguas residuales, la muestra debe plasmar todas sus características. La correcta elección del punto de muestreo permitirá que el cuerpo de agua se mezcle totalmente, relacionado específicamente con la turbulencia, velocidad y apariencia física del mismo, adquiriendo que la muestra sea lo más homogénea posible.

Esto aporta para la investigación factores a considerar para la elección del punto de muestreo y el impacto en el resultado para la investigación, para enfocar el tratamiento.

Uno de los principales problemas detectados en la caracterización de aguas residuales es la elevación de nitrógeno y fósforo. La elevación de nitrógeno y fósforo favorecen al aumento de algas y plantas en los cuerpos receptores de

aguas residuales, dando como resultado del desajuste de ecosistemas. (Estrada, 2018).

Esto a porta a la investigación claridad del impacto que puede generar un tratamiento inadecuado de aguas residuales y comprender la reducción de límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006.

En la tesis de Maestría *Prácticas de disposición de residuos sólidos de las personas usuarias de la planta de tratamiento de aguas residuales de La Aurora de Heredia* plantea que la desinfección y trato de aguas residuales se enfrenta con un nuevo reto para su gestión a raíz del usuario de aguas ordinarias derivado de la carga de contaminantes. (Sulecio, 2020)

Esto aporta a la investigación aspectos que deben revisarse en cuanto a la carga de material de la unidad de tratamiento en estudio, verificar si se necesitará entrenamiento, cambio de prácticas por parte de los interesados y la estrategia.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Guatemala el 5 de mayo del 2006 se emite el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, con la finalidad de proteger los cuerpos receptores de la contaminación derivada de la actividad humana, permitir su recuperación y promover el desarrollo de los recursos hídricos (Secretaría General de la Presidencia de la República de Guatemala, 2006).

Este reglamento regula la disposición de las aguas residuales de entes generadores públicos y privados de acuerdo con la descarga final, para determinar que artículos de ley son los aplicables a la gestión.

El problema por resolver es cumplir con los parámetros establecidos en la 4ta. Etapa del AG 236-2006, que entra en vigencia el dos de mayo de dos mil veinticuatro. A través de la búsqueda, evaluación e implementación de alternativas que aseguren su cumplimiento de forma constante, previendo cualquier factor que pueda afectar el desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa.

3.1. Contexto General

La Organización Mundial de la Salud y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, según el informe progresos en materia de agua para el consumo, el saneamiento y la higiene en los hogares 2000 – 2020 (2021), se estima que para el 2030 solo el 67 % de las personas a nivel mundial dispondrá de servicios de saneamiento adecuados (UNICEF, 2021).

Mejorar la gestión de aguas residuales, es esencial para proteger los recursos de obtención de agua potable, reducir las enfermedades asociadas a ingesta de aguas contaminadas; así como, proteger los ecosistemas acuáticos de la alteración de sus entornos.

Para descarga a cuerpos receptores de entes generadores existentes, se establecieron cuatro etapas, para una reducción gradual de los límites permisibles de cumplimiento, iniciando con la primera etapa el dos de mayo de dos mil once, segunda etapa dos de mayo de dos mil quince, tercera etapa el dos de mayo de dos mil veinte y cuarta etapa el dos de mayo del dos mil veinticuatro.

Aunque para los sectores privados este reglamento se aplica y es auditado por el Ministerio de Ambiente y Recursos naturales, a las municipalidades se les ha dado prorroga en distintas ocasiones.

Se estima que en Guatemala solo el 20 % de los recursos hídricos que se utilizan y son contaminados, se tratan antes de reincorporarse a un río, lago, mar o al suelo (Morales, 2021).

3.2. Descripción del problema

La empresa en estudio descarga sus aguas residuales domesticas a un cuerpo receptor, esto la obliga al cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006 y el compromiso ambiental a nivel corporativo, que busca reducir el impacto ambiental a través de su política de seguridad, medio ambiente y calidad.

Derivado de la pandemia la planta de tratamiento de aguas residuales sufrió reducción en la carga orgánica y aumento la carga de productos químicos desinfectantes, se evidenció que es necesario realizar modificaciones considerando los resultados de la tercera etapa, previendo cambios asociados a situaciones no rutinarias para el manejo de los parámetros y tomando un enfoque preventivo, para asegurar el cumplimiento de la cuarta etapa para antes que descargan a un cuerpo receptor.

En el 2021 se descargaron un promedio mensual de 662 m³, de aguas residuales domesticas tratadas a un cuerpo receptor, a las cuales se les realiza un monitoreo mínimo de dos veces al año, por parte del ente generador para verificar el cumplimiento legal. La planta de tratamiento de aguas residuales requiere aplicación semanal de enzimas y monitoreo diario, para asegurar que los parámetros se cumplen.

A partir del 2 de mayo de 2024, los parámetros de cumplimiento legal del Acuerdo Gubernativo 236-2006, para los entes generadores de aguas residuales que vierten sus afluentes a un cuerpo receptor se han reducido gradualmente, de la etapa uno a la dos entre un 50 a 60 %; etapa dos y tres un 50 %; etapa tres y cuatro de un 20 a 35 %.

Considerando los resultados fisicoquímicos obtenidos del último muestreo la planta de tratamiento no cumpliría nitrógeno y fósforo, para un cambio de cuarta etapa, representando un incumplimiento legal que puede llevar a sanciones económicas establecidas en la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente según determinen las autoridades; así como, desprestigio para la empresa por contaminación industrial y un impacto ambiental negativo.

3.3. Formulación del problema

La formulación del problema de investigación es la etapa donde se estructura formalmente la idea de investigación, por lo cual se presenta en los siguientes apartados los elementos que se evaluaron para definir el objetivo de estudio.

3.3.1. Pregunta principal

¿Cuál es el plan para cumplir con la 4ta etapa del Acuerdo Gubernativo 236-2006 referente a descarga y reúso de aguas residuales en una planta productora de tubería PVC ubicada en el departamento de Escuintla, Guatemala?

3.3.2. Preguntas secundarias

- ¿Cuál es la situación actual del cumplimiento de los parámetros de la planta de tratamiento de aguas residuales respecto a la 4ta. Etapa del Acuerdo Gubernativo 236-2006 para la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores?
- ¿Cuáles son las alternativas para el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006 y sus beneficios?
- ¿Cuál es la alternativa viable para la empresa de acuerdo a sus recursos y objetivos ambientales, para cumplir con el Acuerdo Gubernativo 236-2006?
- ¿Qué procedimientos deben seguirse para que la planta de tratamiento de aguas residuales opere eficientemente de acuerdo a la alternativa electa?

3.4. Delimitación del problema

El trabajo de investigación se realizará en la gestión de medio ambiente, enfocado a cumplimiento legal asociado al manejo de agua residual de una planta productora de tubería PVC, ubicada en Escuintla, Guatemala. El periodo de ejecución de la investigación será de julio 2022 a mayo 2023.

3.5. Viabilidad de la investigación

La empresa debe cumplir con todos los requerimientos ambientales legales a nivel país y compromisos corporativos, para ello debe prever los cambios necesarios para lograr este cumplimiento. Por esta razón la planta productora de tubería PVC, autoriza la ejecución del presente trabajo de investigación, proporcionando los recursos físicos y humanos; así como, la documentación necesaria para realizar el estudio.

El financiamiento de los gastos y costos en los que se incurra para realizar la investigación serán 100 % financiados por el investigador.

3.6. Consecuencias

Estas determinan los posibles escenarios de realizar o no realizar la investigación, cada uno fue analizado con base al planteamiento del problema y las necesidades de la empresa en estudio.

3.6.1. De realizarse la investigación

- La investigación permitirá evaluar alternativas que permitan cumplir con la 4ta. Etapa del Acuerdo Gubernativo 236-2006, se evitará contaminación industrial de fuentes hídricas e incumplimientos legales, desprestigio para la empresa y permitirá un mejor control de las variables que puedan afectar los parámetros requeridos de cumplimiento.
- Se determinarán los parámetros que deben cumplirse y la brecha que existe considerando los últimos resultados de un muestreo compuesto; así como, determinar la alternativa que mejor se ajuste al presupuesto y objetivos de la empresa, se actualizarán los procedimientos asociados al mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales y evaluarán los beneficios que presenta cada alternativa analizada para el cumplimiento.
- A nivel personal se obtendrán conocimientos del tratamiento de aguas residuales y la relación de la legislación, con las metas de desarrollo sostenible de la Organización de las Naciones Unidas, derivado de la crisis del agua a nivel mundial. Porque se requiere investigar para garantizar el cumplimiento legal y mejorar la gestión del agua.
- Para la comunidad el beneficio será evitar la contaminación, conservar y aprovechar el recurso hídrico utilizado por la empresa.

3.6.2. De no realizarse la investigación

- Al entrar en vigor la 4ta. Etapa del Acuerdo Gubernativo 236-2006, los parámetros de la planta de tratamiento de aguas residuales podrían no estar dentro de los límites máximos permisibles, según lo esperado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).
- De tener una visita de seguimiento por parte del MARN y realizarse muestreo de aguas, existe riesgo que los resultados estén fuera de los límites máximos permisibles. Esto implicaría incumplimiento legal, que pueden llevar a sanciones económicas y desprestigio para la empresa si por alguna razón el caso se hace de conocimiento público, principalmente porque la empresa manufactura y comercializa productos para el manejo de recursos hídricos.

4. JUSTIFICACIÓN

La línea en la cual se basa la investigación es Gestión Ambiental, del área de Sistemas Integrados de Gestión de la Maestría de Gestión Industrial, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se desarrollará un plan para la implementación de alternativas para el cumplimiento de la 4ta etapa del acuerdo gubernativo 236-2006, con esto se espera tomar un enfoque preventivo para el cumplimiento legal de la organización.

La investigación es importante para la empresa donde se realizará, porque le permitirá contar con un plan para el cumplimiento legal local de acuerdo a sus recursos y objetivos. Para esto, se evaluarán a detalle los costos económicos, mantenimiento y beneficios esperados de las alternativas.

