

Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña

UNPHU

Facultad de Ciencias y Tecnología

Escuela de Química



“Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para industrias de aceites comestibles.”

Trabajo de grado presentado por

Caroline Jaime Reyes

Sarah M. Peña Guzmán

Para la obtención del grado de

Ingeniero Químico

Santo Domingo, Distrito Nacional

2019

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios, por darme la fuerza, disciplina y salud necesaria para poder llegar a cumplir esta gran meta en mi vida, y en segundo a mi padre, Buenaventura Jaime Balbuena, por su gran apoyo hacia mis metas y ser esa gran inspiración de seguir superándome cada día.

A mi madre, Eugenia Reyes Bens, por ese gran amor de madre y siempre estar atenta a todas mis necesidades tanto personal como profesional.

A mi compañero de vida, Brayan Agramonte, por su gran apoyo durante este trayecto y por soportar cada día de estrés que tuve.

A mis compañeras, Sarah Peña Guzmán y Yugeudy Mercedes Vanterpool, por el apoyo que me brindaron desde el primer día en que empezamos esta gran etapa de nuestras vidas.

A mis profesores, que siempre estuvieron ahí para cualquier momento de dudas y por todo su esfuerzo para transmitir sus conocimientos: Maribel Espinosa, Doña Mayra y todos aquellos con los que tuve la oportunidad de tomar clases.

A nuestra directora, Doris Peña, por enseñarnos durante toda la carrera el gran valor que tenemos como personas y profesionales.

A nuestro asesor, Ramón Sánchez por su colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Caroline Jaime Reyes

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque dentro de su voluntad me ha permitido llegar a través de valles y montañas a este punto de mi vida.

A mi madre, Dorka Guzmán, por su apoyo y amor incondicional desde el inicio, por su sacrificio y su entrega para guiarme por el buen camino. A Miguel Hazim, mi figura paterna, por su cuidado y ternura para mí.

A mi familia Guzmán, por preocuparse por mí y darle peso a la palabra familia.

A Eliana Jiménez y Sheryl Pérez, la familia que escogí dentro del campo universitario. Gracias por su amistad y ayuda profesional.

A cada amigo fuera del contexto universitario que me ha apoyado.

A mi grupo “la bendita grasa”, el mejor equipo de trabajo que pude tener. Gracias por hacer de esta aventura un camino más llevadero.

A cada maestro que aportó su granito de arena para prepararme profesionalmente.

A nuestra directora, Doris Peña, por presionarnos siempre a sacar lo mejor de nosotros y creer que sí podemos.

Sarah M. Peña Guzmán

DEDICATORIAS

DEDICATORIAS

A mi padre, Buenaventura Jaime Balbuena, porque ha dedicado su vida para que reciba la mejor educación y sea una gran persona. Por ser ese gran impulso y motivación en mi vida.

A mi madre, Eugenia Reyes Bens, porque siempre ha sido esa gran mamá que se preocupa por cada detalle en la vida de sus hijos.

DEDICATORIAS

A mi madre, Dorka Guzmán, porque se ha entregado sin medidas en todo aspecto para que yo crezca.

A mi abuela, Dalia Nuez, una de motivaciones para estudiar esta carrera, por permanecer en mis recuerdos aun cuando yo no pude estar en su memoria.

Sarah M. Peña Guzmán

ÍNDICE

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	11
DEDICATORIAS	V
INTRODUCCIÓN	14
OBJETIVOS	17
Objetivo general	18
Objetivos específicos.....	18
JUSTIFICACIÓN	19
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
PRIMERA PARTE	
FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	25
CAPÍTULO I ANTECEDENTES	26
I.1. Historia de las aguas residuales	26
I.1.1. Historia de las aguas residuales en República Dominicana.....	28
I.2. Estudios precedentes de las aguas residuales.....	28
CAPÍTULO II MARCO CONCEPTUAL.....	30
II.1. Aguas residuales	30
II.1.1. Aguas residuales domesticas	30
II.1.2. Aguas residuales industriales.....	31
II.1.3. Aguas residuales urbanas.....	31
II.1.4. Aguas residuales pluviales.....	31
II.1.5. Infiltración o caudales adicionales	32
II.2. Características de las aguas residuales	32
II.2.1. Características físicas	32
II.2.2. Características químicas	33

II.2.3. Características biológicas	34
II.3. Parámetros en aguas residuales	35
II.3.1. pH	35
II.3.2. Sólidos totales.....	36
II.3.3. Oxígeno disuelto.....	36
II.3.4. Demanda química de oxígeno	37
II.3.5. Demanda biológica de oxígeno	37
II.3.6. Grasas y aceites	38
II.3.7. Incremento o reducción de la temperatura	38
II.3.8. Nitrógeno total.....	38
II.4. Posibles riesgos en aguas residuales.....	39
II.4.1. pH	39
II.4.2. Sólidos totales.....	40
II.4.3. Oxígeno disuelto.....	40
II.4.4. DBO/DQO	41
II.4.5. Grasas y aceites	41
II.4.6. Incremento o reducción de la temperatura	41
II.4.7. Nitrógeno total.....	42
II.5. Aguas residuales en la industria de alimentos	42
II.5.1. Desechos de las aguas residuales en industria de aceites comestibles	43
II.5.2. Tratamiento de aguas residuales en la industria alimentaria	44
II.6. Grasas y aceites	46
II.6.1. Aceites comestibles	46
II.6.2. Composición química de los aceites.....	47
II.6.2.1. Lípidos	47
II.6.2.2. Ácidos grasos.....	47
II.6.2.3. Triglicéridos.....	48

II.6.2.4. Fosfolípidos	48
II.6.2.5. Esteroides.....	48
II.6.2.6. Glicerofosfolípidos	49
II.6.2.7. Esfingolípidos.....	49
II.7. Proceso general para la elaboración de aceites comestibles.....	50
II.7.1. Extracción del crudo.....	50
II.7.2. Proceso de refinación.....	52
II.7.2.1. Refinación química.....	51
II.7.2.2. Refinación física.....	53
CAPÍTULO III MARCO NORMATIVO.....	54
SEGUNDA PARTE	
MARCO METODOLÓGICO.....	56
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA.....	57
IV.1. Tipo de investigación	57
IV.2. Simulador.....	58
CAPÍTULO V ASPECTOS PRÁCTICOS	59
V.1. Estado del agua a tratar	59
V.2. Planta de tratamiento de aguas residuales.....	60
V.2.1. Tanque de almacenamiento.....	60
V.2.2. Trampa de grasa	61
V.2.3. Etapa de neutralización	61
V.2.4. Reactor discontinuo secuencial	61
V.2.4.1. Fase de alimentación o llenado	62
V.2.4.2. Fase de reacción	62
V.2.4.3. Fase de sedimentación.....	66
V.2.4.4. Fase de vaciado o purgación	66
V.2.5. Etapa de desinfección mediante sistema de cloración.....	67

V.3. Especificaciones de diseño y cálculos.....	68
V.3.1. Tanque de almacenamiento.....	68
V.3.2. Trampa de grasa.....	69
V.3.2.1. Especificaciones de diseño.....	69
V.3.3. Tanque de neutralización.....	70
V.3.4. Reactor SBR.....	71
V.3.5. Tanque de cloración.....	72
V.3.5.1. Consumo de ALSOCLOR.....	74
V.3.5.2. Preparación de la solución de ALSOCLOR.....	75
TERCERA PARTE	
RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	76
CAPÍTULO VI RESULTADOS.....	77
VI.1. Tanque de almacenamiento.....	77
VI.2. Trampa de grasa.....	78
VI.3. Tanque de neutralización.....	79
VI.4. Reactor SBR.....	79
VI.5. Etapa de desinfección mediante un sistema de cloración.....	80
VI.6. Simulación del proceso.....	82
CAPÍTULO VII ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	85
VII.1. Tanque de almacenamiento.....	85
VII.2. Trampa de grasa.....	85
VII.3. Tanque de neutralización.....	86
VII.4. Reactor SBR.....	87
VII.5. Etapa de desinfección mediante un sistema de cloración.....	88
CUARTA PARTE	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
CONCLUSIONES.....	91

RECOMENDACIONES.....	94
QUINTA PARTE	
REFERENCIAS.....	97
LIBROS	98
TRABAJOS DE GRADO.....	101
ARTÍCULOS Y PUBLICACIONES.....	104
PÁGINAS WEB	107
SEXTA PARTE	
ANEXOS	109
ANEXO I ABREVIATURAS	110
ANEXO II DEFINICIONES	113
ANEXO III TABLAS	121
ANEXOS IV IMÁGENES	125

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Los afluentes líquidos despididos en procesos industriales, también conocidos como aguas de desechos, van acompañados de contaminantes e impurezas que podrían perjudicar el desarrollo de diferentes ecosistemas, y al mismo tiempo alterar la salud del ser humano y del planeta como ente particular. Sin embargo, debido a esta problemática, se han desarrollado técnicas que envuelven aspectos físicos, químicos y biológicos que buscan mitigar la cantidad de microorganismos y sustancias no deseadas presentes en estas aguas.

Las técnicas de tratamiento de aguas residuales cubren una amplia variedad de procesos de purificación. Si el agua de desechos pudiera considerarse como pura, o los contaminantes que estuviesen presentes siguieran un patrón, haría simple y uniforme los métodos utilizados para el tratamiento de la misma dentro de las industrias. Considerarlo de esta manera sería una utopía, debido a la relatividad de las impurezas y a los distintos métodos para la obliteración de las mismas.

Al realizar procesos industriales, la depuración de afluentes líquidos debe ser considerada como parte fundamental dentro de la gestión ambiental en cualquier industria. Esta posición debe ser asumida por las industrias que obtienen aguas de desechos, debido a los contaminantes que generan al entorno en que se desenvuelven. Los contaminantes que podemos encontrar en aguas residuales, son:

- Sólidos suspendidos flotantes o grandes.
- Sólidos suspendidos pequeños y coloidales: moléculas orgánicas grandes, microorganismos, entre otros.
- Sólidos disueltos: compuestos orgánicos y sales inorgánicas.

- Gases disueltos.

- Líquidos no mezclables: grasas y aceites.

En el presente trabajo de grado se analiza el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para una industria de aceites comestibles, con metodologías más eficaces y confiables, en comparación a los tratamientos convencionales. En la misma mano, el diseño a presentar garantiza que el efluente puede ser vertido a las aguas superficiales, sin embargo, este será reutilizado para la higienización de las instalaciones de la industria o para el riego de plantas, convirtiendo el diseño en un sistema de tratamiento de cero desperdicios.

El desarrollo de este trabajo consta de una primera parte donde se describen los antecedentes históricos y distintos estudios precedentes de la investigación, así como los fundamentos teóricos del trabajo. En la segunda parte se detalla la metodología del estudio y el diseño de la planta de tratamiento. La tercera parte donde se presentan los resultados y análisis de los mismos. La cuarta parte donde exponen las conclusiones y recomendaciones. Por último, una quinta y sexta parte donde se presentan las referencias y los anexos, respectivamente.

OBJETIVOS

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para una industria de aceites vegetales comestibles, sustentado en las leyes de la República Dominicana.

Objetivos específicos

1. Identificar y caracterizar contaminantes presentes en las aguas residuales de una industria de aceites comestibles en la República Dominicana.
2. Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para una industria de aceites vegetales comestibles.
3. Simulación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en una industria de aceites vegetales comestibles.

JUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN

Los sistemas de aguas naturales no cuentan con una capacidad intrínseca de absorber y neutralizar las cargas contaminantes vertidas en ellas procedentes de industrias, urbanizaciones, aguas domésticas, etc., lo que conlleva a un desequilibrio químico en cuanto a su pureza por la introducción de agentes no deseados, y un deterioro de sus propiedades en relación a sus características físicas. Al sistema no ser apto para la introducción de las sustancias presentes en aguas residuales, aflora como resultado una acción tóxica que perjudica tanto la flora como la fauna hasta llegar al ser humano, derivándose desde lo particular hasta lo general.

Las masas de agua se ven afectadas por la presencia de sustancias dependiendo de su origen, estos contaminantes varían desde organismos patógenos que afectan de manera directa produciendo enfermedades, hasta sustancias grasas que desnivelan el ambiente de los seres acuáticos y desproporcionan el equilibrio de estas aguas.

En busca de soluciones a esta problemática, surge el tratamiento de aguas residuales, específicamente en los procesos industriales, para reducir la introducción de elementos contaminantes, que se transforman en vehículos potenciales para enfermedades, generando daños ecológicos y afectando la salud pública.

La industria de aceites comestibles, por su parte, genera volúmenes de aguas residuales, convirtiéndose en uno de los sectores con alta influencia en la contaminación ambiental.

Debido al gran contenido oleoso de estas aguas aumenta el deterioro de los ecosistemas, haciendo necesario el uso de un tratamiento adecuado para remover los contaminantes presentes. En la misma mano, sugiere un aprovechamiento tanto para el agua que posee potencial para ser reutilizada, como los residuos sólidos que pueden ser reutilizados por otros sectores industriales tales como en industrias generadoras de biogás, industria de plástico, papel, entre otras.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La escasez de plantas de tratamiento para las aguas residuales, procedentes en su mayoría del sector industrial, en la República Dominicana, provocan daños al medio ambiente debido a los desechos descargados mayormente en ríos, mares, lagos, en suelos a cielo abierto, etc. Esto podría deberse a la variabilidad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, ya que estos varían en su diseño y funcionamiento, dependiendo el contexto de donde se obtenga el agua de desechos. Es decir, el tratamiento otorgado a las aguas residuales de una industria farmacéutica, no es igual a la de carnes. Sin embargo, esto no le resta importancia a que ambos tipos de industrias deben cumplir con un sistema de cuidado.

Según el informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos del mundo realizado por las Naciones Unidas, “Agua para todos, agua para la vida” (marzo, 2003), se registra que más de un 80% de los desechos peligrosos del mundo se producen en los países industrializados, mientras que, en las naciones en vía de desarrollo, un 70% de los residuos que se generan en las fábricas se vierten al agua sin ningún tipo de tratamiento previo, contaminando así los recursos hídricos disponibles.

Para el 2013, en la ciudad de Santo Domingo el total de aguas residuales generadas en el Distrito Nacional y la provincia Santo Domingo fue en promedio 790,096.8 m³/día. De esta cantidad sólo se tratan aproximadamente 29,980 m³/día, equivalente a 3.8 % de la producción diaria de aguas residuales. Esta cifra representa un porcentaje insignificante frente a los daños que pueden causar estas aguas al ambiente que rodea al ser humano.

Una de las industrias de alimentos que genera un gran volumen de aguas residuales es la industria de aceites comestibles. Esta gran cantidad de agua proviene en su mayoría del proceso de refinado, de las etapas de desgomado, neutralización y desodorización que es llevada a cabo en la refinación química, método de refinación más utilizado en República Dominicana.

El tratamiento de estas aguas es un problema de preocupación ambiental, debido a que los flujos de residuos que salen sin ningún tratamiento producen problemas ambientales como la amenaza de la vida acuática, debido a su alto contenido orgánico. Las características de estas aguas dependen del tipo de aceite procesado, lo que da como resultados contaminantes tanto inorgánicos como orgánicos.

PRIMERA PARTE

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

El uso de métodos para el tratamiento de aguas residuales data desde tiempos antiguos, debido al uso vital del agua para el ser humano. Con relación a las diferentes actividades continuas del ser humano en las cuales implicaba el uso del agua, se empezó a crear sistemas para su tratamiento, tales como alcantarillados, cloacas, entre otras. En la década de los sesenta surge una preocupación, al ser humano darse cuenta de que a medida que iba en progreso industrial, también iba en crecimiento la contaminación del agua, por lo cual se vio obligado a crear sistemas para reducir su contaminación que continúan en mejora hasta hoy.

I.1. Historia de las aguas residuales

Los métodos utilizados para el tratamiento de aguas residuales se remontan a la época antigua. López y Buitrón, en su libro: “Tratamiento biológico de aguas residuales: principios, modelación y diseño” (2017), describen como los sistemas de alcantarillados eran utilizados en lugares prehistóricos de Creta y en las ciudades Asirias. También eran utilizadas letrinas comunes por los antiguos griegos, las cuales drenaban hacia alcantarillas siendo dirigidas hacia un colector a las afueras de la ciudad. Estas llevaban aguas residuales y pluviales en su contenido, siendo aprovechadas en la tierra para riego, fertilización de cultivos y huertos.

