



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PROPUESTA PARA LA MEJORA DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, MODIFICANDO LAS CONDICIONES
OPERATIVAS Y DE INFRAESTRUCTURA PARA EL CUMPLIMIENTO REGULADO DEL
ACUERDO GUBERNATIVO 236-2006, EN UN RESTAURANTE DE COMIDA RÁPIDA**

Luis Eduardo Zamora Imeri

Asesorado por el MSc. Ing. Juan Carlos Duarte Díaz

Guatemala, febrero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PROPUESTA PARA LA MEJORA DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, MODIFICANDO LAS CONDICIONES
OPERATIVAS Y DE INFRAESTRUCTURA PARA EL CUMPLIMIENTO REGULADO DEL
ACUERDO GUBERNATIVO 236-2006, EN UN RESTAURANTE DE COMIDA RÁPIDA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS EDUARDO ZAMORA IMERI

ASESORADO POR EL MSC. ING. JUAN CARLOS DUARTE DÍAZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

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 Gonzales
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
SECRETARIA	Ing. 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 DE PROPUESTA PARA LA MEJORA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, MODIFICANDO LAS CONDICIONES OPERATIVAS Y DE INFRAESTRUCTURA PARA EL CUMPLIMIENTO REGULADO DEL ACUERDO GUBERNATIVO 236-2006, EN UN RESTAURANTE DE COMIDA RÁPIDA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 17 de noviembre de 2022.



Luis Eduardo Zamora Imeri



EEPFI-PP-2136-2022

Guatemala, 17 de noviembre de 2022

Director
Armando Fuentes Roca
Escuela De Ingenieria Civil
Presente.

Estimado Mtro. Fuentes

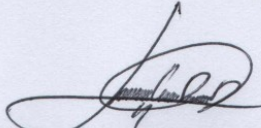
Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACION DE PROPUESTA PARA LA MEJORA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, MODIFICANDO LAS CONDICIONES OPERATIVAS Y DE INFRAESTRUCTURA PARA EL CUMPLIMIENTO REGULADO DEL ACUERDO GUBERNATIVO 236 2006, EN UN RESTAURANTE DE COMIDA RÁPIDA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión Ambiental - Gestión y Tratamiento del Agua - Evacuación final de efluentes líquidos**, presentado por el estudiante **Luis Eduardo Zamora Imeri** carné número **201113891**, 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 Energía Y Ambiente.

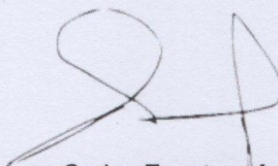
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para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

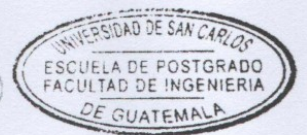
Atentamente,

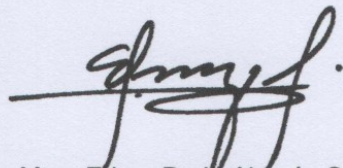
"Id y Enseñad a Todos"


JUAN CARLOS DUARTE DÍAZ
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO NO. 13,043

Mtro. Juan Carlos Duarte Díaz
Asesor(a)


Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador(a) de Maestría




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





EEP.EIC.1746.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Civil 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 INVESTIGACION DE PROPUESTA PARA LA MEJORA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, MODIFICANDO LAS CONDICIONES OPERATIVAS Y DE INFRAESTRUCTURA PARA EL CUMPLIMIENTO REGULADO DEL ACUERDO GUBERNATIVO 236 2006, EN UN RESTAURANTE DE COMIDA RÁPIDA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Eduardo Zamora Imeri**, 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



Mtro. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela De Ingenieria Civil

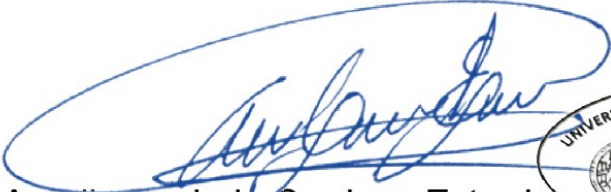
Guatemala, noviembre de 2022




LNG.DECANATO.OI.251.2023

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 Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PROPUESTA PARA LA MEJORA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, MODIFICANDO LAS CONDICIONES OPERATIVAS Y DE INFRAESTRUCTURA PARA EL CUMPLIMIENTO REGULADO DEL ACUERDO GUBERNATIVO 236-2006, EN UN RESTAURANTE DE COMIDA RÁPIDA**, presentado por: **Luis Eduardo Zamora Imeri**, 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 ser una importante influencia en mi vida, carrera y todas las demás cosas.
- Mis padres** Luis Zamora y Sandra Imeri de Zamora. Por su apoyo y su amor que será siempre mi inspiración.
- Mi hermana** Sara Zamora. Por ser una importante influencia en mi vida y ser mí mejor amiga.
- Mis Sobrinos** Emma y Matias. Por ser ángeles en mi vida.
- Mis amigos** Por apoyarme en todo y ser una importante influencia en mi carrera, por los momentos alegres y los momentos difíciles por ser compañeros de estudio y algunas veces hasta catedráticos.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres	Por ser quienes me permitieron por medio de su apoyo, esfuerzo y enseñanza llegar a donde he llegado.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi alma mater y forjarme como un profesional del pueblo y para el pueblo.
Facultad de Ingeniería	Por ser tan gloriosa como siempre lo imagine y servirme de herramienta para convertirme en profesional.
Ing. Luis Rodolfo Castro	Por su buena labor como catedrático y asesora en mi etapa de estudio.
Los catedráticos de la Facultad de Ingeniería	Por compartir sus conocimientos, resolver dudas y ayudarme a superar mi nivel académico.
Ing. Juan Carlos Duate	Por su asesoría.
Ing. Julio Mérida	Por brindarme siempre oportunidades y amistad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3.1. Descripción del problema	5
3.2. Formulación del problema	6
3.3. Delimitación del problema	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
5.1. General	11
5.2. Específicos	11
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	13
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. Aguas residuales	15
7.1.1. Efectos en la salud humana.....	15

7.1.2.	Tipos de aguas residuales.....	16
7.1.2.1.	Aguas residuales tipo ordinarias	16
7.1.2.2.	Aguas residuales tipo especiales	17
7.1.3.	Características de las aguas residuales	17
7.1.3.1.	Características físicas	18
7.1.3.2.	Características químicas	18
7.1.3.3.	Características biológicas.....	18
7.1.3.4.	Análisis de aguas residuales	19
7.1.4.	Parámetros normados por el Acuerdo Gubernativo 236-2006	19
7.1.4.1.	Parámetros para aguas residuales y valores de descarga al alcantarillado público	20
7.1.4.2.	Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales al alcantarillado público	21
7.2.	Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)	23
7.2.1.	Plantas de tratamiento fisicoquímicas	24
7.2.2.	Plantas de tratamiento biológicas.....	25
7.2.2.1.	Plantas de tratamiento anaeróbicas	27
7.2.2.2.	Plantas de tratamiento aeróbicas	28
7.2.2.3.	Sistema de tratamiento MBBR	29
7.3.	Marco conceptual	29
7.3.1.	Calidad del agua	29
7.3.2.	Clasificación del agua por su uso.....	30
7.3.3.	Parámetros físicos, químicos y biológicos del agua	31
7.3.4.	Parámetros de diseño	32

	7.3.4.1.	Caudal de agua	32
	7.3.4.2.	Demanda biológica de oxígeno	33
	7.3.4.3.	Nitrógeno	33
	7.3.5.	Medios de retención móvil	34
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS		35
9.	METODOLOGÍA.....		39
	9.1.	Características del estudio.....	39
	9.2.	Unidades de análisis.....	40
	9.3.	Variables.....	40
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN		43
	10.1.	Fase 1: recopilación bibliográfica.....	43
	10.2.	Fase 2: evaluación de infraestructura actual	43
	10.3.	Fase 3: evaluación de aguas residuales.....	43
	10.4.	Fase 4: propuesta técnica de mejora.....	44
	10.5.	Resultados a obtener.....	44
11.	CRONOGRAMA.....		47
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO		49
13.	REFERENCIAS.....		51
14.	APÉNDICE		55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Árbol del Problema.....	6
2.	Esquema conceptual de un sistema de tratamiento de aguas residuales.....	24
3.	Clasificación esquemática de los procesos para el tratamiento las aguas residuales	25
4.	Clasificación esquemática de los procesos para el tratamiento las aguas residuales	27

TABLAS

I.	Número de muestras simples para conformar una muestra compuesta e intervalos por muestreo	19
II.	Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales al alcantarillado público.....	22
III.	Desglose de variables	40
IV.	Tabulación de muestreos y comparativa de cumplimiento.....	44
V.	<i>Check list</i> de inspección de campo en planta de tratamiento.....	45
VI.	Cronograma de actividades	47
VII.	Presupuesto	50

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Q	Caudal
Qdis	Caudal de diseño
°C	Grados Celsius
mg/L	Miligramos por litro
NMP	Número más probable
OD	Oxígeno disuelto
PPM	Partes por millón
pH	Potencial de hidrógeno

GLOSARIO

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.
Aguas residuales de tipo especial	Las aguas residuales generadas por servicios 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	Las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.
Alcantarillado público	El conjunto de tuberías y obras accesorias utilizadas por la municipalidad, para recolectar y conducir las aguas residuales de tipo ordinario o de tipo especial, o combinación de ambas que deben ser previamente tratadas antes de descargarlas a un cuerpo receptor.
Caracterización de una muestra	La determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos.