La motivación de la investigadora para realizar el trabajo es aportar un estudio que permita tomar un enfoque preventivo, apoyando al cumplimiento de los compromisos legales y ambientales de la organización. Marcar antecedente de alternativas de cumplimiento para el AG 236-2006 para el cambio de sus etapas. Contribuir con el aprovechamiento del recurso hídrico en Guatemala, para reducir los impactos asociados a la fabricación de bienes.

El trabajo de investigación beneficia a la empresa a cumplir sus objetivos ambientales, a los colaboradores a reducir el impacto asociado a la ejecución de sus actividades laborales y a Guatemala, en aporte al cumplimiento de sus objetivos de desarrollo sostenibles de la ONU, ratificados por la Política Nacional del Sector de Agua Potable y Saneamiento, propuesta por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, con la finalidad de mejorar el aprovechamiento del recurso hídrico del país.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Desarrollar un plan para el cumplimiento de la 4ta etapa del Acuerdo Gubernativo 236-2006, referente a descarga y reúso de aguas residuales en una planta productora de tubería PVC, ubicada en el departamento de Escuintla, Guatemala.

5.2. Específicos

1. Determinar la situación actual del cumplimiento de los parámetros de la planta de tratamiento de aguas residuales, respecto a la 4ta. Etapa del Acuerdo Gubernativo 236-2006 para la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores.
2. Plantear alternativas para el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006 y sus beneficios.
3. Determinar la alternativa viable para la empresa de acuerdo a sus recursos y objetivos ambientales, para cumplir con el Acuerdo Gubernativo 236-2006.
4. Elaborar los procedimientos que deben seguirse para que la planta de tratamiento de aguas residuales opere eficientemente de acuerdo a la alternativa electa.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La necesidad que se pretende cubrir con el estudio de investigación es determinar las alternativas que permitan el cumplimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, según lo establecido en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 Reglamento de las descargas, reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, en su cuarta etapa para antes que descargas sus aguas residuales a un cuerpo receptor que entra en vigencia el 2 de mayo de 2024.

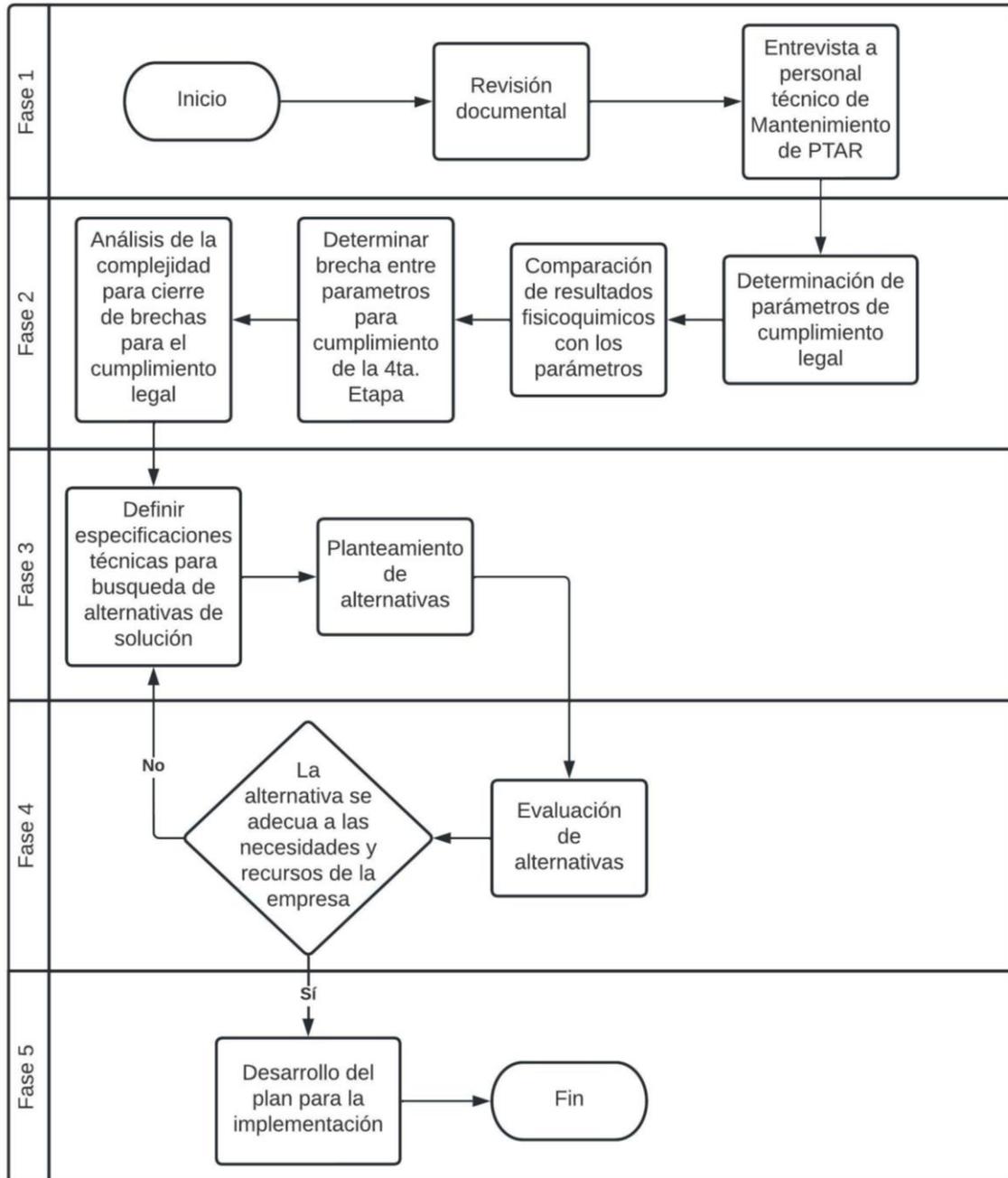
El estudio de investigación pretende evitar incumplimientos legales a futuro y proteger los recursos hídricos, de acuerdo a lo determinado en la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Se plantea el siguiente esquema de solución:

- Fase 1. Revisión documental: Investigación inicial de documental acerca del contenido del estudio técnico de aguas residuales, planos de la planta de tratamiento de aguas residuales, equipos, componentes, consumo de agua, descargas, manuales de uso y mantenimiento. Por medio de entrevista se recopilarán datos del técnico que brinda mantenimiento para revisar información que pueda no estar documentada, pero influir en el desempeño de la PTAR. Esta fase tendrá duración de 10 días.

- Fase 2. Diagnóstico de la situación actual: Partiendo de la información obtenida en la fase 1, se determinarán los parámetros de cumplimiento obligatorio de acuerdo a la información del estudio técnico de aguas residuales y se compararán los resultados fisicoquímicos obtenidos durante los últimos dos años, para determinar que parámetros pueden comprometer el cumplimiento legal. Esta fase tendrá una duración 10 días.
- Fase 3. Planteamiento de alternativas: Se definirán las especificaciones técnicas requeridas para las alternativas, que permitan el cumplimiento de los parámetros establecidos en la 4ta. Etapa del Acuerdo Gubernativo 236-2006, se buscarán a nivel interno o externo, considerando el tiempo para lograr el cumplimiento, inversión, beneficios y mantenimiento requerido. Esta fase tendrá una duración de 60 días.
- Fase 4. Evaluación de alternativas: Comparar las alternativas obtenidas en la fase 3 y determinar la más adecuada a las necesidades de la empresa considerando para ellos la inversión, tiempo de ejecución, mantenimiento, cambios documentales, beneficios a corto y largo plazo. Esta fase tendrá una duración de 10 días.
- Fase 5. Elaboración del plan: De acuerdo a la alternativa propuesta para lograr el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006, se elaborará el plan para su implementación considerando la asignación y priorización de actividades, tiempo de ejecución por medio de un Gantt, gestión de riesgos y la inclusión en el sistema de gestión de los procedimientos propuestos para la operatividad.

Las fases se desarrollarán según la figura 1. Esquema de solución.

Figura 1. Esquema de solución



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Visio.

7. MARCO TEÓRICO

Para desarrollar un plan que permita el cumplimiento legal local se debe comprender el enfoque del tratamiento de aguas residuales, legislación aplicable, métodos de tratamiento y gestiones para modificaciones.

7.1. El ciclo del agua

El agua consta tres estados: sólido (congelación, nieve), líquido y gas (vapor de agua). Los océanos, los ríos, las nubes y las precipitaciones están en constante cambio: el agua de la superficie se evapora, el agua de las nubes precipita, la lluvia se filtra por la tierra, etc. Sin embargo, la cantidad total de agua en el planeta no cambia. (Quiroz, Menéndez e Izquierdo, 2019, p 23)

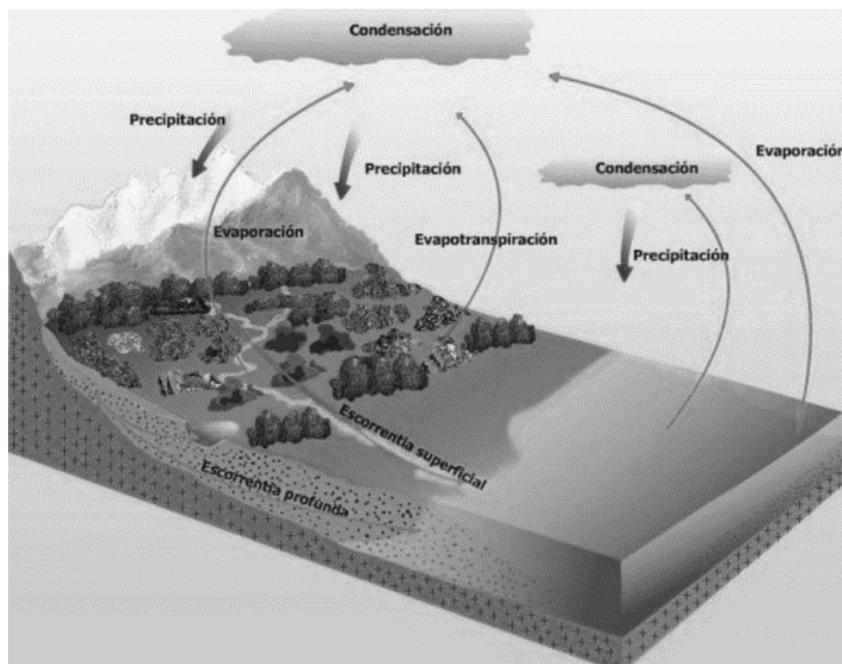
La circulación y conservación de agua en la Tierra se llama ciclo hidrológico o ciclo del agua. El período hidrológico empieza con la evaporación del agua comenzando con la superficie del océano. A disposición que escala el aire humedecido se enfría y el vapor se condensa, de tal forma que las gotas de agua se unen y crean una nube. La precipitación ocurre debido a la caída de las gotas de agua bajo el efecto de gravedad. Si en la atmósfera prevalecen las bajas temperaturas, el agua cae en forma de nieve o granizo (Quiroz, et al. 2019, p 23)

