



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES POR LAGUNAS DE OXIDACIÓN PARA LA
PARROQUIA POSORJA.**

TRABAJO NO EXPERIMENTAL

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR
MONTERO ROSAS ROGGER AMADO

TUTOR
ING. MOROCHO ROSERO LUIS ANTONIO M.Sc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2021



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **MOROCHO ROSERO LUIS ANTONIO**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LAGUNAS DE OXIDACIÓN PARA LA PARROQUIA POSORJA**, realizado por el estudiante **MONTERO ROSAS ROGGER AMADO**; con cédula de identidad N° 0931047096 de la carrera **INGENIERIA AMBIENTAL**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Morocho Rosero Luis Antonio
Tutor

Guayaquil, 21 de junio del 2021



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LAGUNAS DE OXIDACIÓN PARA LA PARROQUIA POSORJA”**, realizado por el estudiante **MONTERO ROSAS ROGGER AMADO**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Dra. Tamara Borodulina Ph.D.
PRESIDENTE

Ing. Jean Andrade Tobar MSc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Luis Morocho Rosero MSc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Guayaquil, 2 de junio del 2021

Dedicatoria

La presente Tesis está dedicada a Dios por ser mi guía y permitirme llegar a este momento tan importante.

A mis padres Félix Montero e Hilda Rosas por ser mis pilares y motor a seguir adelante, a ellos estaré eternamente agradecido.

Quiero dedicar también a quienes han estado siempre cuidándome y guiándome desde el cielo; Emperatriz Morán, Mabel Chalén y Ramón Anchundia que fueron mi motivación a pesar de las circunstancias de la vida.

A mi novia Viviana Anchundia por ser ese apoyo incondicional y que estuvo siempre acompañándome en las buenas y en las malas.

Agradecimiento

Agradezco a mi tutor de tesis Ing. Luis Morocho, quien con su conocimiento y experiencia me guió en la presente tesis y a todos los docentes de la Universidad Agraria del Ecuador por su buena enseñanza.

A la familia Jácome que siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mi familia, a quienes quiero y han sido mi apoyo en todo momento y que nunca dudaron de mí.

A mis compañeros y amigos que siempre me motivaron a seguir a pesar de cualquier obstáculo.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **MONTERO ROSAS ROGGER AMADO**, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre “**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LAGUNAS DE OXIDACIÓN PARA LA PARROQUIA POSORJA**” para optar el título de Ingeniero Ambiental, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 21 de junio del 2021

MONTERO ROSAS ROGGER AMADO
C.I. 0931047096

Índice general

PORTADA	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	3
Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice de tablas	13
Índice de figuras	14
Resumen.....	15
Abstract	16
1. Introducción	17
1.1 Antecedentes del problema	17
1.2 Planteamiento y formulación del problema	19
1.2.1 Planteamiento del problema	19
1.2.2 Formulación del problema	20
1.3 Justificación de la investigación	21
1.4 Delimitación de la investigación	21
1.5 Objetivo general.....	22
1.6 Objetivos específicos	22
1.7 Hipótesis	22
2. Marco Teórico	23
2.1 Estado del arte	23
2.2 Bases Teóricas	25
2.2.1 Agua.....	25

2.2.2	Importancia del agua	26
2.2.3	Contaminación del agua.....	26
2.2.4	Aguas residuales	26
2.2.5	Tipos de aguas residuales	26
2.2.6	Parámetros de calidad de las aguas.....	27
2.2.6.1	<i>Materia Orgánica</i>	27
2.2.6.2	<i>Turbidez</i>	27
2.2.6.3	<i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)</i>	28
2.2.6.4	<i>Demanda química de oxígeno (DQO)</i>	28
2.2.6.5	<i>Sólidos Totales</i>	28
2.2.6.6	<i>Sólidos suspendidos</i>	28
2.2.6.7	<i>Temperatura</i>	29
2.2.7	Caudal del agua	29
2.2.8	Planta de tratamiento de aguas residuales.....	29
2.2.9	Proceso de tratamiento de aguas residuales	29
2.2.9.1	<i>Tratamiento primario o fisicoquímico</i>	29
2.2.9.2	<i>Rejilla</i>	30
2.2.9.3	<i>Desarenador</i>	30
2.2.9.4	<i>Canaleta Parshall</i>	30
2.2.9.5	<i>Tratamiento secundario o tratamiento biológico</i>	30
2.2.9.6	<i>Tratamiento terciario o desinfección</i>	31
2.2.10	Lagunas de estabilización	31
2.2.10.1	<i>Lagunas anaerobias</i>	31
2.2.10.2	<i>Lagunas facultativas</i>	31
2.2.10.3	<i>Lagunas de maduración</i>	32

2.3	Marco legal	32
2.3.1	Ley de la Constitución de la República del Ecuador.....	32
2.3.2	Código Orgánico del Ambiente.....	33
2.3.3	Ley orgánica de salud	34
2.3.4	Acuerdo ministerial 097-A.....	35
3.	Materiales y Métodos.....	36
3.1	Enfoque de la investigación.....	36
3.1.1	Tipo de investigación	36
3.1.1.1	<i>Investigación documental.....</i>	<i>36</i>
3.1.1.2	<i>Investigación de campo y laboratorio.....</i>	<i>36</i>
3.1.2	Diseño de investigación	36
3.2	Metodología.....	36
3.2.1	Variables.....	36
3.2.1.1	<i>Variable independiente</i>	<i>36</i>
3.2.1.2	<i>Variable dependiente.....</i>	<i>37</i>
3.2.2	Diseño experimental	37
3.2.3	Recolección de datos	38
3.2.3.1	<i>Recursos</i>	<i>38</i>
3.2.3.2	<i>Métodos y técnicas.....</i>	<i>39</i>
3.2.3.2.1	<i>Método aritmético.....</i>	<i>39</i>
3.2.3.3	<i>Cálculos de caudales de agua servida.....</i>	<i>39</i>
3.2.3.3.1	<i>Caudal mínimo</i>	<i>39</i>
3.2.3.3.2	<i>Caudal medio</i>	<i>40</i>
3.2.3.3.3	<i>Caudal máximo</i>	<i>40</i>
3.2.3.4	<i>Método para medir Turbidez.....</i>	<i>40</i>
3.2.3.5	<i>Método para medir Sólidos totales</i>	<i>41</i>
3.2.3.6	<i>Métodos para medir pH.....</i>	<i>42</i>

3.2.3.7	Método analítico para medir Temperatura	42
3.2.3.8	Método para medir DBO	42
3.2.3.9	Método para medir DQO	43
3.2.3.10	Cálculo de rejillas	44
3.2.3.10.1	Cálculo de la velocidad en el canal de aproximación	44
3.2.3.10.2	Pérdida de carga a través de la rejilla	44
3.2.3.10.3	Área del canal de aproximación.	45
3.2.3.10.4	Ancho del canal del canal de aproximación.....	45
3.2.3.10.5	Altura de la lámina de agua.....	45
3.2.3.10.6	Número de barras requerida	45
3.2.3.11	Cálculo del desarenador	46
3.2.3.11.1	Ancho del canal del desarenador	46
3.2.3.11.2	Altura máxima de lámina de agua del desarenador.....	46
3.2.3.11.3	Longitud del desarenador.....	46
3.2.3.11.4	Volumen de sólido arenoso retenido	47
3.2.3.11.5	Profundidad de sólidos arenosos acumulado	47
3.2.3.12	Cálculo de la canaleta Parshall	47
3.2.3.12.1	Profundidad de la canaleta Parshall.....	47
3.2.3.12.2	Resalto de la canaleta Parshall	48
3.2.3.13	Cálculo de la laguna anaeróbica	48
3.2.3.13.1	Volumen de la laguna anaeróbica	48
3.2.3.13.2	Comprobación de la carga volumétrica	48
3.2.3.13.3	Área de la laguna anaeróbica.....	49
3.2.3.13.4	Dimensión del área de la laguna anaeróbica.....	49
3.2.3.13.5	Frecuencia de limpieza de la laguna anaeróbica.....	49
3.2.3.13.6	Remoción de lodo en la laguna anaeróbica.....	50
3.2.3.13.7	Remoción de la (DBO) en la laguna anaeróbica.....	50
3.2.3.14	Cálculo de la laguna facultativa	50
3.2.3.14.1	Carga orgánica.....	50
3.2.3.14.2	Determinar el tiempo de retención.....	51
3.2.3.14.3	Volumen de la laguna facultativa.....	51
3.2.3.14.4	Área de la laguna facultativa	51
3.2.3.14.5	Comprobación de la carga superficial	51

3.2.3.14.6	<i>Remoción de demanda bioquímica de oxígeno</i>	52
3.2.3.14.7	<i>Dimensión de la laguna facultativa</i>	52
3.2.3.14.8	<i>Acumulación de lodos en laguna facultativa</i>	52
3.2.3.15	<i>Cálculo de laguna aeróbica o de pulimiento</i>	52
3.2.3.15.1	<i>Tiempo de retención hidráulica</i>	53
3.2.3.15.2	<i>Volumen de la laguna aeróbica</i>	53
3.2.3.15.3	<i>Cálculo del área</i>	53
3.2.3.15.4	<i>Distribución del área.</i>	53
3.2.3.15.5	<i>Dimensiones de las mamparas</i>	54
3.2.3.15.6	<i>Números de mamparas.</i>	54
3.2.3.16	<i>Superficie total necesaria del sistema</i>	54
3.2.3.17	<i>Tiempo de retención hidráulica total del sistema.</i>	54
3.2.3.18	<i>Retención de lodo total del sistema</i>	54
3.2.3.19	<i>Sólidos totales retenidos del sistema</i>	54
3.2.4	<i>Análisis estadístico</i>	55
3.2.4.1	<i>Estadística descriptiva</i>	55
4.	<i>Resultados</i>	56
4.1	<i>Determinación de la población de la parroquia Posorja futura, para los próximos 30 años mediante el método aritmético</i>	56
4.2	<i>Establecimiento de los caudales de aguas residuales que se producen y su proyección para los próximos 30 años en la parroquia Posorja</i>	57
4.3	<i>Caracterizar los parámetros físicos – químicos del agua residual de la parroquia Posorja mediante análisis físicos – químicos</i>	57
4.4	<i>Proponer un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante cálculos dimensionados para los próximos 30 años en la parroquia Posorja ..</i>	59

4.4.1	Diagrama del diseño dimensional de la planta de tratamiento de agua residual.....	64
5.	Discusión	66
6.	Conclusión	68
7.	Recomendación	69
8.	Bibliografía	70
9.	Anexos.....	78

Índice de tablas

Tabla 1. Información de Censo de población.	56
Tabla 2. Población futura para los próximos 30 años.	56
Tabla 3. Resultados de los caudales proyectados a 30 años.	57
Tabla 4. Valores iniciales de los parámetros físicos - químicos del agua residual.	58
Tabla 5: Características de la rejilla.	59
Tabla 6. Características del desarenador.	60
Tabla 7. Determinación del ancho W de la canaleta Parshall.	60
Tabla 8: Dimensiones de la canaleta Parshall.	61
Tabla 9: Característica de la canaleta Parshall.	61
Tabla 10: Resultados de la laguna anaerobia	62
Tabla 11: Resultados de la laguna facultativa.	63
Tabla 12. Características de la laguna aeróbica.	64

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama dimensional PTAR Posorja	65
Figura 2. Mapa de ubicación de muestreo de agua residual	78
Figura 3. Toma de muestra de agua residual	78
Figura 4. Análisis de laboratorio para las muestras de agua residual	79
Figura 5. Muestras de agua residual	79
Figura 6. Límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua marina.	80

Resumen

El trabajo de investigación fue realizado en la parroquia Posorja, Cantón Guayaquil, fue de carácter no experimental, la misma que tuvo como objetivo diseñar una PTAR por lagunas de oxidación para depurar el agua residual, se determinó la población futura, mediante el método aritmético. Para establecer el caudal de aguas residuales y su proyección a 30 años se utilizó el cálculo para caudal mínimo, medio, máximo. Además, se realizó un análisis físico - químico para determinar las concentraciones iniciales del agua residual. Finalmente se propuso un sistema de tratamiento de aguas residuales. Se obtuvo como resultado una población futura de 49420 habitantes; con los cálculos de los caudales, se determinaron los valores de, caudal máximo de 9963 m³/d, caudal medio de 4428 m³/d, caudal mínimo de 2767 m³/d; mediante el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales, que incluye una laguna anaerobia, dos lagunas facultativas y una laguna aerobia, con una superficie total necesaria del sistema de 58.794 m² que equivale a 5.8 Ha y un tiempo de retención hidráulica total de 18 días, se logrará la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno de 84 % aproximadamente, con un total de sólidos retenidos del sistema de 0.943 kg/m³. De este modo puede determinarse que la PTAR propuesta tiene una buena capacidad de depuración del fluido y por ende se acepta la hipótesis debido a que el diseño de la PTAR por lagunas de oxidación depurará los contaminantes presentes en las aguas residuales de la parroquia Posorja.