Con el paso del tiempo, las calles de la ciudad eran lavadas con agua de acueducto y estas aguas retornaban al sistema de alcantarillado. Esta costumbre desarrollada en Roma significó que junto al agua arrojada viajaban grandes cantidades de materia orgánica. Como consecuencia, la saturación en estas tierras presentó problemas, haciendo surgir métodos para mejoras en las aguas reutilizadas. Para el año 1893 en Salford se instaló uno de los primeros filtros biológicos.

En Reino Unido en 1914 fue descubierto el proceso de lodos activados mediante un reactor de llenado y vaciado que generó un efluente altamente tratado. A inicios del siglo XX, los criterios a tomar en cuenta para la mejora de las aguas residuales empezaron a surgir. Factores como la demanda biológica de oxígeno, la presencia de nitrógeno y fósforo causantes de algas en sistemas de agua, empezaron a ser considerados.

En el 1959 Pasveer se encarga de desarrollar una línea diferente con la creación de fosas biológicas. Sin embargo, se buscaba la eliminación total del fósforo, objetivo que no se había logrado conseguir hasta 1970 mediante la precipitación química seguida de una filtración. En esa misma época, la crisis energética de los setenta impulsó el desarrollo de procesos anaerobios para el tratamiento de aguas.

La construcción de estos sistemas utilizados para las plantas de tratamiento, fueron expuestos como un problema debido a la comunidad que se desarrollaba alrededor, obligando a los ingenieros a buscar alternativas mediante la creación de reactores, volviendo a los filtros percoladores.

La demanda de mejores efluentes incrementó al igual que el desarrollo de nuevas tecnologías, como los reactores discontinuos secuenciales, la adición de químicos para la eliminación de sustancias, control de la aireación, entre otros métodos que siguen desarrollándose en la actualidad.

La búsqueda reciente en los sistemas de tratamientos es la eliminación de los micro-contaminantes que logran acumularse en el agua y afectar los ecosistemas, y la modernización de las maquinarias ya existentes.

1.1.1. Historia de las aguas residuales en la República Dominicana

A medida que la República Dominicana fue creciendo demográfica e industrialmente, surgió la necesidad del tratamiento de aguas servidas. Según la Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD) en su libro “Manejo de los Desechos Líquidos en la República Dominicana”, Abril 1999, el primer sistema de alcantarillado sanitario fue construido en 1928, mientras que la primera planta para el tratamiento de aguas negras fue instalada 1959 en la ciudad de Santiago de los Caballeros.

Uno de los primeros pioneros de la Ingeniería Sanitaria, el Ing. Báez, en su libro “Sobre el Acueducto de Santo Domingo”, publicado en 1923, expone el potencial de contaminación de las aguas vertidas sin ningún tratamiento en los cuerpos hídricos de la República Dominicana.

A partir de 1928, específicamente en la década de los setenta se construyó un gran porcentaje de sistemas de saneamiento para aguas negras. Desde entonces, se han construido diversos alcantarillados sanitarios y sistemas de tratamientos industriales adecuados a los parámetros de vertido de las aguas producidas.

1.2. Estudios precedentes

Un ensayo realizado por Fernández, Abalos, Crombet, y Caballero, por la asociación interciencia de Venezuela, acerca de la “Biodegradabilidad anaerobia de aguas residuales generadas en una planta refinadora de aceite de soja en Cuba” (2010), evaluaron la biodegradabilidad de dichas aguas utilizando el sedimento de un río contaminado como inóculo; cuya conclusión principal de la investigación fue que las aguas residuales de la planta refinadora del aceite de soja no cumple con las normas de vertido, debido a que estas aguas son descargadas al río con una gran cantidad de contaminantes. El tratamiento anaerobio aplicado a dichas aguas remueve más del 90% de la materia orgánica.

Un artículo publicado por Muñoz y Ramos, acerca de “los Reactores Discontinuos Secuenciales: una tecnología versátil en el tratamiento de aguas residuales” (2014), describen lo importante de la aplicación de esta tecnología para el tratamiento de aguas residuales, ya que este tipo de tecnología se puede aplicar para tratar una gran cantidad y variedad de aguas residuales tanto domésticas como industriales. Llegaron a la conclusión de que este tipo de sistemas para el tratamiento de aguas residuales es muy útil para las industrias y que en comparación con los demás sistemas ofrece la facilidad de operación y la posibilidad de eliminar en una sola unidad nutrientes y materias orgánicas.

Una tercera investigación llevada a cabo por Parra, acerca de la “Digestión anaeróbica: mecanismos biotecnológicos en el tratamiento de aguas residuales y su aplicación en la industria alimentaria” (2015), donde se realizó una descripción bioquímica y microbiológica de la digestión anaerobia aplicada al tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria de alimentos, cuya conclusión principal fue que el proceso de digestión anaerobia es llevado a cabo mediante cuatro etapas, conocidas como hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis, metanogénesis y en cada una de ellas interactúan microorganismos que degradan los componentes de la materia orgánica como las proteínas, carbohidratos y lípidos en metano y CO₂.

CAPÍTULO II

MARCO CONCEPTUAL

II.1. Aguas residuales

Se definen las aguas residuales o aguas de desechos como aquellas aguas procedentes del uso humano que han sido adulteradas de su estado natural gracias a la presencia de sustancias (químicas, biológicas) que llegan a ser nocivas para el ser humano. Estas aguas presentan diferentes clasificaciones dependiendo de su origen, se definen como aguas residuales domésticas, industriales, urbanas, pluviales e infiltración o caudales adicionales.

II.1.1. Aguas residuales domésticas

Son aquellas aguas procedentes de viviendas o de lugares con actividades domésticas, es decir, aguas procedentes de lavadero, baños, cocinas, entre otros. Estas aguas suelen estar compuestas por sólidos suspendidos y sedimentables, estos son materia orgánica e inorgánica respectivamente, por nutrientes y organismos patógenos. Entre las aguas domesticas se encuentran las aguas negras y grises.

- Aguas negras: fluidos procedentes de sistemas cloacales, líquidos con materia orgánica: fecal y orina.
- Aguas grises: se caracterizan por ser fluidos jabonosos, procedentes de duchas, lavaderos, lavamanos, lavadoras, entre otros.

II.1.2. Aguas residuales industriales

Aguas procedentes de desechos en los procesos de producción, fabricación, transformación industrial o de manufactura. Poseen características específicas dependiendo de la industria de la que provenga. De modo que, son los sistemas más peligrosos y difíciles de eliminar debido a la amplia variedad de sustancias en cuanto a composición y caudal, llevándolo a estudios específicos de acuerdo a la industria que desea implementar el tratamiento.

El agua de origen industrial se clasifica según sus vertidos en cinco grupos: industrial con vertimientos principalmente orgánicos, industrias con vertimientos de tipo orgánico e inorgánico, industrias con vertimientos que contienen materia en suspensión e industrias con vertimientos de tipo refrigerantes.

II.1.3. Aguas residuales urbanas

Resultan ser aguas originadas de un conglomerado urbano, suelen ser la unión de aguas domésticas e industriales. Son recogidas, generalmente, por redes de alcantarillados o sistemas recolectores.

II.1.4. Aguas residuales pluviales

Aguas de lluvia, que son descargadas en grandes cantidades sobre el suelo, arrastrando los residuos que se encuentren en el mismo: tierra, arena, basuras, hojas, entre otros.

II.1.5. Infiltración o caudales adicionales

Son aguas que se mezclan en los sistemas de alcantarillado debido a defectos de tuberías, empalmes de las tuberías, etc.

II.2. Características de las aguas residuales

El conocimiento de las características que presentan las aguas residuales es fundamental para el correcto tratamiento de las mismas. No es posible la solución a un conflicto sin antes saber la raíz de la problemática. Estas aguas comprenden características que abarcan aspectos físicos, químicos y biológicos en su composición o estructura.

II.2.1. Características físicas

El aspecto o las características físicas que presenta un cuerpo de aguas residuales, puede brindar información de las características del agua. La característica más notable de las aguas residuales es el conjunto de todos los sólidos, denominados como sólidos totales y estos a su vez se subdividen en diversas ramificaciones, tales como sólidos en suspensión y sólidos filtrables.

Los sólidos en suspensión son aquellas partículas que flotan en las aguas, estos suelen ser orgánicos y se dividen en sedimentables y no sedimentables. Mientras que los sólidos filtrables se subdividen en disueltos y coloidales, de estos los disueltos se caracterizan por ser moléculas tanto orgánicas como inorgánicas junto con iones en disolución del agua, y los sólidos coloidales son partículas sólidas muy finas que no sedimentan por métodos convencionales.

Otras características agrupadas en condiciones físicas son la temperatura, el color y el olor. El olor de las aguas residuales suele provenir debido a la descomposición de la materia orgánica o a la presencia de microorganismos. El color, por su cuenta, proviene de las sustancias dispersas en el agua.

La temperatura propia de las aguas residuales industriales suele ser más elevada que la de uso común, debido a su procedencia de procesos industriales. Esto provoca un incremento en la velocidad de reacción de los microorganismos y de las reacciones químicas.

II.2.2. Características químicas

Las características químicas resultan ser un valor de vital importancia en la caracterización de las aguas residuales. Dentro de los compuestos químicos presentes en las aguas residuales, se destacan los compuestos orgánicos, que tiene su origen del reino animal o vegetal, y de la producción industrial de compuestos orgánicos. Entre ellas se encuentran las proteínas, los hidratos de carbono, compuestos orgánicos volátiles, pesticidas, entre otros.

Otro grupo presente en las características químicas son los compuestos inorgánicos. Estos suelen afectar el pH del agua. Dentro de esta clasificación se encuentra el fósforo, nitrógeno, elementos tóxicos, entre otros y, por último, se encuentran los elementos o compuestos gaseosos, que pueden ser el metano, anhídrido carbónico, entre otros.

II.2.3. Características biológicas

Atendiendo a la concentración y la composición de las aguas residuales, estas pueden transportar una cantidad ilimitada de microorganismos presentes en el seno de la misma. El crecimiento o la proliferación de los organismos en las aguas residuales, va íntimamente conectada a las características físicas y químicas del agua, como son el pH y la temperatura, puesto que los organismos se desarrollan con estos parámetros. Los grupos más comunes en las aguas residuales son las bacterias, protozoos, virus y hongos.

- **Bacterias:** microorganismos procariotas unicelulares, presentes en casi todo el planeta. Producen enfermedades considerándose los microorganismos más pequeños luego de los virus.
- **Protozoos:** organismos unicelulares, caracterizados por ser contaminantes y productores de enfermedades.
- **Virus:** microorganismos considerados agentes infecciosos que sólo pueden multiplicarse dentro de las células de otros organismos. Al ser agentes infecciosos son partículas productoras de enfermedades.
- **Hongos:** organismos eucariotas que viven sobre materias orgánicas en descomposición. Entre los que se encuentran los mohos, las levaduras y los organismos productores de setas u hongos comestibles.

II.3. Parámetros en aguas residuales

Los parámetros principales de control para el tratamiento de aguas residuales a tomar en cuenta en una industria de aceites comestibles son los siguientes: pH, sólidos totales, oxígeno disuelto, DBO, DQO, grasas y aceites, incremento o reducción de la temperatura y nitrógeno total.

II.3.1. pH

Indicador de iones hidrógeno presentes en una sustancia. Este parámetro va estrechamente ligado a la calidad del agua. El pH del agua puede variar desde 0 a 14, identificado el punto 7 como punto neutro. Valores mayores a 7, el efluente es considerado alcalino, mientras que con valores inferiores a 7 es considerado ácido. Indicando en ambos casos la acidez o alcalinidad del agua. Se estiman valores permitidos entre 6.0-8.5.

El pH es definido como el logaritmo negativo de base 10 de la concentración de los iones hidrógeno:

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] \quad (\text{Ec. II.1})$$

A través de este valor se puede determinar la estructura y la actividad de las moléculas que componen la solución en cuestión.

II.3.2. Sólidos totales

Se considera como sólidos totales al contenido total de materia orgánica e inorgánica presente en el agua. Es el conglomerado de materiales de diferentes tamaños y densidades. A menudo, los sólidos representan entre el 30% y el 60% de la DBO. sin embargo, para residuos industriales suelen presentarse variaciones. Estos sólidos pueden ser sólidos disueltos, flotantes, sedimentables o suspendidos.

Los sólidos totales son una combinación de dos medidas: sólidos totales disueltos y sólidos totales suspendidos. Los sólidos totales disueltos, como su nombre lo indica, se encuentran como una mezcla homogénea con el agua residual, mientras que los sólidos totales suspendidos son aquellos que no se han disuelto en el agua.

II.3.3. Oxígeno disuelto

Medida que indica la cantidad de oxígeno gaseoso que se encuentra disuelto en un medio, específicamente en una solución acuosa. Su concentración es inversamente proporcional a la temperatura del agua, es decir, a mayor temperatura menor concentración de oxígeno disuelto en el medio.

La presencia de materia orgánica puede reducir la cantidad del oxígeno disuelto. Suele expresarse en miligramos por litro, o porcentualmente, en función de la concentración de saturación del agua a la temperatura medida.

II.3.4. Demanda química de oxígeno

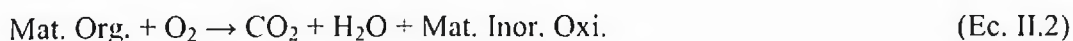
Parámetro basado en la oxidación química de las sustancias disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Busca la medición de la concentración de carbonos orgánicos, aunque algunos compuestos inorgánicos sufren oxidación, generando interferencia en la medición.

La aplicación más común de la demanda química de oxígeno, es proporcionar una medida del grado de contaminación del agua residual, dando un margen de calidad al agua.

II.3.5. Demanda biológica de oxígeno

Se encarga de medir la cantidad de materia orgánica que puede ser oxidada a través de métodos biológicos presentes en una muestra líquida. A través de este se mide el grado de contaminación. Suele ser medido luego de cinco días, por ello es conocido como DBO₅.

La reacción toma lugar de la siguiente manera:



La DBO y la DQO están íntimamente relacionadas, debido a que la DQO engloba la DBO, la diferencia radica en que en la DBO sólo es posible determinar el material orgánico que puede ser degradado biológicamente mientras que en la DQO todo el material orgánico es oxidado químicamente, sea biodegradable o no. En vista de, el valor de DQO siempre será mayor que la DBO.

II.3.6. Grasas y aceites

Son compuestos orgánicos con menor densidad que el agua y poca solubilidad en la misma, por ello se forman dos capas donde las grasas y aceites tienden a flotar dificultando la transferencia de oxígeno, considerándose inmiscibles con el agua al entrar en contacto con esta. El hecho de que las grasas y aceites son menos densas que el agua e inmiscibles con ella, hace que se difundan por la superficie donde se encuentren, así que pequeñas cantidades pueden cubrir grandes superficies de agua.

La oxidación es considerada la reacción más importante en las grasas y aceites, específicamente de los lípidos que lo componen. Esto provoca que, al llegar a las etapas posteriores, fijan rápidamente el oxígeno disuelto disponible, pudiendo ocasionar situaciones de anoxia.

II.3.7. Incremento o reducción de la temperatura

La temperatura se define como una magnitud que mide partículas en agitación en un cuerpo o grado de calor en los mismos. Dependiendo de las operaciones unitarias llevadas a cabo durante el proceso, se obtendrá un valor elevado, disminuido o neutral de la temperatura.

II.3.8. Nitrógeno total

Representa la suma de diversas fuentes de nitrógeno, las cuales son nitrógeno orgánico, amonio, nitrito y nitrato. El nitrógeno total es el que tiene mayor efecto sobre los ecosistemas, influyendo en el crecimiento de las plantas.

Las conversiones entre las distintas formas del nitrógeno, están influenciadas por el pH y la temperatura del medio. Esta serie de conversiones del nitrógeno se fundamentan en el consumo de oxígeno a través de las transformaciones químicas del nitrógeno.

La oxidación ocurre en dos partes, la primera oxidación toma lugar con un grupo de bacterias llamadas nitrosomonas que oxidan el ión amonio o el amoníaco a nitrito. luego de esto un segundo grupo de bacterias se encarga de transformar el nitrito a nitrato.