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.
Carga	El resultado de multiplicar el caudal por la concentración determinada en un efluente y en kilogramos por día.
Caudal	El volumen de agua por unidad de tiempo.
Coliformes fecales	El parámetro que indica la presencia de contaminación fecal en el agua y de bacterias patógenas, provenientes del tracto digestivo de los seres humanos y animales de sangre caliente.
Cuerpo receptor	Embalse natural, lago, laguna, río, quebrada, manantial, humedal, estuario, estero, manglar, pantano, aguas costeras y aguas subterráneas donde se descargan aguas residuales.
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno.
Demanda bioquímica de oxígeno	La medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación de la materia orgánica biodegradable durante un período de cinco días y una temperatura de veinte grados Celsius.

Demanda química de oxígeno	La medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en aguas residuales, que se determina por la cantidad equivalente de oxígeno utilizado en la oxidación química.
DQO	Demanda Química de Oxígeno.
Efluente de aguas residuales	Las aguas residuales descargadas por un ente generador.
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.
Entes generadores nuevos	Los entes generadores establecidos posteriormente a la vigencia del presente reglamento.
Entes generadores existentes	Los entes generadores establecidos previo a la vigencia del presente reglamento.
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.

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 reuso y lodos.

LMP Límite máximo permisible.

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

MBBR (*Moving bed bioreactor*) tecnología de bioreactores de lecho móvil.

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	El 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 reuso y lodos.
Muestra	La parte representativa, a analizar, de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos.
Muestra simple	La muestra tomada en una sola operación representa las características de las aguas residuales, aguas para reuso 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 reuso o lodos.
Parámetro	La variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos, asignándole un valor numérico.

PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales.
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.
Servicios públicos	Aquellos que, de acuerdo con el Código Municipal, prestan las municipalidades directamente o los concesionan y que generan aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas.
SS	Sólidos sedimentables.
SST	Sólidos suspendidos totales.
Tratamiento de aguas residuales	Cualquier proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales.

RESUMEN

En el siguiente estudio se presentará una propuesta de solución a la problemática de infraestructura en el sistema de tratamiento de aguas residuales, diagnosticada en la unidad de negocio restaurante de comida rápida, en el que se determina que es de prioridad la implementación de modificaciones en las características operativas y de infraestructura en la planta de tratamiento existente, para continuar con el cumplimiento de los parámetros establecidos por la normativa vigente.

Para la investigación y formulación de la propuesta se realizarán investigaciones bibliográficas, en diferentes motores de búsqueda, de estudios a nivel nacional e internacional sobre el tema y también se solicitan los permisos y se realizarán visitas técnicas necesarias al sistema de tratamiento en el sitio, realizando el levantamiento de infraestructura, para recaudar la información a utilizar en el trabajo de gabinete, para determinar qué modificaciones operativas y de obra civil pueden ser realizadas.

En la recopilación de datos se trabajará en conjunto con un laboratorio externo en los análisis de aguas residuales para la caracterización del agua residual, también se trabaja con la base de datos proporcionada por la entidad privada para el análisis de sus resultados y así mismo en la generación de la propuesta técnica de mejora y se contará con el apoyo y consultoría de una empresa experta en la materia de ingeniería sanitaria para corroborar que sea la propuesta adecuada.

1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala la industria de comida rápida, el incremento de urbanización, el consumo del estilo moderno de vida, la agricultura y la industrialización, han generado una producción de agua residual alta, la cual se define de esta manera tras haber sido utilizada en actividades humanas que cambian sus parámetros de calidad.

Las aguas con altas cargas orgánicas descargadas a los cuerpos de agua nacionales hacen que estos entren en procesos de eutrofización al recibir mayor cantidad de material biológico al que pueden tratar naturalmente, por lo que es importante que estas sean tratadas antes de su disposición final.

Es por lo anteriormente mencionado importante que la unidad de negocio analizada continúe cumpliendo los parámetros de agua residual normados por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, estos resultados se obtendrá en las caracterizaciones de aguas residuales por medio de los análisis realizados, por ende es necesario debido a su incremento en generación de aguas residuales y uso de agua que se realice un estudio de la planta de tratamiento existente, de sus cualidades de infraestructura y procesos operativos, para poder realizar una propuesta y continuar con el cumplimiento ambiental.

2. ANTECEDENTES

Se desarrollaron los métodos de tratamiento, para efectuarlos antes de la disposición final debido a los usos que se le da al agua para recoger y ser un vehículo mediante el que se arrastran productos de desechos de la vida humana, tomando en cuenta los siguientes objetivos: Prevención de enfermedades, prevención de azolve de los canales navegables y conservación de fuentes de abastecimiento de agua para uso doméstico.

El objetivo de una planta de tratamiento es el retirar de las aguas servidas las cantidades suficientes de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos, para que pueda realizarse una disposición final sin infringir los objetivos propuestos. Los diversos procesos de tratamiento siguen los lineamientos de auto purificación de una corriente contaminada. Estos solo restringen dichos procesos a un área adecuada y controlada, proporcionando las condiciones favorables para que sean más rápidas estas reacciones físicas, biológicas y químicas.

Si el agua a tratar presenta contaminantes de materia orgánica biodegradable, el proceso de tratamiento biológico aerobio es el más económico, debido a su fácil implementación y sus bajos costos de operación. Estos están basados en microorganismos que utilizan esta materia para su propio beneficio y crecimiento (APCO ATLANTIC S.L., 2014).

En la investigación y creación de los procesos MBBR (*moving bed biofilm reactor*) se determina que aumentando el área de adhesión de las biopelículas se obtendrán mejores resultados, ya que esto genera un crecimiento y estabilización de las colonias de una mejor manera, se utilizan medios de apenas

centímetros para aumentar el área potencial para la adhesión de biopelículas, un punto importante para este proceso es el contacto suficiente y frecuente entre componentes del agua residual y los microorganismos adheridos al medio portante (Gutierrez, 2022).

Un distrito de Perú, que está ubicado en el sur, cuenta con una planta de tratamiento para 200 metros cúbicos día, pero dado el incremento poblacional y algunos temas de bajas temperaturas la actividad bacteriana disminuye su intensidad, por lo que el objetivo es optimizar mediante bio carriers (medios de retención móviles) lo cual aumenta la masa una optimización de un 40 % de capacidad total (Reyes, 2020).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

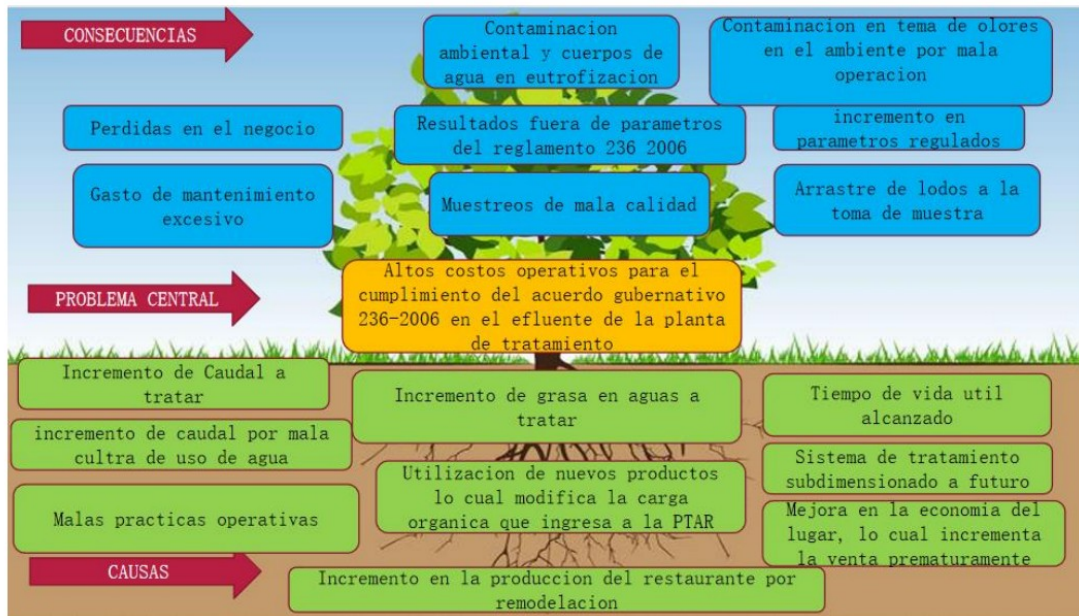
Este trabajo tiene como prioridad dar una solución técnica a las necesidades presentadas por la sociedad guatemalteca, las cuales son el proteger el recurso hídrico del país, regular su uso y tratamiento en la industria. Y así elevar la calidad de los efluentes naturales y cuerpos de agua en el país.