Palabras clave: Método aritmético, laguna de oxidación, tratamiento de agua residual.

Abstract

The research project was carried out in “Posorja – Guayaquil”. It was of a non-experimental nature, the same that aimed to design a PTAR by oxidation lagoons in order to purify the wastewater, the future population was determined, using the arithmetic method. For establishing the wastewater flow and its projection to 30 years, the results for minimum, medium, maximum flow was used. In addition, a physical-chemical analysis was performed to determine the initial concentrations of the wastewater. Finally, a wastewater treatment system was proposed. A future population of 49420 was obtained as a result; with the results of the flows, the values of, maximum flow of 9963 m³/d, average flow of 4428 m³/d, minimum flow of 2767 m³/d are determined; by designing the wastewater treatment system, which includes an anaerobic lagoon, two optional lagoons and an aerobic lagoon, with a total required area of the system of 58,794 m² equivalent to 5.8 Ha and a total hydraulic retention time of 18 days, the removal of the biochemical oxygen demand of approximately 84 % could be achieved, with a total of solids retained from the system of 0.943 kg/m³. In this way it can be determined that the proposed PTAR has a good capacity for debugging the fluid and therefore the hypothesis is accepted because the design of the PTAR by oxidation lagoons it could purify the contaminants present in the wastewater in Posorja.

Keywords: Arithmetic method, oxidation lagoon, wastewater treatment.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

La contaminación del agua es una alteración generada directa o indirectamente por el ser humano, y que a su vez ocasiona que esta se vuelva peligrosa tanto para el mismo como para el restante de seres vivos, que son las plantas y los animales (Valencia, Salcedo, y Páramo, 2018).

Un aspecto importante es la clasificación del agua según su nivel de contaminación. Los primeros son los polisacáridos. Es una sustancia muy volátil, generalmente una sustancia natural con bajas concentraciones y falta de oxígeno. El segundo es probian mesosa. Estas son células que viven en un número moderado de células y tienen una alta concentración de oxígeno, como las algas verdes. Al final, está la oligosaprobiana: regiones de vertido de aguas residuales a un flujo de agua, donde las aguas han alcanzado el aspecto y propiedades de su estado natural (EcoSiglos, 2017).

La contaminación del agua forma una gran problemática en la actualidad debido al crecimiento poblacional, la industrialización y la urbanización, además la falta de alcantarillado, los vertidos de aguas residuales son ejecutados a los ecosistemas acuáticos sin tratar o con tratamientos deficientes, lo que ocasiona la eutrofización de los cuerpos de aguas receptores y las consecuentes problemáticas ambientales, tales como el crecimiento de algas, descensos abruptos del oxígeno disuelto y la muerte de fauna por asfixia (Valencia, Salcedo, y Páramo, 2018).

Los países de ingresos altos en promedio tratan cerca del 70 % de las aguas residuales municipales e industriales que generan. Este promedio cae a un 38 % en los países de ingresos medios-altos y a un 28 % en los países de ingresos

medios-bajos. Un 8 % de los países de ingresos bajos generan algún tratamiento. En el mundo, más del 80 % de las aguas residuales son vertidas sin tratamiento alguno (UNESCO, 2017).

En las regiones rurales de América Latina los sistemas de tratamiento de agua residuales se basan en tecnologías convencionales como las fosas sépticas. Dichos sistemas de procedimiento no toleran índices de Biodegradabilidad menores a 0,4 medidos a modo de DBO5/DQO, valores que se obtienen una vez que en el agua se hallan contaminantes refractarios; que paralelamente se los asocia por lo general con la intromisión de agua residual industrial (Sánchez y García, 2018).

Las aguas residuales están compuestas cerca de un 99 % de agua y en un 1 % de sólidos en suspensión, coloidales y disueltos. Cantidades muy pequeñas de ciertos compuestos orgánicos pueden contaminar grandes volúmenes de agua. En el mundo, aproximadamente del 60 % de las personas permanecen conectadas a un sistema de alcantarillado (UNESCO, 2017).

La distribución del agua para el consumo humano en el Ecuador es de 100 %, el 70 % de las aguas residuales del país se canalizan hacia los sistemas de saneamiento y de este porcentaje, aproximadamente el 10 % es tratada (SENAGUA, 2018).

Las aguas residuales municipales se componen de materia orgánica, nutrientes (fundamentalmente nitrógeno y fósforo), varios compuestos orgánicos recalcitrantes y metales. De estos contaminantes, es de gran interés eliminar la materia orgánica formada por compuestos divergentes complejos (Escobar y Vásquez, 2016).

La contaminación causada por las aguas residuales no tratadas tiene efectos adversos sobre la salud humana; el 88 % de las enfermedades diarreicas incluido el cólera son producto de abastecimiento de agua insalubre y de un saneamiento deficiente (OMS, 2004).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Uno de los principales problemas ambientales que enfrenta el Ecuador es la contaminación del agua, esto se debe a los desechos generados por las actividades humanas (ya sean en estados líquidos o sólidos), disminuyendo su capacidad para purificarse de forma natural (Alcívar, Ortiz, y Muñoz, 2015).

En Ecuador, al igual que en lo demás territorios de la región, hay altas tasas de cobertura de los servicios básicos, pero no había información sobre la calidad de los mismos, por otra lado, el 85,9 % de las personas tienen saneamiento básico, o sea, poseen servicio higiénico adecuado (alcantarillado, pozo séptico, letrina con losa entre otros) y de uso único para los miembros del hogar (INEC, 2016).

A esto se suma el aumento de la población que ha llevado a que la demanda de agua crezca en 1 % cada año en el mundo sobre todo en países en desarrollo. En Ecuador, la demanda ha aumentado en un 16 % desde el 2007 hasta el 2017 (SENAGUA, 2018).

En el país 7,5 de cada 10 ecuatorianos poseen abastecimiento de agua potable y 5,5 de cada 10 ecuatorianos poseen sistema de alcantarillado. Pero la desigualdad de dichos servicios es más notable en las zonas rurales y en los barrios marginales (Sánchez, 2014).

Además, el crecimiento demográfico, industrial, usos de sustancias químicas no biodegradables, disposición final inadecuada de residuos y desechos

peligrosos, el alto consumo de los recursos renovables y no renovables promueve el deterioro de la calidad del agua (Cervantes, Sosa, Rodríguez, y Robles, 2009).

Las aguas residuales de proceso de carga orgánica y muchas veces con sustancias tóxicas, son generadas de empresas agro-industriales, de comercio y servicios, con más del 80 %, por la cual no las depuran y las descargan directamente a las redes de alcantarillado público o directamente a los cauces fluviales y marítimos (Sánchez, 2014).

En la parroquia Posorja, existen problemas de contaminación del agua conveniente a la industria atunera (por los vertidos en los canales) y la contaminación por aguas residuales, debido a la falta del servicio de alcantarillado. La parroquia también presenta un ecosistema oceánico, de igual manera afectado por la sobrepesca y la contaminación marina de la industria atunera (GAD Parroquial Posorja, 2016).

Mediante el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, se busca que el agua residual generada por la población de la parroquia Posorja, sea transferida a la PTAR, donde se eliminarán los diversos contaminantes presentes en las aguas afluentes, tratándolos por medio de procesos físicos, biológicos y químicos, dando paso a las aguas que serán descargadas a cuerpos de agua marinas.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál es la eficiencia del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales por lagunas de oxidación para la parroquia Posorja?

1.3 Justificación de la investigación

La generación de aguas residuales es inevitable debido a las diversas actividades que realizan los habitantes de la parroquia Posorja, sumado a la falta de alcantarillado, el incremento de la población y del sector turístico, se ha visto afectado en los últimos años. En su mayoría, las aguas residuales se vierten en fosas de absorción ocasionando contaminación al subsuelo y consecuentemente al manto freático, en algunos casos las descargas son directamente hacia el suelo, ocasionando que estas aguas se queden estancadas por las calles generando un mal aspecto al lugar y de malos olores, además de convertirse en foco de enfermedades (infecciones) y de contaminación en general (Brown, 2004).

La propuesta para esta investigación tiene la finalidad de diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de lagunas de oxidación para la depuración de contaminantes en el agua y ayudar a mitigar el problema ambiental en relación a los recursos naturales.

Además, en este proyecto se analizará la tecnología más eficiente en el estado del arte con relación al tratamiento de aguas residuales por lagunas de oxidación como una de las alternativas que permita la solución a la problemática.

1.4 Delimitación de la investigación

El desarrollo de la investigación se ejecutó entre la parroquia Posorja y la ciudad de Guayaquil. En la primera se realizó la toma de muestras, mientras que los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de la Universidad Agraria del Ecuador en la ciudad de Guayaquil.

Espacio: El presente trabajo se realizó en la Parroquia Posorja – Guayaquil (ver anexos figura 2).

Tiempo: Se tomó 3 meses para el desarrollo del trabajo de titulación.

Población: habitantes de la parroquia Posorja (24136 hab).

1.5 Objetivo general

Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales por lagunas de oxidación mediante ecuaciones de diseños para depurar el agua residual de la parroquia Posorja.

1.6 Objetivos específicos

- Determinar la población futura de la parroquia Posorja, para los próximos 30 años mediante el método aritmético.
- Establecer los caudales de aguas residuales que se producen y su proyección para los próximos 30 años en la parroquia Posorja.
- Caracterizar los parámetros físicos – químicos del agua residual de la parroquia Posorja mediante análisis físicos – químicos.
- Proponer un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante cálculos dimensionados para los próximos 30 años en la parroquia Posorja.

1.7 Hipótesis

El diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales por lagunas de oxidación depurará los contaminantes presentes en las aguas residuales de la parroquia Posorja.

2. Marco Teórico

2.1 Estado del arte

De acuerdo con Cortés et al. (2017) emplearon un modelo matemático para la optimización de un sistema lagunar integrado por tres lagunas: anaerobia, facultativa y de maduración. Las variables en el modelo de optimización son las siguientes: tiempo de retención y número de mamparas tanto de la laguna facultativa como la de maduración, y la relación largo ancho para la laguna anaerobia. Los resultados muestran una disminución del área y tiempo de retención con el modelo de optimización de 15.16 %.

En Brasil evaluaron el desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Fe do Sul en diferentes épocas climáticas. Realizaron un estudio batimétrico de las lagunas de estabilización anaerobia y facultativa para trazar los perfiles de acumulación de lodos y estimar los tiempos de retención hidráulica de las unidades; se ejecutaron tres etapas de monitoreo del afluente crudo y los efluentes de las lagunas, cada una con tres meses de duración. La remoción media de DBO fue del 78,6 %, menor que la mínima exigida por la legislación brasileña; la cantidad de coliformes fecales (CF) y el volumen de sólidos sedimentables superaron los valores permitidos por la reglamentación (Matsumoto y Sánchez, 2016).

