



Población flotante y su influencia, propuesta metodológica para determinar la población de diseño en obras civiles

Lorena Angela Engracia Alvarado
Freddy Alberto Orrala Guaranda
Josué Rodríguez Santos.

Población flotante y su influencia, propuesta
metodológica para
determinar la población de
diseño en obras civiles

Población flotante y su influencia, propuesta
metodológica para
determinar la población de
diseño en obras civiles

Lorena Angela Engracia Alvarado
Freddy Alberto Orrala Guaranda
Josué Rodríguez Santos.

Población flotante y su influencia, propuesta
metodológica para
determinar la población de
diseño en obras civiles

© Lorena Angela Engracia Alvarado
Freddy Alberto Orrala Guaranda
Josué Rodríguez Santos.

2021,
Publicado por acuerdo con los autores.
© 2021, Editorial Grupo Compás
Guayaquil-Ecuador

Grupo Compás apoya la protección del copyright, cada uno de sus textos han sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos con base en la normativa del editorial.

El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Editado en Guayaquil - Ecuador
Primera edición

ISBN: 978-9942-33-476-3

Cita.

Engracia, L., Orrala, F. Rodríguez, J. (2021) Población flotante y su influencia, propuesta metodológica para determinar la población de diseño en obras civiles. Editorial Grupo Compás.

Índice

Índice	xiv
Marco General de la Investigación	1
Teorías Generales	5
Medio Físico.....	6
Topografía	6
Clima	6
Suelo.....	7
Medio Biótico.....	7
Flora	7
Fauna	8
Actividades Económicas	10
Servicios Públicos Existentes.	10
Planes de Desarrollo en el Sector	11
Vías de Comunicación	11
Aguas Residuales	11
Categorización de las Aguas Residuales.....	12
Importancia Ecológica y Sanitaria de las Aguas Residuales.....	13
Etapas de Tratamientos de las Aguas Residuales	13
Tratamiento Preliminar – Pretratamiento.....	14
Tratamiento Primario.....	15
Tratamiento Secundario.....	15
Tratamiento Terciario.....	16
Tipos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	16
Componentes de las Aguas Residuales	17
Propiedades Físicas.	17
Propiedades Químicas.	17
Gases	18
Propiedades Biológicas.....	18
Parámetros Principales de la Calidad del Agua Residual	18
Materia Orgánica	19
Oxígeno Disuelto.....	19

Demanda Bioquímica del Oxígeno (D.B.O.)	19
Demanda Química del Oxígeno (D.Q.O.).....	20
Sólidos.....	20
pH.....	22
Nitrógeno	22
Composición Típica de las Aguas Residuales Domésticas.....	23
Métodos para el Tratamiento de Lagunas de Oxidación	24
Objetivos de las Lagunas de Estabilización.....	26
Ventajas de las Lagunas de Estabilización	27
Desventajas de las Lagunas de Estabilización	27
Reducción Bacteriana	28
Tipos de Procesos de las Lagunas de Oxidación	28
Proceso Aerobio	28
Proceso Anaerobio	28
Clasificación de las Lagunas de Oxidación.....	29
Lagunas Aerobias.....	29
Lagunas Aireadas.....	30
Lagunas Anaerobias.....	31
Lagunas Facultativas	32
Lagunas de Maduración	33
Conexiones con las que Trabajan las Lagunas de Estabilización	33
Lagunas en Paralelo.....	34
Lagunas en Serie	34
Esquema de las Lagunas de Estabilización (Lagunas de Oxidación).....	35
Métodos Utilizados en el Diseño de Lagunas de Estabilización	36
Modelos para el Diseño de Lagunas de Estabilización	37
Modelo de Hemman y Gloyna	37
Modelo de Oswald y Gotaas.....	37
Modelo de Mezcla Completa o de Marais	37
Modelos para la Remoción de Coliformes.	38

Criterios Principales para el Diseño de Lagunas de Estabilización.....	38
Compilación de Información Primaria In Situ	40
Compilación de Información Secundaria.....	41
Tratamiento de Aguas Residuales	41
Evaluación de la Situación Actual de la Laguna de Oxidación. .	41
Laguna de Maduración #1.	41
Laguna de Maduración #2.....	42
Laguna Facultativas #1 y #2.....	44
Desarrollo del Dimensionamiento de la Laguna de Oxidación	46
Determinación de la Población Flotante.....	47
EAT.....	48
SRESID	49
VFA.....	50
EXC.	51
Determinación de la Población Futura Flotante.....	52
Caudales de Diseño para Sistema de Recolección y Transporte	56
Caudal de Diseño para el Sistema de Bombeo e Impulsión	56
Caudal del Sistema de Tratamiento	57
Diseño de la Laguna Anaeróbica (Método de Yánez -1993)	
Caudal de Diseño.	58
Caudal en 2 Módulos.	58
Volumen para la Acumulación de Lodos en 5 Años.....	60
Diseño de Laguna Facultativa (Método de Yánez 1993).....	62
Remoción de Coliformes Fecales en las Lagunas Facultativas.	66
Diseño de Laguna de Maduración (Método de Yánez 1993)	67
Propuesta de Mejoramiento	69
Bibliografía.....	72

Prólogo

El presente libro presenta un estudio de la situación actual del sistema de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la comuna Montañita, sistema que resulta ineficiente, razón por la cual la investigación propone el rediseño de la PTAR, debido a que la capacidad actual de la laguna de oxidación no abastece las necesidades de depuración, incumpliendo con la norma de SENAGUA (Secretaria Nacional del Agua), no obstante, la PTAR fue diseñada considerando únicamente la población fija.

La condición poblacional de la comuna Montañita es atípica, los métodos tradicionales de cálculo de población futura, utilizados para el diseño; deben ser reajustados para llevarlos a la condición de población real.

Razón por la cual, la población de diseño para la presente investigación, considera la población fija y flotante. La comuna Montañita es un balneario diariamente visitada por turistas nacionales e internacionales, motivo por lo cual se ha propuesto un diseño que cumpla con la población de diseño actual y futura (25 años) incluyendo la población flotante, siendo este el parámetro principal para el rediseño de la PTAR, misma que estará compuesta por lagunas en serie (2 lagunas anaeróbicas, 2 lagunas facultativas y 2 lagunas de maduración) considerando 2 módulos de cada laguna. Proyecto que se implantará a una distancia mayor a 1000 m con respecto a la ubicación del asentamiento poblacional y una cota media de 13 m.s.n.m.; como indica la norma de SENAGUA, evitando molestias a la población.

CAPÍTULO I

Marco General de la Investigación

A nivel mundial existen varios sistemas de tratamiento de agua potable; pero el desconocimiento de las aguas residuales ha causado la propagación de bacterias, provocando el cólera y otras enfermedades relacionadas con las mismas, que son amenaza en los distintos países, es posible que el 80% de las enfermedades infecciosas de todo el mundo tenga relación con el agua, matando aproximadamente 2 millones de niños y presentándose 900 millones de casos de algún tipo de enfermedades cada año. En Ecuador se buscan alianzas con empresas que tengan experiencia en el tratamiento de aguas residuales, sin embargo, existe una gran proporción de aguas residuales que son descargadas a fuentes de agua y su entorno sin ningún tratamiento previo.

Ecuador es uno de los países de América Latina que cuenta con la franja costera de provincias con salidas al mar, como es el caso de la provincia de Santa Elena.

El Gobierno Nacional a través del Consejo Provincial de Santa Elena, ofrece respaldo a diversas necesidades básicas de los cantones y poblaciones rurales de las provincias, mejorando las condiciones de vida, dotación de infraestructura sanitaria adecuada que salvaguarde la salud de los pobladores.

La comuna Montañita perteneciente a la parroquia Manglaralto, es un lugar turístico a nivel provincial, nacional e internacional, cada día llegan visitantes para disfrutar de sus atractivos turísticos, como de las grandes olas que sus playas brindan a los surfistas. Sin embargo, surgieron molestias de los pobladores por la ineficiencia de los recursos que no abastecían con las condiciones de salubridad, la Comuna Montañita cuenta con una planta de

tratamiento de aguas residuales, pero su capacidad actual de tratamiento mantiene un déficit, para el bienestar de la población fija (residentes de la comuna) y flotante (turistas) de manera que la adición de ambos, refleja el crecimiento de población de diseño.

El presente trabajo de titulación evaluará el sistema de tratamiento de aguas residuales, valoración del análisis que proporcionará los argumentos requeridos para la propuesta de mejoramiento del sistema de aguas residuales, el mismo que se diseñará bajo las normativas vigentes de La Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA), que garantiza la eliminación de malos olores, recuperación de la Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O.), generando el menor impacto ambiental.

En consideración luego de haber realizado una observación prolija de las distintas enfermedades que se están presentando en la comuna Montañita de la parroquia Manglaralto, Provincia de Santa Elena como: dermatitis, sarna, infecciones estomacales entre otras, a causa del mal tratamiento de las aguas residuales, la descarga del efluente, aún con signos altos de contaminación, se denota la situación por la que está pasando con respecto al inadecuado manejo, como del funcionamiento de la laguna de oxidación ya que no ejecuta su proceso de funcionamiento con normalidad; desbordándose por la falta de capacidad necesaria para la demanda de la población, expulsando malos olores y molestias tanto a los habitantes permanentes y flotantes.

El sistema de tratamiento lagunar, no cumple con la normativa vigente en La Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA), ya que varios comuneros han realizado cosechas cerca del área de la planta de tratamiento de aguas residuales y la norma indica que este tipo de sistemas de tratamiento como mínimo debe estar construido a 500 m de distancia de la población más cercana.

En vista de sus irregularidades presentadas se evaluará en base a las referencias de las muestras para comprobar la situación actual de la laguna, desarrollando un sistema de mejoramiento de las mismas.

La actual planta de tratamiento de la comuna Montañita de la parroquia Manglaralto, Provincia de Santa Elena está formada por 4 (cuatro) módulos de Lagunas en serie: 2 (dos) lagunas de maduración que trabaja con la alta carga de DBO₅ que ingresa al sistema, 2 (dos) lagunas facultativas, el cual permite la remoción de materia orgánica y aplaca ciertos patógenos o bacterias en el agua residual para luego estas ser descargadas al estero Cucaracha.