El ciclo hidrológico, es un modelo conceptual que describe el almacenamiento y movimiento del agua entre la Biosfera, Atmósfera, Litosfera, Hidrosfera, lo que se denomina Sistema Climático (Ordoñez, 2011, p 24)

El agua en la Tierra puede ser almacenada en cualquier uno de los reservorios siguientes: Atmósfera, Océanos, Lagos, Ríos, Suelos, Glaciares, Campos de Nieve, y las Aguas Subterráneas.

El agua en nuestra atmosfera se mueve desde un depósito o reservorio a otro, a través de los diferentes procesos entre los cuales tenemos: Evaporación, transformación de gas a líquido, formación de lluvia, Sedimentación, Flujo de agua, Infiltración, Sublimación, Transpiración, Fusión, y flujo de agua subterránea (Ordoñez, 2011, p 23)

Figura 2. **Comportamiento del ciclo del agua**



Fuente: Quiroz, Menéndez e Izquierdo (2019). *Tratamiento de aguas y aguas residuales.*

7.1.1. Parámetros de calidad del agua

Es una noción que acata del uso que va a tener el agua o el sistema hídrico que se quiere valorar. Obedeciendo de si el agua se va a disponer para consumo humano, regadío, transferencia de bienes, fomento de la vida de los peces o mantenimiento del hábitat con todas sus características funcionales, el sistema de evaluación de la calidad será diferente. (Sierra, 2011, p 23)

Tabla I. **Características generales de las aguas**

Físicas	Turbiedad, Color, Olor, Sabor, Temperatura, Sólidos, Conductividad
Químicas	pH, Dureza, Acidez/ alcalinidad, Fosfatos, Sulfatos, Fe, Mn, Cloruros, Oxígeno disuelto, Grasas y/o aceites, Amoníaco, Hg. Ag. Pb. Zn. Cr. Cu. B.Cd. Ba. As., Nitratos, Pesticidas, etc.
Biológicas Y Microbiológicas	Protozoarios (patógenos), Helmintos (patógenos), Coliformes fecales, Coliformes totales

Fuente: Quiroz, Menéndez e Izquierdo (2019). *Tratamiento de aguas y aguas residuales*.

La medición de las propiedades fitoquímicas y microbiológicas es indispensable para gestionar el tratamiento del agua para proceso o consumo humano, evitando que afecte de forma negativa en cualquiera de sus usos. (Sierra, 2011, p. 12)

7.2. Utilización del agua en la empresa de extrusión de tubería PVC

El sistema de filtrado puede formar parte de la extrusora o constituir una unidad aparte colocada al final de esta, por lo cual el uso del agua puede ser reutilizado para los procesos de manufactura.

7.2.1. Agua potable

El agua utilizada en la empresa para el área productiva y actividades administrativas (uso doméstico), provienen de aguas subterráneas de un pozo mecánico propio del cual se extraen. Por medio de un tratamiento de acondicionamiento del agua se llevan a los parámetros requeridos para el proceso como el consumo humano. Ambos consumos tienen asociado un indicador para su monitor, esto permite tomar acciones que promuevan un óptimo y responsable. (Sierra, 2011, p. 24)

7.2.2. Agua de proceso

El agua de proceso así se denomina en la empresa el agua utilizada para los procesos productivos, se recircula para volver a utilizar pasando por el sistema de filtración y luego por enfriamiento. Existe pérdida de agua por evaporación, pero no resulta significativa para la operación. (Sierra, 2011, p. 39)

7.2.3. Agua de consumo humano

El agua de consumo humano denominada así para fines de utilización en la empresa es la que se usa para los servicios domésticos generales, por ejemplo: servicios sanitarios, duchas, lavamanos, cocinetas, limpieza general, riego y filtros purificadores para consumo humano directo.

7.2.4. Aguas residuales

“Estas son provenientes de agua de consumo humano es decir domesticas de uso general, estas pasan previamente a una planta de tratamiento en las cuales son adecuadas para ser descargadas a un cuerpo receptor” (Morales, 2021, p. 46)

7.2.5. Planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica

“Las aguas residuales domesticas se canalizan por gravedad en un sistema de drenaje independiente hacia una fosa donde se contienen y luego son bombeadas mecánicamente hacia la planta de tratamiento aeróbica” (Morales, 2021, p. 89)

La planta funciona con aireación extendida para su tratamiento. Las aguas ordinarias entran al tanque de aireación para mezclarse homogéneamente por medio de ventilación de grandes volúmenes de aire a presión por la parte baja (proceso de lodos activados). Se usa para tratar aguas que presentan un volumen significativo de materia orgánica biodegradable, esta agua tratada es vertida a un cuerpo receptor, dentro de los cuales está la caja de entrada, módulos de aireación, caja de salida, equipo de aireación entre otros.

7.3. Aguas residuales

El ser humano derivado de sus actividades emplea agua, esté recurso es devuelto con alteraciones en sus propiedades y esto causar contaminación del recurso hídrico de no ser tratado de forma adecuada.

Según Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 (2006), define como aguas residuales “las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas”. (art. 4).

Un concepto más amplio indica que de la manipulación del agua limpia se produce agua de desecho por la adición de diversas sustancias que la hacen inapropiada para volver a utilizar en el proceso original por la pérdida de sus características iniciales, debido a esto se denominan aguas residuales. El descargar estas aguas a un cuerpo receptor puede ser la causa de problemas graves de contaminación dependiendo de la carga de contaminante por el volumen de vertimiento y concentración si esto supera la capacidad natural de autodepuración del receptor (Quiroz, et al. 2019, p. 90).

7.3.1. Caracterización del agua residual

Una caracterización correcta de las aguas residuales permite una gestión integral del recorrido de traslado, tratamiento, descarga y cumplimiento legal. Que permita tener el menor impacto al medio ambiente.

Quiroz, et al. (2019) Indica que las aguas residuales presentan características muy diferentes de acuerdo a su procedencia, lo cual puede variar radicalmente si se comparan domésticas con industriales. La caracterización del agua residual tiene dos objetivos importantes. (p. 32).

- Inmediato: permite conocer el poder contaminante de la misma y decidir si el residual debe someterse o no a tratamiento”
- Mediato: cuando el tratamiento es obligatorio, los datos que aporta esta caracterización son imprescindibles para el diseño de su tratamiento.

7.3.1.1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

El parámetro manejado para decretar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua es la solicitud bioquímica de oxígeno. La DBO se calcula decretando la cantidad de oxígeno que pretende los microorganismos (bacterias principalmente) para deponer, oxidar, estabilizar, entre otros. (Sierra, 2011, p. 111)

La prueba o datos de DBO se utilizan para, precisar la cantidad de oxígeno procurada para biológicamente aseverar la materia orgánica. Con este dato se crean los equipos de aireación de los términos de lodos activados (Sierra, 2011, p. 123)

7.3.1.2. Demanda química de oxígeno

La demanda química de oxígeno (DQO) se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte, por lo general dicromato de potasio, en un medio ácido y a alta temperatura. (Romero, 2004, p. 21)

La DQO es un ensayo manejado para decretar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua. A diferencia de la DBO, en este intento la materia orgánica es oxidada manejando una sustancia química y no microorganismos. El dicromato de potasio compone el mejor agente oxidante para la determinación de la DQO (Sierra, 2011, p. 67)

Establece que este compuesto consigue oxidar la gran generalidad de sustancias orgánicas, además, es fácil de establecer su concentración antes y después de la prueba lo cual hace que estipule el oxígeno consumido. Otra de

las prerrogativas de la DQO es el poco tiempo duración de la prueba: ínterin el análisis de DBO tarda 5 días, uno de DQO demora 3 horas. (Sierra, 2011, p. 68)

7.3.1.3. Relación DBO y DQO

Es generalmente aceptado que, para suponer que un agua residual sea totalmente biodegradable, la relación DBOu/DQO debe poseer un valor igual o muy cercano a 0.9. Otra relación práctica considera que un agua residual es no biodegradable a los fines prácticos, y, por lo tanto, no se aconseja utilizar un tratamiento biológico en su depuración, cuando su relación DBO5/DQO es menor de 0.5. (Quiroz, et al. 2019, p. 71)

7.3.1.4. Demanda teórica de oxígeno (DTO)

Romero (2004) La DTO es la sumatoria del oxígeno requerido para la oxidación de cada componente (p. 55). Sin considerar el nitrógeno contenido en la materia orgánica.

7.3.1.5. Turbiedad

Es la facultad que asume el material suspendido en el agua para interponer el flujo de la luz. La turbiedad es derivada por una gran variedad de causas, como degradación del suelo, contaminación industrial. (Sierra, 2011, p. 44)

7.3.1.6. Color

Es parte de la turbiedad, el color supone ser independiente, es originada por partículas de gran tamaño (diámetros > 10⁻³ mm), el color se origina por sustancias disueltas y por los coloides.