En Colombia realizaron un estudio de verificación y cuantificación en la reducción de la demanda de bioquímica de oxígeno, nutrientes y sólidos en un agua residual piscícola, mediante el uso de Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) con un sistema de tratamiento secundario en Pereira. Una laguna en combinación con una laguna convencional de estabilización, es un mejor sistema de tratamiento avanzado especialmente en climas cálidos de áreas tropicales. Los

datos experimentales obtenidos en la laguna de estabilización, proporcionan una base comparativa de la eficiencia de remoción cuando se ha operado a diferentes tiempos de retención. Las lagunas de estudio tienen área superficial de 137 m² y profundidad de 1.9 m. Los efluentes provenientes del tratamiento de la laguna con Jacinto presentaron una reducción del 78 % en DBO, del 80 % en la DQO, del 40 % en los SST y del 64 % en NTK. Las concentraciones efluentes en DBO y SST de la laguna con Jacinto satisfacen los límites establecidos para la descarga de aguas residuales en cuerpos de agua en Colombia (Domínguez, 2017).

En esta investigación se conoció el coeficiente de confiabilidad de cada parámetro con el objetivo determinar la depuración y el funcionamiento de cada una de estas, relacionando valores medios de las concentraciones de los efluentes de los parámetros de DBO y SST con las limitaciones que hay que cumplir para la reutilización, basándose en análisis de probabilidad. Se comprobó que existen PTAR un nivel de confiabilidad del 80 % como las de Cajicá, Cogua, Chocontá y Gachancipá donde sus efluentes presentan medias por debajo de 30 mg/L en DBO y próximas en SST, evidenciando que se podrían reutilizar para diferentes fines agrícolas y ambientales (Carreño y Méndez, 2011).

En Ecuador realizaron una propuesta de una planta de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Yaguachi por lagunas de oxidación, en la que caracterizaron las aguas residuales de la población, además diseñaron un esquema que establecen las etapas de los tratamientos (tratamiento preliminar, sedimentación primaria y lagunas), que incluye 4 lagunas facultativas y 8 lagunas de maduración. La reducción de la carga contaminante es de 82 % para la DBO₅, y 99.99 % para los coliformes. El tamaño de la laguna corresponde al tipo de

sistema que opera en algunos países de América Latina (Peña, Mayorga, y Montoya, 2018).

Robin (2014) diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz, realizó análisis físico-químico para determinar las cargas contaminantes del agua residual, luego eligieron el diseño del sistema de tratamiento del agua residual a base de los resultados de los parámetros, como resultado presentaron los planos y dimensión correspondiente a cada unidad de tratamiento, que cuenta con las siguientes; canal de entrada con rejillas con un bypass, un desarenador, medidor de caudal tipo Parshall, trampa de grasas, tanque sedimentador primario rectangular, filtro percolador, digestor de lodos y un patio de secado. Con base a los resultados se identificó que el sistema propuesto para el tratamiento de aguas residuales alcanzará un 88.62%, de eficiencia global de remoción de la carga contaminante. Lo que equivale al nivel de remoción del DBO. Esta propuesta brinda una medida de mitigación a la problemática de la contaminación de los cuerpos de agua receptores, específicamente los ríos Chiché y Chió los cuales son utilizados para actividades cotidianas del municipio.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Agua

La Organización Mundial de la Salud define que “el agua salubre y fácilmente accesible es importante para la salud pública, ya sea que se utilice para beber, para uso doméstico, para producir alimentos o para fines recreativos” (OMS, 2019).

2.2.2 Importancia del agua

Sancho (2020), sostiene que el suministro de agua total en el mundo es de 1.400 millones de kilómetros cúbicos, de los cuales el 97,5 % es agua salada, es decir, solo 2,5 % es agua dulce. De esta cantidad, sólo el 1 % del agua dulce de la Tierra está disponible para el consumo humano debido a que la mayor parte está congelada en los glaciares, en los polos o se encuentra en recursos subterráneos inaccesibles.

2.2.3 Contaminación del agua

La contaminación del agua es la alteración de cambio químico, físico o biológico en la calidad del agua, por esta razón existen sustancias como los microbios, los metales pesados y los sedimentos, hace que su consumo tenga efectos dañinos sobre la salud y el medio ambiente (Zarza, 2018).

2.2.4 Aguas residuales

Las aguas residuales tienen diversos orígenes (doméstico, industrial, pecuario, agrícola, recreativo) que determinan sus distintas características (Lozano, 2012).

2.2.5 Tipos de aguas residuales

Según el autor (Armijos, 2016) afirma que las aguas residuales se clasifican en cuatro tipos:

- **Aguas residuales domésticas:** Son aquellas aguas que provienen de los hogares, actividades comerciales y de instituciones. Contienen una gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como residuos de jabones, detergentes, lejía y grasas.
- **Aguas residuales industriales:** Son aguas que resultan de las actividades que se realizan en las industrias, que dependerá del tipo, tamaño de la industria, el proceso de fabricación, nivel de reciclado, etc. Estas aguas

contienen aceites, grasas, detergentes, ácidos y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal.

- **Aguas residuales agrícolas:** Estas aguas son generadas por labores agrícolas, ganaderas y el regadío de los terrenos; este tipo de agua contiene fertilizantes, abono y productos químicos presentes en los terrenos.
- **Aguas residuales pluviales:** Se denomina así a aquella agua procedente de la lluvia, deshielo, limpieza urbana y a partir de fases atmosféricas violentas; las cuales tienen niveles de contaminación mínimos.

2.2.6 Parámetros de calidad de las aguas

2.2.6.1 *Materia Orgánica*

Es la parte de mayor relevancia de los recursos contaminantes en las aguas residuales domésticas y municipales ya que es la responsable de la postración de oxígeno de los cuerpos de agua. Está constituida principalmente por CHONS (Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno y Azufre) formando las proteínas (origen animal y vegetal), los carbohidratos (origen vegetal), los aceites y grasas (residuos de cocina e industria) y los surfactantes (detergentes) (Lozano, 2012).

2.2.6.2 *Turbidez*

La turbidez es una medida del nivel en el que el agua pierde su transparencia gracias a la existencia de partículas en suspensión. Las algas, los sedimentos en suspensión (arcillas, limos, partículas de sílice) y la materia orgánica en el agua tienen la posibilidad de incrementar la turbidez hasta niveles que son dañinos para otros organismos (Sánchez et al., 2007).

2.2.6.3 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La demanda bioquímica de oxígeno es una medida de la proporción de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica por medio de procesos biológicos aerobios (generalmente por bacterias y protozoos). Por tanto, es una medida indirecta de la concentración de materia orgánica e inorgánica puede alterar o dañar biológicamente. Se usa para decidir la contaminación de las aguas. Una vez que los niveles de la DBO son elevados, los niveles de oxígeno disueltos van a ser bajos porque las bacterias consumen más oxígeno. Los peces y otros organismos marinos no pueden sobrevivir por completo debido a la falta de oxígeno en el agua (Sánchez et al., 2007).

2.2.6.4 Demanda química de oxígeno (DQO)

Es la proporción de oxígeno primordial para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica. Se usa para medir la porción total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales (Sánchez et al., 2007).

2.2.6.5 Sólidos Totales

Son el material residual resultante en un recipiente luego de la evaporación de una muestra y su subsecuente secamiento en un horno a temperatura definida y constante; es decir, representan la suma de los sólidos disueltos o no retenidos a través de un filtro y los sólidos no disueltos o retenibles por filtración (INVEMAR, 2003).

2.2.6.6 Sólidos suspendidos

Es una medida de los sólidos sedimentables que no se disuelven y que tienen la posibilidad de ser retenidos en un filtro. Esta medida se puede realizar midiendo el residuo que queda en el filtro después del secado, tienen la posibilidad de tener

un gran efecto donde las aguas sean usadas para un proceso con conducción, calderas, equipo (INVEVAR, 2003).

2.2.6.7 Temperatura

La temperatura del agua residual es más grande que la temperatura de agua para abasto, como resultado de la adhesión de agua caliente perteneciente del uso de la casa e industrial. Esta medida es importante en el control del agua porque la mayoría de los métodos biológicos dependen de la temperatura. Además, es determinante para el desarrollo de la actividad bacteriana, el rango de la temperatura es 25 °C a 35 °C. Por lo contrario si la temperatura se acerca a los 50 °C los procesos de digestión aerobia y nitrificación bacteriana se detienen; de otra manera, cuando la temperatura es inferior a 5 °C, se inhibe la actividad microbiana (Delgadillo, Camacho, Pérez, y Andrade, 2010).

2.2.7 Caudal del agua

El caudal del agua es el volumen, por ejemplo, la cantidad de litros que pasa por una sección específica de la quebrada, río o arroyo en un tiempo determinado (Ramírez, 2014).

2.2.8 Planta de tratamiento de aguas residuales

Es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuyo propósito es la eliminación o reducción de la contaminación de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales (Cifuentes, 2016).

2.2.9 Proceso de tratamiento de aguas residuales

2.2.9.1 Tratamiento primario o fisicoquímico

El tratamiento primario tiene como fin la reducción de los sólidos en suspensión del agua residual y en la cual están constituidos por materia orgánica, por otra parte, genera una reducción de la demanda bioquímica de oxígeno, igualmente se

consigue una reducción de la contaminación bacteriológica, mediante sedimentación u otro medio, y forma un método de preparar el agua para el tratamiento secundario. Por lo regular el tratamiento primario remueve alrededor del 60 % de los sólidos suspendidos del agua residual cruda y 35 a 40 % de la DBO suspendida (Bermeo, 2016).

2.2.9.2 *Rejilla*

Las rejillas son barras verticales que impiden la entrada de objetos grandes como: ramas, tejidos, latas, papel, desechos plásticos y vegetales. Esta etapa de pretratamiento reduce el riesgo de obstrucción y daño a tuberías o válvulas (Trevi, 2020).

2.2.9.3 *Desarenador*

El desarenador permite remover partículas orgánicas de cierto tamaño contenidas en el agua que ingresa de una fuente, están ubicadas a continuación de una captación de agua y superficial (Albuja, Pinos, y Samaniego, 2014).

2.2.9.4 *Canaleta Parshall*

El canal Parshall o también llamado medidor Parshall, nos permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal determinado (Creus, 2010).

2.2.9.5 *Tratamiento secundario o tratamiento biológico*

El tratamiento secundario, también conocido como depuración o tratamiento biológico de las aguas residuales, permite la eliminación de contaminantes mediante la actividad biológica de los microorganismos presentes en los reactores. La materia orgánica en suspensión y disuelta es transformada mediante procesos de oxidación química, en biomasa y sólidos inorgánicos sedimentables (Lozano, 2012).

2.2.9.6 Tratamiento terciario o desinfección

El tratamiento terciario puede ser entendido como cualquier práctica adicional a los procesos biológicos secundarios (que depuran materia orgánica biodegradable e inorgánica oxidable), cuyo objetivo es el de eliminar contaminantes orgánicos no biodegradables, organismos patógenos y nutrientes como el nitrógeno y el fósforo (Lozano, 2012).

2.2.10 Lagunas de estabilización

Son cuerpos de agua creados artificialmente también conocida como laguna de oxidación. El proceso de tratamiento es una combinación de sedimentación, digestión y conversión de desechos orgánicos por bacterias y algas, por lo que generan su propia reproducción, que puede ser anaerobia, aerobia o una combinación de ambas.

Las lagunas de estabilización se clasifican en anaerobias, facultativas y aerobias o de pulimento; su objetivo principal es la eliminación de contaminantes: demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y coliformes fecales (Conagua-IMTA, 2007).

2.2.10.1 Lagunas anaerobias

El tratamiento se lleva a cabo por medio de bacterias que forman ácidos orgánicos y bacterias metanogénicas con un funcionamiento en ausencia de oxígeno y las profundidades varían de 3 a 5 metros (Rolim y Rojas, 2000).

2.2.10.2 Lagunas facultativas

Se utilizan frecuentemente y pueden encontrarse como un primer tratamiento o como un tratamiento posterior a las lagunas anaerobias. La profundidad de diseño en estas lagunas varía entre 1.5 y 2 metros (Rolim y Rojas, 2000).