La Empresa de Agua para la Península, (AGUAPEN E.P.) es la responsable del control, manejo y funcionamiento de la depuración de las aguas residuales, pero a causa de diferentes aspectos se ha visto ineficiencias que no cumple con las necesidades de los moradores provocando inconformidades, afectaciones al medio ambiente y emanación de desagradables olores.

Debido a esta situación se tomará medidas respectivas en el tratamiento lagunar actual para proponer un sistema apto para las necesidades que hoy en día arriesgan la salud y calidad de vida.

En la presente investigación evaluaremos la situación actual de la laguna de oxidación en la comuna Montañita que presenta frecuentemente casos dados por la insalubridad, se refiere a este tema con el fin de presentar una alternativa de solución muy importante a la condición del tratamiento de aguas residuales tanto eficaz como económicamente, analizando las causas que probablemente ha conllevado a que se realice un mal funcionamiento de la misma.

Se analizará los resultados de las muestras que fueron ejecutadas por la empresa AGUAPEN para conocer si

cumple con los parámetros de calidad, funcionalidad, viabilidad de la propuesta, factibilidad, de la importancia del agua residual de la ley ambiental, previniendo que la población de la comuna Montañita no sufra de las distintas enfermedades cutáneas, hídricas, así mejorar su condición de vida y sin que se vea afectada el área turística o económica de los comuneros.

Se realizará un análisis de la situación actual de la laguna de oxidación, ofreciendo información muy importante que permita mitigar la contaminación, la misma que perjudica la calidad de vida de la población permanente y flotante, se tomaran muestras del afluente y el efluente para estudiar los parámetros de la calidad de agua residual y se propondrá una alternativa de tratamiento de aguas residuales.

En consideración a la propuesta del estudio de mejoramiento de aguas residuales en la evaluación de las lagunas de oxidación se determina que es factible su aplicación en todos sus parámetros de estudio de mejoramiento por lo que se recomienda aplicarlo lo antes posible por lo que cuenta con la cobertura de los aliados estratégicos, que además su ejecución causará un impacto para los comuneros y turistas frecuentes de la Provincia de Santa Elena.

Teorías Generales

Debido a las molestias sanitarias en la comuna Montañita ya expuestas, se realiza el siguiente estudio que ayudará a evidenciar los distintos problemas con la finalidad de aportar a una alternativa de mejorar las condiciones de salubridad tanto de la población rural y flotante de la comuna (Prefectura, 2008).

El presente estudio será desarrollado basándose en la recopilación de información brindada por el Municipio de Santa Elena, Ministerio de Turismo, La Empresa Municipal de Turismo de Santa Elena (EMUTURISMO), Empresa Pública Mancomunada (AGUAPEN-EP), información de la casa comunal Montañita, planes de desarrollo, proyectos de alcantarillado existentes, topografía planimetría y altimetría previamente levantada (Prefectura, 2008).

La comuna Montañita - Provincia de Santa Elena, es un importante balneario turístico, con gran afluencia de turistas nacionales y extranjeros.

Las delimitaciones de la Comuna Montañita son:

- Al norte con la Comuna Olón.
- Al sur con la Comuna Manglaralto.
- Al este con la comuna Dos Mangas y la cordillera Chongón – Colonche.
- Al oeste con el Océano Pacífico.

Su ubicación geográfica es: Sur 01° 49' 00" S y Oeste 80° 45' 00" W, referidas al meridiano de Greenwich y al paralelo cero o línea ecuatorial, respectivamente. En la comuna Montañita, se considera aproximadamente un promedio de 3.20 (m.s.n.m.) de altitud.

En el mapa turístico de la provincia de Santa Elena destacamos a Montañita, ubicada en el Km 59 vía Olón, en el aspecto urbanístico Montañita lleva una concepción ordenada de crecimiento ya que las calles son trazadas de acuerdo a sus necesidades teniendo en cuenta el crecimiento poblacional, lo cual ha incidido para que los

veces sobrepasa a 32°C, en climas fríos la temperatura mínima graduada es de 16°C (Prefectura, 2008).

Suelo

Los conjuntos estratigráficos que interesan al proyecto se describen a continuación:

- **Formación Tosagua (Mioceno Inferior).** - Se encuentra al oeste de la cuenca de Progreso y más al norte en la zona Valdivia – Manglaralto. La litología consiste de sedimentos correspondientes a depósitos de conglomerados fluviales que incluye a conglomerados que están integrados por guijarros sub-redondeados a redondeados cuya composición es principalmente de cuarzo, chert, areniscas y calizas (Prefectura, 2008).
- **Formación Tablazo (Cuaternario).** - Este nivel, está constituido por arenas de tamaño fino, medio, grueso, gravas y todos ellos con intercalación de restos de conchas (Prefectura, 2008).

Medio Biótico

La finalidad de la caracterización del medio biótico es:

- Identificación de Ecosistemas terrestres.
- Cobertura Vegetal.
- Fauna y Flora terrestre.

Identificación de zonas sensibles, especies de flora y fauna únicas o en peligro de extinción (Prefectura, 2008).

Flora

De manera general en el área de estudio, existe un grado de intervención alta, predominando la presencia de arbustos y herbáceas de las familias Convolvulaceae, Amaranthaceae, Poaceae, Cyperaceae, entre otras, presentándose dispersos ejemplares arbóreos de las

especies antes mencionadas; al irse alejando de las vías existente, podemos encontrar pequeños remanentes de vegetación nativa, como por ejemplo algarrobo (*Proseáis juliflora*), bototillo (*Cochlospermum vitifolium*), moyuyo (*Cordia lutea*), guayacán (*Tabebuia chrysantha*), el ceibo (*Ceiba trichistandra*), cardo (*Cereus sp.*) y nigüento (*Moringa cala bura*). La formación vegetal corresponde a matorral seco de tierras bajas (Prefectura, 2008).

Fauna

En toda la Península de Santa Elena, la degradación de la fauna terrestre en especial mamíferos (ver tabla 1), reptiles (ver tabla 2), han sido degradados grandemente ya sea por la destrucción del hábitat natural o por la cacería, lo que ha hecho que esta desaparezca casi por completo, ya que actualmente es escasa la observación de estos en sectores aledaños a la carretera (Prefectura, 2008).

La fauna de este sector es escasa debido a que la vegetación es xerofítica en la mayor parte del sector y ha sido fuertemente intervenida y la escasez de alimento ha evitado que la fauna de este sector se desarrolle, sólo se logró observar aves en el sector de las cuales se mencionan las siguientes:

Tabla 1: *Inventario de fauna*

Familia	Nombre científico	Nombre común
Columbidae	<i>Columbina buckley</i>	Paloma tierrera
Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	Garrapatero
Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero
Psittacidae	<i>Forpus coelestis</i>	Viviña
Furnaridae	<i>Furnarius leucopus</i>	Hornero

Tyrannidae	Pyrocephalus rubinus	Pajaro brujo
Accipitridae	Coragys atratus	Gallinazo de cabeza negra
Emberizidae	Thaupis episcopus	Azulejo
Cathartidae	Sarcoramphus papa	Gallinazo rey
Columbidae	Columbina cruziana	Paloma tierrera
Ardeidae	Egreta thula	Garza blanca
Ardeidae	Bubulcus ibis	Garza del ganado
Charadriidae	Charadrius vociferus	Chorlo
Cathartidae	Cathartes aura	Gallinazo de cabeza roja
Accipitridae	Buteo magnirostris	
Accipitridae	Buteogallus meridionalis	
Falconidae	Herpetotheres cachinnans	
Falconidae	Polyborus plancus	Cara cara
Columbidae	Leptotila verreauxi	Paloma
Tyrannidae	Camptostoma obsoletum	
Tyrannidae	Tyrannus niveigularis	Atrapa moscas
Tyrannidae	Tyrannus melancholicus	Azota gavián
Hirundinidae	Progne chalybea	Golondrina
Troglodytidae	Campylorhynchus fasciatus	
Troglodytidae	Troglodytes aedon	
Mimidae	Mimus longicaudatus	
Emberedizidae	Dives warszewiczi	Negro fino

Fuente: (Matheus, 1991)

Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

Se observó además tres especies de reptiles, que constan en la Tabla 2.

Tabla 2: *Inventario de reptiles*

Familia	Nombre científico	Nombre común
Iguanidae	Iguana iguana	Iguana verde
Iguanidae	Ophryoesoides iridescens	Lagartija
Teiidae	Ameiva spp.	Lagartija de cola azul

Fuente: (Matheus, 1991)

Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

Actividades Económicas

Los pobladores de la Comuna Montañita, en su mayor parte, basan su economía en el turismo, comercio y en la pesca, realizando los trabajos de administradores, recepcionista, mensajero, comerciantes y jornaleros; dado que, el sector es eminentemente turístico. Otra parte de la población se dedica a disfrutar del tiempo libre y al ocio (Prefectura, 2008).

Servicios Públicos Existentes.

Actualmente la Comuna Montañita cuenta con los siguientes servicios públicos:

- Junta de Agua Potable de Manglaralto. (J.A.A.P.M.A.N.)
- Energía eléctrica 110 V 60 Hz.
- Teléfono fijo y celular.
- Centro de Salud.
- Transporte urbano, provincial y cantonal.
- Recolección de basura (2 veces por semana).

- Educativo Escuela Fiscal José Mejía Lequerica.
- Iglesia Católica San Isidro.
- Iglesia Evangélica.
- Casa Comunal Montañita.
- Club deportivo.
- Cajero automático.
- Banco Bolivariano.

Planes de Desarrollo en el Sector

Actualmente se ha empezado a organizar por parte de la comuna de Montañita y la población todos los servicios que se deben brindar, teniendo planes de desarrollo del sector. Además, se realizan los mejoramientos en lo relacionado al aseo y ornato de la comuna (Prefectura, 2008).