“El color es significativo en el tratamiento del agua porque su apariencia causa repercusión en el usuario, no obstante, no produzca problemas sanitarios. Cuando el color es debido al vertimiento de desechos industriales se mancomuna a la presencia de sustancias tóxicas” (Sierra, 2011, p. 134)

El color se enuncia en unidades de color (UC). La unidad de color es la que se agencia añadiendo 1 mg de cloroplatinato de potasio en 1 litro de agua destilada. El color se mide en el laboratorio manejando los colorímetros. El agua es incolora. El color del agua puede estar condicionado por la presencia de iones metálicos de origen natural (hierro y manganeso), de humus y turbas, de plancton, o de restos vegetales y de residuos industriales.

El término de color generalmente se asocia al concepto de color real. Esto es, el color del agua cuya turbidez ha sido previamente eliminada. El término color aparente engloba no solo el color debido a las sustancias disueltas, sino también a los compuestos en suspensión. El color se expresa en unidades platino-cobalto. La intensidad del color es proporcional al platino, mientras que el cobalto forma el complejo que permite medir el color. El mecanismo de medición consiste en la comparación visual con soluciones patrones de color. (Quiroz, et al. 2019, p. 36)

7.3.1.7. Grasas y aceites

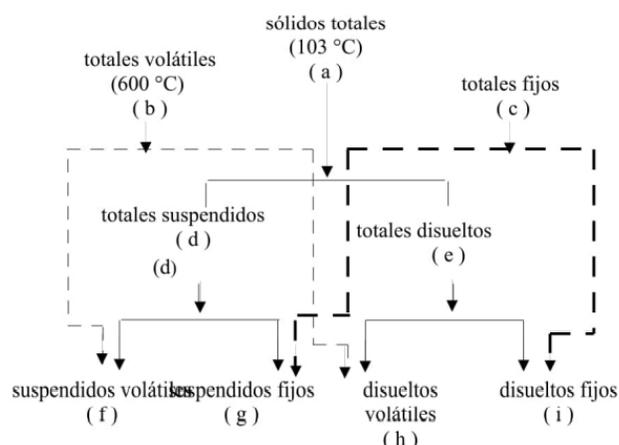
Son los compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno que sobresalen en el agua residual, encubren las superficies con las cuales entran en contacto, causan fenómenos ópticos y problemas de mantenimiento, e obstruyen con la actividad biológica pues son difíciles de separar componentes. (Romero, 2004, p. 59)

7.3.1.8. Sólidos

La determinación del contenido de sólidos, disueltos y suspendidos, fijos y volátiles, es esencial para definir el procedimiento de depuración. En la figura 3 se detalla la clasificación de los sólidos y su relación. (Quiroz, et al. 2019, p. 21)

Los sólidos volátiles indican la presencia de materia orgánica, mientras que los sólidos totales fijos presencia de materia inorgánica”

Figura 3. Clasificación de sólidos



Fuente: Quiroz, Menéndez e Izquierdo (2019). *Tratamiento de aguas y aguas residuales*

7.3.1.9. Potencial de hidrógeno

La concentración de ion hidrógeno es una medida de calidad de gran escala para el caso de aguas naturales como residuales. El intervalo de concentraciones conveniente para la propicia proliferación y progreso de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico. el agua residual con concentraciones de ion hidrógeno improcedentes presenta conflictos de tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede variar la concentración de ion hidrógeno en las

aguas naturales si ésta no se modifica antes de la exclusión de las aguas. (Metcalf-Eddy, 1995, p. 95)

7.3.1.10. Nitrógeno

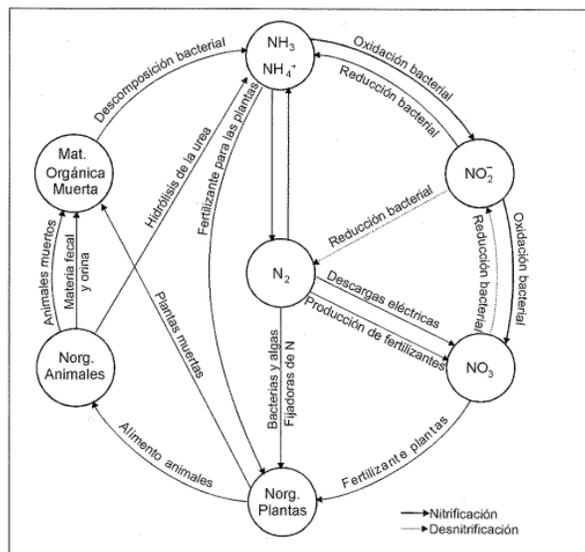
El nitrógeno (N) así como el fósforo son fundamentales para el desarrollo de protistas y plantas, razón por la cual adoptan el nombre de nutrientes o bioestimuladores. Ya que el N es absoluto para la síntesis de proteínas, será exacto echar de ver datos sobre la presencia del mismo en las aguas, y en qué montos, para valorar el riesgo de tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales por medio de los procesos biológicos. (Sierra, 2011, p. 123)

El nitrógeno de nitritos, cuya evaluación se realiza colorimétrica mente, es congruentemente eventual y fácilmente oxidable a nitratos. La agrupación de nitritos aventaja la cantidad de 1 mg/L en las aguas residuales y de 0,1 mg/L en el caso de las aguas superficiales y subterráneas. Su presencia se da en concentraciones reducidas, los nitritos tienen jerarquía en los estudios de aguas, por su toxicidad para la fauna piscícola y demás especies acuáticas. (Sierra, 2011, p. 45).

El nitrato es la forma más oxidada del nitrógeno que haya en el agua. Se constituyen en la descomposición de las sustancias orgánicas nitrogenadas, primordialmente proteínas. Es interesante suponer los nitratos en el sistema del agua porque en agrupaciones mayores de 10 mg/L como N (45 mg/L como NO_3), se ha probado que producen una enfermedad llamada metahemoglobinemia. Las agrupaciones de nitrato en efluentes de aguas residuales pueden estar 0 y 20 mg/L. (Romero, 2004, p. 89)

Nutriente fundamental para el desarrollo de protistas y plantas. Las formas de utilidad en aguas residuales son las de nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitritos y nitratos. Las formas interconvertibles bioquímicamente y componentes del ciclo del nitrógeno. Se designa NTK nitrógeno total Kjeldahl, al nitrógeno orgánico más el nitrógeno amoniacal. Los datos del nitrógeno son precisos para valorar la accesibilidad de las aguas residuales por tratamientos biológicos; un agua residual con material escaso de nitrógeno puede demandar la adición de nitrógeno para su biodescomposición. (Romero, 2004, p. 61)

Figura 4. **Ciclo del nitrógeno**



Fuente: Romero (2004). *Tratamiento de aguas residuales*.

7.3.1.11. Fósforo

El contenido de fósforo para aguas residuales domesticas oscilan entre 6 y 20 mg/L; y las formas usuales son ortofosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos.

El fósforo es notable para la progresión de algas y otros organismos biológicos. En las aguas superficiales acontecen desfavorables proliferaciones libres de algas, el logro en limitar la cantidad de fósforo que adquieren las aguas superficiales por medio de vertimientos de aguas residuales domésticas, industriales y por escorrentía. Ejemplo las aguas residuales municipales contiene fósforo como P logra estar entre 4 y 15 mg/L (Sierra, 2011, p 90)

Las formas más habituales en que se exhibe el fósforo en soluciones acuosas encierran el ortofosfato, el polifosfato y los fosfatos orgánicos. Los ortofosfatos como PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$ y H_3PO_4 , por ejemplo, se encuentran favorables para el metabolismo biológico sin que sea estrecha un rompimiento posterior. El fósforo orgánico no es relevante de los residuos domésticos, pero puede ser un constituyente de grado en los vertimientos industriales y lodos de aguas residuales domésticas. (Sierra, 2011, p 101)

7.3.1.12. Coliformes fecales

Los coliformes fecales son microorganismos con una estructura semejante a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y se transmiten, normalmente, en el intestino del hombre y en el de otros animales. Hay diversos tipos de *Escherichia*; algunos no causan daño en condiciones normales y otros pueden, incluso, ocasionar la muerte. (Mora y Calvo, 2010, p. 35)

7.3.1.13. Metales pesados

“La presencia en las aguas residuales de metales pesados tales como plomo, cadmio, selenio, cromo, cobre, etc., pueden ser contraproducentes para su adecuado tratamiento, al afectar a la biomasa encargada de la estabilización de la materia orgánica” (Rojas, 2002, p. 9).

7.4. Normativa legal para saneamiento y plantas de tratamiento

En la historia de la gestión del agua en Guatemala se pueden apreciar tres momentos importantes:

Primero, cuando el énfasis es puesto en el desarrollo energético del agua (1959 a 1979); el segundo, cuando se transforma la organización del sector agrícola y específicamente se le faculta para conceder, denegar, modificar y registrar derechos de uso del agua vinculados con actividades agrícolas y se emiten, además, disposiciones reglamentarias (1970 a 1990); y el tercero, cuando INFOM la dirección del agua potable y saneamiento y promueve la ordenación legal de los servicios de agua potable y aguas residuales (1990 a la fecha) (URL, 2005, p. 8 y 9)

7.4.1. Decreto 90-97 Código de Salud (1997)

Se describe con base a la normativa, el artículo 92 expone que las municipalidades deben de eliminar las excretas, dar un trato de agua, como mantenimiento de los sistemas. El Artículo 94 expone que se debe tener lineamientos teóricos y técnicos de normas sanitarias. El artículo 96 en el cual la dirección de las cuencas queda en función de las municipalidades, el artículo 97 describe que no se puede evacuar las aguas en áreas donde generen contaminación. El artículo 98 describe la emisión de licencias.

7.4.2. Decreto No. 68-86 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (1986)

El Decreto Numero 68-86 (1986) en su artículo 15 establece que el Gobierno es el responsable de velar por la subsistencia de la calidad y cantidad

del recurso hídrico disponible para consumo humano y otras actividades, a través de la emisión de disposiciones, reglamentos, promoción de la conservación del ciclo normal de las especies y monitoreo a los entes causantes del sector público y privado.