2.2.10.3 Lagunas de maduración

Se utilizan al final del proceso, además son menos profundas que las facultativas (0.9 a 1.5 metros) y en ellas deben predominar las condiciones aerobias. Demuestran concentraciones de oxígeno disuelto mayores a las de una laguna facultativa y su objetivo es la remoción de microorganismos patógenos y la eliminación de las bacterias depende de las condiciones climatológicas y ambientales (Rolim y Rojas, 2000).

2.3 Marco legal

2.3.1 Ley de la Constitución de la República del Ecuador

La Constitución del Ecuador vigente desde el año 2008, incluye varios artículos destinados a la protección, control y cuidado del medio ambiente como derechos de la “pacha mama” tierra madre.

Capítulo Segundo. Derechos del buen vivir, Sección segunda - Ambiente sano

En el Artículos 14.- “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Además, se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados” (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador, 2008, pág. 29).

Sección sexta - Hábitat y vivienda

Artículo 30.- “Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica” (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador, 2008, pág. 33).

Sección séptima – salud

En el Artículo 32.- Estipula que “la salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir” (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador, 2008, pág. 34).

Capítulo Séptimo

Derechos de la naturaleza

Artículo 73.- “El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales” (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador, 2008, pág. 55).

Capítulo Segundo. Biodiversidad y recursos naturales, Sección Primera – Naturaleza y ambiente

El Artículo 396.- “El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas” (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador, 2008, pág. 177).

El Artículo 397.- literal 2 estipula “Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales” (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador, 2008, pág. 178).

Sección Tercera – Patrimonio natural y ecosistemas

En el Artículo 406.- La competencia del Estado, quien “regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros” (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador, 2008, pág. 181).

2.3.2 Código Orgánico del Ambiente

Libro preliminar título I. Objeto, ámbito y fine

Art. 1.- Objeto. Este Código tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay.

Las disposiciones de este Código regularán los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, los que deberán asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines.

CAPITULO V

Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos

Art. 190.- De la calidad ambiental para el funcionamiento de los ecosistemas. Las actividades que causen riesgos o impactos ambientales en el territorio nacional deberán velar por la protección y conservación de los ecosistemas y sus componentes bióticos y abióticos, de tal manera que estos impactos no afecten a las dinámicas de las poblaciones y la regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, o que impida su restauración.

Art. 191.- Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto.

Se dictarán y actualizarán periódicamente las normas técnicas, de conformidad con las reglas establecidas en este Código.

Las instituciones competentes en la materia promoverán y fomentarán la generación de la información, así como la investigación sobre la contaminación atmosférica, a los cuerpos hídricos y al suelo, con el fin de determinar sus causas, efectos y alternativas para su reducción.

Art. 192.- De la calidad visual. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados competentes controlarán que las obras civiles que se construyan en sus circunscripciones territoriales guarden armonía con los lugares donde se las construya en especial de los espacios públicos, con el fin de minimizar los impactos visuales o los impactos al paisaje, de conformidad con la normativa expedida para el efecto.

Art. 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades competentes en la materia. (Ministerio del Ambiente, 2017).

2.3.3 Ley orgánica de salud

Libro II. Salud y seguridad ambiental disposición común

Art. 95.- La autoridad sanitaria nacional en coordinación con el Ministerio de Ambiente, establecerá las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, las mismas que serán de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales, entidades públicas, privadas y comunitarias. El Estado a través de los organismos competentes y el sector privado está obligado a proporcionar a la población, información adecuada y veraz respecto del impacto ambiental y sus consecuencias para la salud individual y colectiva. (Ley orgánica de salud, 2015).

Título Único. Capítulo II. De los desechos comunes, infecciosos, especiales y de las radiaciones ionizantes y no ionizantes.

Art. 102.- Es responsabilidad del Estado, a través de los municipios del país y en coordinación con las respectivas instituciones públicas, dotar a la población de sistemas de alcantarillado sanitario, pluvial y otros de disposición de excretas y aguas servidas que no afecten a la salud individual, colectiva y al ambiente; así como de sistemas de tratamiento de aguas servidas.

Art. 103.- Se prohíbe a toda persona, natural o jurídica, descargar o depositar aguas servidas y residuales, sin el tratamiento apropiado,

conforme lo disponga en el reglamento correspondiente, en ríos, mares, canales, quebradas, lagunas, lagos y otros sitios similares. Se prohíbe también su uso en la cría de animales o actividades agropecuarias. Los desechos infecciosos, especiales, tóxicos y peligrosos para la salud, deben ser tratados técnicamente previo a su eliminación y el depósito final se realizará en los sitios especiales establecidos para el efecto por los municipios del país. Para la eliminación de desechos domésticos se cumplirán las disposiciones establecidas para el efecto. Las autoridades de salud, en coordinación con los municipios, serán responsables de hacer cumplir estas disposiciones. (Ley orgánica de salud, 2015).

2.3.4 Acuerdo ministerial 097-A

Anexo 1. Del Libro VI Del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente: Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes Al Recurso Agua Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes: Recurso Agua.

Clasificación

Normas generales de descarga de efluentes

1. Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.
2. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.
3. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor.
4. Permisos de descarga
 - a. Descarga a un cuerpo de agua dulce.
 - b. Descarga a un cuerpo de agua marina.

Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce.

Principios básicos para descarga de efluentes.

De acuerdo con su caracterización toda descarga puntual al sistema de alcantarillado y toda descarga puntual o no puntual a un cuerpo receptor, deberá cumplir con las disposiciones de esta Norma. (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce

Dentro del límite de actuación, los municipios tendrán la facultad de definir las cargas máximas permisibles a los cuerpos receptores de los sujetos de control, como resultado del balance de masas para cumplir con los criterios de calidad para defensa de los usos asignados en condiciones de caudal crítico y cargas contaminantes futuras. Estas cargas máximas serán aprobadas y validadas por la Autoridad Ambiental Nacional y estarán consignadas en los permisos de descarga. (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

3. Materiales y Métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El presente proyecto se requiere de los siguientes tipos de investigación:

3.1.1.1 *Investigación documental*

Es investigación documental porque permitió la selección y compilación de información, a través de la lectura y crítica de documentos y materiales bibliográficos, para la obtención de referencias sobre la aplicación de lagunas de oxidación en planta de tratamiento de aguas residuales.

3.1.1.2 *Investigación de campo y laboratorio*

Es investigación de campo debido a que se logró extraer datos e información del estado de las aguas residuales de la parroquia Posorja, a través del uso de técnicas de recolección (como muestreos), además se realizaron los respectivos análisis en el laboratorio de la Universidad Agraria del Ecuador.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación fue de carácter no experimental; ya que la misma nos permitió observar los fenómenos tal y como se dan en su ambiente natural para después analizarlos, sin manipular deliberadamente las variables (Agudelo, Aigner y Ruiz, 2008).

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1 Variable independiente

- Parámetros: caudal, población, consumo per cápita, DBO, DQO, pH, sólidos totales, temperatura, turbidez.
- Calidad de agua tratada.

- Parámetros de diseño de la planta de agua residual.

3.2.1.2 Variable dependiente

- Porcentaje de eficiencia del tratamiento.

3.2.2 Diseño experimental

Objetivo 1.- Para la determinación de la población futura de la parroquia Posorja, se efectuó mediante el método aritmético.

Se realizó una revisión bibliográfica para recopilar datos del último censo de la población y vivienda (INEC) realizada en la Parroquia Posorja, luego se aplicó el método aritmético para determinar las operaciones a realizar y finalmente obtener el valor de la incógnita.

Objetivo 2.- Para establecer los caudales de aguas residuales que se producen y su proyección para los próximos 30 años en la parroquia Posorja.

Mediante la información recopilada de la planta de agua potable de San Juan, se obtuvo el consumo de agua diaria por habitante, luego se realizó el cálculo para determinar el caudal mínimo, medio y máximo.

Objetivo 3.- Caracterizar los parámetros físicos – químicos del agua residual de la parroquia Posorja mediante análisis físicos – químicos.

Se realizó la toma de tres muestras puntuales en la trampa de grasa de los mercados (víveres y artículos varios) y uno de los comedores del patio de comida de playa Varadero, ubicado en la parroquia Posorja del Cantón Guayaquil. El muestreo se realizó de acuerdo a las recomendaciones indicadas en la Norma INEN 2169: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras, luego las muestras fueron transportadas inmediatamente a los laboratorios de la Universidad Agraria del Ecuador para el respectivo análisis de los parámetros previamente establecidos.

Objetivo 4.- Proponer un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante cálculos dimensionados para los próximos 30 años en la parroquia Posorja.

Para el tratamiento primario, se contará con un sistema de rejilla en la entrada, el cual separará los sólidos presente en las aguas residuales, para este sistema se realizó el cálculo correspondiente para determinar las características del mismo, el desarenador tiene como función retener los sólidos arenoso, esto nos permite evitar acumulación de arenas a la entrada de la laguna anaeróbica del mismo modo se realizó el cálculo correspondiente para determinar sus características; para el extremo de salida, se calcula la canaleta Parshall, con la cual se realizara el control de los caudales.

El tratamiento secundario comienza con la laguna anaeróbica, para este sistema se calculó la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), y de los sólidos totales. Se determinó el periodo de retención, el área, volumen, carga orgánica del efluente, retención de sólidos; luego se realizó el cálculo para la laguna facultativa aplicando fórmulas para determinar la carga superficial, periodos de retención, área, volumen, profundidad entre otros. Para calcular la laguna aeróbica, se utilizó las mismas formulas aplicadas en la laguna anterior, además se determinó el área total del sistema, el tiempo de retención del sistema, lo cual es muy importante y obtener flujos adecuados para estos procesos.

3.2.3 Recolección de datos

3.2.3.1 Recursos

- Impresiones
- Calculadora
- Bolígrafos
- Impresora
- Computadora

3.2.3.2 **Métodos y técnicas**

3.2.3.2.1 *Método aritmético*

Según (UNAM, 2011) afirma que este método es útil en poblaciones que muestran un crecimiento de forma constante a lo largo del tiempo y no depende del tamaño de la misma; la ecuación practicante es:

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc}-P_{ci}}{T_{uc}-T_{ci}} *(T_f-T_{uc})$$

Dónde:

P_f: población futura para el tiempo estimado en el diseño.

P_{uc}: población del último año censado.

P_{ci}: población correspondiente al año inicial.

T_{uc}: año correspondiente al último censo.

T_{ci}: año correspondiente al censo inicial.

T_f: año para el cual se quiere proyectar.

3.2.3.3 **Cálculos de caudales de agua servida**

Según el autor Garcia (2009), señala que los parámetros para un ideal de agua potable son los siguientes:

3.2.3.3.1 *Caudal mínimo*

$$Q_{min} = C * \frac{P * q * k_3}{86400}$$

Dónde:

C = Coeficiente de retorno

P = Población a futuro a ser atendida

K₃ = Coeficiente de mínimo caudal horario

q = Consumo medio diario de agua per. Cápita

3.2.3.3.2 Caudal medio

$$Q_{med} = C * \frac{P * q}{86400}$$

Dónde:

C = Coeficiente de retorno

P = Población a futuro a ser atendida

q = Consumo medio diario de agua per. Cápita

3.2.3.3.3 Caudal máximo

$$Q_{max} = C * \frac{P * q * k_1 * k_2}{86400}$$

Dónde:

C = Coeficiente de retorno

P = Población a futuro a ser atendida

q = Consumo medio diario de agua per. Cápita

K_1 = Coeficiente de máximo caudal diario

K_2 = Coeficiente de máximo caudal horario

3.2.3.4 Método para medir Turbidez

Este parámetro permitió conocer la cantidad de partículas en suspensión en la muestra de agua residual, y se midió en unidades nefelométricas (NTU) por medio del turbidímetro. El método que se utilizó es la Nefelometría.

Las muestras pueden colectarse en frascos plásticos o de vidrio. No existe método de preservación. Deben analizarse sin dilución y evitando alterar las condiciones originales como el pH. En caso de requerirse almacenamiento, este debe realizarse a 4°C en la oscuridad por un tiempo recomendado de 24 horas (Severiche, Castillo, y Acevedo, 2013).