Vías de Comunicación

La Comuna Montañita se ubica en el margen izquierdo de la ruta del sol en el Km 59 de la vía Santa Elena – Olón, cuya carretera es asfaltada, no existe muelle para embarcaciones, éstas se encuentran dispersas a lo largo de la playa.

En el área urbana se tiene aproximadamente un 50 % de calles asfaltadas y adoquinadas, en el malecón existe una calle lastrada que tiene un gran desnivel con respecto a la playa (Prefectura, 2008).

Aguas Residuales

Definimos a las aguas residuales, aquellas que por diversos usos del hombre deben ser descartadas o evacuadas debido a que representan un peligro al ser agua con grandes contenidos de sustancias (residuos tóxicos, residuos de nutrientes, materia orgánica, variaciones de pH) o microorganismos (bacterias, protozoos, virus) que por falta de un tratamiento puede causar daños en el aparato

digestivo, diferentes enfermedades hídricas incluso la muerte.

En la actualidad la realización de tratamientos de aguas residuales, adquiere operaciones con procesos en la cual la ingeniería tiene una participación principal para la solución de estos problemas. En los últimos 50 años es considerada como la herramienta científica que permite resolver de manera eficiente el tratamiento de las aguas residuales (R.S. Ramalho, 2013).

Categorización de las Aguas Residuales

Las aguas residuales se pueden clasificar como:

- **Aguas Residuales Industriales:** Son aguas evacuadas al sistema de alcantarillado municipal pero que necesitan haber pasado por un tratamiento previo a su descarga, las sustancias (detergentes, ácidos, químicos, grasas, vegetal o animal etc.) pueden cambiar dependiendo del uso empleado, según su industria y también su tratamiento previo, puede ser muy variable dependiendo a los requerimientos que de calidad ante una descarga preliminar (García et al., 1977).
- **Aguas Residuales Domésticas o Aguas Negras:** Son residuos que generalmente provienen de casas ya sean heces, orina humana, limpieza personal o de casa (detergentes, jabones, etc.), desechos de cocina que contiene grandes cantidades de materia orgánica y microorganismos (García et al., 1977).
- **Aguas Residuales Agrícolas:** Principalmente son los residuos agrícolas de las zonas rurales suele participar en las aguas urbanas y en varios lugares para riego con o sin previo tratamiento (García et al., 1977).

Importancia Ecológica y Sanitaria de las Aguas Residuales

A causa de la composición de diversas sustancias o microorganismos se crea un transmisor de contaminación en los lugares donde se realizan descargas sin un tratamiento preliminar. El hombre provoca un cambio en el agua también llamado polución, siendo inestable para su consumo por su contenido inapropiado, siendo muy peligroso tanto para los seres vivos, industrias, la agricultura, así como para áreas recreativas.

La polución es una consecuencia inevitable del crecimiento de la civilización, a medida que se incrementa el desarrollo de la población, de la misma manera los agentes de contaminación originarios del uso urbano o industrial, incluso agrícola de los cuales el hombre no toma medidas para remediarlo, tanto así que al exponerse a largos periodos puede percibir enfermedades crónicas (García et al., 1977).

Etapas de Tratamientos de las Aguas Residuales

Es una secuencia de procesos que cumple con la función de depurar los contaminantes y sustancias que encuentran en el agua residual, las cuales pueden ser físicas, química y biológicas (Martínez, 1999).

Los métodos experimentales se clasifican en:

Tratamiento primario.

- Coagulación y floculación.
- Sedimentación discreta.
- Sedimentación floculenta.
- Sedimentación zonal.

Tratamiento secundario.

- Aireación en sistemas biológicos.
- Determinación de parámetros biocinéticos.
- Métodos para controlar sistemas de lodos activados.

Tratamiento terciario.

- Adsorción en carbón activado.

Tratamiento de lodos.

- Digestión aerobia de lodos.

Tratamiento Preliminar – Pretratamiento

La objetivo del tratamiento preliminar o pretratamiento, es ajustar el agua residual para el subsecuente proceso basándose en la disminución o eliminación de las propiedades específicas, si no se realiza el tratamiento preliminar habría un mal funcionamiento del equipo, causando que se realicen muy a menudo diversos mantenimientos (Comisión Nacional del Agua, 2016).

La función principal que caracteriza esta etapa del tratamiento es:

- Eliminar material grueso.
- Eliminar arenas.

Estas funciones dependerán de:

- Tipo de aguas residuales.
- Características del agua residual.
- Tipos de unidades que serán empleadas posteriormente.

- Nivel de operación de la depuradora (Lozano-Rivas, 2012).

Tratamiento Primario

Esta etapa tiene como objetivo eliminar los sólidos suspendidos de las aguas residuales de manera libre o asistida con químicos que aglomeran las partículas (floculantes) para que ganen peso y decanten con mayor velocidad. Estos sólidos suspendidos son mayormente de materia orgánica, por lo cual se presenta una reducción importante en la concentración de Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O.) del efluente. Frecuentemente las operaciones aplicadas en el tratamiento primario del agua residual son:

- Decantadores.
- Tamices
- Unidades de decantación asistida químicamente.

Paras las aguas residuales industriales, suelen emplearse también unidades de flotación (Lozano-Rivas, 2012).

Tratamiento Secundario

También se lo define como tratamiento biológico de aguas residuales, su función es la eliminación de propagación de contaminantes debido a la actividad biológica en los reactores a causa de microorganismos.

Mediante procesos químicos, la materia orgánica que se encuentra suspendida o disuelta se convierte en solidos sedimentables. Cuando el tratamiento primario elimina sólidos en suspensión también gran parte de la Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O.) es suspendida por lo tanto el tratamiento secundario ayuda a remover la D.B.O. que se encuentra soluble o restos de material que no se eliminaron en el tratamiento anterior.

Debemos tomar en cuenta que este tratamiento no removerá nutrientes como nitrógeno, fósforo, tampoco metales pesados, patógenos, estos se verán ejecutados posteriormente, pero si tiene la capacidad de eliminar

Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O.) como también los sólidos suspendidos totales (SST) en valores de 85% (Lozano-Rivas, 2012).

Tratamiento Terciario

Es un proceso adicional al tratamiento secundario, cumple con la función de remover contaminantes orgánicos no biodegradable, organismos, patógenos, nutrientes (fósforo, nitrógeno).

Este tratamiento es indispensable aplicarlo en aguas residuales agrícolas, en cuerpos de agua lenticos, es decir con velocidades de flujo muy bajas (lagos, estuarios) ya que pueden causar problemas de hipereutrofización con la alta cantidad de nutrientes (Lozano-Rivas, 2012).

Tipos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

- **En el Tratamiento Primario Encontramos:**
Sedimentación: Es una etapa en la cual el agua residual va a pasar en tanques de manera circular o rectangular que permiten la separación de sólidos del agua por gravedad, normalmente llamados clarificadores primarios o tanques de sedimentación primarios, al realizarse la separación se obtiene un líquido homogéneo apto para continuar con el tratamiento.

Tanque de Homogenización: Permiten la reducción de caudal, temperatura, contenido orgánico y pH para luego dar paso a los reactores de manera homogénea.

- **Procesos de Tratamiento Secundario:**

Fangos o Lodos Activados: Realiza la formación de una mezcla de microorganismos activos en forma de masa, equilibra los desechos orgánicos de manera aerobia.

Al momento en que las bacterias están expuestas a oxígeno, se alimentan de la materia orgánica transformándolas a sustancias simples.

Reactor Biológico de Cama Móvil: Asume un aumento de medios inertes de los fangos activados y así poder reunir la biomasa obteniendo en fin un sistema de crecimiento.

Reactores Biológicos de Membrana: Es un sistema que cuenta con una membrana semipermeable, realiza el proceso de depuración de residuos suspendidos y sólidos disueltos. Su limitante es proporcional a la reducción de nutrientes en su proceso de manera eficiente.

Sedimentación Secundaria: Al final de la etapa del tratamiento secundario se separan los flocúlos del filtro con el objetivo de que el proceso se encuentre en niveles menores de la materia orgánica y la suspendida.

- **Para Proceso de Tratamiento Terciario**

Filtración: El filtro retiene la mayor parte de residuos sólidos suspendidos, en el caso del carbón activado también elimina patógenos.

Lagunaje: Proporciona la sedimentación mediante lagunas artificiales, obteniendo un proceso de autodepuración de una fuente hídrica de manera natural.

Componentes de las Aguas Residuales

Propiedades Físicas.

- Sólidos totales.
- Temperatura.
- Color.
- Olor.

Propiedades Químicas.

- **Químicos Orgánicos:**

Carbohidratos.

Grasas (animales, aceites).
Pesticidas.
Fenoles.
Proteínas.
Contaminantes prioritarios.
Agentes tensoactivos.
Compuestos orgánicos volátiles.
Materia orgánica.

• **Químicos Inorgánicos:**

Alcalinidad.
Cloruros.
Metales pesados.
Nitrógeno.
PH.
Fósforo.
Azufre.
Materia inorgánica.

Gases

- Sulfuro de hidrogeno.
- Metano.
- Oxigeno.

Propiedades Biológicas

- Animales.
- Plantas.
- Protistas: Eubacterias, Archeobacterias.
- Virus.

Parámetros Principales de la Calidad del Agua

Residual

En relación a su composición, existen diversos componentes que alteran la disposición del agua residual, los principales parámetros a considerar son:

Materia Orgánica

Representa un tercio de los compuestos en aguas residuales que se clasifican en:

- Proteínas (40-60 %)
- Carbohidratos (25-50 %)
- Grasas y aceites (10 %)

Es una gran parte de los contaminantes de aguas residuales domésticas ya que produce el consumo de oxígeno de las cuerpos hídricos (Lozano-Rivas, 2012).

Está basado de nitrógeno, proteínas, azufre, hierro y fósforo. Las bacterias que contiene las grasas, ejecuta una descomposición más lenta que reacciona con los álcalis, dando glicerina y jabones (sales alcalinas de ácidos grasos) (Metcalf & Eddy, 1995).

Oxígeno Disuelto

Para mantener la vida de los organismos bacterianos, el valor del oxígeno disuelto debe ser mayor de 4 mg/L, es conocido como el indicador de contaminación de los cuerpos de agua. Los tratamientos aerobios deben de tener un manejo de manera correcta, la concentración mínima debe ser de 1 mg/L (Lozano-Rivas, 2012).