Las reacciones son las siguientes:



II.4. Posibles riesgos en aguas residuales

Atendiendo a la Norma Ambiental Sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras, se presentan los siguientes riesgos, producidos por el descuido de estos parámetros:

II.4.1. pH

La vida acuática se desarrolla dentro de un intervalo de pH estricto. Si este valor incrementa o disminuye dentro de los rangos establecidos, da lugar a problemáticas biológicas y rompe el balance químico del agua alterando la vida biológica de las aguas naturales. En otra mano, puede influenciar en la toxicidad de algunas sustancias que dependen del grado de disociación.

II.4.2. Sólidos totales

Son los causantes de la turbidez del agua y obstruyen el paso del flujo. La presencia de materia orgánica mediante bacterias y microorganismos genera compuestos que acidifican el agua y eliminan el oxígeno que es vital para las especies acuáticas. Dentro de los sólidos totales, se encuentran los sólidos inorgánicos disueltos, tales como el nitrógeno y el fósforo, causantes de la eutrofización.

II.4.3. Oxígeno disuelto

Es el encargado de sustentar la mayoría de los organismos acuáticos. El nivel requerido de oxígeno disuelto dependerá de la especie. A nivel bacteriano, el oxígeno disuelto permite la vida de los microorganismos que mantienen el equilibrio en estos ecosistemas, también este nos permite medir la calidad del agua.

Cuando hay contaminantes las bacterias presentes en el agua, tienden a consumir el oxígeno disuelto para realizar los procesos metabólicos de degradación de estas sustancias a otras más simples. La presencia de oxígeno evita el desarrollo de procesos anaerobios que provocan malos olores en el agua.

II.4.4. DBO/DQO

A partir de estos parámetros se mide la calidad y en la misma mano el poder contaminante que tienen los residuos mezclados entre las aguas residuales. Mientras más elevado sea el valor de estos parámetros, menor será la calidad del agua en cuestión.

La disminución de la DQO y DBO hace que el efluente reduzca los parámetros considerados perjudiciales. Ambos están relacionados y dependiendo del proceso se presentará una variación en esta relación.

II.4.5. Grasas y aceites

Las materias grasas flotantes causan olor y sabor desagradables al agua y disminuyen la vida acuática, debido a que estas provocan la muerte de peces y de gran variedad de algas e insectos acuáticos. Las grasas disminuyen la re-oxidación a través de la interface aire-agua, disminuyendo así el oxígeno disuelto y absorbe la radiación solar, impactando la actividad fotosintética.

II.4.6. Incremento o reducción de la temperatura

El incremento o reducción de la temperatura influirá de manera directa en la cantidad de oxígeno disuelto en las aguas residuales y la transformación de las diversas formas del nitrógeno. Si el valor de la temperatura es alto este puede dar lugar al crecimiento de hongos, algas, entre otros.

Otra razón de mantener la temperatura estable dentro de los parámetros, es porque las bacterias encargadas del proceso biológico deben tener una temperatura óptima tanto para su desarrollo, como para el crecimiento. Si estas bacterias no son rodeadas por la temperatura adecuada, pueden detener su función e incluso llegar de manera expedita a la fase de muerte celular.

II.4.7. Nitrógeno total

El nitrógeno busca ser eliminado por las consecuencias ambientales que tiene, tales como aumentar la acidez, generar eutrofización y toxicidad en los ecosistemas. Ciertas formas de nitrógeno presentan riesgos para el ser humano. Si este es encontrado en altas concentraciones, es responsable del agotamiento del oxígeno en el agua.

El vertido de aguas residuales con presencia de nitrógeno se ha convertido en una preocupación mundial emergente, específicamente por ser el principal ente generador de eutrofización en los cuerpos hídricos donde son descargados.

II.5. Aguas residuales en la industria de alimentos

La industria de alimentos, sin importar cuál sea el producto final, es considerada como una de las industrias con mayor consumo de agua, generando a su vez una gran cantidad de aguas residuales con un contenido considerable de contaminantes. Estos suelen ser contaminantes de origen orgánico, debido a la composición de los alimentos tales como grasas, sólidos suspendidos y disueltos, sangre, etc.

Las características que resaltan en esta clasificación de aguas residuales son las químicas y biológicas, una entrelazada con la otra. En ellas se incluyen las sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en la composición del agua. En ambos aspectos se desarrolla una demanda de oxígeno, tanto biológico como químico.

II.5.1. Desechos de aguas residuales en industria de aceites comestibles

El diseño de un sistema de aguas residuales para efluentes de aceites comestibles, debe ser realizada tomando como objetivo principal la remoción de los contaminantes que afectan los parámetros principales establecidos en la Norma Ambiental Sobre Control de Descargas A Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario Y Aguas Costeras, tales como: demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, pH, aceites y grasas, sólidos suspendidos totales, presencia de nitrógeno, temperatura, entre otros.

Los desechos residuales despedidos dentro de una industria de aceites comestibles poseen un grado de contaminación tal que no pueden ser vertidos de manera directa a los cuerpos hídricos receptores.

La principal contaminación presente dentro de estas aguas se trata de contaminantes orgánicos, específicamente de aceites, grasas y sólidos en suspensión. Las aguas residuales presentan una alteración en el pH dependiendo del proceso de refinación utilizado. Al ser la refinación química el método más utilizado por garantizar mayor obtención de aceite, el agua residual despedida posee un pH alcalino. También contiene otros compuestos relacionados con su tipo de extracción, ya sea física o química, tales como ácido fosfórico, soda cáustica, niveles de porcentaje de nitrógeno, entre otros.

Otra característica presente en estas aguas es el color obtenido, variando entre colores como el marrón y diferentes tonalidades de verde, dependiendo del aceite en cuestión. También presentan alta conductividad térmica y turbidez.

II.5.2. Tratamiento de aguas residuales en la industria alimentaria

Los procesos que se desarrollan en la industria alimentaria exigen un gran consumo de agua potable, por tanto, se requiere tratamiento y canalización de las aguas residuales y contaminantes producidos, tal como la correcta manipulación de desperdicios sólidos y líquidos, que deben ser eliminados de manera constante y eficiente, verificando al mismo tiempo el cumplimiento de las normas nacionales.

Disponer de una planta de tratamiento de agua residual en la industria de alimentos, presenta grandes ventajas debido a los requerimientos del proceso y las exigencias legales.

El proceso de tratamiento de aguas residuales, procedentes de la elaboración de alimentos, inicia con la recolección de dichas aguas, luego pasan por distintos procesos dependiendo del tipo de alimento que la industria procese, en general se puede mencionar los procesos de tamizado, ecualización, tratamiento químico, clarificación, tratamiento biológico y tratamiento de lodos.

- **Tamizado o desbaste:** en esta etapa se separan grandes sólidos, que podrían retrasar el desempeño del equipo o retrasar todo el proceso de depuración del efluente.
- **Ecualización:** los tanques ecualizadores son diseñados para controlar el caudal del influente y sea consistente para los procesos secundarios y terciarios. Debido al tiempo de retención hidráulica adicional, estos requieren de aireación para prevenir que el agua residual cruda se convierta en séptico y para mantener los sólidos en suspensión.

- **Tratamiento químico:** en esta etapa se hace uso de coagulantes y floculantes. Este proceso se lleva a cabo en floculadores de flujo horizontal o vertical. En ésta etapa también se realiza el ajuste del pH.
- **Clarificación:** se puede realizar por el método de unidad de flotación de aire disuelto (DAF, por sus siglas en inglés), en este proceso que clarifica el agua residual mediante la remoción de materia suspendida como aceites o sólidos. Esto se logra disolviendo aire a presión en el agua residual y luego se libera el aire a presión atmosférica en tanques de flotación o piletas.
- **Tratamiento biológico:** la solución principal a los grandes volúmenes de aguas residuales de la industria alimentaria es el tratamiento biológico. Estos se realizan mediante la digestión anaerobia principalmente, luego estas aguas son enviadas a tratamiento aerobio de ser necesario. La digestión anaerobia produce biogás como metano y dióxido de carbono, está basada en el metabolismo de microorganismo que realizan catabolismo y anabolismo en ausencia de oxígeno.
- **Tratamiento de lodos:** en esta última etapa lo que se hace es un espesamiento y deshidratación de lodos. Los lodos residuales pasan por un proceso de espesamiento para reducir el contenido de humedad y su volumen.

Existen diferentes tipos de lodos, entre ellos se encuentran el lodo primario, que es producido durante los procesos de tratamiento primario de las aguas residuales y son los productos no disueltos de las aguas residuales. El lodo secundario es rico en lodo activo, debido a que este es eliminado para evitar un exceso en la biomasa durante el tratamiento biológico. Por último, está el lodo terciario que se produce a través de procesos de tratamientos posteriores, con adición de agentes floculantes.

II.6. Grasas y aceites

Los aceites y grasas son sustancias de origen vegetal o animal y están compuestos por triglicéridos. La diferencia entre ambos términos es que las grasas son sustancias que presentan consistencia semisólida o sólida a temperatura ambiente, mientras que los aceites son una sustancia líquida en las mismas condiciones.

II.6.1. Aceites comestibles

Son líquidos grasos que se obtienen de frutos o semillas, tales como algodón, soya, nueces, almendras, linaza, maíz, y de algunos animales, como la ballena, la foca o el bacalao, cuyos constituyentes principales son glicéridos naturales de los ácidos grasos. De acuerdo a su origen los aceites se clasifican en aceite vegetal, aceite animal y aceite mixto.

- **Aceite vegetal:** según la empresa Bunge, en su página web: “bunguenorthamerica.com”, define el aceite vegetal como una sustancia grasa extraída a partir de una planta, usualmente de la semilla u otras partes de la planta en cuyos tejidos se almacena como fuente de energía, aportando vitaminas A, D, E y K. Las propiedades de estos aceites vienen dadas por los ácidos grasos que lo conforman. Estos aceites representan el 70% de la producción mundial de aceites, siendo el aceite de soya el 30% de esta producción. Son utilizados comúnmente para sazonamiento y fritura.
- **Aceite animal:** compuesto orgánico extraído de animales. Estos presentan mayor consistencia que los aceites de origen vegetal. Algunos de estos aceites son inodoros y de sabor dulce, y poseen cantidades considerables de yodo. Los más importantes son: de ballena, de hígado de bacalao, de pescado, entre otros.

- **Aceite mixto:** mezcla de dos o más aceites puros. Suelen ser utilizados para la cocción debido a que son más resistentes al calor debido a su composición de ácidos poliinsaturados.

II.6.2. Composición química de los aceites

Los aceites están constituidos por triglicéridos, que son ésteres de una molécula de glicerina con tres ácidos grasos. La mayoría de los triglicéridos son mixtos; es decir, dos o tres de sus ácidos grasos son diferentes.

II.6.2.1. Lípidos

Ross en la revista hospitalaria: “Consenso sobre las grasas y aceites en la alimentación de la población española adulta”, postura de la Federación Española de Sociedades de Alimentación, Nutrición y Dietética (2015); define los lípidos del griego lípos, grasa, como el cuarto grupo principal de moléculas presentes en todas las células. A diferencia de los ácidos nucleicos, las proteínas y los polisacáridos, los lípidos no son poliméricos. Sin embargo, se agregan, y es en este estado en el que llevan a cabo su función más obvia como matriz estructural de las membranas biológicas.

II.6.2.2. Ácidos grasos

Son ácidos orgánicos monoenoicos que están presentes en las grasas, muy pocas veces libres, y casi siempre esterificando al glicerol y a veces a otros alcoholes. Comúnmente estos son de cadena lineal y tienen un par de átomos de carbonos. Esto se debe a que, en el metabolismo de los eucariotas, las cadenas de ácido graso se reducen y degradan mediante el aumento o eliminación de unidades de acetato. En ciertos casos hay excepciones, debido a los ácidos grasos de número impar de átomos de carbono en la leche y grasa de los rumiantes y también en algunos lípidos de vegetales, que no son utilizados para la obtención de aceites.

II.6.2.3. Triglicéridos

Según Voet, en su libro: "Principles of Biochemistry", 4ª edición, define a los triglicéridos como sustancias no polares e insolubles en agua, son triésteres de glicerol con ácidos grasos. Los triacilglicéridos funcionan como reservorios de energía en animales y, por consiguiente, son la clase de lípidos más abundantes en ellos, aunque no son componentes de las membranas celulares. Los triacilglicéridos se diferencian de acuerdo con la identidad y la ubicación de sus ácidos grasos. La mayoría de los triacilglicéridos contienen dos o tres tipos diferentes de ácidos grasos y se denominan de acuerdo con su ubicación sobre la porción de glicerol.

II.6.2.4. Fosfolípidos

Ross en su revista hospitalaria: "Consenso sobre las grasas y aceites en la alimentación de la población española adulta", postura de la Federación Española de Sociedades de Alimentación, Nutrición y Dietética (2015); explica que la porción que contiene el fosfato forma parte de la estructura hidrofílica o polar de la membrana celular, mientras que los dos ácidos grasos constituyen la parte hidrofóbica que interactúan con lípidos. Por tanto, los fosfolípidos son moléculas anfifílicas o anfipáticas, debido a este carácter dual de hidrofílico, polar, hidrofóbico y no polar, en su ubicación en la doble capa de la membrana celular.

II.6.2.5. Esteroides

Son compuestos orgánicos derivados del núcleo del ciclopentanoperhidrofenantreno, también conocido como esteroeno, que se compone de vitaminas y hormonas formando cuatro anillos fusionados, tres con seis átomos y uno con cinco. En los esteroides esta estructura de anillos se modifica por adición de diversos grupos funcionales, como carbonilos e hidroxilo o cadenas hidrocarbonatadas.

II.6.2.6. Glicerofosfolípidos

Los glicerofosfolípidos o fosfoglicéridos son los componentes lipídicos principales de las membranas biológicas. Están compuestos por ácido fosfatídico, una molécula compleja compuesta por glicerol, en el que se han esterificado dos ácidos grasos, uno saturado y otro insaturado, y un grupo fosfato. A su vez, al grupo fosfato se une un alcohol o un aminoalcohol.

II.6.2.7. Esfingolípidos

Los esfingolípidos también son componentes principales de las membranas. Su función en las células fue inicialmente enigmática, por lo que se les asignó un nombre que remite a las esfinges. La mayoría de los esfingolípidos son derivados del aminoalcohol C₁₈ esfingosina, cuyo doble enlace posee la configuración trans. Los derivados N-acilo-graso de la esfingosina se conocen como ceramidas.

Las ceramidas son los compuestos que dan origen a los esfingolípidos, los más abundantes son: esfingomielinas, ceramidas que contienen un grupo cabeza de o fosfoetanolamina por lo tanto, también pueden clasificarse como esfingofosfolípidos; los cerebrósidos, ceramidas con grupos cabeza que presentan un solo residuo de azúcar. Por consiguiente, estos lípidos son glucoesfingolípidos y gangliósidos. Son ceramidas con oligosacáridos anexados que presentan por lo menos un residuo de ácido siálico.

II.7. Proceso general para la elaboración de aceites comestibles

Para elaborar aceites comestibles se llevan a cabo dos procesos, los cuales son: extracción y refinado.

II.7.1. Extracción del crudo

Este proceso consta de varias etapas, entre ellas: recepción y almacenamiento de la materia prima, limpieza, trituración, cocción y finalmente extracción del aceite crudo.

- **Recepción y almacenamiento de la materia prima:** las semillas son recibidas en la planta, luego estas son almacenadas para evaluar las impurezas, humedad, etc.
- **Limpieza y descascarillado:** en esta etapa las impurezas son eliminadas y luego las semillas pasan a ser descascarilladas, es decir, se les quita la cáscara a las semillas.
- **Laminado:** ya estando libres de impurezas y sin cáscaras, las semillas pasan a ser trituradas y luego son pasadas a través de unos rodillos lisos, para favorecer la extracción del aceite. La molienda debe ser gruesa para evitar que aparezcan residuos sólidos finos en el aceite.
- **Cocción:** la lámina obtenida de los rodillos lisos, se somete a vapor de agua, para obtener una pasta caliente. El objetivo de este proceso es expandir los tejidos celulares de las semillas, y así preparar la pasta para el prensado.