3.2.3.5 Método para medir Sólidos totales

La determinación de este parámetro permitió medir las materias disueltas y suspendidas presentes en la muestra de agua por mediante el método de la gravimetría ASTM 2540 B.

Procedimiento: Encender la estufa a 103 - 150 °C luego introducir una cápsula limpia durante una hora, llevar la cápsula al desecador hasta que se vaya a emplear, después pesarla inmediatamente antes de usar y registrar el dato (Severiche, Castillo, y Acevedo, 2013).

Determinación de sólidos totales:

- Esperar que la muestra se encuentre a temperatura ambiente. Seleccionar el volumen de muestra de acuerdo al aspecto de la misma; habitualmente éste estará entre 25 y 100 ml.
- Mezclar bien la muestra y depositar el volumen seleccionado en la cápsula de evaporación previamente tarada. - Colocar la cápsula en una placa calefactora y evaporar la muestra hasta casi sequedad, pero evitando ebullición y salpicaduras.
- Llevar la muestra evaporada a la estufa a 103 - 150 °C por 1 hora. A criterio del analista, el secado puede extenderse hasta el día siguiente, cuando el tipo de muestra, haga suponer alto contenido de sales y se considere ausencia de compuestos orgánicos que puedan perderse con un calentamiento prolongado.
- Enfriar la cápsula en el desecador.
- Pesar rápidamente para evitar cambios en el peso por exposición al aire y/o degradación del residuo y registrar los datos.

- Repetir el calentamiento sólo por 1 hora, hasta que la diferencia con la pesada previa sea $< 4 \%$ o $< 0.5 \text{ mg}$ (seleccionar el valor que resulte menor), con lo cual se considera se obtuvo peso constante.
- El peso finalmente obtenido será Peso B.

3.2.3.6 *Métodos para medir pH*

Se determinó mediante el uso de tiras reactivas de pH, introduciendo estas tiras de medición en el agua residual y agitando en un tiempo determinado de 5 minutos llevando a cabo la estabilización de las lecturas obtenidas (Ciganda, 2004).

3.2.3.7 *Método analítico para medir Temperatura*

Se utilizó un termómetro de inmersión completa para la toma de la temperatura *in situ*, utilizando un equipo oxigenómetro YSI 900 (Rodríguez, 2009, pág. 3).

3.2.3.8 *Método para medir DBO*

Es la medida de la cantidad de oxígeno utilizado por microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable en condiciones aeróbicas por un periodo de cinco días a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (Raffo y Ruiz, 2014).

Procedimiento:

1. Se preparó el agua de dilución usando una solución tampón de nutriente de DBO para luego diluir cada muestra.
2. Posteriormente se determina el rango de los volúmenes de las muestras requeridos por la muestra.
3. Se usó una pipeta para medir la serología de la muestra del agua residual, usando por lo menos cinco o seis porciones de muestra bien mezclada y fue transferida a las botellas Winkler separadas de DBO de 300 ml, luego se agito la muestra con la pipeta.

4. Se agregó 0,16 g aproximadamente de inhibidor de nitrificación a cada botella.
5. Luego se llena cada botella exactamente hasta el pico con agua de dilución sembrada o sin sembrar, dejar que la misma caiga lentamente por los lados de la botella para evitar la formación de burbujas.
6. Tapar la botella cuidando de no atrapar ninguna burbuja de aire, luego invertir la botella varias veces para que se mezcle bien.
7. Se procedió a colocar papel de aluminio en el pico de cada botella y colocar las botellas en una incubadora a 20 °C. Incubar en la oscuridad durante cinco días.

3.2.3.9 Método para medir DQO

Determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo. Se utilizó el método colorimétrico de DQO.

Procedimiento:

1. Se homogenizo 100 ml de muestra durante 30 segundos en una mezcladora.
2. Luego se conecta el reactor de DQO para precalentar a 150°C.
3. Se extrae la tapa de un tubo de reactivo de digestión de DQO con el rango apropiado, luego se sostiene el tubo en un ángulo de 45 grados y se coloca con la pipeta 0,2 ml para el rango 0 a 15000 mg/l.
4. Se volvió a colocar la tapa del tubo bien ajustada, luego se enjuaga la parte exterior del tubo de DQO con agua destilada y secando con una toalla de papel.

5. Invertimos suavemente los tubos varias veces para mezclar los contenidos, luego se coloca el tubo en el Reactor DQO precalentado durante dos horas.
6. Posteriormente se espera aproximadamente 20 minutos hasta que los tubos se enfríen a temperatura ambiente, luego usamos la técnica analítica para su medición de DQO.
7. Se coloca el tubo en el adaptador con el logotipo de Hach, en la pantalla se observó la lectura del resultado en mg/l de DQO.

3.2.3.10 **Cálculo de rejillas**

Como afirma (Hernández y Sánchez, 2015) las rejillas separan fácilmente cargas voluminosas que son transportadas por el agua residual luego de su uso.

3.2.3.10.1 *Cálculo de la velocidad en el canal de aproximación*

$$V = \frac{0,6}{\left(\frac{a_b + e_b}{e_b}\right)}$$

Dónde:

a_b = ancho de barras

e_b = espaciamiento (abertura) entre barras

V_r = velocidad a través de las barras

3.2.3.10.2 *Pérdida de carga a través de la rejilla*

$$H = \frac{1}{0,7} * \left(\frac{V_R^2 - V_a^2}{2g} \right)$$

Dónde:

V_r = velocidad a través de las barras

V_a = velocidad en el canal aproximado

3.2.3.10.3 Área del canal de aproximación.

$$A = \frac{Q_{\max}}{V_R}$$

Dónde:

Max = caudal máximo, m³/s

V_a = velocidad en el canal aproximado

3.2.3.10.4 Ancho del canal del canal de aproximación

$$a_{canal} = \frac{Q_{\max}}{0,6 P_{\max}} * \left[\frac{a_b + e_b}{e_b} \right]$$

Dónde:

Q_{max} = caudal máximo

V_r = velocidad a través de las barras

P_{Max} = profundidad máxima de agua en el canal

a_b = ancho de barras

e_b = espaciamiento (abertura) entre barras

3.2.3.10.5 Altura de la lámina de agua

$$h = \frac{A}{a_{canal}}$$

Dónde:

A = área del canal de aproximación

a_{canal} = ancho de canal de aproximación

3.2.3.10.6 Número de barras requerida

$$N = \frac{a_{\text{canal}} - L}{b + L}$$

Dónde:

b = ancho de barras

L = espaciamiento (abertura) entre barras

a_{canal} = ancho de canal de aproximación

3.2.3.11 **Cálculo del desarenador**

Sparrow (2008), argumenta que el desarenador sirve para separar (decantar) y remover (evacuar) después, el material sólido que lleva el agua de un canal.

3.2.3.11.1 *Ancho del canal del desarenador*

$$a_d = \frac{Q_{\text{max}}}{P_{\text{max}} * V_{\text{max}}}$$

Dónde:

Q_{Max} = caudal máximo

P_{Max} = profundidad máxima de agua en el canal

V_{Max} = velocidad máxima a través de las barras

3.2.3.11.2 *Altura máxima de lámina de agua del desarenador*

$$P_{\text{max}} = H_{\text{max}} - Z$$

Dónde:

Z = resalto del área

H_{Max} = profundidad de la canaleta Parshall

3.2.3.11.3 *Longitud del desarenador*

$$45 * V_{\text{max}} \leq L \leq 60 * V_{\text{min}}$$

Dónde:

V_{Max} = velocidad máxima a través de las barras

V_{Min} = velocidad mínima en el desarenador

3.2.3.11.4 *Volumen de sólido arenoso retenido*

$$V_{sa} = \frac{t_{op} * Q_{med} * C_{sa}}{1000}$$

3.2.3.11.5 *Profundidad de sólidos arenosos acumulado*

$$P_{sa} = \frac{V_{sa}}{a_d * L}$$

Dónde:

a_d = ancho del canal de desarenador

L = longitud del desarenador

3.2.3.12 **Cálculo de la canaleta Parshall**

La canaleta Parshall es una estructura hidráulica que consiente medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal (Pedroza, 2001).

3.2.3.12.1 *Profundidad de la canaleta Parshall*

$$H_{max} = \left[\frac{1,1 * Q_{max}}{2,27 * W} \right]^{0,667}$$

Dónde:

Q_{Max} = caudal máximo

W = ancho de garganta

$$H_{med} = \left[\frac{1,1 * Q_{med}}{2,27 * W} \right]^{0,667}$$

Dónde:

Q_{med} = caudal media

W = ancho de garganta

$$H_{\min} = \left[\frac{1,1 * Q_{\min}}{2,27 * W} \right]^{0,667}$$

Dónde:

Q_{Min} = caudal mínimo

W = ancho de garganta

3.2.3.12.2 *Resalto de la canaleta Parshall*

$$Z = C_r * H_{\max}$$

Dónde:

H_{Max} = profundidad de la canaleta Parshall

3.2.3.13 **Cálculo de la laguna anaeróbica**

De acuerdo con Cortés et al. (2011), se calcula mediante las siguientes ecuaciones:

3.2.3.13.1 *Volumen de la laguna anaeróbica*

$$VA = TRH * Q_{med}$$

Dónde:

TRH = tiempo de retención hidráulica

Q_{med} = caudal medio

3.2.3.13.2 *Comprobación de la carga volumétrica*

$$Lu = \frac{Q_{med} * C_{DBO5}}{VA}$$

Dónde:

Q_{med} = caudal medio

C_{DBO5} = concentración de DBO_5

V_A = volumen de la laguna anaeróbica

3.2.3.13.3 Área de la laguna anaeróbica

$$A = \frac{V_A}{h}$$

Dónde:

V_A = volumen de la laguna anaeróbica

h = profundidad de la laguna anaeróbica

3.2.3.13.4 Dimensión del área de la laguna anaeróbica

Se recomienda que sean rectangulares en proporción de 1 a 2

$$a = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

Dónde:

A = área de la laguna anaeróbica

$$l = a * 2$$

Dónde:

a = ancho de la laguna anaeróbica

3.2.3.13.5 Frecuencia de limpieza de la laguna anaeróbica

$$n = \frac{1000 * FVL * V_A}{TAL * Q_{med} * 365}$$

Dónde:

FVL = fracción del volumen de laguna ocupada con lodos

V_A = volumen de la laguna anaeróbica

Q_{med} = caudal medio

TAL = tasa de acumulación de lodos

3.2.3.13.6 Remoción de lodo en la laguna anaeróbica

Relación entre 0.224 a 0.548 m³ de lodos por 1,000 m³ de aguas residuales tratadas.

$$RI = \frac{Ac. lodo * Q_{med}/dia}{1000m^3}$$

Dónde:

Q_{med} = caudal medio

Ac.lodo = estipulación acumulada de lodo

3.2.3.13.7 Remoción de la (DBO) en la laguna anaeróbica.

$$DBO_e = \frac{DBO_c}{k' * TRH + 1}$$

Dónde:

DBO₅ C = concentración de DBO₅

TRH = tiempo de retención hidráulica

Remoción del 55 %

Se deberán construir dos lagunas anaeróbicas en paralelo para alternar en el tratamiento con el fin de realizar la remoción de lodos.