Demanda Bioquímica del Oxígeno (D.B.O.)

Se define como D.B.O. a la cuantía necesaria de oxígeno para que se realice el proceso de degradación de los microorganismos en el estado actual del agua. Generalmente su demostración se da a los 3 y 5 días, a una temperatura de 20 °C que le da el nombre a la expresión de D.B.O. y D.B. O₅.

El grado de remoción perteneciente de una laguna de oxidación se encuentra en un rango de 90 – 98 % de D.B.O., pero en casos de falta de información se podrá optar por D.B.O. de 200 a 300 mg/l dependiendo del periodo de retención nominal.

Se deben establecer cantidades de Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O.) máximos, para la conservación el agua residual, luego ser vertida a las fuentes de agua; al no cumplir con los parámetros establecidos se deberá dar paso a un sistema de tratamiento previo.

La desventaja de este proceso, es su periodo extenso, presenta inconvenientes al evaluar la demanda de oxígeno carbonado, nitrogenado y a su vez, su ventaja indica los valores de la materia orgánica biodegradable fundamental para el tratamiento biológico (Metcalf & Eddy, 1995).

Demanda Química del Oxígeno (D.Q.O.)

Permite obtener la cantidad de carga orgánica determinando el oxígeno necesario para su oxidación, en este aspecto se proporciona un oxidante químico como permanganato potásico o el dicromato potásico.

La Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.) debe ser mayor a la Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O.) debido a que la cantidad del oxidante es superior por vía química diferente a la vía biológica. Generalmente se utiliza el permanganato por su oxidabilidad para la determinación de aguas de consumo, pero en aguas residuales se lo realiza con dicromato empleando así la demanda química del oxígeno (D.Q.O.) (Metcalf & Eddy, 1995).

Sólidos

Es la materia que como su nombre lo indica se encuentra en estado sólido ya sea suspendido o disuelta en el agua, también en desechos. Estos pueden causar alteraciones a la calidad del agua ya sea por su alto contenido de sólidos que puede incitar a la reacción fisiológica.

La muestra y su posterior secado en horno a una temperatura definida representa a la suma de sólidos disueltos o no retenidos por filtro y los no disueltos o retenidos por el filtro.

Los aceites o grasas que se encuentren en ciertas muestras dificultan el secado a un peso constante en un tiempo estable. Las aguas que contienen elementos como calcio, sulfatos o cloruros pueden necesitar mayor tiempo para su secado y ganar peso al momento de ubicarlo en la balanza (Instituto De Investigaciones Marinas y Costeras, 2012).

- **Sólidos Totales a 103 – 105 °C:** Es una determinación prioritaria en los controles que se realizan en plantas, si la muestra está bien mezclada podrá evaporarse a una temperatura de 103 - 105 °C. En aguas residuales el valor resultante podría no representar su peso existente de los sólidos suspendidos y los disueltos (Instituto De Investigaciones Marinas y Costeras, 2012).
- **Sólidos Totales en Suspensión (103 – 105 °C):** Se refiere a los materiales que son retenidos por un filtro de una muestra de agua que deben ser secados a una temperatura de 103 - 105 °C, para estimar calculo resultante se realiza mediante la diferencia entre los sólidos totales y los disueltos totales (Instituto De Investigaciones Marinas y Costeras, 2012).
- **Sólidos Fijos y Volátiles Totales a 550°C:** Es determinada por la combustión de la muestra a 550 +/- 25 °C permite una aproximación de la materia orgánica que se encuentra en estado sólido (Instituto De Investigaciones Marinas y Costeras, 2012).
- **Sólidos Sedimentables:** Se encuentran en aguas superficiales o en residuos domésticos o industriales, sus unidades pueden ser de volumen o de peso (ml/l) (Instituto De Investigaciones Marinas y Costeras, 2012).
- **Sólidos Disueltos Totales a 180 °C:** Se basan en los materiales que si pasan a través del filtro después de la evaporación su peso es a 180+/-2 °C es usado para evaluar los sólidos disueltos (Instituto De Investigaciones Marinas y Costeras, 2012).

pH.

Es un intervalo que está determinado para el desarrollo de actividades biológicas, generalmente se encuentra en un rango de 5 a 9 los cuales nos permite evaluar los valores de los alcalinos (mayores a 7), ácidos (menores a 4) y neutros (7) de diferentes sustancias; en el agua natural si un efluente tiene un pH desfavorable puede deteriorar la vida biológica que en ella habita, en aguas residuales el pH se aproxima al rango neutro. El pH puede ser alterado por sustancias toxicas en especial de un grado alto (Metcalf & Eddy, 1995).

Nitrógeno

Es un nutriente primordial para el crecimiento de plantas y microorganismos; dependiendo a su cantidad de contenido puede causar cambios en los organismos o reducir su crecimiento; a su vez en cantidades altas de concentración, aporta en la reducción de oxígeno y de la eutrofización de las fuentes de agua.

La representación en el agua residual se da en forma de proteínas o urea los cuales son ingeridos por las bacterias creando el amonio, permitiendo que se produzca el nitrito y el nitrato las cuales están intervenidas por la temperatura y el pH.

Los nitritos son un indicador de los contaminantes fecales, se oxidan con facilidad en contacto con el nitrato que son denominados como la conformación más oxidada del nitrógeno, originalmente se observan en aguas subterráneas pero pueden alcanzar las aguas superficiales ocasionando enfermedades como el cáncer (Metcalf & Eddy, 1995).

Composición Típica de las Aguas Residuales Domésticas

Las composiciones típicas son utilizadas rutinariamente para análisis de caracterización de agua residuales, hoy en día también se incluye el análisis de metales vitales para el crecimiento de microorganismos.

Tabla 3: *Composición típica del agua residual doméstica bruta*

Contaminantes	Unidades	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Sólidos totales (ST)	mg/l	350	720	1200
Disueltos totales (SDT)	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
Volátiles	mg/l	105	200	325
Sólidos en suspensión (SS)	mg/l	100	220	350
Fijos	mg/l	20	55	75
Volátiles	mg/l	80	165	275
Sólidos sedimentables	mg/l	5	10	20
Demanda bioquímica del oxígeno, mg/l:				
5 días, 20°C (DBO _{5,20°C})	mg/l	110	220	400
Carbono orgánico total (COT)	mg/l	80	160	290
Demanda química de oxígeno(DQO)	mg/l	250	500	1000
Nitrógeno (total en forma N)	mg/l	20	40	85
Orgánico	mg/l	8	15	35
Aminíaco libre	mg/l	12	25	50
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0

Fósforo (total en la forma P)	mg/l	4	8	15
Orgánico	mg/l	1	3	5
Inorgánico	mg/l	3	5	10
Cloruros	mg/l	30	50	100
Sulfato	mg/l	20	30	50
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	50	100	200
Grasa	mg/l	50	100	150
Coliformes totales	nº/100 ml	10 ⁶ - 10 ⁷	10 ⁷ - 10 ⁸	10 ⁷ - 10 ⁹
Compuestos orgánicos volátiles (COVs)	□g/l	<100	100-400	>400

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

Métodos para el Tratamiento de Lagunas de Oxidación

Las lagunas de estabilización son conocidas como grandes estanques elaborados de tierra, su profundidad debe ser menor a 4.5 m (SENAGUA, 1992), su diseño es orientado a las aguas residuales por la interrelación de la biomasa, materia orgánica, procesos físicos, químicos y biológicos. El objetivo principal es que en el momento de descarga el efluente contenga características de calidad del agua residual eficientes como la D.B.O., D.Q.O., nutrientes, coliformes, etc.

Es recomendable usar lagunas de estabilización en necesidades con grado mayor de eliminación de patógenos que en ella se encuentra, no es recomendable que las descargas del efluente se den en lago o embalse ya que no permite una evaluación correcta de la eutrofización de la fuente receptora (SENAGUA, 1992).

(Silva & Universidad de Piura, 2004) define: La laguna de estabilización de aguas residuales permite embalsar agua a una profundidad de 1 a 4 metros que son retenidos periódicamente en un rango de 1 a 40 días (también aplica para nuestro país) (SENAGUA, 1992). Al momento de que el agua es descargada en la laguna se ejecuta una autodepuración (estabilización natural) estos pueden ser en el ámbito físico, químico o biológico. El parámetro principal de las aguas descargadas en la laguna de estabilización es el análisis de D.B.O. y del efluente.

Su estabilidad conlleva a la acción de organismos aerobio (con oxígeno disuelto en el agua) y anaerobios (sin oxígeno disuelto en el agua). Los componentes del proceso de laguna de estabilización son:

- Físicos: temperatura, insolación, infiltración, etc.
- Químicos: demanda bioquímica de oxígeno, pH, nutrientes, etc.
- Biológicos: algas y bacterias.

Se toma en cuenta que la ubicación de la laguna debe ser diseñada aguas abajo de la cuenca hidrográfica en áreas extensas, alejado de los cauces (de no ser posible se desarrollan obras de protección) y alejado de las zonas pobladas. Se recomiendan las siguientes distancias:

- 1 000 m mínimo para lagunas anaeróbicas.
- 500 m mínimo para lagunas facultativas
- 100 m mínimo para lagunas aireadas.

El periodo de vida útil para este sistema de tratamiento se encuentra en un rango de 20 y 30 años permitiendo adecuar a 10 años de acuerdo a la necesidad.

Para generar el proyecto es importante tener en cuenta los siguientes criterios:

- El diseño debe contener al menos dos unidades en paralelo, para permitir la operación en una de las unidades durante condiciones de mantenimiento de la otra.