7.4.3. Acuerdo Ministerial No. 105-2008 (2008)

El Acuerdo Ministerial Número 105-2008 (2008) Contiene el Manual General del Acuerdo Gubernativo 236-2006, tiene la finalidad de establecer los pasos para la elaboración del estudio técnico, toma de ejemplares de aguas residuales, reusó y lodos, medición de caudales, cálculo de cargas, modelo de disminución gradual de cargas, deducción especial de valores en parámetros. (Congreso de la República, 2008)

7.4.4. Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 (2006)

Este acuerdo clasifica los afluentes e indica los parámetros más aceptables de acuerdo al tipo de las aguas residuales. La tabla II, describe los valores aceptables de descargas de aguas residuales a lugares de descarga de acuerdo a cada etapa y año del cambio, según el artículo 20 de este reglamento.

Tabla II. **Los límites máximos permisibles**

			Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil once	Dos de mayo de dos mil quince	Dos de mayo de dos mil veinte	Dos de mayo de dos mil veinticuatro
			Etapa			
Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	100	50	25	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	600	400	150	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1400	100	50	25	20
Fósforo total	Miligramos por litro	700	75	30	15	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1x10 ⁸	< 1x10 ⁶	< 1x10 ⁵	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴
Arsénico	Miligramos por litro	1	1.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	3	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	4	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500

Fuente: Acuerdo Gubernativo Número 236-2006 (2006). *Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos*

El Acuerdo establece en el artículo 35 que el reúso recreativo con restricciones en el aprovechamiento para fines recreativos en estanques artificiales donde el ser humano sólo puede tener contacto incidental, incluido el riego en áreas verdes, donde el público tenga contacto o no, de conformidad con las sucesiones válidas establecidas en el Acuerdo.

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

Tipo de reuso	Demanda bioquímica de oxígeno, miligramos por litro	Coliformes fecales, número más probable por cien mililitros
Tipo I	No aplica	No aplica
Tipo II	No aplica	< 2x10 ²
Tipo III	200	No aplica
Tipo IV	No aplica	< 1x10 ³
Tipo V	200	< 1x10 ³

Fuente: Acuerdo Ministerial Número 236-2006 (2006). *Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos*

7.5. Criterios de selección de una solución tecnológica para el tratamiento de aguas residuales

La selección de alternativa para el tratamiento de aguas residuales es fundamental para evitar contaminación al medio ambiente, el costo económico de la implementación, obtener los resultados esperados para verificar con la regulación legal local, para hacer una adecuada selección es significativo razonar los siguientes elementos. (Quiroz, et al. 2019, p. 47)

Disponer del mayor conocimiento posible acerca de las características del agua residual, así como establecer la calidad del agua, disminución, definir la calidad del agua residual a entregar al final del tratamiento, reducción de consumo de agua, empleo de la tecnología, acceso a operaciones, manejo de costos. (Quiroz, et al. 2019, p. 47)

7.5.1. Aprovechamiento parcial o total de las aguas residuales

La reutilización parcial o total de las aguas residuales corresponde ser un análisis prioritario. Dentro de las principales categorías se tiene aprovechamiento

para riego agrícola en general, cultivos comestibles, acuacultura, recreativo, pastos y otros cultivos. (Quiroz, et al. 2019, p. 49)

Un plan integral para el reúso de aguas residuales debe incluir Necesidades de trato y retiro, demanda y recursos de agua de abastecimiento, beneficios en el abastecimiento en función del potencial de reutilización.

7.6. Gastos de capital

Conocidos en la industria como CAPEX (*Capital Expenses*), se refiere las inversiones de capital que realiza una empresa con la adquisición de activos lo cuales tienen un tiempo de depreciación y pasan a ser parte de la propiedad de la empresa generando beneficios, estos pasan a ser parte del estado financiero y flujo de efectivo de la organización. (Quiroz, et al. 2019, p. 56)

7.7. Datos generales de la empresa

La visión corporativa centra su compromiso a largo plazo en las personas, el planeta y las ganancias. Como línea de negocio del grupo la empresa en estudio contribuye al logro de los siguientes objetivos de desarrollo sostenible de la ONU: 6) Agua limpia y saneamiento, 9) Industria, innovación e infraestructura, 11) Ciudades y comunidades sostenibles y 13) Acción por el clima. A nivel local cuenta con triple certificación ISO: 9001:2015, 14001:2015 y 45001:2018, esto permite que la empresa tenga un enfoque en economía circular. (García, 2018, p. 78)

La empresa cuenta con más de 101 colaboradores directos, es una industria manufactura de extrusión de productos de PVC y otros derivados.

7.7.1. Extrusión

La extrusión se refiere al proceso industrial de fundir y moldear el plástico a flujo constante de presión y fuerza, para obtener la forma deseada de cierto polímero para su aplicación final. (Flores, 2020, p 80)

7.7.2. Proceso de extrusión de tubería PVC

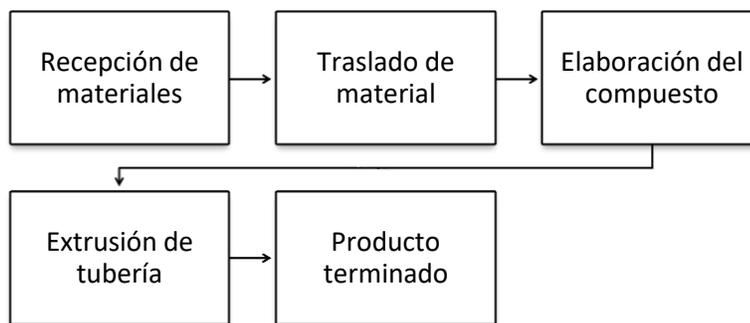
El proceso para la fabricación de tubería PCV consta de los siguientes pasos:

- **Recepción de materia prima:** la materia prima se recibe en super sacos, los cuales se descargas, almacenan y se consumen de acuerdo al requerimiento de la planta.
- **Mezclas:** la resina se traslada a las tolvas de descarga donde por succión por medio de un sistema neumático alimentan un silo de material, para crear los diferentes compuestos de acuerdo al producto requerido. A la materia prima de silos se le agregan aditivos, posterior pasan a un proceso de cocción y luego enfriamiento, al tener una temperatura adecuada se traslada a silos de compuesto o bien a bolsones donde esperan a ser requeridos por las diferentes líneas de extrusión.
- **Extrusión:** el material alimenta las tolvas por medio de bolsón o el sistema neumático, conectado directamente a la extrusora (Varía de acuerdo al tipo de producto a fabricar y línea). Las máquinas extrusoras tienen un tornillo sin fin, que hace que el compuesto fluya por diferentes zonas de calentamiento para alcanzar la temperatura, requerida para su correcta plastificación, el cual pasa por un molde para dar forma al material de

acuerdo a las especificaciones de la tubería a fabricar. Posterior a ello pasan por un área de enfriamiento, imprenta, corte y volteo donde están listos para ser trasladados utilizando carretas.

- Producto terminado: la tubería debe cumplir con las especificaciones de calidad, para que sea pesado, posterior el área de bodega lo traslada par su almacenamiento.

Figura 5. **Proceso de extrusión**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Visio.

8. PROPUESTA DEL ÍNDICE DE COTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTAS ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

2. MARCO TEORICO

2.1. Ciclo del agua

2.1.1. Parámetros de calidad del agua

2.2. Utilización del agua en la empresa de extrusión de tubería PVC:

2.2.1. Agua potable

2.2.2. Agua de proceso

2.2.3. Agua de consumo humano

2.2.4. Aguas residuales

2.2.5. Planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica

2.3. Agua residual

2.3.1. Caracterización del agua residual

2.3.2. Demanda bioquímica de oxígeno

2.3.3. Demanda química de oxígeno

- 2.3.4. Relación DBO y DQO
- 2.3.5. Demanda teórica de oxígeno
- 2.3.6. Turbiedad
- 2.3.7. Color
- 2.3.8. Grasas y aceites
- 2.3.9. Sólidos
- 2.3.10. Potencial de hidrógeno
- 2.3.11. Nitrógeno
- 2.3.12. Fósforo
- 2.3.13. Coliformes fecales
- 2.3.14. Metales pesados
- 2.4. Normativa legal para saneamiento y plantas de tratamiento
 - 2.4.1. Decreto 90-97 Código de Salud
 - 2.4.2. Decreto No. 68-86 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente
 - 2.4.3. Acuerdo Ministerial No. 105-2008
 - 2.4.4. Acuerdo Ministerial 8-2016
 - 2.4.5. Acuerdo Gubernativo No. 236-2006
- 2.5. Criterios de selección de una solución tecnológica para el tratamiento de aguas residuales
- 2.6. Aprovechamiento parcial o total de las aguas residuales
- 2.7. Gastos de capital
- 2.8. Datos generales de la empresa
 - 2.8.1. Extrusión
 - 2.8.2. Descripción del proceso de extrusión
- 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
- 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

La metodología se describe el diseño, tipo de estudio, alcance, variables e indicadores, fases y resultados esperados.

9.1. Diseño

El proceso de solución adoptará un diseño no experimental, porque no se realizarán ensayos de laboratorio y no se utilizarán variables en laboratorio, para el estudio a realizar. Se limitará a la utilización de técnicas de recolección de datos como observación, investigar, análisis, entrevistas como parte de herramienta participativa y será un estudio transversal porque se ejecutará en un periodo de tiempo determinado.

9.2. Tipo de estudio

El estudio será mixto, debido a que se tienen variables cualitativas para la recolección de información documentada de los antecedentes, marco teórico y manuales. También contará con variables cuantitativas para el análisis y comparación de los datos asociados a la investigación, resultados, muestreo y discusión de resultados.

9.3. Alcance

El alcance es descriptivo, porque se cuenta con información previa del caso de estudio, cuyos datos se utilizarán para el análisis diagnóstico de la situación actual. Se cuentan con datos de muestreo que permiten tener una referencia del

punto de partida y enfoque de la investigación, para el cumplimiento de la 4ta. Etapa del Acuerdo Gubernativo 236-2006.