3.2.3.14 Cálculo de la laguna facultativa

Según Cortés et al. (2011) se calcula mediante las siguientes ecuaciones:

3.2.3.14.1 Carga orgánica.

$$Co = \frac{DBO}{Q_{med}}$$

Dónde:

Q_{med} = caudal medio

DBO₅ = Constante global a eliminarse DBO₅

3.2.3.14.2 *Determinar el tiempo de retención.*

$$TRH = \frac{kt}{km}$$

Dónde:

kt = factor del flujo

km = Coeficiente de temperatura

3.2.3.14.3 *Volumen de la laguna facultativa*

$$V_f = THR * Q_{med}$$

Dónde:

TRH = Tiempo de retención

Q_{med} = caudal medio

3.2.3.14.4 *Área de la laguna facultativa*

$$A = \frac{V_f}{h}$$

Dónde:

V_f = Volumen de la laguna facultativa

h = Profundidad de la laguna facultativa

3.2.3.14.5 *Comprobación de la carga superficial*

La cual no debe ser mayor a 120 Kg DBO₅ /ha día

$$C_s = Q_{med} * \frac{DBO_a}{A_f}$$

Dónde:

Q_{med} = caudal medio

A_f = Área de la laguna facultativa

3.2.3.14.6 Remoción de demanda bioquímica de oxígeno

$$DBO_e = \frac{DBO_c}{k \cdot TRH + 1}$$

Dónde:

TRH= Tiempo de retención

Remoción del 90 %

3.2.3.14.7 Dimensión de la laguna facultativa

Relación 1 - 3

$$a = \sqrt{\frac{A}{3}}$$

Dónde:

A = área de la laguna facultativa

$$l = a \cdot 3$$

Dónde:

a= ancho de la laguna facultativa

3.2.3.14.8 Acumulación de lodos en laguna facultativa

Se estipula que la acumulación de lodo varía entre 0,2 – 0,55 m³ de lodo/1000m³ de agua residual tratada.

$$Rl = \frac{Ac. lodo \cdot Q_{med}/dia}{1000m^3}$$

Dónde:

Q_{med} = caudal medio

Ac.lodo = estipulación acumulada de lodo

3.2.3.15 Cálculo de laguna aeróbica o de pulimiento

Vázquez, (2016) define las siguientes ecuaciones:

3.2.3.15.1 Tiempo de retención hidráulica

$$TRH = t_{99,9}$$

$$T_{99,9} = \frac{\ln \left[\frac{N}{N_0} \right]}{-k_b}$$

$T_{99,9}$ = tiempo necesario para remover el 99,9% de patógenos

3.2.3.15.2 Volumen de la laguna aeróbica

$$V = TRH * Q_{med}$$

Dónde:

TRH = tiempo de retención hidráulico

Q_{med} = caudal medio

3.2.3.15.3 Cálculo del área

La profundidad o altura que se recomienda para la laguna aeróbica es de 0.90m.

$$A = \frac{V}{h}$$

Dónde:

V = volumen de la laguna aeróbica

h = profundidad de la laguna aeróbica

3.2.3.15.4 Distribución del área.

Relación 1/3

$$a = \sqrt{\frac{A}{3}}$$

Dónde:

A = área de la laguna aeróbica

$$l = a * 3$$

Dónde:

a= ancho de la laguna aeróbica

3.2.3.15.5 *Dimensiones de las mamparas*
Relación 20/1

$$Am = \frac{Lm}{20}$$

Dónde:

Lm = largo de mampara

3.2.3.15.6 *Números de mamparas.*

$$nm = \frac{l}{Am}$$

Dónde:

Am = ancho de mampara

3.2.3.16 Superficie total necesaria del sistema

$$A_{total} = A_{anaerobica} + A_{facultativa} + A_{aerobica}$$

3.2.3.17 Tiempo de retención hidráulica total del sistema.

$$TRH_{total} = TRH_{anaerobica} + TRH_{facultativa} + TRH_{aerobica}$$

3.2.3.18 Retención de lodo total del sistema

$$Rl_{total} = Rl_{desarenador} + Rl_{anaerobica} + Rl_{facultativa}$$

3.2.3.19 Sólidos totales retenidos del sistema

$$ST_r = Rl_{total} * Q_{med}$$

3.2.4 Análisis estadístico

3.2.4.1 *Estadística descriptiva*

Para el análisis de los datos se aplicaron las medidas de tendencia central (media aritmética, máxima y mínima) con el fin de describir, analizar y representar un conjunto de datos de las variables de estudio. Los resultados obtenidos de las ecuaciones del diseño de la planta de agua residual de la parroquia Posorja se presentaron en tablas.

Media Aritmética: se utilizó para la suma de todos los datos dividida entre el número total de la misma (Quevedo, 2011). Se determinó para los siguientes parámetros: pH, temperatura, DQO, DBO, turbidez, sólidos totales y se estableció en forma de tablas.

$$\text{media aritmética} = \frac{\sum_1^N X_i}{N} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 \dots + X_n}{N}$$

Máxima: se utilizó para sacar el valor más grande en el conjunto de datos de cada parámetro mencionado.

$$\text{max} = \llbracket X_1, X_2, \dots, X_n \rrbracket$$

Mínimo se utilizó para sacar el valor más pequeño en el conjunto de dato de cada parámetro mencionado.

$$\text{min} = \llbracket -X_1, X_2, \dots, -X_n \rrbracket$$

4. Resultados

4.1 Determinación de la población de la parroquia Posorja futura, para los próximos 30 años mediante el método aritmético

Para la determinación de la población futura se tomó como referencia los datos del último censo de población realizado en el año 2010 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC), teniendo una población rural de 24136 habitantes que pertenece a la parroquia Posorja; en la tabla 1, se presenta la información de los censos poblacionales de los años 1990 – 2001 y 2010.

Tabla 1. Información de Censo de población.

Año	Total de Población
1990	11984
2001	18447
2010	24136

Resultados de los últimos censos poblacional de la parroquia Posorja.
Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010

La tabla 1 muestra los resultados de los censos poblacionales siendo el más reciente el del año 2010 que cuenta con una población de 24136 habitantes.

En la tabla 2, se presenta la proyección de la población futura para los próximos 30 años de la parroquia Posorja.

Tabla 2. Población futura para los próximos 30 años.

Año	Total de Población
2010	24136
2050	49420

Resultado de la población futura de la parroquia Posorja.
Montero, 2021

Tal como se indica en la tabla 2, la población futura de la parroquia Posorja mediante el método aritmético deberá alcanzar 49420 habitantes para los próximos 30 años.

4.2 Establecimiento de los caudales de aguas residuales que se producen y su proyección para los próximos 30 años en la parroquia Posorja

Mediante la información recopilada de la planta de agua potable San Juan, se obtuvo el consumo per cápita del agua potable de la parroquia, el cual es de 140 L/hab*día. A continuación en la tabla 3, se presentan los caudales de aguas residuales y su proyección para los próximos 30 años:

Tabla 3. Resultados de los caudales proyectados a 30 años.

Caudal (Q)	Valor	Unidad
Mínimo	2767.52	m ³ /día
Medio	4428.03	m ³ /día
Máximo	9963.072	m ³ /día

Valores de los caudales proyectados a 30 años para la parroquia Posorja. Montero, 2021

En la tabla 3 se visualiza los caudales ya establecidos, se presenta un caudal mínimo de 2767.52 m³/día, un caudal medio de 4428.03 m³/día y un caudal máximo de 9963.072 m³/día.

4.3 Caracterizar los parámetros físicos – químicos del agua residual de la parroquia Posorja mediante análisis físicos – químicos

En la tabla 4 se presentan los resultados de las concentraciones iniciales de los parámetros de estudio, y las diferencias de cada uno respecto al otro, mediante análisis físicos - químicos realizado en los laboratorios de la Universidad Agraria.

Tabla 4. Valores iniciales de los parámetros físicos - químicos del agua residual.

Parámetro	Unidad	Valor promedio	Máxima	Mínima
Temperatura	°C	25.3	25.6	25.0
pH	-	6.61	7.11	6.13
DBO ₅	mg/l	102.61	134.834	74.642
Turbidez	NTU	9.66	10.00	8.99
Sólidos Totales	Gr	0.015	0.018	0.014
DQO	mg/l	441.66	509	324

Característica de las aguas residuales.
Montero, 2021

Tal como se observa en la tabla 4, la temperatura promedio de las muestras es de 25.3°C con una temperatura mínima de 25 °C y una temperatura máxima de 25.6 °C, con respecto al DBO₅ se encuentra un promedio de 102.61 mg/l con una mínima de 74.642 mg/l y una máxima de 134.834 mg/l, en el DQO se encuentra un promedio de 441.66 mg/l con una mínima de 324 mg/l y una máxima de 509 mg/l.

Por esta razón, los promedios de cada parámetro de las muestras tomadas sobrepasan a lo estipulado en el Acuerdo ministerial 097 de la Reforma al Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria publicado el 04 de noviembre del 2015, lo que permitió establecer un criterio de evaluación para este estudio (Ver anexo figura 6).

4.4 Proponer un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante cálculos dimensionados para los próximos 30 años en la parroquia Posorja

Para el tratamiento primario es necesario un sistema de rejillas indispensable, con el fin de remover sólidos flotantes grandes. En la tabla 5 se muestran las características de la rejilla con cada uno de sus valores.

Tabla 5: Características de la rejilla.

Características	Símbolo	Valor	Unidad
Velocidad en el canal de aproximación	V	0.46	m/seg
Perdida de carga a través de la rejilla	H	0.01	m
Área del canal de aproximación	A	0.25	m ²
Ancho del canal de aproximación	a _{canal}	0.68	m
Altura de la lámina de agua	h	0.36	m
Numero de barra requeridas	#	9 – 10	

Resultados de la rejilla.

Montero, 2021

En la tabla 5, se evidencia que el área del canal de aproximación es de 0.25 m², el ancho del canal de aproximación es 0.68 m, la altura de la lámina de agua es de 0.36 m, a su vez la velocidad del canal de aproximación 0.46 m/seg, teniendo en cuenta la pérdida de carga a través de la rejilla que es 0.001 m, el número de barra que se requiere es 9 a 10 barras.

En la tabla 6 se muestran las características del desarenador con cada uno de sus valores correspondientes. El desarenador nos sirve para separar y remover después el material sólido que lleva el agua de un canal.

Tabla 6. Características del desarenador.

Características	Convención	Valor	Unidad
Ancho del canal del desarenador	a_d	1.0587	m
Altura máxima de lámina de agua	P_{max}	0.45	m
Longitud del desarenador	L	15	m
Volumen de solidos arenoso retenido	V_{sa}	0.154	m ³ /día
Profundidad de solidos arenoso acumulado	P_{sa}	0.10	m

Resultados del desarenador.

Montero, 2021

La tabla 6 muestra como el ancho del canal del desarenador es de 1.0587 m, la altura máxima de lámina de agua es de 0.45 m, la Longitud del desarenador es de 15 m, el Volumen de solidos arenoso retenido es de 0.154 m³/día y la Profundidad de solidos arenoso acumulado es del 0.10 m.

En la siguiente tabla 7 se presenta la determinación del ancho de la canaleta Parshall según el límite del caudal.

Tabla 7. Determinación del ancho W de la canaleta Parshall.

Ancho W	LIMITES DE CAUDAL (l/s)	
	Q Mínimo	Q Máximo
1"	0.28	5.67
2"	0.57	14.15
3"	0.85	28.31
6"	1.42	110.44
9"	2.58	252.00

De acuerdo al ancho "w" se puede determinar las dimensiones de las canaletas. Romero, 2004

De acuerdo a la tabla 7 en función del caudal obtenido aproximadamente Q= 110.31 l/s se tiene que el ancho es: $W = 6"$ Luego, se utiliza como parámetro de entrada a la siguiente tabla 8 en el cual se muestra las dimensiones típicas de canaletas Parshall para su dimensionamiento.

Tabla 8: Dimensiones de la canaleta Parshall.

A	B	C	D	E	F	G	K	N	Unidad
62.1	61.0	39.4	40.3	45.7	30.5	61.0	7.6	11.4	cm

Valores dimensionales de la canaleta.

Romero, 2004

Tal como se observa en la tabla 8, los valores de la tabla anterior corresponden a las siguientes dimensiones de la canaleta:

A: longitud de la pared lateral de la sección convergente.

B: Longitud axial de la sección convergente.

C: Ancho del extremo de aguas debajo de la canaleta.

D: Ancho del extremo de aguas arriba de la canaleta.

E: Profundidad de la canaleta.

F: Longitud de la garganta.

G: Longitud de la sección divergente.

K: Diferencia de nivel entre el punto más bajo de la canaleta y la cresta.

N: Profundidad de la depresión en la garganta debajo de la cresta.

En la tabla 9, se presentan los resultados de la canaleta Parshall.