- Para que haya un adecuado equilibrio de corte y relleno para los diques, el diseño geométrico, formas, módulos, el número de celdas que serán diseñados en función de la topografía del sitio, el tipo de lagunas que conforman el sistema y de un eficiente movimiento de tierras, tomando en cuenta el costo se debe evitar el uso de muchas unidades garantiza la eficacia del sistema.
- La forma del lagunar dependerá de las unidades, se recomienda que la primera sea cuadrada o rectangular ya que la acumulación de los sólidos se genera al inicio, las lagunas secundarias deben tener forma prolongada y que la relación largo/ancho sea mayor a 10 (SENAGUA, 1992).
- Las lagunas están rodeadas de taludes de tierra (SENAGUA, 1992) recomienda en los diques un talud exterior de 1:1,5 y 1:2 de inclinación y un talud interior de 1:2 y 1:3 (vertical : horizontal) de inclinación.
- Se debe tomar en consideración al momento de realizar un diseño lagunar que influye las condiciones climáticas del área, temperatura, velocidad de viento que pueden llegar a causar efectos desfavorables a la biología de la laguna.

Objetivos de las Lagunas de Estabilización

El objetivo de las lagunas es:

- Disminuir los organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales que pueden ocasionar contaminación y asegurar la protección epidemiológica.
- Minimizar la carga orgánica del agua residual para lograr que los niveles de oxígeno disuelto de los cuerpos de agua sean menos expuestos y pueda ser reusado.
- Permitir reutilizar el agua que ha pasado por el tratamiento en la agricultura u otras finalidades.

Ventajas de las Lagunas de Estabilización

Las siguientes ventajas demuestran las razones por la cual la laguna de estabilización es generalmente una alternativa eficaz para los problemas de aguas residuales.

- El consumo de energía y la economía del proceso es baja.
- El presupuesto de inversión en especial los rubros de construcción son bajos
- Los gráficos de flujos son más sencillos.
- Para el sistema se usan accesorios y equipos simples (tuberías, bombas, etc.)
- No necesita de alta tecnología, su control y mantenimiento es sencillo.
- Es eficaz en la remoción de patógenos y otros microorganismos.
- Amortigua los periodos altos de caudal y materia orgánica.
- Puede llegar a remover nutrientes (CONAGUA et al., 2007).

Desventajas de las Lagunas de Estabilización

- Es necesario que su área sea extensa.
- El efluente incluye gran cantidad de algas perjudicando la calidad proteica y obstruyendo el paso del proceso.
- Depende del factor climático como: la temperatura, la fuerza del viento, etc.; para un funcionamiento eficiente.
- Cuando existe una sobrecarga en el efluente por los contaminantes emana olores putrefactos, depende del clima.
- Generalmente si una laguna se encuentra en suelo arenoso puede llegar a infiltrarse y contaminar la fuente de agua (CONAGUA et al., 2007).

Reducción Bacteriana

Es la defunción de bacterias típicas del efluente, logrando un proceso competente debido a los principios como salinidad, choque térmico; el dispositivo más importante es la remoción de coliformes (totales, fecales) que son dañinos para el humano.

Es decir, utiliza la suficiente depuración del fluido que incorpora el efluente como carga alimentaria del habitat acuático, favorece económicamente, ofrece seguridad y es idóneo para la depuración en caudales altos (Grande, 2017).

Tipos de Procesos de las Lagunas de Oxidación

Proceso Aerobio

En este proceso la descomposición de materia orgánica se realiza a disposición del oxígeno, produce composiciones inorgánicas que permite el crecimiento de algas, generan más oxígeno y hace sencilla la ocupación de bacterias aerobias.

Las algas sintetizan la materia orgánica, su reacción se da en luz natural muy conocido como fotosíntesis que conlleva a la emisión de oxígeno, beneficia a las bacterias aerobias y satisface la D.B.O. (Silva & Universidad de Piura, 2004).

Proceso Anaerobio

Este proceso se da de materia orgánica o inorgánica, pero si presencia de oxígeno molecular. Se origina los olores desagradables y sus reacciones son lentas.

Se divide en dos grupos:

- Hidroliza y degrada los compuestos orgánicos convirtiéndose en ácidos simples, como ácido acético propiónico. Está compuesto de microorganismos (bacterias facultativas y anaerobias) también llamadas monitos de ácidos.
- Transforma los ácidos orgánicos del grupo anterior en gas metano, es asignado con el nombre de bacterias

formadoras de metano, las de mayor importancia crecen lentamente y su metabolismo limita el tratamiento anaerobio.

Tanto en el proceso aerobio y el anaerobio el objetivo de los resultados es disminuir las bacterias, que ocurre al agotar los nutrientes, tomando en cuenta la temperatura, luz natural entre otros (Silva & Universidad de Piura, 2004).

Clasificación de las Lagunas de Oxidación

Lagunas Aerobias

Consideradas Aerobias por su alta cantidad de biomasa, se clasifican como:

Lagunas Aerobias de Baja Tasa: Mantiene su condición en toda la laguna aumentando la cantidad de oxígeno ocasionado por el crecimiento de algas. Generalmente permite el tratamiento de residuos solubles y efluentes secundarios.

No es recomendable en lugares de clima frío (congelamiento), no se podría mantener el oxígeno disuelto en todas las estaciones del año (Thirlumurthi, 1991).

Para conservar la materia de lagunas aerobias la D.B.O.₅ estará en un rango de 80 % a 95 %, aunque se haya removido la D.B.O. soluble del efluente aun tendrá una cantidad considerable de algas y bacterias (CONAGUA et al., 2007).

Las Lagunas Aerobias de Alta Tasa: Su diseño optimiza la producción de algas, está enfocado en la disminución de nutrientes y trata el material soluble. Requiere se constante mantenimiento y de personal capacitado, opera como conexión en serie a una profundidad de 30 cm y 45 cm. Tiene una gran ventaja a diferencia de las facultativas sus tiempos de retención son cortos y el efluente tiene un alto grado de oxígeno disuelto (CONAGUA et al., 2007).

Lagunas Aireadas

Usadas como lagunas naturales o artificiales en el tratamiento de aguas residuales dota de oxígeno por aeración. Son utilizados como primera unidad, en terrenos limitados para el tratamiento o con desechos con sustancias de altas concentraciones, son empleadas en lugares de clima fríos (CONAGUA et al., 2007).

Es una reducción de la sucesión de lodos activados, por sus características pueden ser:

Laguna Aireada de Mezcla Completa: Conserva la biomasa en suspensión, es considerada como el desarrollo de lodos activados que no se separan. Tienen una profundidad de 3 m y 5 m y su periodo de retención es de 2 y 7 días, se recomienda aireadores con velocidades bajas, no es recomendado en conexiones en serie (CONAGUA et al., 2007).

Laguna Aireada Facultativa: Conservan la biomasa en suspensión parcial, aparecen burbujas de gas de un tamaño considerablemente grandes que se da a causa de los lodos que se encuentran en el fondo, su período de retención oscila de 7 a 20 días a una profundidad de al menos 1.5 m. En climas de temperatura cálida aparece el crecimiento de algas (CONAGUA et al., 2007).

Laguna Facultativa con Agitación Mecánica: Beneficia en proyectos de lugares de clima cálido, se diseña con las mismas condiciones de las lagunas facultativas, el funcionamiento de los aireadores de da me manera periódica (CONAGUA et al., 2007).

Laguna de oxidación aireada: Empleada en climas que contengan cuatro estaciones, su oxígeno se basa de la fotosíntesis, la ejecución de este aireador también se da en invierno por lo cual las cargas de diseño son bajas (50 kg D.B.O/(ha.d)), se diseña con los parámetros de las algunas facultativas a una profundidad de 1 a 1.5 m (SENAGUA, 1992).

Lagunas Anaerobias

Son lagunares con carga orgánica muy altas, el cual lleva a efecto el tratamiento en ausencia de oxígeno. Su uso de considera como primera unidad en áreas limitadas por los desechos ya sean domésticos o industriales en conexiones en serie (SENAGUA, 1992).

A causa de las altas cargas es necesario enlazar este tratamiento a una laguna facultativa con conexión en serie y llegar al tratamiento óptimo. No se fijará un criterio para el dimensionamiento, se tomaran valores dependiendo a las necesidades del proyecto en el cual el diseñador estará en libertad de seleccionar el más considerable, se recomienda una temperatura aproximadamente de 20 °C, 300 g D.B.O/(m³ .d) y si el factor olor amenaza se podrá incrementar a 400 g D.B.O/(m³ .d) de carga orgánica volumétrica, periodo de retención de 5 días a una profundidad alrededor de 2.5 m y 5 m, la remoción de D.B.O. a un 50 % (SENAGUA, 1992).

No son tan competentes como las lagunas facultativas referentes a la eliminación de coliformes, el coeficiente de mortalidad se podrá determinar de manera experimental o mediante la siguiente tabla de mortalidad global:

Tabla 4: Coeficiente de mortalidad

Carga KgD.B.O/(ha.d)	Coeficiente de mortalidad l/d
400	0,6
600	0,55
800	0,5
1000	0,46
1200	0,41
1400	0,37

Fuente: (SENAGUA, 1992)

Lagunas Facultativas

Posee un color verdoso, el oxígeno cambia dependiendo a la profundidad y la hora, se crea una capa superficial se puede observar las algas y bacterias que habitan por la disposición de oxígeno y en la profundidad ocurre la degradación anaeróbica de diversos sólidos que están sedimentadas. Sus características son:

- La alimentación entra las algas y bacterias en la superficie
- La descomposición anaeróbica de los sólidos sedimentados.
- Su ubicación en el tratamiento como unidad puede cambiar a:

Primaria: En climas fríos, por la carga es baja y da paso a la remoción de patógenos.

Secundaria o terciaria: Generalmente conocidas como lagunas de maduración.

El parámetro de mortalidad y temperatura de bacterias se evalúa mediante experimentación si no es el caso emplean los siguientes criterios:

- Para el diseño, la temperatura será el promedio del mes con clima más frío.
- Si no se conoce el valor, se determina la temperatura de la diferencia de temperatura del aire (evaluado por SAPYSB) dependiendo las condiciones climáticas y temperatura, como guía de datos presentaremos la siguiente tabla:(SENAGUA, 1992).