- **Extracción del aceite:** el proceso de extracción se puede realizar de dos formas, por extracción mecánica y extracción por solvente, esta también se puede llevar a cabo por una combinación de ambas.
- **Extracción mecánica:** en este proceso la pasta es pasada por unas prensas, las cuales contienen unos tamices que permiten pasar el aceite y retienen los residuos sólidos.
- **Extracción por solvente:** este proceso se puede realizar con las semillas oleaginosas o con la pasta que proviene del prensado. Este proceso consiste en poner en contacto las semillas o la pasta con un disolvente orgánico, que puede ser pentano, hexano, heptano y octano, el cual extrae el aceite, separándolo de la mezcla aceite-disolvente.

II.7.2. Proceso de refinación del aceite crudo

La refinación del aceite crudo se puede realizar por dos métodos, que es la refinación física y química. La principal diferencia entre la refinación física y química es la forma en que se eliminan los ácidos grasos libres.

II.7.2.1. Refinación química

La refinación química consta de cinco etapas, que son: desgomado, neutralización, lavado, blanqueamiento y desodorización.

- **Desgomado:** en esta primera etapa, el aceite crudo se pasa por una disolución de ácido fosfórico, para hidratar y precipitar a los fosfolípidos, ya que estos se vuelven insolubles en la grasa, luego se le agrega agua caliente.

La mezcla pasa a una centrifuga, donde el agua y los fosfolípidos son separados del aceite desgomado.

- **Neutralización:** consiste en tratar el aceite desgomado con un álcali, con el objetivo de eliminar sustancias que pueden afectar el sabor, la estabilidad y aspecto del aceite refinado, como son los ácidos grasos libres, carbohidratos, pigmentos, compuestos proteicos, colesterol, etc.
- **Lavado:** después de que el aceite es neutralizado, este contiene cierta cantidad de jabón en suspensión, el cual es eliminado por una serie de lavados con agua caliente. El agua y el jabón son separados del aceite por medio de centrifugación y se le hace otro lavado, luego el aceite es llevado a una torre de secado.
- **Blanqueo:** en este proceso el aceite es blanqueado con tierras de blanqueo o arcillas decolorantes, que pueden ser naturales, artificiales o activadas, con el objetivo de eliminar sustancias que aportan color al producto, como son las clorofilas y jabones, y para descomponer los peróxidos. Después el aceite es filtrado, para retener a los blanqueadores y obtener un aceite neutro blanqueado.
- **Desodorización:** ésta es la última etapa de refinado y se realiza con el objetivo de remover compuestos volátiles que le aportan olores y sabores indeseables al aceite. Es un proceso de destilación con vapor seco, para volatilizar los compuestos que provocan estos olores, como las cetonas y los aldehídos.

En esta etapa se debe agregar un antioxidante al aceite, para expandir su vida útil, ya que los tocoferoles, que son los antioxidantes naturales presentes en el aceite crudo son removidos, estos evitan que el aceite se enrancie o cambie de color durante su almacenamiento y distribución.

II.7.2.2. Refinación física

La refinación física consta de tres etapas, las cuales son: desgomado, blanqueo y neutralización por vapor. El desgomado y blanqueamiento se llevan a cabo de la misma manera que en la refinación química.

Neutralización por vapor: esta neutralización es muy parecida a la desodorización, ya que elimina los ácidos grasos libres mediante una destilación o arrastre por vapor. Para eliminar los residuos de fosfolípidos, se adiciona ácido fosfórico y un agente blanqueador al aceite. Se continúa elevando la temperatura e inyectando vapor, para reducir aún más el contenido de ácidos grasos libres.

CAPÍTULO III

MARCO NORMATIVO

Las industrias en República Dominicana están regidas por leyes sobre el tratamiento que deben cumplir en relación a las aguas industriales que producen. Según la Norma Ambiental Sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras del año 2012, se establecen criterios que deben cumplirse antes del vertido de agua a cuerpos hídricos receptores.

A nivel nacional se define como agua residual aquella agua cuya composición y calidad original han sido alteradas como resultado de su utilización, procedentes tanto de residencias, instituciones públicas y privadas, industriales, establecimientos comerciales, y los que puedan agregarse, eventualmente.

Se establece en el Artículo 4, que todo ente generador deberá dar tratamiento a sus aguas residuales para que cumplan las disposiciones de esta norma y así evitar perjuicios al ambiente, la salud, o al bienestar humano; procurando la mejor tecnología disponible, económicamente viable, y las mejores prácticas de manejo y prevención de la contaminación que garanticen que sus descargas cumplen con lo establecido.

Según los reglamentos de vertidos de aguas residuales en República Dominicana, se prohíbe la descarga de gasolina, benceno, naftaleno, aceites lubricantes y cualquier otro derivado del petróleo. También se prohíbe la descarga de desechos sólidos de cualquier tipo, incluyendo los sedimentos, lodos, y/o sustancias sólidas provenientes de los sistemas de tratamiento de residuos líquidos, entre otras sustancias. Se fijan parámetros que se deben cumplir, establecidos en el anexo III, tabla 4 y tabla 5.

El reglamento no exime de responsabilidad a las industrias generadoras de aguas residuales. En el Artículo 32 de la Norma, expresa que cada instalación o proyecto generador de aguas residuales es responsable del seguimiento y control de sus descargas y deberá realizarlo de manera periódica, manteniendo un registro de los resultados de este monitoreo en un lugar accesible dentro de la instalación.

Toda industria que no cumpla con estos reglamentos será sancionada de acuerdo a la ley general sobre medio ambiente y recursos naturales (64-00) del 18 de agosto del 2000 y el reglamento para el Control, Vigilancia e Inspección Ambiental emitido mediante la Resolución No.18/2007, del 15 de agosto de 2007 y, sin perjuicio de las demás disposiciones que rigen la materia.

SEGUNDA PARTE

MARCO METODOLÓGICO

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

La siguiente investigación presenta como propósito el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales, para que pueda ser implementado en industrias de aceites comestibles. Para esto se proporciona a continuación la metodología del trabajo, para alcanzar los objetivos propuestos.

IV.1. Tipo de investigación

El siguiente estudio de investigación es de tipo bibliográfico, debido a que los datos están basados en consultas de libros, enciclopedias, trabajos de grado, páginas web, folletos, artículos científicos y otros tipos de informaciones escritas consideradas importante. También se realizan entrevistas a entidades privadas para la recopilación de resultados coherentes.

Este tipo de investigación permite, entre otras cosas, sustentar la línea exploratoria que se lleva a cabo, mediante conocimiento de experimentos ya realizados para repetirlos cuando sea necesario, también permite continuar desarrollos científicos interrumpidos y evita emprender investigaciones ya ejecutadas, entre otras finalidades.

La investigación bibliográfica y documental es definida como un proceso sistemático y secuencial de recolección, selección, clasificación, evaluación y análisis de contenido del material empírico impreso y gráfico, físico y/o virtual que servirá de fuente teórica, conceptual y metodológica para una investigación científica determinada (Rodríguez, 2013).

IV.2. Simulador

El diseño es realizado a través Vectorworks, utilizado para modelar diseños estructurales. Es un software para el diseño y dibujo arquitectónico enfocado en varios sectores, entre ellos, la industria de construcción, entretenimiento, paisajismo y mecánica industrial.

La simulación es llevada a cabo mediante el software STOAT, que es una herramienta diseñada para simular dinámicamente la productividad de una planta de tratamiento de aguas residuales. El software se puede utilizar para simular procesos de tratamiento, tanto de una planta completa como operaciones individuales, incluidos los procesos de tratamiento de lodos, la importancia de fosas sépticas y el reciclaje.

El software permite al usuario optimizar la respuesta de la planta de tratamiento tanto a los cambios en las cargas influentes, como a la capacidad de la planta o las condiciones de operación.

CAPÍTULO V
ASPECTOS PRÁCTICOS

V.1. Estado del agua a tratar

Las aguas residuales a tratar son clasificadas en aguas residuales industriales con vertimientos de tipo orgánico e inorgánico, provenientes de diversas etapas del proceso de refinación química: desgomado, neutralización y desodorización. De acuerdo al parámetro de la DBO las aguas residuales despedidas por la industria de aceites comestibles son consideradas medianamente contaminadas, según la presente tabla:

TABLA 1.
GRADO DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA
EN FUNCIÓN DE LA DBO

Clasificación	Rango (mg/L)
Pura	2-20
Poco contaminada	20-100
Medianamente contaminada	100-500
Muy contaminada	500-3,000
Extremadamente contaminada	3,000-15,000

Fuente: Nihon Kasetsu. (noviembre, 2017). *DBO y DQO para caracterizar aguas residuales*. Recuperado de: nihonkasetsu.com/es/dbo-y-dqo-para-caracterizar-aguas-residuales/

V.2. Planta de tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de estas aguas consta de un conjunto de operaciones unitarias que van desde un pretratamiento del agua que buscan modificar el estado de la misma, hasta obtener un volumen con características óptimas para su vertido o reutilización.

El diseño para la industria de aceites comestibles inicia con un tanque de almacenamiento, seguido por una trampa de grasa para la separación de los aceites provenientes del proceso de producción, un tanque para la regulación o neutralización del pH, consecuente a esto un reactor SBR (por sus siglas en inglés: Sequencing Batch Reactor) o reactor discontinuo secuencial, donde se eliminan mediante métodos microbiológicos los parámetros que influyen en la calidad del agua y finalmente una etapa de desinfección mediante un sistema de cloración.

V.2.1. Tanque de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento son estructuras utilizadas para preservar, acumular, guardar o reunir líquidos o gases. Estos tanques pueden tener formas rectangulares, cuadradas o cilíndricas, siendo este último el más utilizado.

Dentro de los tanques de almacenamiento se obtienen condiciones favorables antes de seguir las operaciones posteriores, tales como acondicionar el afluente a presiones y temperatura regular o ambiente.

V.2.2. Trampa de grasa

La trampa de grasa es un dispositivo fabricado para la separación de sustancias por medio de métodos físico-químico, específicamente por flotación y sedimentación. La mezcla heterogénea es dividida, ya que la grasa asciende por flotación gracias a su baja densidad frente al agua, mientras que los sólidos se sedimentan en la parte baja de la trampa.

Las trampas de grasas pueden tener diferentes formas de diseño y estar elaboradas con diversos materiales, entre ellos se encuentra el acero inoxidable, hormigón, plásticos y fibra de vidrio.

V.2.3. Etapa de neutralización

En esta etapa se busca mejorar el pH de la muestra a tratar para obtener eficacia y crear condiciones óptimas en la fase biológica consecuente donde se desarrolla la actividad microbiana. En la misma mano, se busca estabilizar el pH para cumplir los requisitos establecidos en la Norma ambiental de la República Dominicana.

Cuando el aceite obtenido es refinado mediante refinación química, se obtiene un afluente alcalino y el pH debe ser regulado, sin embargo, si la refinación sucede por métodos físicos, no es necesaria esta etapa.

V.2.4. Reactor discontinuo secuencial

Un reactor discontinuo secuencial es un sistema especial de lodos activados utilizado comúnmente en tratamiento de aguas residuales. Cumple con un ciclo de vaciado y llenado durante su fase de funcionamiento. En este sistema interviene la mezcla, reacción del sustrato con los lodos y sedimentación.

La ventaja que presenta este sistema frente a los lodos activados es que estas operaciones ocurren dentro de un mismo tanque reactor, mientras que en los lodos activados ocurren en tanques individuales.

Se plantea un reactor discontinuo secuencial para la degradación de la materia orgánica, disminución de la DQO, DBO y la eliminación del nitrógeno y fósforo contenida en la muestra. Las etapas del proceso son llevadas a cabo de manera secuencial y periódica.

V.2.4.1. Fase de alimentación o llenado

Las aguas residuales se depositan en el reactor hasta obtener el volumen deseado, donde antes de ser vertidas deben estar presentes los lodos activados. El efluente residual vertido brinda nutrientes a los organismos vivos que componen los lodos activados.

V.2.4.2. Fase de reacción

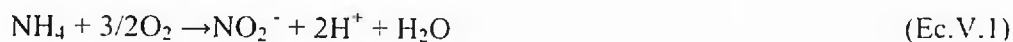
En esta etapa, como su nombre lo indica, se llevan a cabo las reacciones químicas y biológicas para la reducción y eliminación de los parámetros perjudiciales en el afluente. Durante esta etapa el caudal de alimentación es nulo. Las reacciones son llevadas a cabo por bacterias, que desarrollan su mecanismo dependiendo del medio donde se encuentren. Entre las reacciones que se llevan a cabo están: la nitrificación, desnitrificación y eliminación biológica del fósforo.

- **Nitrificación:** esta fase está diseñada para la reducción de la DBO, SST y N en forma de NH_4 .

La operación empieza con la aireación del efluente para que ocurra la conversión aerobia de amonio a nitrito, conocido como nitrificación. Este proceso es llevado a cabo por las bacterias nitrificantes autotróficas, que son bacterias aerobias obligadas, específicamente nitrosomonas, encargadas de la oxidación de amonio a nitrito.

Las bacterias nitrosomonas son un grupo de bacterias gram-negativas que pueden permanecer dentro de un pH óptimo de 6-9 con un rango de temperatura entre 20°C-30°C. Entre las bacterias podemos encontrar diferentes especies, tales como *N. europaea*, *N. aestuarii*, *N. communis*, *N. eutropha*, *N. marina*, entre otras.

Esta primera conversión sucede por la siguiente ecuación:



El nitrito obtenido en la nitrificación permanece por poco tiempo, clasificándose como un producto intermedio, y este es oxidado a nitrato por bacterias nitrobacter (bacterias nitrito-oxidantes) junto al oxígeno suministrado. Este grupo de bacterias es clasificado como quimiolitotrofos. La reacción es llevada a cabo por la siguiente ecuación:



Al finalizar el proceso de nitrificación, el nitrato obtenido debe ser eliminado mediante la desnitrificación. En otra mano, al suministrar oxígeno al medio, esto permite la reducción de olores del efluente.

- **Desnitrificación:** la desnitrificación es la conversión del nitrógeno en forma de nitrato a nitrógeno gaseoso el cual posteriormente es liberado a la atmósfera.

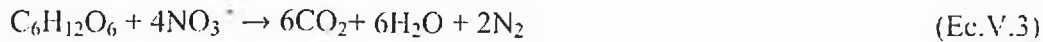
La conversión del nitrógeno en forma de nitrato es llevada a cabo gracias a bacterias heterótrofas aerobias facultativas en condiciones anóxicas, tales como azospirillum, rhizobium, rhodopseudomonas y propionibacterium, implementando agitación dentro del reactor. Estas bacterias son capaces de utilizar los nitratos como aceptores de electrones, en lugar del oxígeno disuelto en el medio cuando se encuentra en condiciones anóxicas.

La transformación ocurre en varias etapas: el nitrato (NO_3^-) obtenido en la nitrificación es convertido en nitrito (NO_2^-), óxido nítrico (NO), óxido nitroso (N_2O) y finalmente en nitrógeno gaseoso (N_2).

Para llevar a cabo la desnitrificación, los microorganismos requieren una fuente de carbono orgánico a la que poder oxidar, esta puede ser la materia orgánica presente en el agua residual a tratar o un sustrato externo (metanol, etanol, ácido acético).

Si el agua residual aporta su propio carbono, el consumo de oxígeno en las fases aerobias disminuirá, ya que en gran parte de la materia orgánica se habrá oxidado durante el proceso de desnitrificación. Sin embargo, si la materia orgánica se agota previamente, será necesario agregar una fuente externa de carbono. Una de las sustancias más utilizadas para ello es el metanol debido a su bajo costo y a su gran eficiencia como dador de electrones o con glucosa.

La desnitrificación al trabajar con bacterias heterótrofas, puede ser presentada al mismo tiempo que se consume la materia orgánica, mediante la siguiente reacción:



En la fase de reacción el pH se ve afectado durante la nitrificación donde el medio es acidificado, no obstante, en la desnitrificación se recupera la alcalinidad y aumenta el pH.

- **Eliminación Biológica del Fósforo:** los organismos encargados de la eliminación biológica del fósforo son conocidos como PAO (por sus siglas en inglés Phosphate Accumulating Organisms).

La reacción toma lugar en dos etapas del proceso. Durante la primera etapa anaerobia las bacterias PAO son capaces de acumular los ácidos grasos volátiles utilizándolos como polímeros internos de reserva, conocidos como polihidroxicanoatos (PHA, por sus siglas en inglés).