Tabla 9: Característica de la canaleta Parshall.

Características	Símbolo	Valor	Unidad
Profundidad de la canaleta Parshall (Caudal Máximo)	H_{max}	0.51	m
Profundidad de la canaleta Parshall (Caudal Medio)	H_{med}	0.29	m
Profundidad de la canaleta Parshall (Caudal Mínimo)	H_{min}	0.21	m
Resalto de la canaleta Parshall	Z	0.07	m

Resultados de la canaleta Parshall.

Montero, 2021

En la tabla 9, se observa que la profundidad de la canaleta Parshall (caudal Máximo) es de 0.51 m, en la profundidad de la canaleta Parshall (Caudal Medio)

es de 0.34 m, en la profundidad de la canaleta Parshall (Caudal Mínimo) es de 0.21 m, teniendo en cuenta el resalto de la canaleta Parshall es de 0.07 m.

A continuación, en la tabla 10 se presentan los resultados del cálculo de la laguna anaerobia, como parte del segundo tratamiento.

Tabla 10: Resultados de la laguna anaerobia

Características	Símbolo	Valor	Unidad
Volumen de la laguna anaeróbica	VA	8856.06	m ³
Comprobación de la carga orgánica volumétrica	L _u	51.305	g DBO/m ³ día
Área de la laguna anaeróbica	A	2214.01	m ²
Dimensión del ancho de la laguna anaeróbica	A	33	m
Dimensión del largo de la laguna anaeróbica	L	66	m
Frecuencia de limpieza de la laguna anaeróbica	N	4	años
Remoción de lodo en la laguna anaeróbica	RI	1549	m ³ lodo/día
Remoción de la (DBO) en la laguna anaeróbica	DBO _e	46	mg/l
Porcentaje de Remoción de la (DBO) en la laguna anaeróbica	DBO _R	54	%

Para el diseño de la laguna anaerobia se recomienda una profundidad de 4 metros. Montero, 2021

En la tabla 10, se muestra que el volumen de la laguna anaerobia es de 8856,06 m³, la comprobación de la carga orgánica volumétrica es de 51,305 g DBO/m³ día, el área de la laguna anaeróbica es de 2214 m², la remoción de la DBO en la laguna anaerobia es del 46 mg/l con un porcentaje de remoción de 54 %.

En la tabla 11 se presentan los resultados de los cálculos para la laguna facultativa.

Tabla 11: Resultados de la laguna facultativa.

Características	Símbolo	Valor	Unidad
Carga orgánica	Co	0.023	Kg/día
Comprobación de la carga orgánica superficial	Cs	181.744	kgDBO ₅ /HA*día
Tiempo de retención	TRH	9	días
Volumen de la laguna facultativa	Vf	39.852	g DBO/m ³ día
Área de la laguna facultativa	A	22.140	m ²
Dimensión del ancho de la laguna facultativa	a	85.906	m
Dimensión del largo de la laguna facultativa	l	257.720	m
Frecuencia de limpieza de la laguna facultativa	n	4	años
Remoción de lodo en la laguna facultativa	RI	1.771	m ³ lodo/día
Remoción de la (DBO) en la laguna facultativa	DBO _e	7	mg/l
Porcentaje de Remoción de la (DBO) en la laguna facultativa	DBO _R	84	%

Para el diseño de la laguna facultativa se recomienda una profundidad de 1.8 metros.

Montero, 2021

Tal como se observa en la tabla 11, la carga orgánica es del 0.023 kg/día, el tiempo de retención es de 9 días, la dimensión del ancho de la laguna facultativa es de 85.906m, la remoción de lodo en la laguna facultativa es de 1.771m³ lodo/día y la remoción de la DBO en la laguna facultativa es de 16.192 mg/l con un porcentaje de remoción de 84 %.

En la tabla 12 se presentan los resultados del cálculo de la laguna aeróbica.

Tabla 12. Características de la laguna aeróbica.

Características	Símbolo	Valor	Unidad
Tiempo de retención	TRH	7	días
Volumen de la laguna aeróbica	V _a	30.996	m ³
Área de la laguna facultativa	A	34.440	m ²
Dimensión del ancho de la laguna facultativa	a	107	M
Dimensión del largo de la laguna facultativa	l	321	M
Dimensión de las mamparas	Am	16	M
Números de mamparas	mm	7	

Se recomienda una profundidad de 0.90 metros para el diseño de la laguna aerobia.

Montero, 2021

En la tabla 12 se muestra como el tiempo de retención es de 7 días, el volumen de la laguna aeróbica es de 30.996 m³, el área de la laguna facultativa es de 34.440 m², la dimensión del ancho de la laguna facultativa es de 107 m y el número de mamparas es de 7.

La superficie total necesaria del sistema es de 58.794 m² = 5.8 Ha; tiempo de retención hidráulica total del sistema 18 días; retención de lodo total del sistema 4176 kg/día y los sólidos totales retenidos del sistema 0.943 kg/m³.

4.4.1 Diagrama del diseño dimensional de la planta de tratamiento de agua residual

En la figura 1, se presenta el diagrama del proceso de la planta de tratamiento agua residual propuesta para la parroquia Posorja.

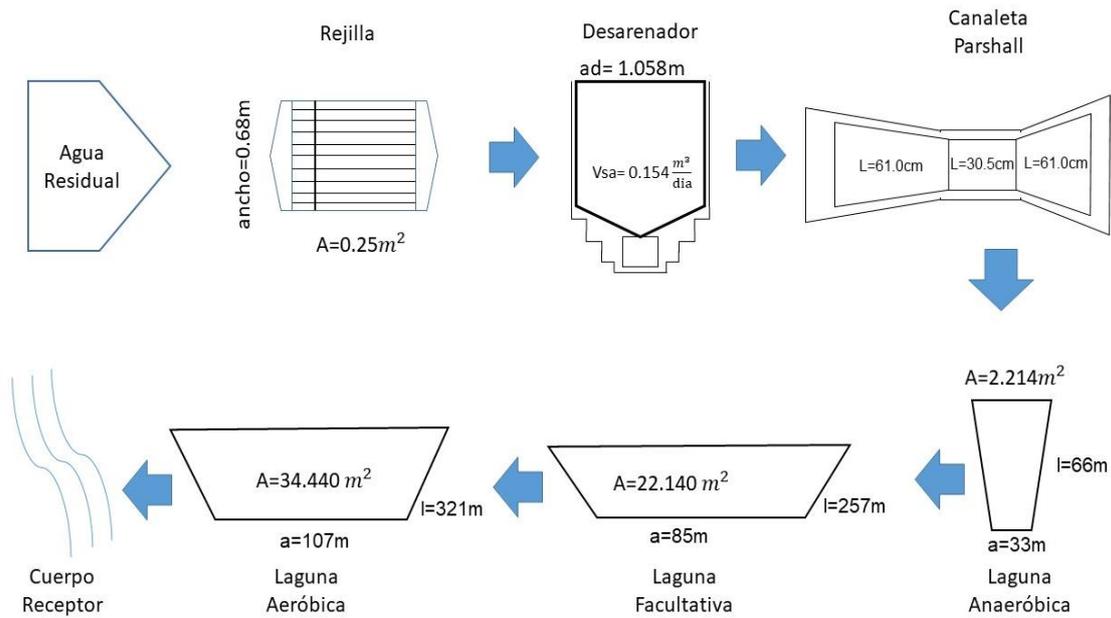


Figura 1. Diagrama dimensional PTAR Posorja
Montero, 2021

La figura 1, muestra las diferentes dimensiones de cada etapa del proceso, para el tratamiento primario la rejilla tendrá un área de 0.25m^2 que servirá separar los sólidos presente en las aguas residuales, el desarenador tendrá un volumen de $0.154\text{m}^3/\text{día}$ que servirá para retener la arena de las aguas residuales, la canaleta Parshall se divide por tres secciones principales: sección de convergencia con 0.61cm , sección de la garganta con 30.5cm , sección de divergencia con 0.61cm , para el segundo tratamiento la laguna anaeróbica tendrá un área de 2.214m^2 con una altura 66m y un ancho de 33m , la laguna facultativa tendrá un área 22.140m^2 con una altura 257m y un ancho de 85m , la laguna aeróbica tendrá un área 34.440m^2 con una altura 321m y un ancho de 107m .

5. Discusión

Según los resultados obtenidos en esta investigación, mediante el método aritmético se determinaron la población futura, la proyección de la población se realizó para 30 años, se obtuvo una población futura de 49.420 habitantes.

En el presente trabajo los resultados obtenidos concuerdan con los presentados por Robin (2014) diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz, determinó el cálculo de la población futura de acuerdo con la normatividad vigente y las metodologías establecidas, la proyección de la población se realizaron para 25 años a partir del año 2018, realizados los cálculos, obtuvieron una población futura de 10.239 habitantes que equivalen a un aumento de la población para el año 2043 .

Finalmente se realizó el diseño y cálculo de los sistemas de tratamientos de la laguna de oxidación, para el tratamiento primario en lo que respecta a la rejilla se obtuvo una velocidad en el canal de 0.25 m^2 , el ancho del canal de aproximación es 0.68 m , en el desarenador se consiguió una profundidad de 0.10 m con un volumen de $0.154 \text{ m}^3/\text{día}$, posteriormente a la canaleta de Parshall se obtuvo una profundidad de 0.34 m . Para el segundo tratamiento se realizó los cálculos de las lagunas de oxidación, los valores de la laguna anaerobia se obtuvieron un área de 2214 m^2 siendo las más pequeñas de las tres lagunas, con tiempo de retención de 2 días, en la laguna facultativa tenemos que el área fue 22140 m^2 con un tiempo de retención de 9 días, por último, la laguna facultativa registro un área de 34.440 m^2 siendo la más grande, con un tiempo de retención de 7 días. Con una eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno de 84% aproximadamente, con un total de solidos retenidos del sistema de 0.943 kg/m^3 .

De acuerdo al estudio realizado por Peña, Mayorga y Montoya (2018) realizaron una propuesta de una planta de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Yaguachi por lagunas de oxidación, en la que diseñaron un esquema que establecen las etapas de los tratamientos (tratamiento preliminar, sedimentación primaria y lagunas) que incluye 4 lagunas facultativas y 8 lagunas de maduración. La reducción de la carga contaminante es de 82 % para la DBO₅, y 99.99 % para los coliformes.

En un estudio para evaluar el coeficiente de confiabilidad de cada parámetro y determinar la depuración y el funcionamiento de cada una de estas, se relacionó valores medios de las concentraciones de los efluentes de los parámetros de DBO y SST con las limitaciones que hay que cumplir para la reutilización, basándose en análisis de probabilidad. Se comprobó que existe PTAR un nivel de confiabilidad del 80 %, evidenciando que se podrían reutilizar para diferentes fines agrícolas y ambientales (Carreño y Méndez, 2011).

6. Conclusión

Se concluye que la investigación realizada en la Parroquia Posorja, logró determinar la proyección de la población futura para los próximos 30 años dando como resultado 49420 habitantes mediante la aplicación del método aritmético.

Se establecieron los caudales de aguas residuales que se producen y su proyección para los próximos 30 años determinando los valores de, caudal máximo de 9963 m³/d, caudal medio de 4428 m³/d, caudal mínimo de 2767 m³/d.

Con respecto al diseño de las lagunas de oxidación, se calculó la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y los sólidos totales, para posteriormente determinar las características de cada laguna de oxidación, de este modo la PTAR constará de una laguna anaerobia de 2.214 m², dos lagunas facultativas de 22140 m² y una laguna aeróbica de 34.440 m². La superficie total necesaria del sistema es de 58.794 m² que equivale a 5.8 Ha; con un tiempo de retención hidráulica total de 18 días.

Por último, con el sistema propuesto, se lograría evidenciar una eficiencia de remoción de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) de 84 % aproximadamente, con un total de sólidos retenidos del sistema de 0.943 kg/m³. De este modo puede determinarse que la PTAR propuesta tiene una buena capacidad de depuración del fluido y por ende se acepta la hipótesis debido a que el diseño de la PTAR por lagunas de oxidación depurará los contaminantes presentes en las aguas residuales de la parroquia Posorja.