9.4. Variables e indicadores

En la investigación se trabajará con variables dependientes, como la determinación de la situación actual de cumplimiento de los parámetros de PTAR y alternativas para el cumplimiento. Como la viabilidad de alternativas en relación a costo, tecnología, beneficios y elaboración de procedimientos. Las variables se describen en la tabla que se presenta a continuación:

Tabla IV. Operacionalización de variables e indicadores

Objetivo específico	Nombre de la variable	Tipo de variable	Indicador	Técnica o Instrumento
1. Determinar la situación actual del cumplimiento de los parámetros de la planta de tratamiento de aguas residuales respecto a la 4ta. Etapa del Acuerdo Gubernativo 236-2006 para la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores.	Determinación de la situación actual de cumplimiento de los parámetros de PTAR.	Cualitativa	Revisión documental	Matriz legal
		Cuantitativa	Conocimiento del personal de legislación ambiental de PTAR Caracterización de las aguas residuales: Temperatura Grasas y aceites Material flotante Sólidos suspendidos Nitrógeno total Fósforo total Potencial de hidrógeno Coliformes fecales Arsénico Cadmio Cianuro total Cobre Cromo hexavalente Mercurio Níquel Plomo Zinc Color Oportunidades de mejora	Análisis de la normalización del proceso Entrevista Análisis fisicoquímico de muestra de agua

Continuación Tabla IV.

2. Plantear las alternativas para el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006 y sus beneficios.	Alternativas para el cumplimiento	Cualitativas Cuantitativas	Económicas: Costo de inversión Operación Mantenimiento Tecnología: Grado de complejidad Antecedentes de éxito Tiempo de ejecución	Especificaciones técnicas Investigación en el mercado local y extranjero
3. Determinar la alternativa viable para la empresa de acuerdo a sus recursos y objetivos ambientales, para cumplir con el Acuerdo Gubernativo 236-2006.	Viabilidad de alternativas	Cualitativas Cuantitativa	Evaluación y análisis de alternativas	Cuadro comparativo Valor Presente Neto Matriz de decisión
4. Elaborar los procedimientos que deben seguirse para que la planta de tratamiento de aguas residuales opere eficientemente de acuerdo a la alternativa electa.	Elaboración de procedimientos	Cualitativa Cuantitativa	Plan para la alternativa electa.	Normalización de procesos actualizando procedimientos CAPEX

Fuente: elaboración propia.

9.5. Fases de estudio

Con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados en la investigación, se realizarán las siguientes fases:

Fase 1: Investigación inicial de la parte documental para ello, se recolectarán y analizarán datos del estudio técnico de aguas residuales, planos, equipos, componentes y cálculos del diseño de PTAR, consumo humano y total de agua de los últimos 3 años, compras de enzimas con el apoyo del Encargado

de la Bodega de Repuestos, extracciones de lodos, manuales de uso, mantenimiento, equipo interno de medición, resultados de muestreos de aguas residuales antes y durante la pandemia.

Por medio de entrevista utilizando el instrumento del anexo 3, se recopilarán datos del técnico que brinda mantenimiento, personal que acompaña al laboratorio externo para los muestreos y el Jefe de Mantenimiento, para detectar información pudiera no estar documentada, pero influir en el desempeño de la PTAR. Esta fase tendrá duración de 10 días.

Fase 2: Diagnóstico de la situación actual, partiendo de la información obtenida en la fase 1 se determinarán los parámetros de cumplimiento obligatorio de acuerdo con la información del estudio técnico de aguas residuales y se compararán los resultados fisicoquímicos obtenidos durante los últimos tres años, para determinar que parámetros pueden comprometer el cumplimiento legal para esto se utilizará el instrumento del anexo 4. Esta fase tendrá una duración 10 días.

Fase 3: Búsqueda de alternativas, se definirán las especificaciones técnicas utilizando el instrumento del anexo 6 requeridas, para que permitan el cumplimiento de los parámetros establecidos en la 4ta. Etapa del Acuerdo Gubernativo 236-2006 o en su defecto como lo indica dicho acuerdo mejorar el aprovechamiento, se buscarán a nivel local e internacional, considerando el tiempo para lograr el cumplimiento, inversión, beneficios y mantenimiento requerido. Esta fase tendrá una duración de 60 días.

Fase 4: Evaluación de alternativas, comparar las alternativas obtenidas en la fase 3 y determinar la más adecuada a las necesidades de la empresa considerando para ellos la inversión, tiempo de ejecución, mantenimiento, cambios documentales, beneficios a corto y largo plazo. Esta fase tendrá una duración de 10 días.

Fase 5: Elaboración del plan, de acuerdo con la alternativa propuesta para lograr el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006, se elaborará el plan para su implementación considerando la asignación y priorización de actividades, preparación del requerimiento de CAPEX utilizando el instrumento Anexo 5, tiempo de ejecución por medio de un Gantt, gestión de riesgos y la inclusión en el sistema de gestión de los procedimientos propuestos para la operatividad. Esta fase tendrá una duración de 15 días.

Al final del estudio se obtendrá el plan para el cumplimiento de la 4ta etapa del Acuerdo Gubernativo 236-2006 referente a descarga y reúso de aguas residuales, lo que permitirá a la empresa tener un plan preventivo enfocado al cumplimiento legal local.

9.6. Población y muestra

Los datos de población son un todo y completo. La muestra es un subconjunto de la población que se obtiene utilizando el muestreo. Para establecer muestra se debe determinar las características a evaluar.

9.6.1. Población

La población asociada al tratamiento de las aguas residuales está conformada por 4 colaboradores de la empresa de extrusión de tubería PVC, empresa donde se realizará la investigación.

9.6.2. Muestra

Debido a que se cuenta con una población de 4 colaboradores, se tomará el 100 % de los mismos para las entrevistas, derivado de esto no utilizará una fórmula para calcular la muestra. Para la entrevista de evaluación del plan para el cumplimiento de la 4ta. Etapa se presentará al Jefe de Manufactura, Gerente de Manufactura TCA, Coordinador SIG/ISRS y Jefe de CAPEX.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se utilizarán distintas herramientas para recolectar dato, para obtener la información adecuada y necesaria para su posterior análisis. Esto permitirá resolver las preguntas asociadas al problema y lograr los objetivos planteados.

Se deben emplear las siguientes técnicas de análisis:

Objetivo 1: Determinar la situación actual del cumplimiento de los parámetros de la planta de tratamiento de aguas residuales respecto a la 4ta. Etapa del Acuerdo Gubernativo 236-2006 para la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores.

Se realizará una revisión documental lo cual permitirá construir la matriz de cumplimiento legal asociada a PTAR instrumento en el anexo 4, se verificará el conocimiento del personal utilizando un cuestionario instrumento del anexo 3, se caracterizará el agua de salida para revisar el grado de cumplimiento y se identificarán todas las actividades que no se describan en los manuales de PTAR.

Objetivo 2: Buscar las alternativas para el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006 y sus beneficios.

Al determinar la situación actual de PTAR, utilizando el instrumento en el anexo 5, se establecerán las especificaciones para la búsqueda de alternativas en el mercado, que cumplan con las mismas.

Objetivo 3: Determinar la alternativa viable para la empresa de acuerdo a sus recursos y objetivos ambientales, para cumplir con el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

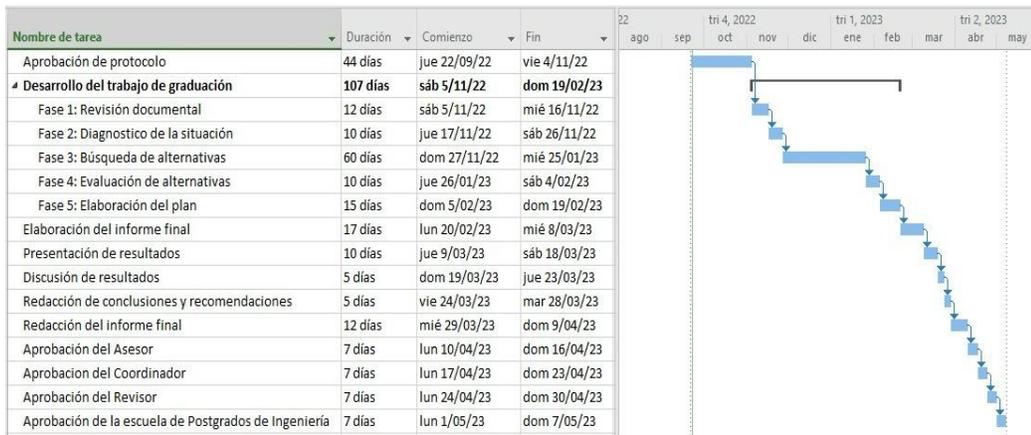
Por medio de evaluación y análisis utilizando un cuadro comparativo del anexo 6, matriz de decisión del anexo 7 y valor presente neto. Se determinará la alternativa viable.

Objetivo 4: Elaborar los procedimientos que deben seguirse para que la planta de tratamiento de aguas residuales opere eficientemente de acuerdo a la alternativa electa en los formatos indicados en el anexo 8.

Por medio de normalización de procesos se actualizarán los procedimientos asociados a PTAR y se trabajará en la preparación de los documentos de gastos de capital para la solicitud.

11. CRONOGRAMA

Figura 6. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Project.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El estudio es factible porque se cuenta con los recursos necesarios para la realización del trabajo, incluyendo recursos humanos, financieros, tecnológicos, acceso a información, permisos, equipos, infraestructura, entre otros.

La empresa de extrusión de tubería PVC autoriza la ejecución del presente trabajo de investigación, proporcionando los recursos:

- Humano: Personal a disposición para realizar las encuestas, así como tareas requeridas en la investigación.
- Tecnológicos: Computadora, impresoras, internet y teléfono.
- Documentos y archivos: Acceso a la información requerida respetar los derechos de propiedad y privacidad.
- Equipo e infraestructura: Acceso a las instalaciones de la empresa, así como a cada uno de los procesos necesarios para ejecutar la investigación.