3.1. Descripción del problema

El país cuenta con un vasto sector de mercado, que genera aguas servidas o residuales, después de sus procesos de producción, por lo que se desarrolló un acuerdo gubernativo que regula los parámetros en los cuales las aguas se deben descargar, dicho Acuerdo es el 236-2006, y entra en vigencia su última etapa en el año de 2024, por lo que la modificación a la planta de tratamiento en cuestión es necesaria.

En la actualidad la planta de tratamiento que se propone mejorar cumple con los parámetros regulativos al límite, generando la necesidad del mantenimiento periódico y tedioso, incrementando el presupuesto de mantenimiento, resultando este tener un costo muy elevado, por lo que con este trabajo de graduación se busca una alternativa eficiente y económicamente responsable para la mejora ya necesaria del sistema de tratamiento, en las ramas de infraestructura y operatividad.

Figura 1. **Árbol del problema**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft PowerPoint.

3.2. **Formulación del problema**

Utilizando el árbol de problemas y una matriz para desarrollar nuestras preguntas tenemos las siguientes:

- **Pregunta central**

¿Cómo se afectan los parámetros operativos con el aumento de caudal a la planta de tratamiento existente y qué medidas para mitigar pueden realizarse en la infraestructura y pueden implementarse para el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006 en un restaurante de comida rápida?

- Preguntas auxiliares
 - ¿Cómo mejorarían los parámetros de calidad de agua con las modificaciones propuestas en la planta de tratamiento para el cumplimiento regulado del Acuerdo Gubernativo 236-2006, en un restaurante de comida rápida?
 - ¿Cómo podemos optimizar el espacio disponible y reutilizar la planta de tratamiento ya existente para abordar la problemática para el cumplimiento regulado del Acuerdo Gubernativo 236-2006, en un restaurante de comida rápida?
 - ¿Cómo deben modificarse los parámetros operativos de la planta de tratamiento para el cumplimiento regulado del Acuerdo Gubernativo 236-2006, en un restaurante de comida rápida?

3.3. Delimitación del problema

Los parámetros más al límite en la actualidad de la planta son el Nitrógeno y sólidos en suspensión, estos están parametrizados por el Acuerdo Gubernativo 236-2006 en el capítulo VI, Parámetros para aguas residuales y valores de descarga al alcantarillado público, artículo 28 Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales al alcantarillado público y la etapa de evaluación será la etapa cuatro que entra en vigencia el dos de mayo de dos mil veinticuatro; Por lo que con el presente trabajo se busca prever que estos cumplan a futuro.

Esta propuesta se desarrollará en reutilizar la planta de tratamiento existente, realizando cambios mínimos en la infraestructura, como la construcción de mamparas, y re-adequación de las transferencias con mangas

de pvc, para poder suministrar medios de retención, modificando así la operatividad de la planta, la cual siempre funcionara por una línea de lodos activados, pero dejará de ser un sistema con un tanque de aireación extendida a un sistema con un tanque de aireación con medio de retención móvil.

4. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación es importante para la planificación integral de un negocio, en el cual la oportunidad de crecimiento adelantada u oportuna, y aprovechada, debe ser manejada con responsabilidad, siendo fundamental el proteger el medio ambiente.

Para este proyecto la línea de investigación es del área ambiental de la maestría, a través de la gestión y tratamiento del agua, con el subtema, impactos y medidas de mitigación aplicadas a sistemas de aguas residuales.

El aporte será la caracterización de aguas residuales, con el fin de obtener los datos de diseño con estos parámetros y así conseguir el producto que será la identificación de las mejoras operativas y de infraestructura a una planta de tratamiento existente. La entidad privada es beneficiaria a través del ahorro económico, la optimización de la infraestructura actual y la población en general se beneficiará mediante la protección de los cuerpos de agua del país.

Es pertinente porque se está realizando con tiempo para siempre cumplir con el reglamento del manejo de aguas residuales (Acuerdo Gubernativo 236-2006) y relevante a la reducción de la contaminación de los cuerpos de agua de Guatemala.

La maestría al encontrarse entre en el marco de energía y ambiente, involucra todo análisis necesarios dentro de las mejoras al sistema de tratamiento en donde se mantendrá el beneficio ambiental, se obtendrá un beneficio

económico, el reajuste de las condiciones operativas y el buen funcionamiento de la infraestructura física de una planta de tratamiento existente.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Proponer mejoras en la infraestructura y modificaciones de los parámetros operativos a una planta de tratamiento existente para el cumplimiento con los parámetros regulados por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, en un restaurante de comida rápida.

5.2. Específicos

- Determinar cuál sería el cambio en los parámetros de calidad de agua con las modificaciones propuestas en la planta de tratamiento para el cumplimiento regulado del Acuerdo Gubernativo 236-2006, en un restaurante de comida rápida.
- Determinar la optimización del espacio actual para reutilizar la infraestructura ya existente para el cumplimiento regulado del Acuerdo Gubernativo 236-2006, en un restaurante de comida rápida.
- Desarrollar la implementación del sistema MBBR en la planta para aumentar su eficiencia al nuevo caudal, para el cumplimiento regulado del Acuerdo Gubernativo 236-2006, en un restaurante de comida rápida.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

En el presente trabajo de investigación se tiene como objetivo realizar un plan de mejora a una planta de tratamiento existente, la cual está cumpliendo con el reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales, pero en la práctica y en la planificación de crecimiento de la unidad de negocio se establece que es necesario el desarrollo de un plan para mejorar la eficiencia del sistema por medio de investigación y prediseño para que la entidad siga cumpliendo con el Acuerdo Gubernativo 236-2006. El planteamiento de mejoras en las condiciones operativas e infraestructura de una planta de tratamiento ya existente puede ser utilizado como un modelo a replicar o antecedente en cualquier investigación nacional con resultados orientados al cumplimiento de la legislación del país Guatemala.

Para determinar las mejoras necesarias a la planta de tratamiento es necesaria una visita de investigación, recabar información del historial de resultados de caracterizaciones de agua, proyectar los parámetros de diseño y proponer las mejoras necesarias en infraestructura y operación, para mantener el cumplimiento de parámetros según el reglamento vigente.

Muchos de los sistemas de aguas residuales que actualmente operan fueron construidos hace más de 10 años, cuando estos no eran una prioridad para los entes generadores, esto ocasionó que fueran poco apoyados y con un nivel bajo de inversión, por lo que con la tecnología de actualidad e investigaciones a través del tiempo pueden volverse más eficientes y entregar mejores resultados, siendo esta propuesta de mejora necesaria.

La maestría al encontrarse entre el marco de energía y ambiente involucra todo análisis profesional dentro de las mejoras al sistema de tratamiento en donde se continuará con el beneficio ambiental, evaluación de un beneficio económico y la readecuación de las condiciones operativas y el buen funcionamiento de la infraestructura física de una planta de tratamiento.

Al ser un profesional con experiencia laboral en el mantenimiento, operación y construcción de plantas de tratamiento, esta propuesta tomará en cuenta la caracterización de aguas residuales, el plan de mejoras a las condiciones operativas y la readecuación de una construcción anteriormente realizada, de este modo disminuyendo el consumismo del proyecto, la contaminación a los cuerpos receptores de agua del país y así mantener el cumplimiento con los parámetros establecidos por el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Aguas residuales

Estas son las aguas sobrantes o desechadas por un proceso para el cual no tienen un valor inmediato, y son arrastradas por los drenajes hasta los cuerpos de aguas nacionales, estos procesos en los que el vital líquido fue utilizado pueden ser de índole doméstico, industrial, comercial o agrícola, estas constituyen un peligro al medio ambiente si son vertidas directamente en los cuerpos receptores sin un tratamiento previo.

Uno de los desechos contaminantes más peligrosos que produce el ser humano son las aguas residuales. Con este nombre se agrupan todas las aguas que, debido a la acción del hombre, han sido contaminadas y son potencialmente peligrosas en el caso de que sean vertidas en el medio ambiente sin un tratamiento previo. (Arriols, 2018, párr. 1)

7.1.1. Efectos en la salud humana

Los cuerpos de agua, que son utilizados como receptores de las aguas residuales generadas por la actividad humana, son incapaces por sí solos de contrarrestar la contaminación tributada por los alcantarillados vertidos en los mismos, y es por esa razón que los ríos, lagos o pozos cambian en su apariencia y en su capacidad de condiciones para ser fuentes de aprovechamiento del líquido vital para el consumo.

La primera prioridad que demanda una comunidad es el suministro del agua, con calidad adecuada y cantidad suficiente. Ya logrado este objetivo, surge otro no menos importante que consiste en la adecuada eliminación de las aguas ya utilizadas que se convierten en potenciales vehículos de muchas enfermedades y trastorno del medio ambiente. (Rodríguez, 2017, párr. 3)

7.1.2. Tipos de aguas residuales

Las aguas residuales tienen calidades físicas y químicas que las caracterizan, para su clasificación existen 2 grandes grupos, los cuales son determinados por el origen del agua servida.

7.1.2.1. Aguas residuales tipo ordinarias

Las aguas residuales de tipo ordinario se originan en las actividades de higiene humana en su mayoría, las cuales involucran actividades de limpieza y actividades sanitarias, generando una mezcla entre aguas grises y aguas negras, estas son generadas en hogares, comerciales y establecimientos públicos y transportadas por el alcantarillado público a un punto de desfogue.