7. Recomendación

Se recomienda que el diseño de la planta debe respetarse para el periodo en el cual se diseñó, debido a que los caudales se encuentran estimados en base a la dotación por habitante, por lo que después del año 2050, habría que realizar una valoración de la planta para comprobar si aún los parámetros con los que se diseñó cumplen.

Se recomienda operar adecuadamente las lagunas y realizar un seguimiento permanente que permita corregir posibles falencias en el proceso.

Se sugiere ampliar este estudio a otras parroquias o municipios que presenten problemas de contaminación de agua.

La planta de tratamiento diseñada se deberá aplicar solamente para aguas residuales domésticas de la parroquia Posorja por lo tanto no puede ser utilizada para las aguas de las industrias como las fábricas alimenticias, fábricas textiles, entre otros, presentes en la parroquia.

8. Bibliografía

- Romero, J. (2004). Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño (3era ed.). Bogotá, Colombia: Colombiana de Ingeniería.
- Acuerdo Ministerial 097-A. (2015). Anexos de Normativa, Reforma libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Quito: Registro Oficial 387 Año III.
- Albuja, C., Pinos, C., & Samaniego, J. (2014). Uso de desarenadores en abastecimiento de agua potable. Galileo, 122-123.
- Alcívar, C., Ortíz, K., & Muñoz, R. (2015). El crecimiento poblacional y su impacto la contaminación ambiental. Contribuciones a las Ciencias Sociales, 1(27), 10-15.
- Armijos, M. N. (2016). Implementación de un prototipo de filtro a base de carbón activado para una mejor disposición final de los vertidos de la quesera la COCIHC Colta (1era ed.). Colta: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador. (2008). Constitución de la Republica del Ecuador 2008. Quito: Registro Oficial 449.
- Bermeo, M. (2016). Tratamiento de aguas residuales: técnicas convencionales. Guayaquil, Ecuador: EMSABA EP.
- Brown. (2004). Guía para el manejo de excretas y Aguas Residuales Municipales. Recuperado el 17 de Enero de 2021, de PROARCA:
<http://www.infom.gob.gt/archivos/Docs-Pdf/Documentos-Tecnicos/Guia-manejo-de-excretas-y-aguas-residuales.pdf>

Carreño, U., & Méndez, J. (2011). Estimación de la confiabilidad de las plantas de tratamientos de aguas residuales que operan con lagunas de estabilización en la cuenca alta y media del Río Bogotá. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 1(10), 5-6. Obtenido de *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*.

Cervantes, M., Sosa, R., Rodríguez, G., & Robles, F. (2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable. *Artículo de Divulgación*, 13(1), 65-66.

Cifuentes, J. (2016). Instrumentación y control en plantas de tratamiento de aguas y lodos residuales. *Escuela de Ingeniería Mecánica*, 1(2), 12-15.

Ciganda, L. (2004). Electrodo para medir pH. Recuperado el 3 de Enero de 2021, de Facultades de Medicina e Ingeniería:

<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44052886/Ciganda.pdf?1458794247=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCiganda.pdf&Expires=1607449647&Signature=fCgj62zBdpBU7WNI9EOflWdm5Mk4oEhf0kb7q~EAcfC3h5fifTR~XoWLtHm4AH~XPc5nFe7ppNe~2a1MfMpGKPwgjgra5>

Conagua-IMTA. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Lagunas de estabilización. Recuperado el 6 de Noviembre de 2020, de Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.:

https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%202015b.%20Manual%20Lagunas%20de%20Estabilizaci%C3%B3n%2047.pdf

- Cortés, F., Luévanos, A., Luévanos, R., Uranga, A., Ávila, C., & González, J. (2011). Diseño de Lagunas de Estabilización en Serie con Diferentes configuraciones. *Arquitectura e Ingeniería*, 5(3), 7-8.
- Cortés, F., Treviño, A., Espinoza, A., Sáenz, A., Alcorta, M., González, J., . . . De la Cruz, F. (2017). Optimización en el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales integrado por tres lagunas de estabilización. *Tecnología y ciencias del agua*, 8(4), 25 - 30. Obtenido de *Tecnología y ciencias del agua*.
- Creus, A. (2010). *Instrumentación industrial* (8va ed.). México, México: Marcombo.
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales* (1era ed.). Cochabamba, Bolivia: GOV-AGUA.
- Domínguez, A. L. (2017). Evaluación de la depuración de las aguas residuales provenientes de un sistema de tratamiento combinado de laguna de estabilización y laguna con Jacinto de agua. *Actualidades Biológicas*, 23(74), 15 - 16.
- EcoSiglos. (2017). Contaminación del agua: causas, consecuencias y soluciones. Recuperado el Marzo de 2019, de <https://agua.org.mx/contaminacion-del-agua-causas-consecuencias-soluciones/>
- Escobar, S., & Vásquez, S. (2016). Evaluación de la actividad biológica de consorcios bacterianos remediadores de aguas. Recuperado el 25 de Diciembre de 2020, de *Memorias Científicas Encuentro Ambiental De*

Educación Superior: <http://epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/11/MEMORIAS-DEL-ENCUENTRO-BIO2016.pdf>

GAD Parroquial Posorja. (2016). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Recuperado el 10 de Diciembre de 2020, de Parroquia Rural Posorja: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0968538070001_PDOT%20Posorja%202015-2019%20Aprobado_30-06-2016_13-59-41.pdf

Garcia, E. (2009). Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales (1era ed.). Lima, Perú: Fondo.

Hernández, D., & Sánchez, S. (2015). Diseño De Una Planta De Tratamiento De Agua Residual Para El Municipio De San Marcos-Departamento De Sucre. Recuperado el 17 de noviembre de 2020, de Programa de ingeniería civil: <https://core.ac.uk/download/pdf/71895046.pdf>

INEC. (2016). Indicadores ODS Agua, Saneamiento e Higiene-2016. Recuperado el 23 de Enero de 2021, de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2017/Indicadores%20ODS%20Agua,%20Saneamiento%20e%20Higiene/Presentacion_Agua_2017_05.pdf

INVEMAR. (2003). Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos. Recuperado el 15 de Diciembre de 2020, de Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras: <http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/7010manualTecnicasanaliticas..pdf>

Ley orgánica de salud. (2015). Ministerio de Salud Pública. Quito: Registro Oficial Suplemento 423.

Lozano, W. (2012). Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. ResearchGate, 1 (2), 30-35.

Matsumoto, T., & Sánchez, I. (2016). Desempeño de las lagunas anaerobia con baffle divisor y facultativa de la PTAR de Santa Fe do Sul (São Paulo, Brasil). Ingenierías Universidad de Medellín, 16(29), 23-26.

Ministerio del Ambiente. (2017). Código Orgánico Del Ambiente. Quito: Registro Oficial Suplemento 983.

OMS. (2004). Agua, saneamiento y salud (ASS). Recuperado el 21 de Diciembre de 2020, de Relación del agua, el saneamiento y la higiene con la salud: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/

OMS. (2019). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de Agua: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Pedroza, E. (2001). Serie Autodidactica de Medición, Canal Parshall. (I. M. Agua, Ed.) Recuperado el 21 de Febrero de 2021, de http://201.116.60.182/CONAGUA07/Noticias/canal_parshall.pdf

Quevedo, F. (2011). Medidas de tendencia central y dispersión. Recuperado el 11 de Diciembre de 2020, de Medwave: <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/MBE04/4934?ver=sindise>
no

- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 73-75.
- Ramírez, J. (2014). Manual piragüero 3 - Medición del caudal. Recuperado el 1 de Febrero de 2021, de https://www.piraguacorantioquia.com.co/wp-content/uploads/2016/11/3.Manual_Medici%C3%B3n_de_Caudal.pdf
- Robin, D. (2014). Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el Municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz. Recuperado el 11 de noviembre de 2020, de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2014/06/14/Moran-Diego.pdf>
- Rodríguez, J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela. *Pensamiento Actual*, Universidad de Costa Rica, 9(12-13), 3-4.
- Rolim, S., & Rojas, G. (2000). *Sistemas de lagunas de estabilización: Cómo utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de regadío*. Santafé de Bogotá: McGraw Hill.
- Sánchez. (2014). *Gestión de aguas residuales en Ecuador*. Secretaría de Agua. Guayaquil: Subsecretario de Agua Potable y Alcantarillado. Obtenido de SENAGUA.
- Sánchez, Ó., Herzig, M., Peters, E., Márquez-Huitzi, R., & Zambrano, L. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México (1era ed.)*. México, México: U.S. Fish & Wildlife Service.

Sánchez, R., & García, K. (2018). Tratamiento de agua residuales de cargas industriales con oxidación avanzada en sistemas convencionales. *Revista Ciencias de la vida.*, 27(1), 21 - 23.

Sancho García, L. (2020). El agua residual como recurso para generar energía: biometano. Recuperado el Diciembre de 2020, de Biblioteca Universidad de Alcalá: <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/44087>

SENAGUA. (2018). En Ecuador se gasta 40% más agua que el promedio de la región. Guayaquil: El Comercio. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tendencias/ecuador-gasto-agua-cifras-latinoamerica.html#:~:text=Al%20d%C3%ADa%20un%20ecuatoriano%20gasta,el%20promedio%20de%20la%20regi%C3%B3n.>

Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013). *Manual De Métodos Analíticos Para La Determinación De Parámetros Fisicoquímicos Básicos En Aguas.* Recuperado el 29 de Enero de 2021, de Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso: <https://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>

Sparrow, E. (2008). El desarenador. Recuperado el 19 de Enero de 2021, de Universidad Nacional Del Santa: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33259780/trabajo_de_desarenador1_tmp4a134267.pdf?1395234148=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTrabajo_de_desarenador1_tmp4a134267.pdf&Expires=1607442771&Signature=cGqm6iWYHJHoGDrVDR12CJ-QIXNgpOsLhUI9

- Trevi. (2020). Rejillas y tamices. Recuperado el Febrero de 2021, de <https://www.trevi-env.com/es/agua/agua-overzicht/137-agua-technikfiches/448-rejillas-y-tamices>
- UNAM. (2011). Memoria Descriptiva de Proyecto. Recuperado el 21 de Noviembre de 2020, de Rehabilitación de las líneas de conducción y red de distribución de agua potable.: http://www.agua.unam.mx/padhpot/assets/cdh/oaxaca/RehabilitacionRedAguaPotableTelixtlahuaca_Memoria_13.pdf
- UNESCO. (2017). Aguas Residuales El Recurso Desaprovechado. Recuperado el Diciembre de 2020, de Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos, 2017: Aguas residuales: el recurso no explotado: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647/PDF/247647spa.pdf>.
multi
- Valencia, F., Salcedo, N. A., & Páramo, C. A. (2018). Evaluación de la actividad biológica de consorcios bacterianos remediadores de aguas residuales contaminadas con detergentes. *Divulgativa Multidisciplinar De Ciencia, Tecnología E Innovación.*, I, 30 - 35.
- Vázquez, F. (2016). Lagunas de estabilización. *Extensionismo, innovación y transferencia tecnológica*, III, 11-15.
- Zarza, L. (2018). IAGUA. Recuperado el Febrero de 2021, de Calidad de agua: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-contaminacion-agua>

9. Anexos



Figura 2. Mapa de ubicación de muestreo de agua residual Montero, 2021



Figura 3. Toma de muestra de agua residual Montero, 2021



Figura 4. Análisis de laboratorio para las muestras de agua residual
Montero, 2021



Figura 5. Muestras de agua residual
Montero, 2021

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas		mg/l	0,3
Arsénico total	As	mg/l	0,5
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,2
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		⁹ Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Fósforo Total	P	mg/l	10
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo.	TPH	mg/l	20,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total kjedahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,2
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sulfuros Organoclorados totales	S Concentración de organoclorados totales	mg/l mg/l	0,5 0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,25
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Zinc	Zn	mg/l	10

Figura 6. Límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua marina. Acuerdo ministerial 097, 2015