El proyecto de investigación será financiado por el investigador, el presupuesto a utilizar se muestra en la tabla V.

Tabla V. **Presupuesto**

Núm.	Recursos	Descripción del gasto	Monto Cifras en Quetzales (Q.)	%
1	Humano	Tiempo hora hombre	6 000,00	41
2	Tecnológico	Internet, computadora e impresoras	400,00	3
3	Documentos y archivos	Acceso a la información e impresión de la misma	500,00	3
4	Transporte	Desplazamiento al lugar de trabajo	800,00	5
5	Alimentación	Alimentación	1 500,00	10
6	Equipo e infraestructura	Equipo de protección personal y carnet de identificación	500, 00	3
7	Varios	Imprevistos (5%)	5 000,00	34
Total			14 700,00	100 %

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

13. REFERENCIAS

1. Auren (2022). *Opex y capex, claves en la gestión financiera de los negocios*. México: Recuperado de <https://auren.com/mx/blog/opex-y-capex-claves-en-la-gestion-financiera-de-los-negocios/>
2. El Congreso de la República de Guatemala. (1986). Decreto 69-86 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Recuperado de <http://www.infom.gob.gt/archivos/gobierno-abierto/compendio/LEY%20DE%20PROTECCION%20Y%20MEJORAMIENTO%20DEL%20MEDIO%20AMBIENTE.pdf>
3. El Congreso de la República de Guatemala. (1997). Decreto 90-97 Código de Salud. Recuperado de http://www.cicad.oas.org/fortalecimiento_institucional/legislations/pdf/gt/decreto_congresional_90-97.pdf
4. El Presidente de la República. (2006). Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Recuperado de http://www.infom.gob.gt/archivos/Docs-Pdf/Anexo-Legal/ANEXO_1_Reglamento-descargas-de-aguas-residuales-AG236-2006.pdf
5. Estrada, A. (2018). *Evaluación toxicológica del agua residual textil (Proceso DENIM) vertida al río Atoyac (Tesis de Maestría)*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

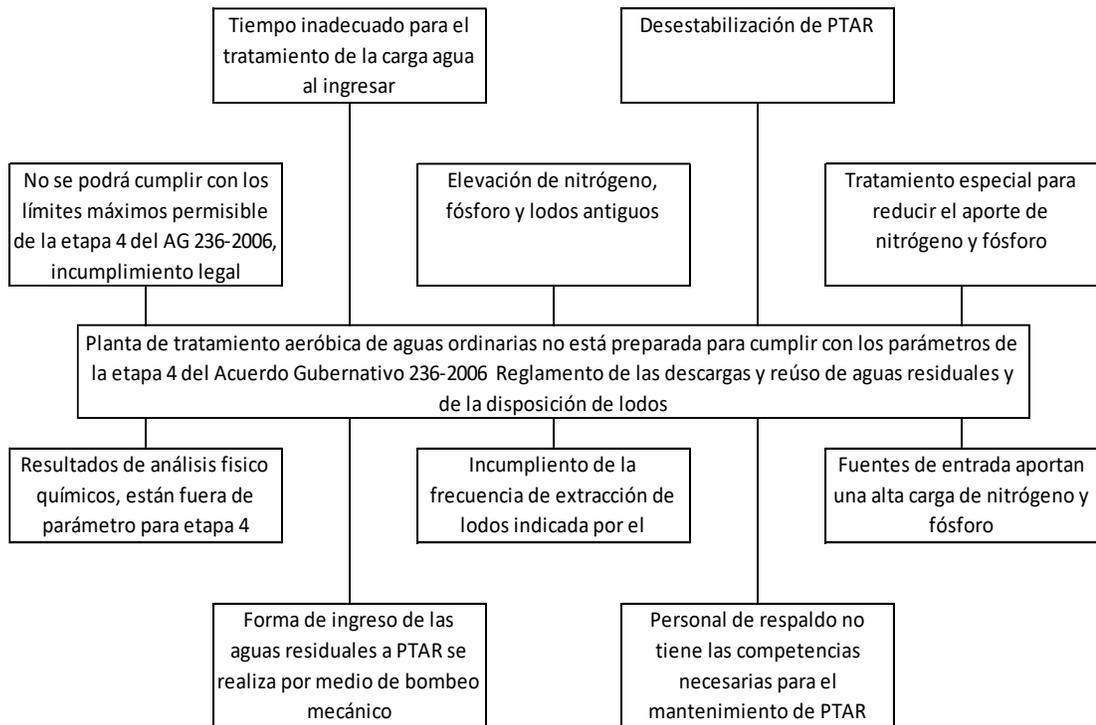
6. Flores, A (2020, enero – abril). *Extrusor para polímeros. +Ciencia de la Facultad de Ingeniería.* Recuperado de <https://www.anahuac.mx/mexico/EscuelasyFacultades/ingenieria/sites/default/files/inline-files/REVISTA%2BCIENCIA-22.pdf>
7. García, C. (2018). *Optimización de los costos de operación de la planta de tratamiento de agua residual de una industria manufacturera de productos de cuidado del hogar (jabón), cumpliendo con el decreto ley 236-2006* (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
8. Izquierdo, E., Menéndez, C. y Quiroz, A. (2019). *Tratamiento de aguas y aguas residuales.* Manabí, Ecuador: Ediciones UTM.
9. Metcalf-Eddy, Inc., (Ed.) (1995). *Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización.* Madrid, España: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A
10. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2008). Acuerdo Ministerial Número 105-2008 Manual General Del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos. Recuperado de <https://www.vestex.com.gt/uploads/medioambiente/regulaciones/Manual-General-del-RARL.pdf>

11. Mora, J. y Calvo, G. (2010-12-08). *Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa. Tecnología en Marcha*. Recuperado de https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/56/55
12. Morales, S. (22 de abril de 2021). *Día de la Tierra: Tratamiento de aguas residuales, una tarea pendiente y que urge abordar*. Prensa Libre. Recuperado de <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/dia-de-la-tierra-tratamiento-de-aguas-residuales-una-tarea-pendiente-y-que-urge-abordar/>
13. Núñez, M. (2019). *Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas Residuales en la ciudad de Cajabamba - Cajamarca. Alternativas para mejorar su tratamiento* (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional De Cajamarca, Perú.
14. Organización Mundial de la Salud y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). (2021). *Progresos en materia de agua para consumo, saneamiento e higiene en los hogares 2000-2020: cinco años después de la adopción de los ODS*. Recuperado de <https://washdata.org/report/jmp-2021-wash-households-es>.
15. Ordoñez, P (2011) *Tratamiento de agua residual*. México. Ediciones KLM.
16. Quiroz, Menéndez e Izquierdo (2019). *Tratamiento de aguas y aguas residuales* Manabí, Ecuador: Ediciones UTM.

17. Romero, J. (1999). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. Bogotá. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
18. Rojas, A. (2022) *Tratamiento de agua*. Bogotá. Colombia: Editorial Ultrasur
19. Secretaría General de la Presidencia de la República de Guatemala, 2006
20. Sierra, C. (2011). *Calidad del agua evaluación y diagnóstico*. Medellín, Colombia: Ediciones de la U.
21. Silva, E. (2018). *Efectos ambientales de los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales en el sector La Leonera, cantón Echeandía*. año 2018 (Tesis de Maestría). Universidad Técnica Estatal De Quevedo, Ecuador.
22. Sulecio, G. (2020). *Prácticas de disposición de residuos sólidos de las personas usuarias de la planta de tratamiento de aguas residuales de La Aurora de Heredia* (Tesis de Maestría). Universidad Estatal A Distancia, San José, Costa Rica.
23. Universidad Rafael Landívar. (2005). *Situación del recurso hídrico en Guatemala: documento técnico del perfil ambiental de Guatemala*. Revista del Instituto de Incidencia Ambiental. Guatemala. Recuperado de <https://www.url.edu.gt/publicacionesurl/pPublicacion.aspx?pb=221>

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Árbol del problema



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Visio.

Apéndice 2. Matriz de Coherencia

Preguntas secundarias	Objetivo específico	Nombre de la variable	Tipo de variable	Indicador	Técnica o Instrumento
				Revisión documental	
				Conocimiento del personal respecto a lo solicitado por la 4ta. etapa	
1. ¿Cuál es la situación actual del cumplimiento de los parámetros de la planta de tratamiento de aguas residuales respecto a la 4ta. Etapa del Acuerdo Gubernativo 236-2006 para la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores?	1. Determinar la situación actual del cumplimiento de los parámetros de la planta de tratamiento de aguas residuales respecto a la 4ta. Etapa del Acuerdo Gubernativo 236-2006 para la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores.	Determinación de la situación actual de cumplimiento de los parámetros de PTAR.	Cualitativa	Caracterización de las aguas residuales: Temperatura Grasas y aceites Material flotante Sólidos suspendidos Nitrógeno total Fósforo total Potencial de hidrógeno Coliformes fecales Arsénico Cadmio Cianuro total	Matriz legal Análisis de la normalización del proceso Entrevista Análisis fisicoquímico de muestra de agua
			Cuantitativa	Cobre Cromo hexavalente Mercurio Níquel Plomo Zinc Color	
				Oportunidades de mejora	

Continuación Apéndice 2

2. ¿Cuáles son las alternativas para el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006 y sus beneficios?	2. Plantear las alternativas para el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006 y sus beneficios.	Alternativas para el cumplimiento	Cualitativas Cuantitativas	Económicas: Costo de inversión Operación Mantenimiento Tecnología: Grado de complejidad Antecedentes de éxito Tiempo de ejecución	Especificaciones técnicas Investigación en el mercado local y extranjero
3. ¿Cuál es la alternativa viable para la empresa de acuerdo a sus recursos y objetivos ambientales, para cumplir con el Acuerdo Gubernativo 236-2006?	3. Determinar la alternativa viable para la empresa de acuerdo a sus recursos y objetivos ambientales, para cumplir con el Acuerdo Gubernativo 236-2006.	Viabilidad de alternativas	Cualitativas Cuantitativa	Evaluación y análisis de alternativas	Cuadro comparativo Valor Presente Neto Matriz de decisión
4. ¿Qué procedimientos deben seguirse para que la planta de tratamiento de aguas residuales opere eficientemente de acuerdo a la alternativa electa?	4. Elaborar los procedimientos que deben seguirse para que la planta de tratamiento de aguas residuales opere eficientemente de acuerdo a la alternativa electa.	Elaboración de procedimientos	Cualitativa Cuantitativa	Plan para la alternativa electa	Normalización de procesos actualizando procedimientos CAPEX

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Apéndice 3. Formato de Entrevista en línea para evaluación de conocimientos PTAR



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

ENTREVISTA PTAR

Instrumento de entrevista para evaluar el grado de conocimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

1. ¿Cuántos años lleva trabajando con PTAR en la empresa? *

Tu respuesta _____

2. ¿Qué actividades desarrolla asociadas a PTAR?