“Las aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como uso en servicios sanitarios, pilas, lavamanos, lavaplatos, lavado de ropa y otras similares, así como la mezcla de las mismas que se conduzcan a través de un alcantarillado” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, 2006, p. 3).

7.1.2.2. Aguas residuales tipo especiales

Estas aguas son generadas por actividades industriales, en las cuales la industria tenga actividades de transformación o generación y estas cuentan con aguas de proceso, drenajes o desechos líquidos restantes, estas aguas tienen una contaminación mucho más severa y necesitan un proceso más robusto para su tratamiento en comparación con las aguas residuales de tipo ordinario o domésticas.

Estas aguas cuentan con características muy variables, dependiendo desde una industria a otra, los horarios de descargas, las cantidades de aguas utilizadas, hasta si un pequeño cambio en el procedimiento de producción de la industria cambia este puede variar las propiedades físicas o químicas del desecho líquido.

“Las aguas residuales generadas por servicios 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.”
(Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, 2006, p. 2)

7.1.3. Características de las aguas residuales

Las aguas residuales y sus características dependen de qué manera fueron alteradas por la actividad humana estas condiciones se caracterizan por físicas, químicas y biológicas

7.1.3.1. Características físicas

El agua residual cuenta con características que pueden ser observadas a simple vista, estas son llamadas físicas y las 5 principales son los sólidos, turbiedad, color, temperatura y olor.

Los sólidos en las aguas residuales se clasifican en sólidos totales (ST), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos disueltos totales (SDT) y sólidos sedimentables; La turbiedad se mide como la propiedad de dispersión de luz en el agua y el color es una resultante de los sólidos suspendidos y sustancias en solución.

7.1.3.2. Características químicas

Las características o componentes químicos de una muestra de agua o de un volumen de aguas se clasifican en orgánicos e inorgánicos, en los cuales los inorgánicos de mayor interés pueden ser los nutrientes como el nitrógeno y los sulfatos. Las principales características químicas son el potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto, nitrógeno, fósforo y grasas aceites.

7.1.3.3. Características biológicas

Estas son de alta importancia ya que estas afectan directamente la salud de los humanos y seres vivos debido a las posibles enfermedades que puedan causar los patógenos de origen humano, la proliferación y el desarrollo de virus y bacterias así como cualquier otro organismo.

7.1.3.4. Análisis de aguas residuales

En los análisis de aguas residuales se determinan los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del efluente a evaluar, se determinará en la caracterización del efluente como aguas ordinarias o especiales el análisis a evaluar, también se determinara que cantidad de muestras simples son requeridas para representarán una muestra compuesta según los horarios de descarga especificados en el artículo 49 del Acuerdo Gubernativo 236-2006, los entes generadores deben tomar a su costa un mínimo de 2 muestreos en el año y realizar los análisis indicados según sus parámetros y caracterización en el estudio técnico.

Tabla I. **Número de muestras simples para conformar una muestra compuesta e intervalos por muestreo**

Horas por día que opera la actividad que genera la descarga de aguas residuales	Número mínimo de muestras simples para conformar una muestra compuesta	Intervalo mínimo en hora entre toma de muestras simples
Menor que 8	2	2
De 8 a 12	3	3
Mayor que 12	4	3

Fuente: Acuerdo Gubernativo 236-2006. *Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos.*

7.1.4. Parámetros normados por el Acuerdo Gubernativo 236-2006

Este acuerdo determina qué variables deben ser identificadas para la caracterización de las aguas residuales, y a que valores deben ser llevados.

“Parámetro: la variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos, asignándole un valor numérico” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, 2006, p. 4).

7.1.4.1. Parámetros para aguas residuales y valores de descarga al alcantarillado público

El Acuerdo Gubernativo 236-2006 en su capítulo VI, parámetros para aguas residuales y valores de descarga al alcantarillado público, en lista que los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales son lo siguientes:

- Temperatura
- Potencial de hidrógeno
- Grasas y aceites
- Materia flotante
- Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius
- Demanda química de oxígeno
- Sólidos suspendidos totales
- Nitrógeno total
- Fósforo total
- Arsénico
- Cadmio
- Cianuro total
- Cobre
- Cromo hexavalente
- Mercurio
- Níquel
- Plomo

- Zinc
- Color y
- Coliformes fecales

7.1.4.2. Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales al alcantarillado público

En el Acuerdo Gubernativo 236-2006, encontramos los parámetros a medirse para monitorear las descargas de aguas residuales y también sus límites máximos permisibles, cabe mencionar que en Centro América Guatemala tiene con este acuerdo los estándares más altos de la región, entre las posibles descargas se encuentran a cuerpos receptores, a esteros y a alcantarillados públicos siendo estos últimos los parámetros más permisibles, pero sin embargo bastante exigentes.

En la siguiente tabla según el Acuerdo Gubernativo 236-2006, encontraremos los límites máximos permisibles de cada parámetro según su etapa de cumplimiento.

Tabla II. Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales al alcantarillado público

Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	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						
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	200	100	60	
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	1500	700	400	200
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1400	180	150	80	40
Fósforo total	Miligramos por litro	700	75	40	20	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	0.5	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 236-2006. *Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos.*

7.2. Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)

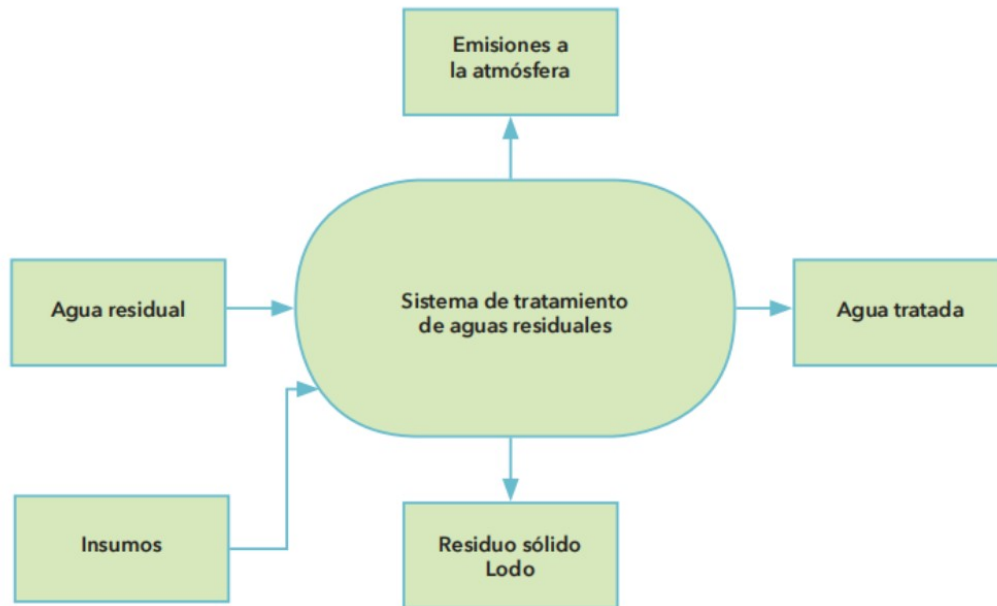
Estas son infraestructuras que tienen como propósito principal el tratamiento de aguas residuales, realizando una remoción del material contaminante del cual es poseedor el caudal en cuestión, este material contaminante puede ser orgánico e inorgánico, el objetivo de remover estos contaminantes es alcanzar que el agua tenga características requeridas para su descarga o reuso.

En estos sistemas, los contaminantes contenidos en el agua residual son removidos o transformados por diversos procesos, dando por resultado un agua de mejor calidad, apta para descarga o para reutilización, en función del tren de proceso que integra la planta de tratamiento. (Noyola, Morgan-Sagastume, Guereca, 2013, p. 6)

Esta depuración se logra al integrar operaciones físicas y procesos biológicos y químicos uno después de otro para tratar y dar la calidad deseada según las necesidades que por sus características las aguas residuales necesiten.

Por la ley de la conservación de la materia, damos por hecho que al retirar los contaminantes del agua existieran otros tipos de emisiones, realizando la transferencia del contaminante en el agua a otro desecho, generalmente lodo o emisión de gases.