Tabla 5: Temperatura para diseño de lagunas facultativas

		TEMPERATURA, °C		
CIUDAD	MES MÁS FRIO	AIRE	AGUA	INCREMENTO
Quito	Agosto	14,2	17	2,8
Guayaquil	Agosto	23,5	24,5	1
Cuenca	Julio	13	18,7	5,7
Portoviejo	Agosto	23,3	24,5	1,2

Fuente: (SENAGUA, 1992)

Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

Lagunas de Maduración

Está diseñada para el tratamiento de efluentes secundarios o aguas que ya han pasado por un tratamiento previo, es decir: lagunas anaerobias – facultativas o aireadas - facultativas, permite la reducción de patógenos, también son conocidas por el nombre de laguna de pulimento o de acabado .(SENAGUA, 1992)

Mejora las condiciones químicas, físicas y biológicas de las aguas residuales, cumplen con el proceso de nitrificación de amonio, del efluente y elimina ciertos nutrientes, funciona con un D.B.O del efluente muy estable y competente para la descarga.

El tiempo de retención es de 2 a 10 días a una profundidad de aproximadamente 1 a 1.5 m. Culmina con un proceso de desinfección, creando biomasas separadas del efluente (Loaiza & Martillo, 2019).

Conexiones con las que Trabajan las Lagunas de Estabilización

La laguna de estabilización cuenta con características que pueden ser clasificadas dependiendo a sus conexiones los cuales detallaremos como:

Lagunas en Paralelo

Brinda una variedad de ventajas en el ámbito constructivo y operativo. Uno de las características se basa en la acumulación de mayor cantidad de lodos, por lo cual se necesita realizar una limpieza cada cierto período, para que su desempeño como señala (Silva & Universidad de Piura, 2004), sea de la forma apropiada deberá disponer de mínimo dos lagunas primarias en semejantes, permitiendo el manejo de una de las lagunas mientras se procede a la depuración de la otra.

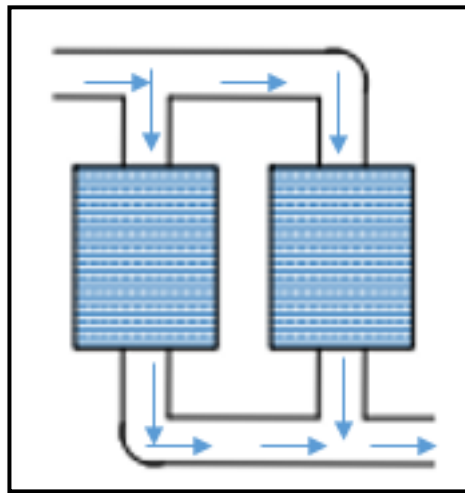
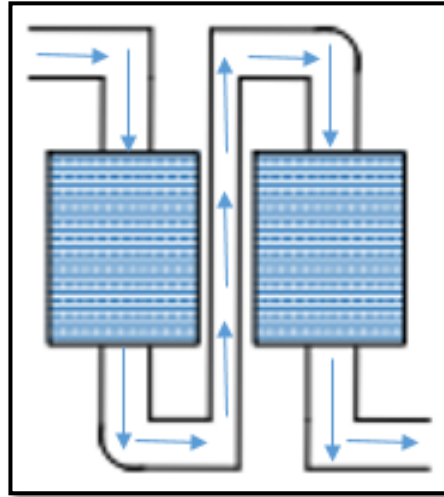


Ilustración 2: Lagunas en paralelo

Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

Lagunas en Serie

La aplicación de conexión de las lagunas en serie lleva una secuencia, ayuda en el progreso de la calidad bacteriológica del efluente sobre todo en diseños que lo requieran, para que se ejecución se implementarán lagunas terciarias, cuaternarias y de acuerdo a su necesidad el uso de un grado mayor (Silva & Universidad de Piura, 2004).



Lustración 3: Lagunas en serie

Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

Esquema de las Lagunas de Estabilización (Lagunas de Oxidación)

Las lagunas de estabilización, son áreas diseñadas artificialmente con la finalidad de tratar las aguas residuales, para que el objetivo de diseño se ejecute se debe tener presente la variedad de modelos matemáticos que a lo largo de experiencias en proyectos se han ido dando mediante metodologías que son de apoyo para su realización.

Debemos tener en cuenta los amplios parámetros (carga volumétrica, superficial, tiempo de retención hidráulica entre otros) y recomendaciones dispuestos por normas estipuladas que permitan un diseño vigente.

El diseño lagunar permitirá la ejecución de la remoción de diferentes criterios como D.B.O., sólidos y patógenos que se puedan presentar de lagunas facultativas, anaeróbicas y de maduración llegando a pronosticar la calidad final del efluente.

Métodos Utilizados en el Diseño de Lagunas de Estabilización

- **Métodos Empíricos:** Este método establece operaciones matemáticas simples originadas de un reconocimiento experimental determinadas de un lagunar o de estanques que funcionen en similares circunstancias como la climatología, permitiendo la abstracción de las mismas.

Utiliza frecuentemente factores de menor afectación a la planta de depuración lagunar, como el caudal o el tiempo de retención hidráulica y sus cargas. Cumple con el parámetro de diseño que fundamenta la disminución de materia orgánica generalmente de la demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.₅) (CONAGUA et al., 2007).

- **Métodos Racionales:** Este método presenta una descripción en términos cinéticos que suceden en las lagunas de estabilización. Se basa en la disminución de una sola variable de la carga orgánica facilitando el proceso de resolución de datos y cálculos (CONAGUA et al., 2007).

- **Modelos Matemáticos:** Principalmente este modelo evalúa el sistema lagunar de manera dinámica basándose en las especificaciones físicas, químicas y biológicas, que permite el proceso de depuración. Su dificultad es mayor por lo cual se recomienda que haya un equilibrio entre las especies biológicas o químicas que vayan aconteciendo (CONAGUA et al., 2007).

Modelos para el Diseño de Lagunas de Estabilización

Modelo de Hemman y Gloyna

Creada por Hemman y Gloyna modelo conocido como la principal herramienta para caracterizar el procedimiento de remoción basado en cargas orgánicas. Como afirma (Cubillos Z., 2001), para una extracción de 90% de la D.B.O., propusieron una fórmula para la sistematización del espesor de la laguna a escala existente, con remociones entre el 60 % y 90 %.

Después de varios análisis se comprobó la disminución de D.B.O. (200 mg/l) del afluente considerando el tiempo de retención, temperatura (35 °C) y $\theta_0 = 1.085$ para aguas residuales domésticas.

Modelo de Oswald y Gotaas

Este modelo fue creado para lagunas aerobias por Oswald y Gotaas. (Cubillos Z., 2001) señala, el oxígeno sintetizado es empleado de la emisión solar y la cohesión de algas, la carga orgánica se fija en situación de la síntesis de oxígeno.

Modelo de Mezcla Completa o de Marais

El modelo es usado en lagunas facultativas de primer orden creada por Marais, siendo una mezcla entre el afluente y el volumen lagunar.

Tomando en cuenta la utilización del modelo, engloba diferentes conocimientos previos al valor (k) cinética del sistema en la que parte importante es basado en naturaleza del residual, que son tratados en lagunas considerando las condiciones ambientales, pero sobre todo de la temperatura.

En estas condiciones no hay composición completa, conveniente a esto existen objeciones referentes a la eficiencia del modelo y se han presentado nuevas opciones para una combinación de flujo a pistón y mezcla fragmentaria con disipación (Cubillos Z., 2001).

Modelos para la Remoción de Coliformes.

Las lagunas de estabilización son factibles en la remoción de microorganismos patógenos, tales como señala (Cubillos Z., 2001) helmintos, protozoarios y bacterias, que otros sistemas de procedimiento de aguas residuales. De esta manera se logra obtener un método de superior utilidad en el trópico conveniente a su alto episodio de enfermedades hídricas.

Para mover material orgánico y descomponer organismos patógenos depende de las transformaciones bioquímicas y del modelo de flujo, al mismo tiempo de otros factores ambientales o del clima como: irradiación solar, precipitación lluviosa, viento entre otros. La pérdida de bacterias se da por circunstancias de altos valores de pH, la obtención de compuestos tóxicos debido a las algas, luminiscencia ultravioleta y depreciación de nutrientes (Cubillos Z., 2001).

Criterios Principales para el Diseño de Lagunas de Estabilización.

- **Carga Orgánica Total:** Se define como carga orgánica total al resultado del producto de un caudal de previos cálculos y el D.B.O.
- **Temperatura:** En lagunas de estabilización toma en cuenta la temperatura de los líquidos que se encuentran en ella, generalmente están a 2 o 3 más alto que la temperatura del ambiente

Aumentando la temperatura a 25 °C la degradación biológica se acelera creando el desarrollo de nitrificación a diferencia de las temperaturas bajas disminuyen la eficacia del tratamiento por la baja cantidad de carga bacteriana. El grado óptimo de oxígeno

se da a los 20°C, limitándose a los 4 °C y 35 °C. Luego de 3 °C disminuye la población de algas lo cual causa la falta de eficiencia por los aumentos de la carga orgánica, después de 22 °C da paso a la fermentación anaeróbica y a su vez disminuye al llegar a 15 °C.

En caso de no llegar a abastecer la temperatura en las lagunas las condiciones anaeróbicas ocasionarán emanación de malos olores y turbiedad en el efluente (CONAGUA et al., 2007).

- **Tiempo de Retención Hidráulica (TRH):** Es empleado en el diseño de una laguna de estabilización, se la define como el tiempo en el que pasa el flujo en un sistema de tratamiento de carga biológica. Este dato importante se lo puede estimar de la división entre el volumen del líquido y el agua residual (gasto), se debe realizar una evaluación de trazado para obtener el valor de tiempo de retención hidráulica de esta manera se podrá hallar una diferencia entre dichos valores. Rolim en el año 1990 presentó un estimación que consiste en un intervalo de 7 a 10 días en las temperaturas entre 5°C y 25°C entre otros criterios estipulados que nos permitirán calcular el área de la laguna (CONAGUA et al., 2007).