La energía requerida para la acumulación de estos ácidos grasos es obtenida a través de hidrólisis de las reservas de glucógeno y polifosfato intracelular, haciendo que las bacterias liberen fosfato al medio y así conseguir la energía necesaria para la acumulación de los ácidos grasos volátiles. Mientras más efectiva sea la acumulación de estos ácidos, mejor será la resistencia de estos microorganismos para crecer y mantenerse en condiciones que podrían ser consideradas desfavorables dentro del reactor.

Al llevarse a cabo la etapa de aireación junto a la nitrificación, las bacterias nitrificantes consumen el oxígeno suministrado por la aireación más rápido que las PAO. Durante esta etapa, las PAO consumen su reserva interna, de tal manera que no se compite por el sustrato del medio.

Estas bacterias utilizan los ácidos grasos para regenerar glucógeno y polifosfatos, para lo que absorben del medio ingentes cantidades de fosfatos, para crecer y multiplicarse.

V.2.4.3. Fase de sedimentación

En esta etapa del proceso se obtiene el lodo, en la cual el material sólido suspendido contenido en la muestra se deposita en el fondo del reactor. Este lodo puede conseguirse mientras se está llevando a cabo la fase de reacción o durante la fase en cuestión.

La eficacia de la fase toma lugar en condiciones de quietud o reposo, donde se genera un sobrenadante clarificado, que es el efluente meta. Mientras que la biomasa quedará definida por la reacción del volumen total entre el volumen clarificado, V_T/V_C .

El tiempo de retención hidráulico o de sedimentación típico varía dependiendo de la velocidad de sedimentación.

V.2.4.4. Fase de vaciado o purgación

Esta fase es considerada la etapa final del reactor SBR, en ella se obtiene el sobrenadante clarificado. La obtención de este sobrenadante se puede obtener mediante cañerías fijas a un nivel específico del reactor donde el nivel del agua o mediante vertederos regulables. El mecanismo propuesto es fijar una tubería a una profundidad determinada con una regulación y control del flujo mediante una válvula automática.

El tiempo de retención celular o la edad del lodo está comprendido en un rango de 10-25 días para su eliminación. Esta variación depende de la velocidad de reproducción de las bacterias que componen el lodo.

V.2.5. Etapa de desinfección mediante un sistema de cloración

La etapa de desinfección mediante un sistema de cloración es la culminación del proceso del tratamiento del agua y es un método de desinfección categorizado en agentes químicos debido al uso del cloro para la desinfección.

Generalmente es conocido como el tratamiento terciario del sistema, debido a que en este punto del proceso se busca higienizar y adecuar el agua tratada para poder utilizarla posteriormente en otras actividades. También persigue la eliminación de la carga orgánica residual y de aquellos contaminantes que no pudieron ser eliminados en los tratamientos anteriores.

En esta etapa se ha eliminado la actividad bacteriana, resultante de los procesos anteriores, además se eliminan sustancias que provocan olores no deseados en el agua. para llevar a cabo esta eliminación se utiliza una disolución de ALSOCLOR, para garantizar la calidad del agua frente a cualquier contaminante.

V.3. Especificaciones de diseño y cálculos

Los cálculos se efectúan en base a un flujo de 20 m^3 de agua residual por día. Esta base de cálculo es tomada al ser la cantidad de agua residual generada en una industria de aceites comestibles en la República Dominicana, dato obtenido mediante la comunicación verbal con el gerente de planta de la industria.

V.3.1. Tanque de almacenamiento

Se plantea para el inicio del proceso, un tanque de almacenamiento debido a que las aguas obtenidas en el proceso no vienen de una sola parte, si no que provienen de diversos canales de descarga de las operaciones unitarias ocurridas en el proceso de refinación del aceite. A continuación, se especifican las características del tanque de almacenamiento:

$$h = 5.62m$$

$$D = 2.78m$$

$$v = A_b h \quad (\text{Ec.V.4})$$

$$A_b = \pi r^2 \quad (\text{Ec.V.5})$$

-Donde el volumen del tanque quedará definido como:

$$v = \pi (1.39m)^2 (5.62m)$$

$$v = 34.11m^3 \approx 34,112.68L$$

V.3.2. Trampa de grasa

Se propone una trampa de grasa elaborada en plástico y reforzada con fibra de vidrio. Estos son los plásticos termoestables más comúnmente utilizados en las plantas químicas.

V.3.2.1. Especificaciones de diseño

- El volumen de la trampa de grasa se mide en GPM.
- Debe ser instalada lo más cerca posible del punto generador o tanque de almacenamiento del agua residual.
- El volumen de la trampa de grasa es calculado mediante la ecuación de volumen de un prisma recto.
- El volumen total debe ser multiplicado por 0.75 como un factor de seguridad, para desplazamiento del fluido dentro de la trampa. Este es considerado como la altura útil de la trampa, hasta el nivel del líquido.

Los cálculos de la trampa de grasa quedan definidos por las siguientes ecuaciones:

$$V = LPh \quad (\text{Ec.V.6})$$

$$= (177.17in) (118.11in) (88.58in)$$

$$= 1,225,854.07in^3$$

$$\div 231 = 5,306.73 \text{ GPM}$$

$$\times 0.75 = 3,980.04 \text{ GPM} \approx 15,066.09 \text{ L}$$

-Tiempo de retención hidráulico:

$Q = 11 \text{ m}^3/\text{h}$ en tubería de 2in

$$TRH = \frac{15 \text{ m}^3}{11 \text{ m}^3/\text{h}} = 1,36 \text{ h} \quad (\text{Ec.V.7})$$

V.3.3. Tanque de neutralización

La etapa de neutralización ocurre dentro de un tanque de almacenamiento de agua, donde es dosificado CO_2 para regular el pH. Este tanque debe poseer los siguientes componentes:

1. *Tanque de Almacenamiento de CO_2* : estos tanques contienen el dióxido a utilizar, almacenados a presión.
2. *Regulador*: es proporcionado un regulador de presión en cada tanque de almacenamiento a utilizar. La presión de salida a utilizar es manejada fácilmente por regularizadores.
3. *Difusores de dióxido de carbono*: se proporcionan difusores de burbuja fina para la regulación del pH del efluente.
4. *Sensores de pH*: a través de estos sensores se monitorean los cambios de pH en el líquido.

La reacción toma lugar de la siguiente manera:



Al obtener como producto el ácido carbónico, se neutraliza el afluente alcalino.

Las dimensiones del tanque de regulación quedan definidas como:

$$h = 3.10 \text{ m}$$

$$D = 2.20 \text{ m}$$

-Donde el volumen del tanque es:

$$v = \pi (1.1\text{m})^2 (3.10\text{m})$$

$$v = 11.78\text{m}^3 \approx 11,780\text{L}$$

V.3.4. Reactor SBR

La bacteria a utilizar para la nitrificación es la *Nitrosomonas europaea*, de la clase betaproteobacteria, la cual es una bacteria gram negativa capaz de llevar a cabo la oxidación de amonio a nitrito. Mientras que la oxidación de nitrito a nitrato es llevado a cabo por *Nitrobacter vulgaris*,

En la desnitrificación las bacterias a utilizar son del genero *rhizobium*, caracterizadas por ser bacterias fijadoras de nitrógeno en el suelo. Estas se encargan de liberar el nitrógeno a la atmosfera.

En la eliminación del fósforo la bacteria a utilizar es *Candidatus Accumulibacter*, considerada un tipo no clasificado de Betaproteobacteria.

Las dimensiones del reactor SBR se presentan a continuación:

$$h = 3.10 \text{ m}$$

$$D = 2.20 \text{ m}$$

Donde el volumen del tanque quedará definido como

$$v = \pi (1.1\text{m})^2 (3.10\text{m}) ;$$

$$v = 11.78\text{m}^3 \approx 11,780\text{L}$$

Para la fase de aireación se propone un equipo de aireación difusa o de aire comprimido, donde se crea una interacción de oxígeno-agua mediante la rotura de burbujas que se dispersan a través del tanque. Las inyecciones de oxígeno son lanzadas desde el fondo del tanque, provenientes de toberas o distribuidores. La dispersión es a través de burbujas finas o simples, al utilizar este tamaño, mayor es la superficie de contacto por volumen de aire.

V.3.5. Tanque de cloración

Para la etapa de desinfección se presenta un tanque de contacto que se conecta mediante tuberías a un sistema compacto integral SCI-2, para la dosificación del cloro. El SCI-2 es un sistema dúplex que al terminarse un depósito con solución de cloro apaga la bomba y enciende la que se encuentra en el otro depósito que está lleno, garantizando la dosificación óptima y continua de cloro. El sistema SCI-2 está compuesto por: un tablero de control eléctrico, dos tanques de almacenamiento, dos bombas dosificadoras, dos controles de protección y dos agitadores.

- Tablero de control eléctrico de bajo consumo de energía con las siguientes funciones: indicadores LED de estado de operación, protección IP66, tiempo de agitación programable, protección eléctrica por sobrecarga y corto circuito, Función de cambio automático para operación continua, siete contactos disponibles para monitoreo remoto, dos bajo nivel, dos bombas encendidas/apagada, dos sobrecargas de agitador, un modo local/remoto. Ver anexo IV, figura 7.

- Dos tanques con tapa moldeada y reforzada para montaje de accesorios, con graduación y visibilidad del nivel del líquido. Ver anexo IV, figura 8.
- Dos bombas dosificadoras para solución ALSOCLOR, con diagrama y desplazamiento positivo que opera de 110 a 2040 VAC. Ver anexo IV, figura 9.
- Dos controles de bajo nivel para protección de las bombas dosificadoras.
- Dos agitadores con motor totalmente cerrado con ventilación. De bajo consumo de energía, con eje y propela resistentes a la corrosión. Ver anexo IV, figura 10.

El tanque de contacto también cuenta con un sensor digital de cloro total, Memosens CCS120, que proporciona un monitoreo confiable de los límites de cloro total a la salida del sistema. Memosens convierte el valor medido en una señal digital y lo transfiere al transmisor mediante una conexión sin contacto. Esta tecnología cuenta con un rango de medida que va desde 0.1 a 10 mg/l. Ver figura 12 y 13, anexo IV.

Las dimensiones del tanque de cloración son:

$$P=2.20\text{m}$$

$$L=4.50\text{m}$$

$$h= 1.64\text{m}$$

Donde el volumen disponible queda definido como:

$$v= (2.20\text{m}) (4.50\text{m}) (1.64\text{m}) = 16.24\text{m}^3 \quad (\text{Ec.V.9})$$

V.3.5.1. Consumo de ALSOCLOR para un volumen de 20,000 L/d

Cantidad de agua a desinfectar: 20,000 L/d

Dosis de cloro de cloro activo a aplicar: 5 mg/L

Cantidad diaria de cloro:

$$\begin{aligned}5 \frac{mg}{L} \times 20000 \frac{L}{d} &= 100000 \frac{mg}{d} \\ &= 100 \frac{g}{d} \\ &= 0.10 \frac{kg}{d}\end{aligned}$$

Concentración de cloro activo disponible en el ALSOCLOR: 60% = 0.6 kg CA/ kg ALSOC

Cantidad de ALSOCLOR a aplicar para clorar 20,000 L de agua a 5 ppm de cloro activo:

$$\frac{0.10}{0.6} = 0.167 \frac{kg}{d} \quad = 166.67 \frac{gr}{d}$$

Cantidad de ALSOCLOR en la cubeta: 50 kg

Duración de la cubeta:

$$\frac{50}{0.167} = 300 d$$

V.2.5.2. Preparación de la solución de ALSOCLOR

Cantidad de ALSOCLOR: 1500 *gr*

Cantidad de agua: 180 *L*.

Concentración de solución:

$$\frac{1500}{180} = 8.33 \frac{gr}{L}$$

Consumo diario de ALSOCLOR: 166.67 *g/d*

Consumo diario de solución de ALSOCLOR:

$$\frac{166.67}{8.33} = 20 \frac{L}{d}$$

Volumen del tanque de solución de ALSOCLOR: 180 *L*

Días de duración del tanque con una solución de 500 *gr* de ALSOCLOR en 180 *L* de agua (2.78 *g/L*):

$$\frac{180}{20} = 90 \text{ d}$$

Consumo anual de ALSOCLOR:

$$0.167 \frac{kg}{d} \times 365 \text{ d} = 60.83 \frac{kg}{año}$$

TERCERA PARTE

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

CAPÍTULO VI

RESULTADOS

La carga contaminante identificada en las aguas residuales de la industria de aceites comestibles es representada en la siguiente tabla:

TABLA 2.
CARGA CONTAMINANTE EN AGUAS RESIDUALES DE INDUSTRIA DE ACEITES COMESTIBLES

Parámetro	Valor aproximado
Flujo	10m ³ /h
SST	80mg/L
DBO	110mg/L
DQO	325mg/L
Amonio	10mg/L

Fuente: Fernández, Abalos, Crombet, y Caballero. (2010). *Biodegradabilidad anaerobia de aguas residuales generadas en una planta refinadora de aceite de soja en Cuba*. Asociación interciencia de Venezuela.

El diseño propuesto para el tratamiento de estas aguas es representado por el conjunto de operaciones expuestas a continuación.

VI.1. Tanque de almacenamiento

Se presenta un tanque de almacenamiento con las siguientes características:

- Capacidad máxima del tanque de 34,112L.

- Diseñado para 30,000L teniendo una capacidad útil de un 88% permitiendo un espacio libre de 12% para movimiento del efluente, evitar desparrame del mismo o cualquier eventualidad inesperada posible dentro de la planta.
- Tanque fabricado a base de polietileno de alta densidad (HDPE) y roto moldeo.

En esta etapa se busca la unión de los distintos puntos generadores de aguas residuales en el proceso de refinación del aceite.

VI.2. Trampa de grasa

Se presenta una trampa de grasa cuya función principal es la de separar mediante métodos físicos, las sustancias oleosas, es decir, grasas y aceites provenientes del tanque de almacenamiento y sedimentar los sólidos que pueden encontrarse en el medio.

La capacidad recomendada para la trampa de grasa es 15,066.09L con un tiempo de retención hidráulico de una hora y treinta seis minutos de acuerdo al caudal y el flujo utilizado.

La trampa de grasa posee deflectores y una forma rectangular para obtener una mejor división de las fases dentro la trampa. Consta en la entrada del caudal de un regulador de flujo (T), y así obtener el tiempo suficiente para la separación de la grasa dentro de la trampa.

En esta etapa, el resultado de la eficiencia de remoción de grasa depende del tiempo de retención que es 90 minutos, eliminándose así un 76.6% de grasa. Al remover la grasa del afluente se disminuye el nivel de turbidez en el agua. Ver anexo III, tabla VI.

VI.3. Tanque de neutralización

Se expone un tanque de neutralización donde se regula el pH proveniente de la trampa de grasa. Esta regulación es llevada a cabo mediante la adición de dióxido de carbono hasta obtener el pH requerido. El agua residual que llega a esta etapa es menor en comparación a la trampa de grasa, debido a que las grasas y los sólidos sedimentables no pasan a esta etapa. En esta etapa se mantiene un pH controlado en un rango de 6-7 del agua, para obtener eficacia en la fase biológica donde se desarrolla la actividad microbiana.

VI.4. Reactor SBR

En el reactor SBR ocurre la parte más importante de todo el sistema de tratamiento: la eliminación de los nutrientes que se encuentran en el medio. Mediante este reactor se reduce la demanda biológica de oxígeno, la demanda química de oxígeno, el nitrógeno total, el fósforo total y los sólidos suspendidos disueltos.

De acuerdo a las reacciones que ocurren dentro del reactor y a las condiciones que deben tener las bacterias dentro del mismo, los medios propuestos van en el siguiente orden:

1. Anacrobio.
2. Aerobio.
3. Anóxico.

En esta etapa los contaminantes en forma de N y P han sido eliminados en un rango mayor al 90% en las aguas. Los valores de DBO y DQO se reducen hasta valores aceptados.

VI.5. Etapa de desinfección mediante un sistema de cloración

Se presenta un tanque para el sistema de cloración donde los organismos no deseados son eliminados mediante la adición de la solución ALSOCLOR, que presenta cualidades bactericidas, disminuyendo la actividad microbiana y la probabilidad de transmisión de enfermedades. Al ser catalogado como la etapa terciaria o final del proceso, el efluente obtenido puede ser aprovechado para aplicaciones de higienización industrial.