Figura 2. **Esquema conceptual de un sistema de tratamiento de aguas residuales**



Fuente: Noyola, Morgan-Sagastume, Guereca. (2013). *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas.*

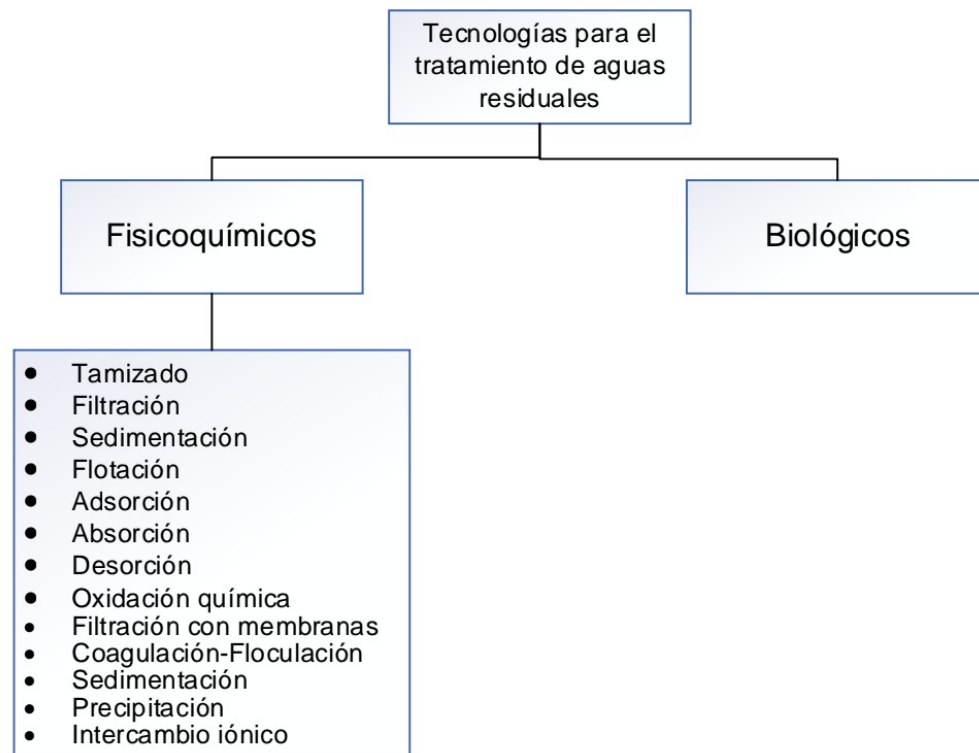
7.2.1. **Plantas de tratamiento fisicoquímicas**

Estos son todos aquellos métodos que dependen de las propiedades físicas y químicas de los contaminantes que posea el agua, en estos se aplican procesos de separación física y química.

La separación física es generalmente de sólidos, los cuales dependen de características del agua tales como la viscosidad, tamaño de partículas, flotabilidad, entre otros, entre estos procesos podemos encontrar el tamizado, la precipitación, separación y filtración de sólidos, del lado de los poderosos de

tratamiento químicos encontraremos la eliminación del hierro y del oxígeno, la eliminación de nitratos y fosfatos como los procesos de oxidación.

Figura 3. **Clasificación esquemática de los procesos para el tratamiento las aguas residuales**



Fuente: Noyola, Morgan-Sagastume, Guereca. (2013). *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas.*

7.2.2. Plantas de tratamiento biológicas

El tratamiento de aguas residuales por medios biológicos, involucran en su degradación o procesos de depuración microorganismos que serán los encargados de esta transformación, los tratamientos biológicos se pueden

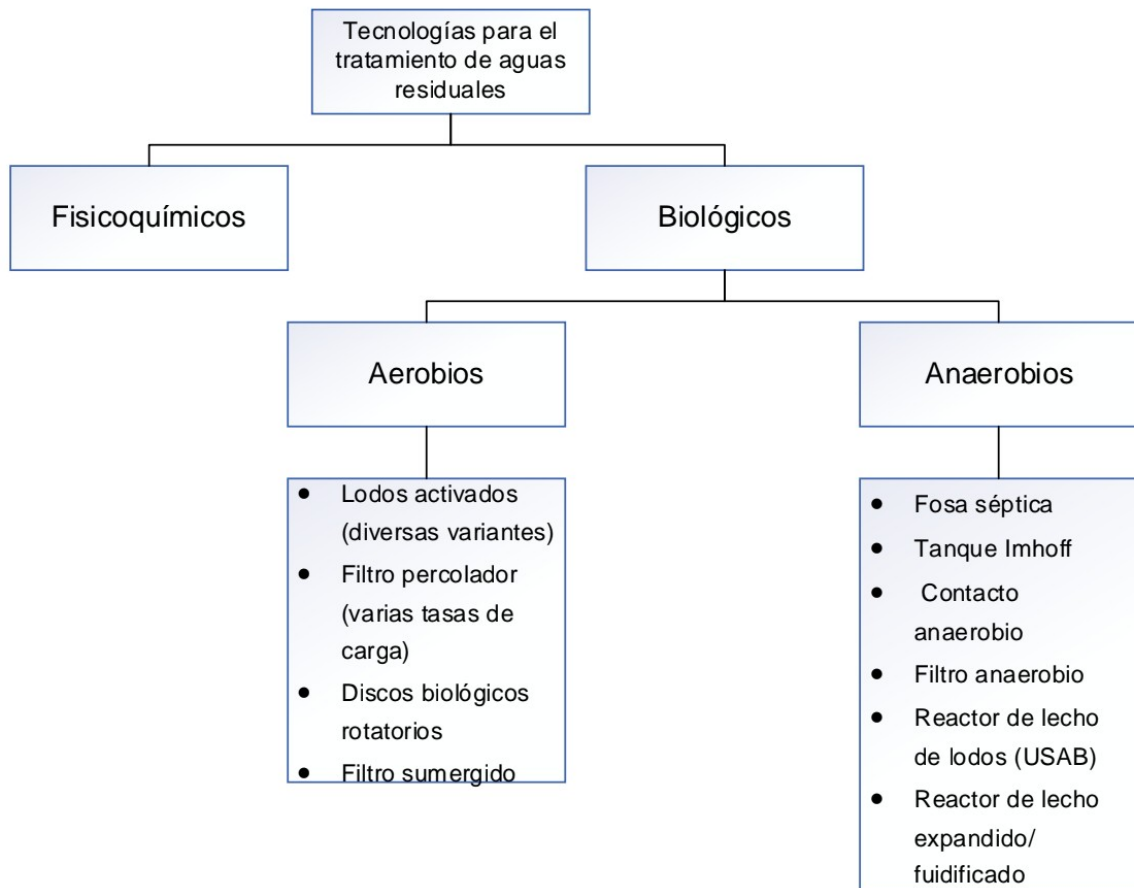
clasificar en dos grupos el de tratamientos aerobios (requieran oxígeno molecular disuelto) y los anaerobios (funcionan sin oxígeno)

Los sistemas de tratamiento anaerobios generan gases que pueden ser utilizados para la producción de energía y sus costos de mantenimiento y operación son casi nulos, por lo cual a diferencia de los aerobios que necesitan un gasto de energía extra al necesitar la inyección de oxígeno, los sistemas anaerobios son bastante recomendados para las poblaciones.

Los sistemas aerobios tienen la ventaja sobre el tratamiento anaerobio, en cuanto a la calidad del agua resultante del tratamiento, la cual es superior, y esta es la razón por la cual para aguas residuales muy contaminadas se recomienda ampliamente la utilización de un sistema aerobio, cabe resaltar que para poder aprovechar las ventajas energéticas de un tratamiento anaerobio es muy recomendable agregar al último proceso un método de mejora del agua por medio de un sistema aerobio.

En estos métodos se utilizan procesos biológicos, de manera que se pretende eliminar los contaminantes coloidales. Son microorganismos que actúan sobre la materia en suspensión transformándola en sólidos sedimentables. Pueden ser procesos aeróbicos o anaeróbicos, como los lodos activos, los filtros percoladores, la biodigestión anaerobia o las lagunas aireadas (Rodríguez, 2020).

Figura 4. **Clasificación esquemática de los procesos para el tratamiento las aguas residuales**



Fuente: Noyola, Morgan-Sagastume, Guereca. (2013). *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas.*

7.2.2.1. Plantas de tratamiento anaeróbicas

Estos sistemas de tratamiento son muy efectivos cuando se tiene alta carga biológica fácilmente biodegradable, por ello es altamente recomendable para los sectores domiciliarios y agroalimenticios. Estas conllevan un proceso biológico el

cual es operado y controlado bajo condiciones anaeróbicas, (ausencia total del oxígeno disuelto).

Algunos de estos métodos son los siguientes: fosa séptica, tanque imhoff, contacto anaerobio, filtro anaerobio, reactor de lecho de lodos (USAB), Reactor de lecho expandido/fluidificado

7.2.2.2. Plantas de tratamiento aeróbicas

En un sistema aerobio, se busca la depuración y separación del contaminante del agua por medio de actividad microbiana, la cual al formar nuevas células se transforman y son llamadas de forma general como lodos, el comportamiento de la energía que contiene el agua residual en un tratamiento aerobio es que el 65 % será para la transformación de lodos y el 35 % restante se disipará como resultado de la liberación por procesos vitales de la célula

Los lodos generados en un tratamiento aerobio tienen altas cargas de nutrientes que pueden ser contaminantes por lo que para su desecho estos deben pasar por un tratamiento y estabilización, lo cual generalmente implica costos adicionales, también cabe mencionar que para procesar el sustrato por vía aerobia se necesita suministrar aire y oxígeno al agua y al contaminante o microorganismos del agua residual, esto se realiza por medio de equipos mecánicos como aireadores y compresores.

“Por tratarse de procesos biológicos, básicamente de oxidación, estos sistemas deben ser capaces de suministrar la masa microbiana, responsable de la transformación el oxígeno requerido para garantizar el ambiente aeróbico” (Farias, 2016, párr. 6).