- **Carga Superficial:** Es la masa diaria de sustancias aplicadas en la laguna de estabilización, para obtener este cálculo se procede a la división del caudal procesado entre el área superficial del mismo (Vanegas-Benavides & Reyes Rodríguez, 2017) , (SENAGUA, 1992). Permitted el área de la laguna que se encuentra expuesta a la luz solar con el fin de que ocurra la fotosíntesis y a su vez el crecimiento de las algas generando oxígeno suficiente, para estabilizar la

materia orgánica tendrá variación dependiendo a los criterios como temperatura, altitud etc.

- **Coefficiente de Remoción de Coliformes Fecales:** Los coliformes fecales son bacterias facultativas anaeróbicas se generan en los intestinos de personas y animales, cuando la temperatura se encuentra entre 35 °C o 37 °C se las definen como coliformes totales, si la temperatura es de 44 °C a 44.5 °C que contengan las mismas propiedades se considera coliformes fecales (SENAGUA, 1992).

Compilación de Información Primaria In Situ

Se evidencia la situación actual de la laguna de oxidación a través de fotografías, la empresa pública municipal mancomunada Aguapen nos aportó con resultados referente a pruebas de la calidad del agua residual siendo de mucho valor para el estudio del tema de titulación.

Comprobación de la Topografía

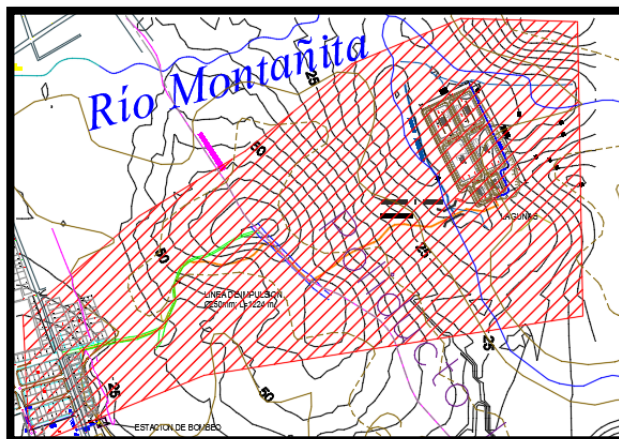


Ilustración 4: Levantamiento topográfico de la parroquia Manglaralto

Fuente: (IGM, 2020)

La Comuna recibe el nombre de Montañita debido a que se encuentra poblado en un terreno irregular con lomas muy pronunciadas.

Compilación de Información Secundaria

Tratamiento de Aguas Residuales

El sistema de tratamiento de aguas residuales de la comuna montañita utilizan el sistema de lagunaje, el cual está compuesta por:

- 2 lagunas maduración.
- 2 lagunas facultativas.

Evaluación de la Situación Actual de la Laguna de Oxidación.

Laguna de Maduración #1.

Al evaluar la laguna de oxidación, encontramos la laguna de maduración #1 (ubicada a la izquierda) la cual cuenta con las siguientes dimensiones 53.6 x 28.6 m (largo – ancho) a una profundidad de 1.5 m; en la superficie del sistema encontramos una gran cantidad de lechuguines en estado de descomposición con lodos orgánicos a causa de la carga ingresada a la laguna de maduración.



Ilustración 5: Laguna de maduración

Laguna de Maduración #2.

La laguna de maduración #2 (ubicada a la derecha) al igual a la laguna de maduración #1 diseñada con las siguientes dimensiones 53,6 x 28,6 m (largo – ancho) y una profundidad de 1,5 m; presenta una proliferación de lechuguines en su superficie, llama mucho la atención la coloración café rojiza debido al deslizamiento de la tierra arcillosa por efecto a las colinas alrededor de ella.

Las precipitaciones de lluvia suelen provocar un exceso de caudal de entrada a la laguna, por lo que el tiempo de residencia del agua puede disminuir. También debemos considerar, en tiempo de intensas lluvias generan turbulencias.

Otro punto importante es la disminución del oxígeno disuelto causada por la putrefacción de los lechuguines que se sedimentan en el sistema y otros que permanecen flotantes en la laguna de maduración. Además, los sólidos que arrastra el agua de las lluvias se mezcla con los sedimentos del agua residual doméstica, siendo apreciable y notorio por su coloración café rojizo.

La salida de esta laguna también presenta obstrucciones en las descargas hacia la laguna facultativa #1 Además, la vegetación que esta alrededor de las cajas que están en la cima de los terraplenes deben ser cortados.

Observando el comportamiento de las lagunas de maduración, el material orgánico suspendido debe sedimentarse en el fondo del sistema, en este proceso su descomposición es anaeróbica formando ácidos orgánicos y posteriormente conduce a la putrefacción de dichos ácidos volátiles orgánicos a bióxido de carbono y metano, por el continuo burbujeo que presentan las lagunas, es decir las bacterias están degradando la carga orgánica D.B.O. que ingresa a las lagunas de oxidación.



Ilustración 6: Laguna de maduración

Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

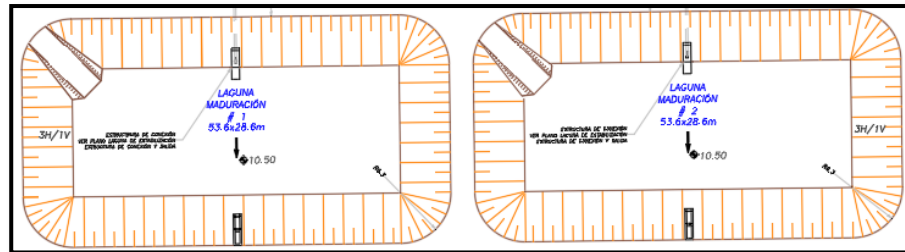


Ilustración 7: Plano de la situación actual de las lagunas de maduración

Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

Laguna Facultativas #1 y #2.

Las lagunas facultativas #1 y #2 cuentan con las siguientes dimensiones 53,6 x 58,6 m (largo – ancho) con una profundidad de 4,5 m, presentan gran cantidad de lechuguines en la superficie del sistema, en tonos verdes y amarillo, otras en descomposición en tono gris oscuro que se encuentra alrededor de la vegetación. Ambas lagunas sirven de habitat de especies silvestres como aves, gallaretas, patos silvestres, roedores y serpientes que son vectores de contaminantes de enfermedades.

El exceso, sin mantenimiento de los lechuguines provoca mala calidad del agua originada en los procesos de eutrofización, por los excesos de materia orgánica que es aportada por las malezas acuáticas.

La descomposición de esta vegetación emana malos olores por su alta producción de sulfuro de hidrogeno, volviendo el agua acida, neutralizando la alcalinidad que generalmente deben tener los sistemas facultativos a causa de la descomposición orgánica que realizan las bacterias aerobias y anaerobias por la descomposición del carbono orgánico.

La cantidad de lechuguines que contienen estas lagunas captan parte de oxigeno del agua y deteriora el habitat de vida en el fondo de la laguna.

Esta remediación con lechuguines, debe mantenerse con cosechas continuas dejando un 50 % del área libre para oxigenar y permitir el crecimiento de nuevos organismos. Además, se debe eliminar plantas que obtengan una coloración amarilla o café, es decir; debe realizarse un mantenimiento periódico para este tipo de tratamiento, por lo tanto, al no tener un control de la vegetación flotante es más probable que el mantenimiento que se realice sea de un valor alto.



Ilustración 8: Laguna facultativa

Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

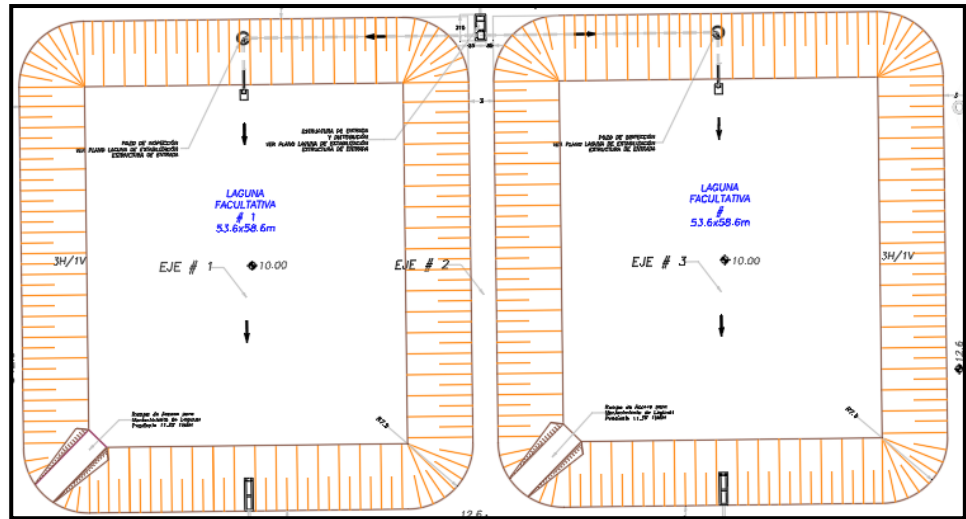


Ilustración 9: Plano de la situación actual de las lagunas facultativas
Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

Desarrollo del Dimensionamiento de la Laguna de Oxidación

Debido a lo antes expuesto, podemos observar que la condición de la laguna no cumple con su función de depuración, tampoco con los parámetros de la calidad del agua residual como lo muestra la tabla 16, se procede a realizar el dimensionamiento de la laguna de oxidación tomando en consideración la población de diseño (población fija + población flotante).

Tabla 16: COA vs ensayos por AGUAPEN E.P.

Parámetro	Límite de descarga a un cuerpo de agua dulce	Resultado de ensayos realizados en laboratorio		
		Afluente	Efluente	Unidades

Resultados de Análisis Físicos - Químicos				
Sólidos totales disueltos	1.600,00	1.783,00	1.527,00	S/Cm
Temperatura	Condición natural +/- 3°	30,50	29,20	°C
Potencial de Hidrógeno (pH)	6 a 9	7,30	7,10	**
Conductividad	1.500	3.851,00	3.240,00	mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O ₅)	100,00	540,00	197,00	mg/l
Demanda química de oxígeno (D.Q.O.)	200,00	761,00	329,00	mg/l
Resultados de Análisis Microbiológicos				
Coliformes fecales (sin coloración)	Remoción > 99,9%	70.000,000	100 ,000	NMP/100ml

Fuente: (AGUAPEN E.P, 2020)

Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

Determinación de la Población Flotante

Por otro lado, para estimar la población flotante nos guiamos de la metodología de cálculo de población flotante para comunas de la Subdirección de estudios

Unidad de estadísticas del gobierno de Chile. (Estadísticas, 2013), el mismo que considera la capacidad hotelera, la capacidad de alojamiento en casas comunales, capacidad de alojamiento en casas vacacionales, y el número de turistas de paso que en un día llegan a la comuna.