La propuesta de diseño para la planta tratamiento se presenta en la siguiente imagen.

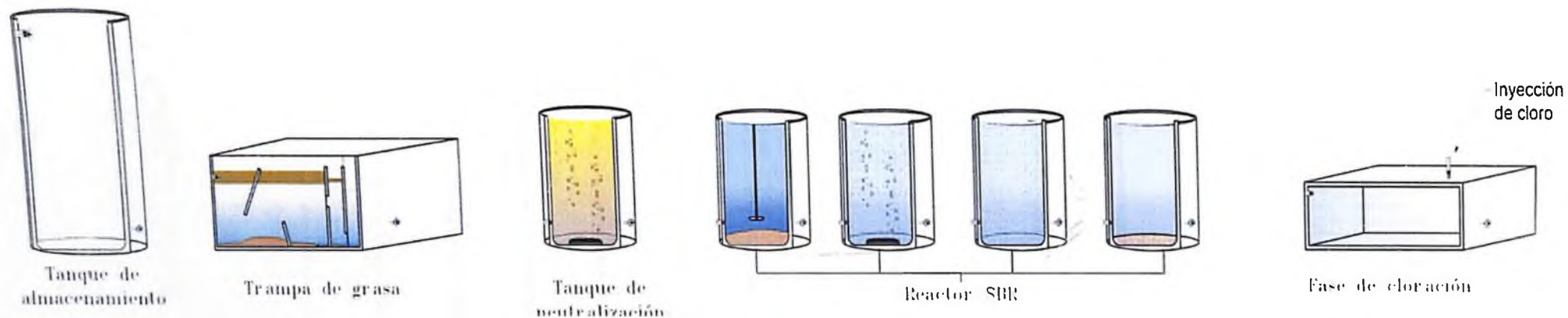


Fig. 1. Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para una industria de aceites comestibles.

Fuente: Peña S. y Jaime C. (2019). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para una industria de aceites comestibles*. Vectorworks.

VI.6. Simulación del proceso

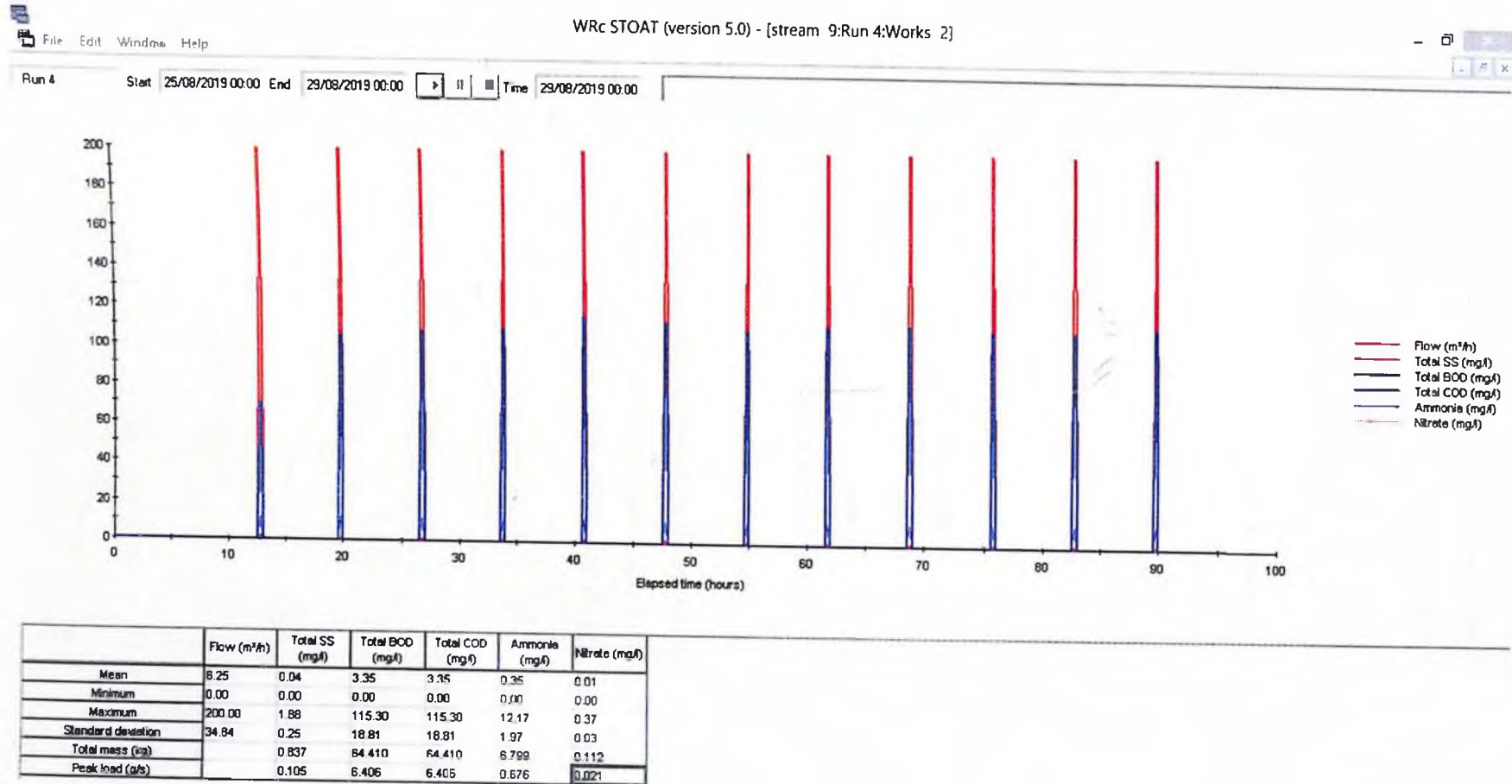


Figura 2. Resultados de simulación.

Fuente: Jaime C. y Peña S. (2019). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para una industria de aceites comestibles*. STOAT.

El gráfico muestra la naturaleza del flujo desde la unidad SBR, donde el tiempo total del ciclo es de aproximadamente seis horas. El efluente tratado se bombea durante el ciclo de decantación, el cual es constante, y continúa durante una hora o hasta que alcance el volumen mínimo.

Los datos estadísticos obtenidos son para toda la ejecución y no solo para el período en que el efluente abandona el SBR. En la figura 2 se presentan parámetros estadísticos del funcionamiento del reactor SBR utilizando los valores presentados en la tabla 2, estos son los puntos principales que explican el funcionamiento del reactor: media, valores mínimo y máximo, desviación típica o estándar.

Mediante la media se obtiene el punto promedio de los valores finales señalados en el efluente durante las 48 horas tomadas como tiempo de corrida. Los datos representados como máximo y mínimo, exponen un rango de mayor y menor concentración de los parámetros en el agua durante los diferentes puntos de la corrida.

A través de la desviación estándar se obtiene la dispersión del grupo de datos que se presentan como parámetros. Con la unión del promedio y la desviación estándar, se evidencia el funcionamiento del reactor y el porcentaje de confianza que cumplen los parámetros.

TABLA 3.
INTERVALO DE CONFIANZA DE LOS VALORES OBTENIDOS EN LA
SIMULACIÓN

Parámetro	Valor máximo de la desviación (mg/L)	Confianza (%)	No cumplido (%)
SST	0.79	99.7	0.3
DBO	40.97	95.4	4.6
DQO	40.97	95.4	4.6
Amoníaco	6.26	99.7	0.3
Nitrato	0.1	99.7	0.3
Ntot	6.36	99.7	0.3

Fuente: Jaime C. y Peña S. (2019). Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para una industria de aceites comestibles.

A través del nivel confianza se exhibe el porcentaje de efluente que cumple con los parámetros establecidos en la Norma Ambiental Sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras del año 2012. Si en el punto final del funcionamiento del reactor, el efluente no cumple con los parámetros deseados, se propone la recirculación del mismo hasta obtener los valores permitidos en la normativa de la República Dominicana.

CAPITULO VII

ANÁLISIS DE RESULTADOS

VII.1. Tanque de almacenamiento

Un tanque de almacenamiento fabricado a base de polietileno de alta densidad (HDPE) puede resistir altas temperaturas de hasta 60°C. El HDPE no modifica olor ni sabor, no se oxida ni se corroe.

Utilizar el sistema de roto moldeo garantiza homogeneidad en el espesor de las paredes del tanque. Proporciona un tanque con acabado uniforme gracias al sistema de rotación biaxial, ya que no es fabricado con juntas ni costuras que al pasar el tiempo se descomponen, creando fugas en el tanque.

VII.2. Trampa de grasa

Al elaborar una trampa de grasa en plástico y reforzada con fibra de vidrio le confiere valor agregado a la trampa ya que esta combinación presenta las siguientes ventajas:

- Larga vida útil.

- Alta resistencia química y a la corrosión provocada por agentes químicos, como los aceites.

- Material inoxidable permitiendo mantener áreas de trabajo limpias.

- Resistencia frente a grandes cambios de temperatura.
- Relación resistencia-peso.
- Resistencia al impacto.
- Bajos costos de mantenimiento.

VII.3. Tanque de neutralización

Utilizar CO_2 para regular el pH es considerado uno de los métodos de neutralización más efectivos frente a la dosificación de ácidos inorgánicos (ácido clorhídrico, sulfúrico o nítrico) debido a las siguientes características:

- Es un gas inerte, no inflamable, no tóxico e incoloro.
- Presenta mayor seguridad frente a los ácidos utilizados usualmente ya que este gas no genera vapores tóxicos ni quemaduras en su manipulación.
- Al utilizar CO_2 es posible mantener un pH sobre 5 inhibiendo la sobre acidificación, por lo que no es posible la caída brusca del pH.
- Al ser un proceso automatizado no se suministran dosificaciones excesivas y existe un funcionamiento de flujo continuo.

- Debido a que no genera corrosión reduce los costos de diseño en las instalaciones al utilizar materiales con menor costo, y al mismo tiempo reduce los costos de inversión, operación y mantenimiento.
- Proporciona una tecnología eco-amigable.
- Proporciona mayor seguridad industrial, ya que el o los operarios no deben manipular ácidos fuertes para neutralizar el agua.

VII.4. Reactor SBR

El uso de un reactor discontinuo secuencial o SBR ofrece ventajas frente a los sistemas convencionales de lodos activados, tales como:

- Menor requerimiento de espacio, debido a que es necesario un solo tanque para llevar a cabo todo el proceso de reacciones.
- Se eliminan de manera eficiente los contaminantes sumergidos en las aguas residuales.
- Al ser un solo reactor tiene menor costo de inversión.
- No genera subproductos en la eliminación de los nutrientes al ser removidos por métodos biológicos.

VII.5. Etapa de desinfección mediante un sistema de cloración

Realizar la desinfección del agua residual mediante un sistema de cloración es conveniente debido a:

- Bajo costo de operación y económico.
- Elimina los olores no deseados.
- Sistema confiable y efectivo para un amplio rango de microorganismos.

Entre las ventajas de utilizar un sensor digital de cloro total se encuentran:

- Reduce los esfuerzos de mantenimiento debido a que el electrolito y la capucha de membrana son de fácil sustitución.
- Es resistente a la corrosión y la humedad, permite la calibración en el laboratorio y facilita las tareas de mantenimiento predictivo.
- Es de fácil manejo y permite el mantenimiento predictivo debido al almacenamiento de los datos del sensor y de los procesos específicos.
- Combinación fácil con otros parámetros relevantes del análisis de líquidos debido a la conexión con el transmisor multicanal Liquiline.

- Instalación flexible en el portaelectrodo de inmersión y en el portaelectrodo del caudal.

CUARTA PARTE

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Según la investigación realizada, las aguas residuales provenientes de la industria de aceites comestibles, contienen componentes perjudiciales para el medio ambiente y por ende al ser humano, causando daños directos en los cuerpos hídricos a los que son vertidos. Entre los contaminantes presentes en estas aguas se encuentran: líquidos no mezclables, como son las grasas y aceites, los cuales provocan olor y sabor desagradables al agua; sólidos suspendidos totales, que son los causantes de la turbidez y obstruyen el paso del flujo; elementos químicos, tales como fósforo y nitrógeno, que son los principales precursores del fenómeno de eutrofización.

Aunque la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto, la DQO y DBO no son considerados contaminantes en sí, estos afectan la calidad del agua residual, debido a que el incremento o disminución de estos parámetros pueden alterar la vida biológica de las aguas naturales, así como poner en riesgo la mayoría de los organismos acuáticos. Estos elementos deben ser eliminados o reducidos antes de ser vertidas por las razones explicadas anteriormente.

Según los resultados obtenidos, el diseño consta de tres fases, una primera fase de pretratamiento, la segunda fase consta de un tratamiento biológico y la tercera la fase de desinfección.

Para la fase de pretratamiento se diseñó una trampa de grasa para la eliminación de las grasas y aceites del agua residual, para luego ser neutralizada. Para la fase del tratamiento biológico se eligió la tecnología SBR, debido a que es un sistema eficaz que nos permite realizar el proceso que se lleva a cabo en cuatro reactores en un solo reactor. Para la fase de desinfección se eligió un sistema de cloración para eliminar los microorganismos restantes que hayan quedado del proceso biológico.

Los resultados obtenidos a través de la simulación muestran que la eficiencia del proceso comprende un rango que va desde un 95.4% hasta 99.7% de remoción de los contaminantes que se encuentran en el agua residual.

Diseñar plantas de tratamiento no sólo busca defender la salud pública y la protección del medioambiente, sino que busca generar un punto de beneficio económico al brindar la alternativa de la reutilización del agua tratada, volviéndose un sistema con aplicaciones diversas.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

1. Mantener el agua tratada monitoreada, tanto con equipos de pruebas in Situ como pruebas analíticas en laboratorios especializados. para asegurar la calidad del agua. Una de las pruebas recomendadas es la medición bioluminiscente de ATP, a partir de esta técnica se muestrea una porción de la instalación con un hisopo y se determina por bioluminiscencia el contenido de ATP.
2. En el reactor SBR, utilizar bacterias dPAO (por sus siglas en inglés, denitrifying Phosphorus Accumulating Organism), microorganismos capaces de realizar la desnitrificación y de remover el fósforo en el medio de manera simultánea. Al hacer esto se reduce la cantidad de bacterias a utilizar y hace el proceso más efectivo.
3. Emplear un sistema de luz ultravioleta como proceso de eliminación de aquellos microorganismos que podrían considerarse perjudicial y que no hayan sido eliminados por el sistema de cloración.
4. El lodo activado utilizado en el reactor SBR que haya cumplido su ciclo de productividad, puede ser aprovechado para la producción de fertilizantes, cuyos componentes principales son nitrógeno, fósforo y potasio, de los cuales dos de estos tres componentes se encuentran en el lodo residual, generando un retorno económico para la industria.
5. Reutilizar los residuos sólidos despedidos en el sistema de tratamiento. Estos pueden ser aprovechados por otros sectores industriales, como son las industrias generadoras de biogás, industria de plástico, papel, entre otras.

6. Realizar análisis de viabilidad de los materiales y equipos a utilizar en el diseño de planta.
7. Llevar un conteo bacteriano para saber la magnitud de la población total y así evitar la proliferación excesiva de microorganismos en el reactor.
8. Realizar diseño experimental que permita evaluar el desempeño de los equipos seleccionados para la planta de tratamiento de aguas residuales.

QUINTA PARTE

REFERENCIAS

LIBROS

Báez O. (1923). *Sobre el Acueducto de Santo Domingo*. República Dominicana.

Bailey A. (1984). *Aceites y grasas industriales*. Barcelona, España: Editorial Reverté, S.A.

Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD). (abril, 1999). *Manejo de los Desechos Líquidos en la Republica Dominicana*. República Dominicana.

Fernández, Maikel; Abalos, Arelis; Crombet, Sandra; Caballero, Hiliana. (agosto, 2010). *Ensayos de biodegradabilidad anaerobia de aguas residuales generadas en una planta refinadora de aceite de soja*. Interciencia, vol. 35, núm. 8, pp. 600-604 Caracas, Venezuela: Asociación Interciencia.