7.2.2.3. Sistema de tratamiento MBBR

La tecnología MBBR en los sistemas de depuración de aguas residuales es una tecnología que incorpora medios Bio-Carriers, o cargadores de material biológico bacteriano, estos aumentan la concentración de bacterias en el sistema y por tanto aumenta la capacidad de un sistema de tratamiento.

Ventajas de los sistemas de tratamiento con medios de retención móviles

- Optimizar las dimensiones de volumen a sus comparativas de aireación extendida.
- Incrementar la eficiencia o capacidad de plantas que se encuentren subdimensionadas o que por otra razón están quedando justas al volumen de agua a tratar.
- Se puede proponer un crecimiento e inversión paulatina mediante el proyecto llegue a su auge.

7.3. Marco conceptual

A continuación, en los siguientes incisos se describen varios conceptos en cuanto a plantas de tratamientos de aguas residuales.

7.3.1. Calidad del agua

La calidad del agua es importante conocerla y sus parámetros para saber si es o no utilizable siempre sean determinados por la acción que se realizará con ella, es decir una calidad de agua será mayor cuando sea necesaria para

consumo humano, y una calidad de aguas será menor cuando sea destinada a riego por ejemplo.

A medida que la humanidad continuó su desarrollo, las descargas de aguas residuales domésticas e industriales empezaron a contaminar los recursos hídricos, a deteriorar los ecosistemas, entre otros. Fue así como se hizo necesario implementar los sistemas de tratamiento de aguas residuales (Sierra, 2011).

A nivel nacional en el territorio guatemalteco el recurso hídrico es muy importante y abundante, por lo mismo este debe protegerse y reglamentarse tanto su uso como su descarte, en Guatemala es muy importante evitar la contaminación de los cuerpos de agua ya que estos propician el abastecimiento a las mismas comunidades.

7.3.2. Clasificación del agua por su uso

El ser humano llevado a satisfacer sus necesidades de alimento, ropa e industrialización realiza modificaciones sobre el medio ambiente por medio de subproductos como el agua residual los cuales tiene un impacto negativo al ser estas descargadas sin un correcto tratamiento a los cuerpos de agua, causando así enfermedades, daños en la vida acuática y daño a la misma humanidad si llega a ser ingerida.

Los estándares o normas de calidad del agua se definen como la aplicación, con efectos legales, de un criterio de calidad del agua para limitar determinada descarga o efluente. La definición anterior implica que las normas o estándares de calidad se aplican principalmente a los vertimientos de aguas residuales.

Cuando un estándar o norma se establece sobre un cuerpo de agua se está haciendo referencia a un objetivo de calidad (Sierra, 2011).

La calidad de agua está relacionada tanto para consumo humano como para las actividades de higiene doméstica, industrialización o recreación, indicando que sin el previo cuidado del vertimiento de las mismas después de su uso y al no controlar el ciclo del agua pueden verse afectados los cuerpos y sistemas de abastecimiento de agua para el consumo humano.

7.3.3. Parámetros físicos, químicos y biológicos del agua

El agua residual cuenta con características que pueden ser observadas a simple vista, estas son llamadas físicas y las 5 principales son los sólidos, turbiedad, color, temperatura y olor.

Las características o componentes químicos de una muestra de agua o de un volumen de agua se clasifican en orgánicos e inorgánicos, en los cuales los inorgánicos de mayor interés pueden ser los nutrientes como el nitrógeno y los sulfatos. Las principales características químicas son el potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto, nitrógeno, fósforo y grasas aceites.

En cuanto a las características biológicas estas son de alta importancia ya que estas afectan directamente la salud de los humanos y seres vivos debido a las posibles enfermedades que puedan causar los patógenos de origen humano, la proliferación y el desarrollo de virus y bacterias, así como cualquier otro organismo.

7.3.4. Parámetros de diseño

Para el diseño o modificación de una planta de tratamiento es importante conocer un conjunto de criterios tanto físicos, biológicos y químicos como también las regulaciones a cumplir en el efluente. Los más relevantes para este proceso en cuestión son: caudal, DBO y nitrógeno.

7.3.4.1. Caudal de agua

Este determina el volumen de agua en unidades de tiempo a ser tratada en el dispositivo o sistema de tratamiento de aguas residuales, en este parámetro es importante determinar no solo su cantidad sino su comportamiento.

Caudal de operación son los procesos que deben estar preparados para soportar el caudal esperado de operación (Ghirsá, 2020).

Esto indica que el sistema de tratamiento debe ser diseñado para soportar el caudal pico que genere la actividad realizada por el ente generador de las aguas residuales.

Variaciones de caudal se debe tomar en cuenta si el diseño será para operar intervalos amplios de caudal o si será caudal constante. Si se presentasen variaciones de caudal se requieren de tanques para homogeneizar el caudal del efluente (Ghirsá, 2020).

El comportamiento del caudal también es importante, y se debe tomar en cuenta para desarrollar la infraestructura necesaria del sistema de tratamiento a operar, modificar o construir.

7.3.4.2. Demanda biológica de oxígeno

Dicha demanda nos permitiría en conjunto con el caudal calcular la carga orgánica en el agua residual a tratar, y permitiría la estimación de caudal de aire, y volúmenes de tanques para la depuración de la misma.

Es la medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales; se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un periodo de cinco días y a una temperatura de veinte grados Celsius. (Acuerdo Gubernativo 236-2006, 2006, p. 3)

7.3.4.3. Nitrógeno

La depuración del nitrógeno (N) y otros nutrientes, generan un gran impacto sobre los cuerpos receptores de dichas aguas residuales, ya que estos afectan la estabilidad en la vida acuática, procesos de eutrofización y daños en la salud humana.

El nitrógeno (N) es un contaminante presente en las aguas residuales que debe ser eliminado por múltiples razones: reduce el oxígeno disuelto de las aguas superficiales, es tóxico para el ecosistema acuático, entraña un riesgo para la salud pública y junto al fósforo (P), son responsables del crecimiento desmesurado de organismos fotosintéticos (eutrofización). Todos estos factores hacen que la legislación sea cada vez más restrictiva en cuanto a los límites máximos permitidos para este parámetro (AEMA, 2018).

Es importante transformar o eliminar el nitrógeno de las aguas residuales que se viertan en los cuerpos receptores, ya que estos afectan la sobrevivencia

de algunos animales y en sí estos también generan riesgos para el hombre si ingiere agua contaminada o de ambientes eutrofizados.

7.3.5. Medios de retención móvil

La tecnología de medios de retención móvil necesita un volumen de biopelículas cargadoras, que operen dentro de la mezcla en el tanque de aireación. Esto genera que la biomasa que pueda adherirse en la superficie de los carriers le permita generar una alta población de bacterias para mejorar la degradación de nutrientes, es por ello por lo que un sistema MBBR, pueden operar mayores cargas orgánicas que en los sistemas de aireación extendida y en menores volúmenes de retención.

Descripción de la tecnología Moving Bed Biological Reactor (MBBR) El MBBR fue desarrollado por la Universidad de Ciencia y Tecnología de Noruega a finales de los años 80. La primera planta industrial de tratamiento MBBR fue construida en 1989, expandiéndose en los años posteriores por toda Europa y a nivel mundial, construyéndose la primera en Estados Unidos en 1995. Actualmente se han construido más de 600 plantas en todo el mundo entre el ámbito municipal e industrial, contando SITRA con referencias en distintos sectores. Consiste en el desarrollo de un proceso aerobio de biopelícula por medio de un biofilm producido sobre un medio soporte (*carrier*) para degradar aeróbicamente la materia orgánica disuelta biodegradable presente en las aguas residuales. (Canut, Duque, Donato y Sáez, 2016, p. 13)

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

1.2. Antecedentes

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aguas residuales

2.1.1. Efectos en la salud humana

2.1.2. Tipos de aguas residuales

2.1.2.1. Aguas residuales tipo ordinarias

2.1.2.2. Aguas residuales tipo especiales

2.1.3. Características de las aguas residuales

2.1.3.1. Características físicas

2.1.3.2. Características químicas

2.1.3.3. Características biológicas

2.1.3.4. Análisis de aguas residuales

- 2.1.4. Parámetros normados por el Acuerdo Gubernativo 236-2006
 - 2.1.4.1. Parámetros para aguas residuales y valores de descarga al alcantarillado público
 - 2.1.4.2. Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales al alcantarillado público
- 2.2. Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)
 - 2.2.1. Plantas de tratamiento fisicoquímicas
 - 2.2.2. Plantas de tratamiento biológicas
 - 2.2.2.1. Plantas de tratamiento anaeróbicas
 - 2.2.2.2. Plantas de tratamiento aeróbicas
 - 2.2.2.3. Sistema de tratamiento MBBR
- 2.3. Marco conceptual
 - 2.3.1. Calidad del agua
 - 2.3.2. Clasificación del agua por su uso
 - 2.3.3. Parámetros físicos, químicos y biológicos del agua
 - 2.3.4. Parámetros de diseño
 - 2.3.4.1. Caudal de agua
 - 2.3.4.2. Demanda biológica de oxígeno
 - 2.3.4.3. Nitrógeno
 - 2.3.5. Medios de retención móvil
- 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
 - 3.1. Evaluación de infraestructura actual
 - 3.2. Evaluación de aguas residuales

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Discusión de resultados

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

La investigación a realizar es en base a un diseño experimental, con un método de investigación en la rama lógica siendo este hipotético deductivo, que por medio de observación, deducción, verificación e hipótesis se plantea resolver el inconveniente actual. Toda la investigación es realizada para continuar con el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006 como normativa vigente en cuanto a aguas residuales.