Tu respuesta _____

3. ¿Sabe que normativa legal aplica al cumplimiento de las descargas de aguas residuales? *

Si su respuesta es "SI" describa la normativa legal que conoce.

Tu respuesta _____

Continuación Apéndice 3

4. ¿Cuales son los puntos de muestreo de las aguas residuales? Indique *

Tu respuesta

5. ¿Todas las actividades que realiza están en el Manual e Instructivo de operación de PTAR? *

Si su respuesta es "NO" describa las actividades que no están contempladas por favor.

Tu respuesta

6. ¿Tiene algún comentario adicional?

Tu respuesta

Enviar Borrar formulario

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. [Notificar uso inadecuado](#) - [Términos del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Fuente: elaboración propia, realizado con Formularios de Google.

Apéndice 5. Instrumento para especificaciones de compra

REQUERIMIENTOS PARA COMPRA												
						Fecha: <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 30px; text-align: center;">dd</td><td style="width: 30px; text-align: center;">mm</td><td style="width: 30px; text-align: center;">aa</td></tr><tr><td style="text-align: center;">dd</td><td style="text-align: center;">mm</td><td style="text-align: center;">aa</td></tr></table>	dd	mm	aa	dd	mm	aa
dd	mm	aa										
dd	mm	aa										
Solicitante	_____				Planta	_____						
Área	_____				N° Solped	_____						
Necesidad:	Urgente <input type="checkbox"/>	Normal <input type="checkbox"/>	N° Solicitud		_____							
Tipo de Necesidad:	Insumos <input type="checkbox"/>	Comercializado <input type="checkbox"/>	Diseño / Fabricación <input type="checkbox"/>	Maquila <input type="checkbox"/>								
	Repuestos <input type="checkbox"/>	Maquinaria / Equipo <input type="checkbox"/>	Material Peligroso <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>								
Objeto de Compra / Contratación												

Información de la empresa												
Razón Social: _____												
Identificación tributaria: _____												
Cotizar a nombre de: _____												
Copiar a: _____												
Copiar a: _____												
Copiar a: _____												
A. Descripción Técnica (si es necesario adjunte ficha técnica, fotos, diagramas, planos)												
1	_____											
2	_____											
3	_____											
4	_____											
5	_____											
6	_____											
7	_____											
8	_____											
9	_____											
10	_____											
ITEM	CANTIDAD	U	REGLONES A OFERTAR (DESCRIPCIÓN DETALLADA) La empresa tendrá la oportunidad de poder discriminar reglones	MARCA / CATÁLOGO	NÚMERO DE PARTE O REFERENCIA	FECHA REQUERIDA DE ENTREGA						
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
A.2. La Oferta debe incluir												
1	Tiempo de entrega											
2	Forma de pago											
3	Definición de la garantía del producto											
4	De cumplir con políticas de descuentos especiales en contratos corporativos, incluirlo.											
5	Disponibilidad de gestión de contrato, consultar con compras para definir los requerimientos especiales.											
6	Vigencia de la cotización 60 días mínimo.											
7	Tiempo de vida del producto para fines del cálculo de la depreciación contable y cálculo de la justificación económica											

Continuación Apéndice 5.

B. Descripción de los materiales o equipos que debe emplear el contratista	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

C. Requisitos de competencia del personal (para servicios)

Si el material a suministrar es peligroso / químico/ cargas extradimensionadas, debe cumplir la legislación vigente

D. Entregables por parte del proveedor / contratista con la oferta

<input type="checkbox"/> En la compra de equipos, para fines de acoplar en nuestras instalaciones y formar parte de las especificaciones a subcontratistas de montajes locales, bocetos simplificado de equipos ofertados en CAD.	<input type="checkbox"/> En la compra de equipos, formar parte de las especificaciones a subcontratistas de montajes locales requerimientos de servicios necesarios (Electricidad, aire, agua, etc.)
---	--

Otros

D. Entregables por parte del proveedor / contratista una vez adjudicada la contratación

<input type="checkbox"/> Ingeniería de Detalle	<input type="checkbox"/> Memorias de Cálculo
<input type="checkbox"/> Manuales en Español: Al concretar negociación, manuales de instalación, operación y mantenimiento en español, impresa y en digital (la versión en digital proporcionarla inicialmente para adelantar los procesos de instalación).	<input type="checkbox"/> Inspección pre embarque
<input type="checkbox"/> Hoja de Seguridad en Español con los 16 elementos del SGA	<input type="checkbox"/> Capacitación técnica a los empleados de la Organización
<input type="checkbox"/> Certificado de pruebas en Origen	<input type="checkbox"/> Garantías de desempeño
<input type="checkbox"/> Si es por Importación, descripciones mínimas del suministro	<input type="checkbox"/> Presentación, embalaje
<input type="checkbox"/> Peso y Dimensiones	

Otros

E. Requisitos mínimos durante la ejecución o suministro

<input type="checkbox"/> Cronograma de Actividades	<input type="checkbox"/> Personal Sisoma
<input type="checkbox"/> Tiempo de producción / fabricación	<input type="checkbox"/> Reportes de avance
<input type="checkbox"/> Contenedor en el sitio de trabajo para guardar sus equipos	<input type="checkbox"/> Acompañamiento técnico

Otros

F. Documentos de Seguridad, Salud y Medio Ambiente que debe aplicar el contratista / proveedor (si aplica)

<input type="checkbox"/> Recibir Inducción de Seguridad y Medio Ambiente	<input type="checkbox"/> Presentar ATS
<input type="checkbox"/> Establecer panorama de riesgos para el trabajo a ejecutar	<input type="checkbox"/> Realizar análisis de actividad No rutinaria
<input type="checkbox"/> Reglamento de Contratista	<input type="checkbox"/> Diligenciar permisos de trabajo
<input type="checkbox"/> Procedimientos y EPP de la actividad	<input type="checkbox"/> Permiso de trabajo en alturas
<input type="checkbox"/> Permiso de trabajo en espacios confinados	<input type="checkbox"/> Permiso de trabajo en caliente
<input type="checkbox"/> Permiso de trabajo con Energía Peligrosa	<input type="checkbox"/> Demostrar capacitación mínima 8 horas, de la tarea si esta dentro del listado de críticas de la empresa.

Otros

Continuación Apéndice 5.

G. Recursos a suministrar por parte de la empresa															
<input type="checkbox"/>	Personal técnico	<input type="checkbox"/>	Acompañamiento de Ingeniería												
<input type="checkbox"/>	Información de Documentos y Planos	<input type="checkbox"/>	Autorizaciones de Ingreso												
<input type="checkbox"/>	Validaciones técnicas previas	<input type="checkbox"/>	Espacio físico												
<input type="checkbox"/>	Inducción de Seguridad y Medio Ambiente	<input type="checkbox"/>	Energía Eléctrica - Agua												
<input type="checkbox"/>	Espacio para alistamiento del personal	<input type="checkbox"/>	Baños												
<input type="checkbox"/>	Materiales y Equipos	Cuáles:	_____												
Otros															

H. Almacén donde se entregará el producto o área donde se prestará el servicio.															

Horario de trabajo o recepción de producto: _____															
Fecha estimada de Inicio	<table border="1"><tr><td>dd</td><td>mm</td><td>aa</td></tr><tr><td>dd</td><td>mm</td><td>aa</td></tr></table>	dd	mm	aa	dd	mm	aa	Fecha Terminación	<table border="1"><tr><td>dd</td><td>mm</td><td>aa</td></tr><tr><td>dd</td><td>mm</td><td>aa</td></tr></table>	dd	mm	aa	dd	mm	aa
dd	mm	aa													
dd	mm	aa													
dd	mm	aa													
dd	mm	aa													
I. Garantías que debe anexar el Contratista															
<input type="checkbox"/>	Cumplimiento	<input type="checkbox"/>	Responsabilidad Civil												
<input type="checkbox"/>	Correcto funcionamiento de Equipos	<input type="checkbox"/>	Estabilidad y conservación de la obra												
<input type="checkbox"/>	Calidad elementos suministrados	<input type="checkbox"/>	Seriedad de oferta												
<input type="checkbox"/>	Buen manejo de anticipo	<input type="checkbox"/>	Salarios, Prestaciones Sociales e Indemnizaciones												
Observaciones															

J. Proveedores Sugeridos para Cotizar (Uso exclusivo para el área de compras)															
	Nombre	Contacto	Correo Electrónico	Teléfono											
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															

Fuente: elaboración propia, elaborado con datos tomados de la empresa de extrusión.

Apéndice 8. Procedimiento para operación de PTAR

	Código:	Versión: 0
	Fecha:	Página
	Realizó:	
	Aprobó:	

Procedimiento de MANEJO DE PLANTA DE TRATAMIENTO

- 1. Objetivo y alcance:**
- 2. Condiciones generales:**
- 3. Definiciones:**
- 4. Procedimiento:**
- 5. Control de Registros:**

Código	Nombre	Ubicación	Tiempo de retención	Disposición

- 6. Control de Cambios:**

Numeral	Detalle del Cambio

FIN DEL PROCEDIMIENTO

Fuente: elaboración propia, elaborado con datos tomados de la empresa de extrusión.