Jawetz, Melnick y Adelberg. (2010). *Microbiología Médica*. 25ª. Estados Unidos: Edición. Geo. F. Brooks, MD. Mc Graw Hill.

Lozano W. (2012). *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Bogotá, D.C., Colombia.

López C, Buitrón G. y Hernández F. (2017). *Tratamiento biológico de aguas residuales: principios, modelación y diseño*. Versión española.

Madigan M., Martinko J., Bender K., Buckley D. y Stahl D. Brock. (2015). *Biología de los microorganismos*. 14.^a Edición. Madrid, España: Pearson Educación. S.A.

Metcalf & Eddy, Inc. (1995). *Aguas Residuales: tratamiento, vertido y reutilización*. 3^{ra} Edición. España: McGraw-Hill.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (septiembre, 2012). *Norma Ambiental Sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas costeras*. Santo Domingo, República Dominicana.

Nemerow N. y Dasgupta A. (1998). *Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos*. Ediciones Díaz de Santos. Estados Unidos.

Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española*. 23^a Edición. Madrid, España.

Rcoyo C y Javierre M. (2005). *Gran Enciclopedia Espasa*. Vol. 9,12,13 y 16. Colombia: Espesa Calpe, S. A.

Ross. (2015). *Consenso sobre las grasas y aceites en la alimentación de la población española adulta*. España: Federación Española de Sociedades de Alimentación, Nutrición y Dietética.

Russel, D. (2016). *Tratamiento de aguas residuales: un enfoque práctico*. Barcelona, España: Editorial Reverté.

Smyk J y Ignatowicz K. (enero, 2018). *Removal of Nitrogen Compounds from Wastewater in SBR Reactors with Brenntaplus VPI*. Volume 19, Issue 1. pag. 129–135. Polonia: Journal of Ecological Engineering.

Vega A. (2004). *Guía para la elaboración de aceites comestibles, caracterización y procesamiento de nueces*. Bogotá: Convenio Andrés Bello (CAB).

Voet D. (2004). *Principles of Biochemistry*. 4ª Edición. Pensilvania, Estados Unidos.

TRABAJOS DE GRADO

Alviz A y Cueto D. (2012). *Diseño de un sistema de aireación para una planta de lodos activados en zofranca Mamonal*. (Tesis de Grado). Universidad de Cartagena. Cartagena.

Chinchilla M. (septiembre, 2015). *Relación de parámetros de diseño de trampas de grasas (desengrasadores) versus su eficiencia, en aguas residuales comerciales*. (Tesis de Grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Den S. *Microalgal bacterial flocs for wastewater treatment: from concept to pilot scale*. (Tesis de Ph. D.). Universiteit Gent.

González L., Ruíz L. (2017). *Desarrollo de una propuesta para el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) para la empresa Wellquem de Colombia S.A.S*. (Trabajo de Grado). Fundación Universidad de América. Bogotá, Colombia.

Hernández A. (diciembre, 2015). *Caracterización de las rutas metabólicas de un lodo activado enriquecido en bacterias acumuladoras*. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma del Estado de México. México.

J.F. Muñoz Paredes, M. Ramos Ramos. (mayo, 2014). *Reactores discontinuos secuenciales: Una tecnología versátil en el tratamiento de aguas residuales*. (Tesis de Grado). Universidad Militar Nueva Granada-Ciencia e Ingeniería Neogranadina.

Jimenez N. (julio, 2014). *Diseño de un reactor biológico de fangos activos*. (Trabajo de Grado). Universidad de Almería. España.

Lizarazo, Jenny M. & Orjuela, Martha. (2013). *Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia*. (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

Llaneza A. (junio, 2012). *Tratamiento de aguas residuales en la industria del zumo de manzana*. (Tesis de Maestría). Universidad de Oviedo, España.

Pinedo A., Amonte J. (2015). *Diseño y Análisis de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el Sector de Villa Verde*. (Trabajo de Grado). Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña. República Dominicana.

Puig Sebastian. (julio, 2007). *Operation and control of sbr processes for enhanced biological nutrient removal from wastewater*. (Tesis de Ph.D). Universitat de Girona. Girona.

Sánchez J. (septiembre, 2011). *El uso de trampas de grasa para disminuir la carga contaminante de grasas y aceites emitidas a la red municipal de drenaje*. (Trabajo de grado). Instituto Politécnico Nacional. México.

Villareal W. (febrero, 2015). *Diseño para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales en el estadio de la Universidad Técnica del Norte, cantón Ibarra provincia Imbabura*. (Trabajo de Grado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra.

Villegas L. (2016). *Efecto de la aplicación del producto Nitrobacter dentro de un plan de fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y rendimiento de melón dorado (Cucumis melo L.) híbrido 6276 en pilas de canjel, nandayure, guanacaste.* (Trabajo de Grado). Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos.

ARTÍCULOS Y PUBLICACIONES

Baeza J., Guisasola A., Guerrero J. *Can Nitrogen Removal And Enhanced Biological Phosphorus Removal Coexist?* (septiembre, 2014). Water Online. Recuperado de: <https://www.wateronline.com/doc/can-nitrogen-removal-and-enhanced-biological-phosphorus-removal-coexist-0001>.

Choi E., Park J., Yun Z. y Min K. (enero, 2008). *Design implications on denitrifying PAO in BNR plant*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/245039777_Design_implications_on_denitrifying_PAO_in_BNR_plant.

Durman. *Manual técnico, trampa para grasa*. (2018). Aliaxis Company. Recuperado de: https://www.durman.com/descargas/Trampasgrasa_guia/Trampa%20para%20Grasa%20MT-GI.pdf

Dutta A. y Sarkar S. *Sequencing Batch Reactor for Wastewater Treatment: Recent Advances*. (septiembre, 2015). Springer International Publishing AG 2015. Recuperado de: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs40726-015-0016-y.pdf>.

Espinoza A. y Zapata L. (enero, 2010). *Estudio de aceites comerciales comestibles: análisis de calidad, rotulación, información nutricional e imagen*. Recuperado de: https://drive.google.com/file/d/1s0HYWPZXQjRTulZZr0_a3p4LCyD9b1S/view?ts=5d12abcc.

Endress + Hauser. *Sensor digital de cloro total Memoses CCS120D*. (junio, 2014). Recuperado de: <https://www.cl.endress.com/es/instrumentacion-campo/analisis-agua-liquidados-industria/sensor-digital-cloro-total-memosens-ccs120d>.

Ferreira N., Silva K. y Villamizar S. (julio, 2016). *Proceso de fabricación del aceite de maíz*. Universidad José Antonio Páez. Venezuela. Recuperado de: <https://ppquiap.files.wordpress.com/2016/05/proceso-de-fabricacion-del-aceite-de-maiz-refinado.pdf>.

Naciones Unidas. (marzo 2003). *Agua para todos, Agua para la vida*. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000149406>.

Nuevo D. *Reactor biológico secuencial (SBR)*. (2015). Recuperado de: <https://www.tecpa.es/reactor-biologico-secuencial-sbr/>.

Parra R. (diciembre, 2015). *Digestión anaeróbica: mecanismos biotecnológicos en el tratamiento de aguas residuales y su aplicación en la industria alimentaria*. Recuperado de: <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/905/628>.

Pérez L. (octubre, 2002). *Remoción de fósforo y nitrógeno en aguas residuales utilizando un reactor discontinuo secuencial (SBR)*. Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancún, México. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/ii-106.pdf>.

Ramos M., Muñoz J. y Saldarriaga J. (septiembre, 2017). *Effect of anaerobic-oxic-anoxic (AOA) sequence on the elimination of organic matter, phosphorus and nitrogen in a modified SBR at laboratory scale*. Revista Chilena de Ingeniería. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052017000300477.

Valencia M. (julio, 2014). *Eliminación biológica de Nitrógeno y Fósforo en EDAR's*. Recuperado de: <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/eliminacion-biologica-de-nitrogeno-y-fosforo-en-edars>.

Xia-Mei L., Ming-Fei S., Chao-Lin L., Xin-lei G. y Fei-Yun S.(junio, 2014). *A Comparative Study of the Bacterial Community in Denitrifying and Traditional Enhanced Biological Phosphorus Removal Processes*. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4159037/>.

PÁGINAS WEB

AES. (2017) *CO₂ Dosing System*. Recuperado de: <http://www.aesarabia.com/co2-dosing-system/>.

Betelgeux. (septiembre, 2016). *Bioluminiscencia para el control de la higiene en industrias alimentarias*. Recuperado de: <http://www.betelgeux.es/blog/2016/09/06/bioluminiscencia-en-el-control-de-la-higiene-en-industrias-alimentarias/>.

Bunge. (2014). *Aceites vegetales*. Recuperado de: <https://es.bungenorthamerica.com/products/categories/96-aceites-vegetales..>

Digfineart. (julio, 2019). *Diferencias entre compost y fertilizantes*. Recuperado de: <https://www.digfineart.com/a3K968Wlm/>.

Domos Agua. (abril, 2018). *Plantas de Tratamiento de Agua en la Industria Alimentaria*. Recuperado de: <https://www.domosagua.com/blog/plantas-de-tratamiento-de-agua-en-la-industria-alimentaria>.

Gelambi M. *Azospirillum: características, hábitat, metabolismo*. Recuperado de: <https://www.lifeder.com/azospirillum/>.

Gottau G. (septiembre, 2017). *Los distintos tipos de aceites: sus nutrientes y propiedades*. Recuperado de: <https://www.vitonica.com/alimentos/los-distintos-tipos-de-aceites-sus-nutrientes-y-propiedades>.

Grau D. (1999). *Estudio del comportamiento de reactores discontinuos y semicontinuos: modelización y comprobación experimental*. Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado de:

https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6463/03_grauVilalta_capitol_2.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

Redatel. (marzo, 2016) *¿A qué se refiere la protección IP66?* Recuperado de:
<https://www.redatel.net/html/a-que-se-refiere-la-proteccion-ip66.html>.

RemTavares. (diciembre, 2006). *Reactores biológicos secuenciales (SBR): una tecnología versátil para el tratamiento de aguas residuales industriales*. Recuperado de:
<https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2006/12/01/53336>.

Rodríguez M. (agosto, 2013) *..Acerca de la investigación bibliográfica y documental*. Recuperado de: <https://guiadetesis.wordpress.com/2013/08/19/acerca-de-la-investigacion-bibliografica-y-documental/>.

Schuette P. (mayo, 2012). *SBR Systems Basic*. Recuperado de:
http://www.ohiowea.org/docs/Sanitaire_Pemberville_Presentation.pdf.

Water online. (junio, 2018). *Descripción de software STOAT*. Recuperado de:
<https://www.wateronline.com>.

SEXTA PARTE

ANEXOS

ANEXO I

ABREVIATURAS

ANEXO I
ABREVIATURAS

- ATP: Adenosin Trifosfato

- CO₂: Dióxido de Carbono

- DBO: Demanda Biológica de Oxígeno

- DQO: Demanda Química de Oxígeno

- GPM: Galones Por Minuto

- h: Altura

- in=pulgada

- L: longitud

- LED: Light Emitting Diode

- m³: Metro Cúbico

- N: Nitrógeno

- OD: Oxígeno Disuelto

- *P*: Fósforo
- *P*: Profundidad
- PAO: Phosphate Accumulating Organisms
- SST: Sólidos Suspendidos Totales
- SBR: Sequential Batch Reactor
- VAC: Voltios de Corrientes Alternas

ANEXO II

DEFINICIONES

ANEXO II
DEFINICIONES

- **Acetogénesis:** es la tercera etapa de la reacción anaeróbica. en este paso sucede una reacción biológica donde los ácidos grasos volátiles se convierten en ácido acético como producto final, y mezclas de dióxido de carbono e hidrógeno.

- **Acidogénesis:** es conocido como el segundo paso de la reacción anaeróbica. Consiste en una conversión bacteriana de los monómeros obtenidos en la primera etapa a ácidos grasos volátiles, siendo estos compuestos intermedios con un menor peso molecular.

- **Ácido graso monoenoico:** es sinónimo de ácido graso monoinsaturado.

- **Anabolismo:** conjunto de procesos metabólicos de síntesis de moléculas complejas a partir de otras más sencillas.

- **Alcantarillado:** es un sistema de tuberías y construcciones usado para la recogida y transporte de las aguas residuales, industriales y pluviales de una población desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten al medio natural o se tratan.

- **ALSOCLOR:** es un cloro totalmente soluble y libre de calcio que mantiene los equipos y las tuberías de conducción limpia y libre de taponamientos. Es estable en su concentración si se mantiene en un lugar fresco y la cubeta cerrada.

- **ATP:** es la principal fuente de energía de los seres vivos. Esta molécula constituye la fuente principal de energía utilizable por las células para realizar sus actividades.
- **Betacaroteno:** son pigmentos pertenecientes al grupo de los carotenoides, son usados como colorante para dar el respectivo color amarillento del aceite.
- **Catabolismo:** conjunto de procesos metabólicos de degradación de sustancias para obtener otras más simples.
- **Catabólico:** perteneciente o relativo al catabolismo.
- **Ceramidas:** son una familia de lípidos, se componen de un ácido graso unido mediante un enlace amida a una esfingosina, un alcohol insaturado de 18 carbonos. Son las moléculas base de los esfingolípidos, muy abundantes en la bicapa lipídica de las membranas celulares.
- **Ciclopentanoperhidrofenantreno:** es un hidrocarburo policíclico que puede considerarse un producto de la saturación del fenantreno asociado a un anillo de ciclopentano. Posee 17 átomos de carbono. De esta base estructural derivan los esteroides.
- **Coagular:** solidificar lo líquido.
- **Coagulante:** que coagula.

- **Colina:** es un nutriente esencial soluble en agua. Suele agruparse con las vitaminas del grupo B. El nombre colina hace referencia generalmente a una serie de sales cuaternarias de amonio que contienen el catión N,N,N-trimetiletanolamina.
- **Cloro total:** es la mezcla de componentes de cloro libre y combinado, por lo tanto, es un buen indicador de los desinfectantes de residuales en aguas de descargas.
- **Eutrofización:** enriquecimiento o exceso de residuos orgánicos (usualmente nitrógeno y fósforo) en sistemas acuáticos, causando la proliferación de algunos tipos de algas.
- **Etanolamina:** es un compuesto químico orgánico que es tanto una amina primaria (debido a un grupo amino en su molécula), como un alcohol primario (debido a un grupo hidroxilo). La etanolamina es un líquido tóxico, inflamable, corrosivo, incoloro y viscoso. Con un olor similar al amoníaco.
- **Esterificación:** proceso por el cual se sintetiza, se obtiene, un éster.
- **Esterilización:** proceso por el cual se obtiene un producto libre de microorganismos viables.
- **Fertilizante:** sustancia que se agrega al suelo para mejorar la calidad de la tierra y estimular el crecimiento de las plantas.
- **Floculación:** agregación de partículas sólidas en una dispersión coloidal, en general por la adición de algún agente.

- **Floculante:** agente que produce floculación.

- **Germen:** es considerada como la parte de la semilla que permite el desarrollo de un nuevo ejemplar. Constituye del 10 a 14% en peso del grano es un componente alto en proteína, grasa y sales minerales.

- **Glucógeno:** polisacárido formado por largas cadenas de moléculas de glucosa, de fórmula, $C_6H_{10}O_5$, semejante al almidón. es más soluble que el almidón en agua y con el yodo da una coloración pardo-rojiza.

- **Hidrólisis:** es la primera etapa de una reacción anaeróbica. Es una reacción química de destrucción, descomposición o alteración de sustancias por el agua. Esta reacción toma lugar cuando la molécula de agua se divide en sus átomos (hidrógeno y oxígeno) y estos forman uniones distintas con alguna otra especie química. Su principal objetivo en una reacción anaeróbica es que las partículas sean solubilizadas y los polímeros se conviertan en monómeros.

- **Hidrófilo:** que absorbe el agua con gran facilidad.

- **Hidrófobas:** En el contexto físico químico, el término hidrófobo se aplica a aquellas sustancias que son repelidas por el agua o que no se pueden mezclar con ella.

- **Inóculo:** porción de microorganismos capaces de provocar infección (generalmente patógenos) cuando se transfieren a un huésped.

- **Litótrofo:** se dice del organismo que utiliza compuestos inorgánicos en sus procesos energéticos.