Para la investigación se utilizarán variables del tipo cualitativas y cuantitativas, estas son definidas en parámetros regulados por el Acuerdo Gubernativo 236-2006. Y se utilizan estas variables para continuar con el cumplimiento de los límites permisibles aceptables indicados en la normativa vigente.

9.1. Características del estudio

El enfoque de la investigación es un estudio mixto en el cual se tendrán variables cualitativas y variables cuantitativas, las variables cualitativas podrán ser binarias o nominales y las variables cuantitativas continuas.

El alcance de la investigación es de tipo explicativo ya que al realizar una readecuación trabajaremos con algo previamente diseñado, del que realizaremos análisis para verificar el cumplimiento de la normativa vigente la cual da los límites máximos permisibles.

Al realizar tomas de muestras y análisis a las mismas teniendo resultados numéricos los cuales serán comparables con normativas vigentes y utilizados como posibles datos base para la propuesta se acepta que el diseño es de tipo experimental.

9.2. Unidades de análisis

La población en estudio será la unidad de negocio restaurante de comida rápida, en la cual se tienen más de 1000 transacciones al día, con un equipo de trabajo de 22 personas por turno, teniendo 2 turnos al día y un turno de horario mixto 8 personas, operando más de 12 horas diarias de lunes a domingo de 5:00 a 22:00 horas.

9.3. Variables

Las variables en la investigación se describen en la siguiente tabla.

Tabla III. **Desglose de variables**

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Aguas residuales	Las aguas residuales son todas aquellas que se han utilizado para cualquier proceso y se ha alterado su calidad. Pueden incluir todo tipo de aguas que se vayan a parar al drenaje público.	<ul style="list-style-type: none"> • Características del agua • Consumo mensual de agua

Continuacion tabla III.

Plantas de tratamiento	Una planta de tratamiento de aguas residuales -PTAR- realiza la limpieza del agua usada y las aguas residuales para que pueda ser devuelto de forma segura al medio ambiente.	<ul style="list-style-type: none">• Parámetros físicos, químicos y biológicos del agua residual.• Estimación del caudal de descarga.• Tratamiento para las aguas residuales.
-------------------------------	---	--

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

10.1. Fase 1: recopilación bibliográfica

En esta fase se realizará una consulta a las bibliografías relacionadas a aguas residuales, plantas de tratamiento y el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006, las consultas pueden resultar en bibliografías nacionales o internacionales.

10.2. Fase 2: evaluación de infraestructura actual

En la segunda fase se tiene como objetivo la investigación en el sitio del estudio, realizando un reconocimiento de la infraestructura existente, en el cual se realizará una descripción del sistema de drenajes y tratamientos a observar, permitiendo determinar el punto de muestreo necesario, y las características simples de las aguas residuales como su origen y sus contenidos.

10.3. Fase 3: evaluación de aguas residuales

En la tercera fase se realizará la recopilación de información acerca de muestras y análisis a las aguas residuales históricas, y tomas de muestra para luego ser analizadas en un laboratorio, obteniendo así la caracterización de las mismas y su comparativo con la normativa vigente.

10.4. Fase 4: propuesta técnica de mejora

En esta fase se evaluará y diseñará la propuesta técnica para continuar con el cumplimiento en la descarga de aguas residuales, para que la unidad de negocio de comida rápida pueda contemplar la realización de dicha propuesta.

Es importante que esta propuesta se realice en conjunto con expertos en la materia, habiendo realizado los análisis de laboratorio con personal capacitado y desarrollando diseños específicos con personal calificado.

10.5. Resultados a obtener

Para este estudio se pretende conseguir las características físicas del sistema de tratamiento actual en la unidad de negocio de comida rápida, las características biológicas, físicas y químicas de las aguas residuales y la propuesta técnica de mejora para el tratamiento de las mismas.

Tabla IV. **Tabulación de muestreos y comparativa de cumplimiento**

No.	Fecha de muestreo	Límites parámetros								% DE CUMPLIMIENTO	
		3a Etapa Alcantarillado Público	450	Ausente	400	60	750	80	20		10000
		Después del 2006 Alcantarillado Público	200	Ausente	200	60	500	40	10	10000	
		3a Etapa Cuerpo Receptor	No regulado	Ausente	150	25	750	25	15	10000	
		Después del 2006 Cuerpo Receptor	200	Ausente	100	10	500	20	10	10000	
		CUMPLE / NO CUMPLE 236 A LA FECHA	DBO	Materia Flotante	Solidos en Suspensión	Grasas y Aceites	Color	Nitrogeno	Fosforo	Coliformes	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla V. **Check list de inspección de campo en planta de tratamiento**

No.	Puntos de Inspeccion	Si	No	Observaciones
1	Tiene planta de tratamiento			
Tratamiento primario		Buen esta	Mal estad	Observaciones
2	estado de tapaderas de trampa de grasa			
3	Limpieza de trampa de grasa de pila			
4	Aplicación de Sobres de enzimas			
5	Limpieza de trampa de grasa General			
6	Limpieza de trampa de grasa de basurero			
7	Limpieza de rejilla de solidos de PTAR			
Tratamiento secundario		Buen esta	Mal estad	Observaciones
8	Limpieza de celda anoxica			
9	Retorno de celda anoxica funcionando			
10	Celda de homogenizacion en buen estado			
11	Aeriacion uniforme en celda de aeriacion			
12	Celda de nitrificacion trabajando en buen estado			
13	Retorno de celda de nitrificacion encendido			
14	Limpieza de trampa de natas			
15	Limpieza en celda de clarificacion			
16	Skimmer esta trabajando bien			
17	Retorno de skimmer en buen estado			
18	Limpieza de bandeja de salida			
19	Estado del mesh filtrante			
20	Aeriacion uniforme en madurador de lodos			
21	Nivel de lodos en digestor de lodos			
22	Aeriacion encendida en digestor de lodos			
23	Verificacion de limpieza general de la PTAR			
24	Chequeo general de fugas de aire			
Tratamiento terciario		Buen esta	Mal estad	Observaciones
25	Limpieza en tanque de contacto de cloro			
26	Buen funcionamiento del dosificador de cloro			
27	Verificacion de existencia de insumos de cloro			
Disposicion final		Buen esta	Mal estad	Observaciones
28	Verificacion de limpieza en vertedero final			
29	Pozos de absorcion			
30	Candela general municipal			
31	Colector de centro comercial			
Mediciones		Resultado		Observacion
32	Oxigeno disuelto en aeriacion			
33	% de lodos en aeriacion			
34	Ph y temperatura			
34	OBSERVACIONES:			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

11. CRONOGRAMA

Tabla VI. Cronograma de actividades

Diagrama de Gantt	2023																							
	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBR				NOVIEMBRE			
Semana de proyecto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
FASE 1	█																							
<i>Recopilacion bibliografica Investigacion</i>			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█												
FASE 2																								
<i>Levantamiento de infraestructura de planta de tratamiento existente</i>									█	█	█	█												
FASE 3																								
<i>Recopilacion de datos de evaluaciones de aguas residuales y estudio de los mismos</i>									█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█				
FASE 4																								
<i>Propuesta de modificacion a infraestructura y opeoracion a la planta de tratamiento</i>																	█	█	█	█				
FASE 5																								
<i>Informe final</i>																					█	█	█	█

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizará con recursos del estudiante de maestría y de la entidad en la que trabaja, se contará con recursos de información y permisos según pueda proporcionar la empresa, se cuenta con los recursos humanos, financieros y tecnológicos.

- Recurso humano: se cuenta con el apoyo del asesor de la investigación, del personal técnico y operativo del departamento de mantenimiento y ambiente de la entidad privada, y la consultoría técnica a una empresa experta en plantas de tratamiento.
- Recurso financiero: estos gastos serán sufragados por el estudiante de maestría, con ahorros propios.
- Recurso tecnológico: computadoras para el análisis e ingreso de la base de información obtenida por la unidad de negocio estudiada, en los análisis estudiados se utiliza equipo certificado de laboratorios vigentes.
- Acceso a la información: se realizarán las consultas de bibliografía, en bibliotecas virtuales tales como Google Académico, motores de búsqueda y Biblioteca - Repositorio de la Universidad San Carlos de Guatemala
- Permisos: en la empresa se tuvo el acercamiento con las personas interesadas y con la autoridad necesaria para brindar el permiso de realización de esta investigación en el área propuesta.