- **Maceración:** proceso de extracción sólido-líquido. en el cual el sólido es quien posee los compuestos de interés y este se sumerge en un líquido extractante con el objetivo de ablandarlos o de separar sus partes solubles.

- **Materia orgánica:** está creada por compuestos orgánicos que se originan de restos orgánicos que alguna vez estuvieron vivos, como son las plantas, animales y productos de residuo en el ambiente natural.

- **Materia inorgánica:** son aquellos compuestos químicos que no están relacionados estrechamente con la química de la vida, debido a que en su estructura molecular el carbono no forma parte del átomo central. estos no son biodegradables, ni generalmente combustibles o volátiles.

- **Metabolismo:** conjunto de procesos mediante los cuales las células obtienen la energía y el poder reductor para la síntesis y degradación de los compuestos fundamentales de las macromoléculas que las constituyen.

- **Metanogénesis:** es el paso final de la reacción anaeróbica, en esta etapa el ácido acético es convertido en metano y dióxido de carbono.

- **Moléculas anfifílicas,** también conocidas como **anfipáticas,** son aquellas moléculas que poseen un extremo hidrofílico, es decir. Que es soluble en agua, y otro hidrófobo, que quiere decir que rechaza el agua.

- **Nivel de confianza:** es el grado de certeza (o probabilidad), expresada en porcentaje con el que queremos realizar la estimulación de un parámetro a través de un estadístico muestral.

- **No polar:** son aquellas moléculas que se producen por la unión entre átomos que poseen igual electronegatividad, por lo que las fuerzas con las que los átomos que conforman la molécula atraen los electrones del enlace que son iguales.
- **Oleaginosas:** que contiene aceites y grasas que pueden ser extraídos.
- **Polisacáridos:** son biomoléculas formadas por la unión de una gran cantidad de monosacáridos. Se encuentran entre los glúcidos, y cumplen funciones diversas, sobre todo de reservas energéticas y estructurales.
- **Procariota:** es un organismo unicelular sin núcleo, cuyo material genético se encuentra en el citoplasma.
- **Protección IP66:** las letras IP identifican el estándar (por sus siglas en inglés, International Protection). El valor "6" en el primer dígito describe el nivel de protección ante el polvo y, el valor "6" en el segundo dígito describe el nivel de protección frente a líquidos.
- **Quimiolitótrofo:** se dice del organismo que obtiene su energía a expensas de la liberada en reacciones de oxidación de compuestos orgánicos exógenos.
- **Rumiante:** adjetivo que se utiliza para clasificar la especie que rumia.
- **Rumiar:** refiere a la acción de hacer que un alimento regrese a la boca para ser masticado por segunda vez, luego de haber estado depositado en una cierta capacidad.

- **Séptico:** que produce putrefacción o es causado por ella. Otro significado de séptico es también que contiene gérmenes patógenos.

- **Serina:** es uno de los veintidós aminoácidos componentes de las proteínas codificados mediante el genoma.

- **Sólidos en suspensión:** son pequeñas partículas sólidas que permanecen en suspensión en el agua debido al movimiento del líquido o a que la densidad de la partícula es menor o igual que la del agua.

- **Sólidos disueltos:** cantidad de material disuelto en el agua.

- **Sólidos sedimentables:** cantidad de materia que sedimenta en una muestra en un periodo de tiempo.

- **Tierra de blanqueo:** son tierras diatomeas, que consisten en una roca formada por micro fósiles de algas marinas.

- **Triglicérido:** compuesto químico formado por tres ácidos grasos a una molécula de glicerina.

ANEXO III

TABLAS

ANEXO III

TABLAS

TABLA 4.

**DESCARGA DE AGUA RESIDUALES INDUSTRIALES A SISTEMAS DE
ALCANTARILLADO**

Parámetros	Valor máximo permisible
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	250 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	600 mg/L
Fósforo total (P _T)	10 mg/L
Nitrógeno total (N _T)	40 mg/L
Sólidos Suspendidos (SS)	400 mg/L
Ph	6-9

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). *Norma Ambiental Sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras*. República Dominicana.

Industria de aceites y grasas comestibles	Valores máximo diarios permisibles (mg/L, excepto pH y cuando se indica expresamente otra unidad)
pH	6
DBO ₅	50
DQO	250
OD	4
SST	50
GRASAS Y ACEITES	10
ΔT	3 °C
Ntot	10

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). *Norma Ambiental Sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras*. República Dominicana.

TABLA 6.
REMOCIÓN DEL CONTAMINANTE EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE
RETENCIÓN

Tiempo de retención	% de remoción del contaminante
0 minutos	22.23 ± 0.59
10 minutos	37.16 ± 0.48
20 minutos	45.17 ± 0.42
30 minutos	52.67 ± 0.37
40 minutos	60.23 ± 0.3
50 minutos	60.82 ± 0.31
60 minutos	72.02 ± 0.22
90 minutos	76.58 ± 0.18

Fuente: Sánchez J. (septiembre, 2011). El uso de trampa de grasa para disminuir la carga contaminante de grasas y aceites emitida a la red municipal de drenaje.

ANEXO IV

IMÁGENES

ANEXO IV
IMÁGENES

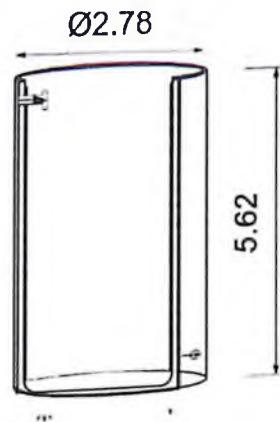


Fig. 3. Tanque de almacenamiento o tanque de alivio.

Fuente: Jaime C y Peña S. (2019). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para una industria de aceites comestibles.*

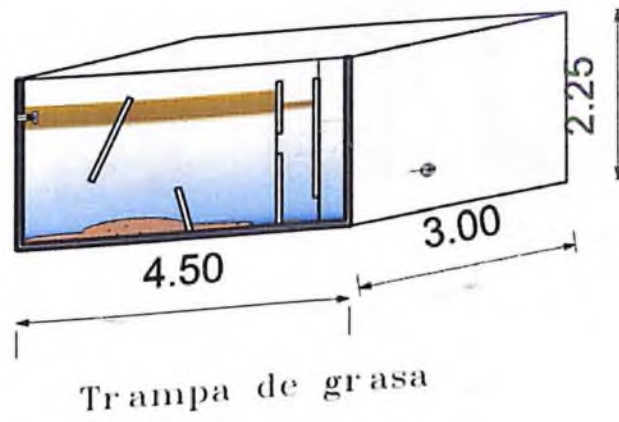


Fig. 4. Trampa de grasa.

Fuente: Jaime C y Peña S. (2019). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para una industria de aceites comestibles.*

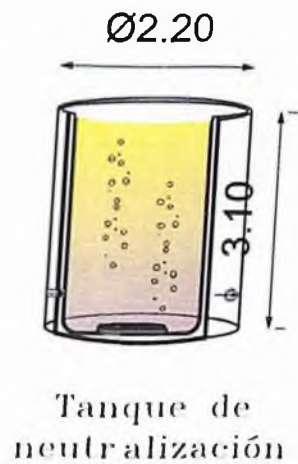


Fig. 5. Tanque de neutralización.

Fuente: Jaime C y Peña S. (2019). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para una industria de aceites comestibles.*

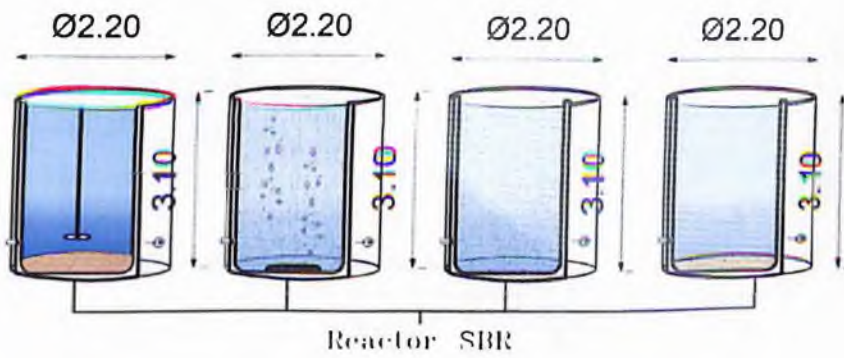


Fig.6. Reactor discontinuo secuencial.

Fuente: Jaime C y Peña S. (2019). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para una industria de aceites comestibles.*

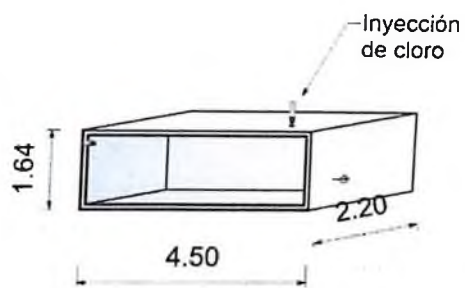


Fig. 7. Reactor de contacto entre el agua tratada el cloro.

Fuente: Jaime C y Peña S. (2019). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para una industria de aceites comestibles.*



Fig. 8. Tablero de control eléctrico.

Fuente: Fabricado por empresas CLARVI.



Fig. 9. Tanque de polietileno de alta densidad.

Fuente: Fabricado por empresas CLARVI.



Fig. 10. Bomba dosificadora.

Fuente: Fabricado por empresas CLARVI.



Fig. 11. Agitador resistente a la corrosión

Fuente: Fabricado por empresas CLARVI.

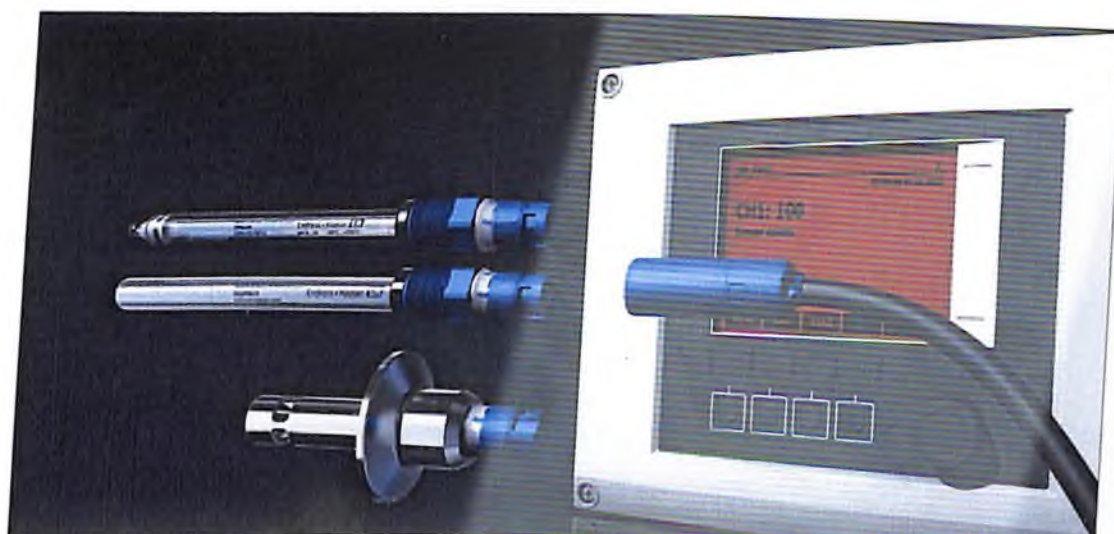


Fig. 12. Sensor digital de cloro total y transmisor multicanal Liquiline.

Fuente: Fabricado por Endress + Hauser.

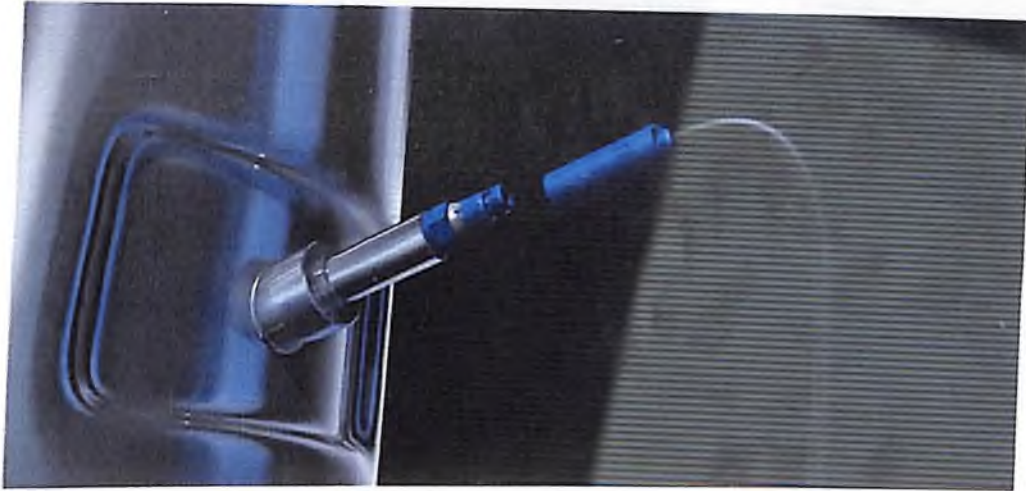
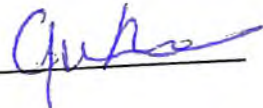


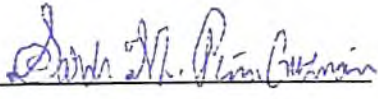
Fig. 13. Portaelectrodo de caudal.

Fuente: Fabricado por Endress + Hauser.

SUSTENTANTES




Caroline Jaime Reyes

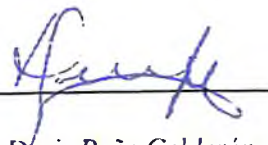


Sarah María Peña Guzmán

ASESORES

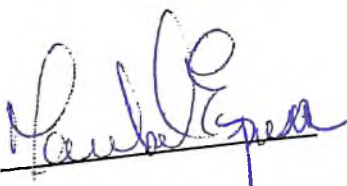


Ing. Ramón Sánchez
Asesor



Ing. Doris Peña Calderón
Asesora

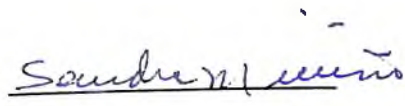
JURADOS



Jurado



Jurado



Jurado

Calificación: 92 A

Fecha: _____



Ing. Doris Peña
Directora Escuela de Química

THE PLAGIARISM CHECKER

PREMIUM

The plagiarism detector has analyzed the following text segments, and did not find any instances of plagiarism:

Text being analyzed	Result
El desarrollo de este trabajo consta de una primera parte donde se describen ...	OK
En busca de soluciones a esta problemática, surge el tratamiento de aguas ...	OK
Se definen las aguas residuales o aguas de desechos como aquellas aguas ...	OK
La presencia de materia orgánica puede reducir la cantidad del oxígeno	OK
El vertido de aguas residuales con presencia de nitrógeno se ha convertido ...	OK
La refinación del aceite crudo se puede realizar por dos métodos, que es la ...	OK
En esta etapa se debe agregar un antioxidante al aceite, para expandir la ...	OK
La siguiente investigación presenta como propósito el diseño de un sistema ...	OK
La etapa de neutralización ocurre dentro de un tanque de almacenamiento ...	OK
Se presenta una trampa de grasa cuya función principal es la de separar ...	OK
Mediante la media se representa el punto promedio del conjunto de datos ...	OK
Según la investigación realizada, las aguas residuales provenientes de la ...	OK
En el reactor SBR utilizar bacterias dPAO (por sus siglas en inglés, ...	OK
Fernández, Maikel; Abalos, Arelis; Crombet, Sandra; Caballero, Hiliana. ...	OK
Vega A. Guía para la elaboración de aceites comestibles. caracterización ...	OK
Alvz A y Cueto D. Diseño de un sistema de aireación para una planta de ...	OK
Espinoza A. y Zapata L. Estudio de aceites comerciales comestibles: análisis ...	OK
es la tercera etapa de la reacción anaeróbica, en este paso sucede una ...	OK
son una familia de lípidos, se componen de un ácido graso unido mediante ...	OK
En el contexto físico químico, el término hidrófobo se aplica a aquellas ...	OK

Results: No plagiarism suspected

[Download Plagiarism Report PDF](#)

Word count: 11712

[Go Back](#)

also by Brian Klug: the [555 area code](#) is now real & free