A continuación, se detalla el presupuesto para la investigación:

Tabla VII. **Presupuesto**

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Total
1	Bibliografía	1	global	Q7,883.00	Q7,883.00
1.1	Recurso humano (tesista)	75	horas	Q100.00	Q7,500.00
1.2	Internet	1	mes	Q299.00	Q299.00
1.3	Energía eléctrica	75	horas	Q1.12	Q84.00
2	Levantamiento de infraestructura a planta de tratamiento existente	1	global	Q2,649.00	Q2,649.00
2.1	Recurso humano (tesista)	18	horas	Q100.00	Q1,800.00
2.2	Combustible	12	galones	Q37.00	Q444.00
2.3	Alimentación	2	día	Q90.00	Q180.00
2.4	Hospedaje	1	noche	Q225.00	Q225.00
3	Evaluación de aguas residuales	1	global	Q3,100.00	Q3,100.00
3.1	Toma de muestra y análisis en laboratorio	1	global	Q2,200.00	Q2,200.00
3.2	Recurso humano (tesista)	9	horas	Q100.00	Q900.00
4	Propuesta técnica	1	global	Q2,000.00	Q2,000.00
4.1	Entrevistas a personal	10	horas	Q100.00	Q1,000.00
4.2	Consultoría con una empresa	1	global	Q0.00	Q0.00
4.3	Recurso humano (tesista)	10	horas	Q100.00	Q1,000.00
5	Informe final	1	global	Q7,968.80	Q7,968.80
5.1	Recurso humano (tesista)	40	horas	Q100.00	Q4,000.00
5.2	Internet	1	mes	Q299.00	Q299.00
5.3	Energía eléctrica	40	horas	Q1.12	Q44.80
5.4	Impresiones y encuadernado de documentos	900	páginas	Q1.25	Q1,125.00
5.5	Asesor	1	global	Q2,500.00	Q2,500.00
TOTAL					Q23,600.80

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Siendo los recursos aportados suficientes para la investigación, se considera que es factible la realización del estudio.

13. REFERENCIAS

1. Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Diario de Centroamérica. Guatemala. 5 de mayo de 2006.
2. Agencia Europea de Medio Ambiente (21 de mayo, 2018). Eliminación del nitrógeno en las aguas residuales. [Mensaje en un blog]. Recuperado de [https://www.iagua.es/noticias/aema/eliminacion-nitrogeno-aguas-residuales#:~:text=El%20nitr%C3%B3geno%20\(N\)%20es%20un,r esponsables%20del%20crecimiento%20desmesurado%20de](https://www.iagua.es/noticias/aema/eliminacion-nitrogeno-aguas-residuales#:~:text=El%20nitr%C3%B3geno%20(N)%20es%20un,r esponsables%20del%20crecimiento%20desmesurado%20de).
3. APCO ATLANTIC S.L. (21 de agosto, 2014). Nuevos medios portantes para tecnología MBBR, más rendimiento y respeto medioambiental. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.aguasresiduales.info/revista/reportajes/nuevos-medios-portantes-para-tecnologia-mbbr-mas-rendimiento-y-respeto-medioambiental>.
4. Arriols, E. (6 de agosto, 2018). Qué son las aguas residuales y cómo se clasifican. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://acortar.link/8Qam5w>.

5. Barrera, R. (2011). *Estudio de prefactibilidad para el diseño, planificación y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en la colonia el maestro, municipio de Chiquimula* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2290_IN.pdf.
6. Canut, A., Duque, R., Donato, J. y Sáez, R. (junio, 2016). Tecnología *Moving Bed Biological Reactor* (MBBR) para el tratamiento de aguas residuales de la industria agroalimentaria. *Revista SITRA*, 11-15. Recuperado de https://sitra.es/wp-content/uploads/2021/11/Tecnologi%CC%81a_MBBR_industria_agroalimentaria_CTC_JUN_2016_0.pdf.
7. Farias, B. (26 de septiembre, 2016). Conocimientos básicos sobre Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Módulo III). [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://acortar.link/Uib0DO>.
8. Ghirsa. (16 de mayo, 2020) ¿Qué factores deben evaluarse en el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el sector municipal? [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://girhsa.com/2020/05/16/disenio-de-una-ptar/>.
9. Gutierrez, O. (3 de junio, 2022). Tecnología MBBR (*Movin bed bio reactor*) Tratamiento biológico de aguas residuales (PTARS). [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://acortar.link/BmFIXz>.

10. Noyola, A., Morgan-Sagastume, J. y Guereca, L. (2013). *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
11. Reyes, W. (junio, 2020) Optimización del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la implementación del Sistema MBBR - Caylloma - Aquafil. *Rev. del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM*, 23(45), 43-50. Recuperado de <https://acortar.link/UoIFvR>.
12. Rodríguez, H. (13 de marzo, 2017). Las aguas residuales y sus efectos contaminantes. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>.
13. Rodríguez, L. (15 de diciembre, 2020). El proceso de tratamiento de aguas residuales y eliminación de contaminantes emergentes. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>.
14. Sierra, C. (2011). *Calidad del agua, evaluación y diagnóstico*. Colombia: Ediciones de la U. Recuperado de https://www.academia.edu/9511155/Calidad_del_agua_evaluaci%C3%B3n_y_diagn%C3%B3stico.

15. Urrutia, M. (2020). *Elaboración de una propuesta para el plan de monitoreo de calidad del agua de los ríos del municipio de Guatemala* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/15296/1/Marco%20Antonio%20Urrutia%20Campo.pdf>.

14. APÉNDICE

Apéndice 1. Matriz de coherencia

Problema	Objetivo general	Marco teórico	Hipótesis	Variables	Indicadores
Altos costos operativos para el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006 en el efluente de la planta de tratamiento	Proponer mejoras en la infraestructura y modificaciones de los parámetros operativos a una PTAR existente para el cumplimiento de los parametros regulados en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, en un restaurante de comida rapida	Marco teórico 2.1 Aguas residuales 2.1.1 Efectos en la salud humana 2.1.2 Tipos de aguas residuales 2.1.2.1 Aguas residuales tipo ordinarias 2.1.2.2 Aguas residuales tipo especiales	El presente trabajo de investigación no comprobará una hipótesis	Aguas Residuales Plantas de tratamiento	Características del agua Consumo mensual de agua Parámetros físicos, químicos y biológicos del agua residual Estimación del caudal de descarga Tratamiento para las aguas residuales
PREGUNTA PRINCIPAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS				
¿Cómo se afectan los parámetros operativos con el aumento de caudal a la planta de tratamiento existente y qué medidas de mitigación en la infraestructura pueden implementarse para el cumplimiento del acuerdo gubernativo 236-2006 en un restaurante de comida rapida?	1. Determinar cual seria el cambio en los parametros de calidad de agua con las modificaciones propuestas en la planta de tratamiento para el cumplimiento regulado del acuerdo gubernativo 236-2006, en un restaurante de comida rápida	2.1.3 Características de las aguas residuales 2.1.3.1 Características Físicas 2.1.3.2 Características Químicas 2.1.3.3 Características Biológicas 2.1.3.4 Análisis de aguas residuales 2.1.4 Parámetros normados por el Acuerdo Gubernativo 236-2006.I			

Continuacion apendice 1.

<p>2. Determinar la optimizacion del espacio actual para reutilizar la infraestructura ya existente para el cumplimiento regulado del acuerdo gubernativo 236-2006, en un restaurante de comida rapida</p>	<p>2.1.4.1 Parámetros para aguas residuales y valores de descarga al alcantarillado publico</p> <p>2.1.4.2 Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales al alcantarillado publico</p>	<p>El presente trabajo de investigación no comprobará una hipótesis</p>	<p>Aguas Residuales</p> <p>Plantas de tratamiento</p>	<p>Características del agua</p> <p>Consumo mensual de agua</p> <p>Parámetros físicos, químicos y biológicos del agua residual</p>
<p>3. Desarrollar la implementacion del sistema MBBR en la planta para aumentar su eficiencia al nuevo caudal, para el cumplimiento regulado del acuerdo gubernativo 236-2006, en un restaurante de comida rapida</p>	<p>2. 2 Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)</p> <p>2.2.1 Plantas de tratamiento Fisicoquimicas</p> <p>2.2.2 Plantas de tratamiento biológicas</p> <p>2.2.2.1 Plantas de tratamiento anaerobicas</p> <p>2.2.2.2 Plantas de tratamiento aeróbias</p> <p>2.2.2.3 Sistema de tratamiento MBBR</p> <p>2.3 Marco Conceptual</p> <p>2.3.1 Calidad del agua</p> <p>2.3.2 Clasificación del agua por su uso</p>			<p>Estimación del caudal de descarga</p> <p>Tratamiento para las aguas residuales</p>

Continuación del apéndice 1.

Preguntas secundarias	
1. ¿Cómo mejorarían los parámetros de calidad de agua con las modificaciones propuestas en la planta de tratamiento para el cumplimiento del acuerdo gubernativo 236-2006 en un restaurante de comida rápida?	2.3.3 Parámetros físicos, químicos y biológicos del agua
	2.3.4 Parámetros de diseño
	2.3.4.1 Caudal de agua
	2.3.4.2 Demanda biológica de oxígeno
	2.3.4.3 Nitrógeno
	2.3.5 Medios de retención móvil
2. ¿Cómo podemos optimizar el espacio disponible y reutilizar la planta de tratamiento ya existente para abordar la problemática para el cumplimiento del acuerdo gubernativo 236-2006 en un restaurante de comida rápida?	
3. ¿Cómo deben modificarse los parámetros operativos de la planta de tratamiento para el cumplimiento regulado del acuerdo gubernativo 236-2006 en un restaurante de comida rápida?	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