Para deducir cada parámetro antes mencionado, realizamos encuestas a diferentes representantes del sector turístico de Montañita como son: autoridades de la

cabecera comunal hoteles, hostales, transportistas, entre otros.

$$P_{fl} = EAT + S_{resid} + VFA + E_{xc} \quad (\text{Ecu.21})$$

Donde:

- **Pfl**= Población flotante
- **EAT**= Número de pernoctaciones de turistas que se alojan en establecimientos de alojamientos turísticos.
- **Sresid**= Número de pernoctaciones de turistas que se alojan en segundas residencias, casa/departamento arrendado.
- **VFA**= Número de pernoctaciones de turistas que se alojan en casa de familiares/amigos.
- **Exc**= Flujo de excursionistas (visitantes por el día) en la comuna.

EAT.

Para obtener el número de pernoctaciones de turistas que se alojan en establecimientos de alojamientos turísticos (EAT), consideramos los valores de (Aguilar et al., 2012) de los cuales tenemos los siguientes resultados mostrados Tabla 18. Según lo encuestado determinamos un promedio de 3 personas por habitación, considerando los días sábado, domingo y feriados 100% de ocupación y el resto de días de la semana un 35% de su capacidad.

Se contabilizó un promedio de 30 días de feriado, 88 días de fines de semana y 247 días entre lunes a jueves y domingo; en base al año 2019 en condiciones de normal afluencia.

El valor a considerarse para la fórmula de población flotante será el estimado en el año.

Tabla 18: Calculo EAT por año, semana y día

DETALLE	CANTIDAD	FIN DE SEMANA	RESTO DEL AÑO
Días	30	88	247
Habitaciones	1.230	738	308
Cap. habitaciones	3	3	2
Subtotales	110.700	194.832	152.152
Total año	457.684		
Total semana	8.802		
Total día	1.258		
<p>Se considera 30 días de feriado Se considera 44 sábados y 44 domingos Los 30 días de feriado se considera un 100% de ocupación Se estima los fines de semana una ocupación del 60% Se estima que el resto del año el porcentaje de ocupación es del 25%</p>			

Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

SRESID

De las encuestas se obtuvo, la comuna Montañita cuenta con 884 viviendas, de las cuales 531 prestan el servicio de alojamiento (60%).

De igual forma se pudo conocer que en cada casa comunal se hospeda un promedio de 4 personas, en los días de feriado, 2 personas los fines de semana y 1 persona el resto de días del año.

Tabla 19: Cálculo de SRESID por año, semana y día

DETALLE	CANTIDAD	FIN DE SEMANA	RESTO DEL AÑO
Días	30	88	247
Casas Comunes	531	531	531
Huéspedes	4	2	1
Subtotales	63.720	93.456	131.157
Total año	288.333		
Total semana	5.545		
Total día	792		
Se considera 30 días de feriado nacionales Se considera 44 sábados y 44 domingos			

Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

VFA.

La comuna Montañita cuenta con 70 casas vacacionales privadas, con un alojamiento promedio de 8 personas. Su capacidad neta es únicamente en los días de feriado.

Tabla 20: Cálculo de VFA anual

DETALLE	CANT.	HAB.	DIAS DE FERIADO EN EL AÑO	TOTAL	PROM. SEMANAL	PROM. DIARIO
CASA VACACIONAL	70	8	30	16.800	324	47

Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

EXC.

La tabla 21, presenta la afluencia de turistas de paso, es decir turistas que visitan la comunidad por 1 día, pero no pernoctan.

Tabla 21: Cálculo de Exc por año, semana y día

DETALLE	CANTIDAD	FIN DE SEMANA	RESTO DEL AÑO
Días	30	88	247
Turistas	300	200	60
Subtotales	9.000	17.600	14.820
Total, año	41.420		
Total, semana	797		
Total, día	114		
Se considera 30 días de feriado nacionales Se considera 44 sábados y 44 domingos			

Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

Por lo expuesto anteriormente la población flotante es:

$$P_{fl} = EAT + S_{resid} + VFA + E_{xc}$$

(Ecu.22)

$$P_{fl} = 1258 + 792 + 47 + 114$$

$$P_{fl} = 2.211$$

Determinación de la Población Futura Flotante.

$$Pf = Pa * (1 + r)^n \quad \text{(Ecu.23)}$$

Donde:

- **Pf**= Población futura (habitantes)
- **Pa**=2211 habitantes
- **r**= 1,30%
- **n**= 25 años

$$Pf = 2.211 * (1 + 0,0130)^{25}$$

$$Pf = 3.054$$

En la tabla 1 se presenta el crecimiento poblacional fijo para el periodo de diseño de 25 años, cada 5 años.

Tabla 22: Resultados del cálculo de población futura residente

Año	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Población	2.211	2.359	2.516	2.684	2.863	3.054

Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

Determinación de la Población de Diseño.

Tabla 23: Resultados de población fija y flotante

Año	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Pob. Futura fija	4.971	5.327	5.708	6.116	6.554	7.023
Pob. Futura flotante	2.211	2.359	2.516	2.684	2.863	3.054
Población de diseño	7.182	7.686	8.224	8.800	9.417	10.077
Población de diseño del proyecto	10.077					

Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

El área de influencia actual se establece en 20 ha, sin embargo, se prevé un área de expansión a servir en el horizonte de diseño, con lo que el área de influencia de la Comuna Montañita será de 30 ha.

Área de influencia a servir	30,00	ha
------------------------------------	-------	----

La dotación de agua potable de la tabla 6 para la Comuna Montañita se considera un valor de:

Dotación media futura	200	l/hab/día
------------------------------	-----	-----------

Para el caso de Montañita, se utilizará el criterio contemplado de la norma RAS-2000, de Colombia (tabla 7) para zona residencial de baja densidad, es decir:

Coefficiente de retorno	0,8
--------------------------------	-----

Obtenido el coeficiente de retorno, procedemos a calcular el caudal medio diario:

$Q_{md} = P * D * Cr / 86400 = l/s$		
Coefficiente de retorno	0,8	
Caudal medio diario	18,66	l/s

Se realiza el siguiente calculo, considerando la población de diseño de la Comuna Montañita (10.077).

$M = \frac{18 + \sqrt{Población}}{4 + \sqrt{Población}}$			
Coefficiente de mayoración	1,13	2,00	adoptado

El caudal máximo horario se estima mediante el cálculo previo del coeficiente de mayoración, dando como resultado:

Qmh= Qmd* Mayoración			
Coefficiente de mayorización	1,13	2,00	adoptado
Caudal maximo horario	37,32	l/s	

La infiltración para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de Montañita se determinará de acuerdo a la recomendación de la norma R.A.S-2000, de Colombia, para una infiltración media, en función del área de influencia del colector es de 0,20 l/s/ha, aplicado la tabla 8, el resultado es:

Qi=A*K		
Área de influencia	30,00	ha
K	0,20	l/s ha
Caudal de infiltración	6,00	l/s

Teniendo en cuenta la población de diseño (10.077), aplicando la formula mencionada en la ecuación 8 obtenemos:

$Qci = \frac{80}{86400} * población\ de\ diseño$		
Caudal de conexiones ilícitas	9,33	l/s

Caudal máximo Horario	37,32	l/s
Caudal de infiltraciones	6,00	l/s
Caudal de conexiones ilícitas	9,33	l/s
Caudal de diseño	52,65	l/s
	4.549,20	m3/d

Caudales de Diseño para Sistema de Recolección y Transporte

Año de Análisis	Población de diseño (hab)	Dotación (l/hab.día)	Caudal medio diario Qmd(l/s)	Mayoración (M)	Caudal maximo horario Qmh(l/s)	Cudal de infiltración Qi(l/s)	Caudal de conex. Ilícitas Qi(l/s)	Q de diseño (Qmh+Qi+Qil)(m3/día)	Q de diseño (Qmh+Qi+Qil)(l/s)
2020	7.182	200	13,30	2	26,6	6,00	6,98	3.419,93	39,58
2045	10.077		18,66	2	37,32	6,00	9,33	4.549,20	52,65

Caudal de Diseño para el Sistema de Bombeo e Impulsión

Año de Análisis	Población de diseño (hab)	Dotación (l/hab.día)	Caudal medio diario Qmd(l/s)	Cudal de infiltración Qi(l/s)	Q de diseño (Qmd+Qi)(m3/día)	Q de diseño (Qmd+Qi)(l/s)
2020	7.182	200	13,30	6,00	1.667,52	19,30
2045	10.077		18,66	6,00	2.130,72	24,66

Caudal del Sistema de Tratamiento

Año de Análisis	Población de diseño (hab)	Dotación (l/hab.día)	Caudal medio diario Qmd(l/s)	Cudal de infiltración Qi(l/s)	Q de diseño (Qmd+Qi)(m3/día)	Q de diseño (Qmd+Qi)(l/s)
2020	7.182	200	13,30	6,00	1.667,52	19,30
2045	10.077		18,66	6,00	2.130,72	24,66

**Diseño de la Laguna Anaeróbica (Método de Yánez
-1993) Caudal de Diseño.**

Usamos el caudal de diseño obtenido proyectada a 25 años (2045), mediante la población de diseño.

Qd	2.130,72	m ³ /día
	24,66	l/s

Caudal en 2 Módulos.

Una de las recomendaciones de (SENAGUA, 1992) es el uso de al menos 2 módulos de laguna para evitar problemas mientras se realiza la limpieza de las mismas, por este motivo el caudal deberá ser dividida para cada uno de los módulos existentes, el dimensionamiento propuesto contará con 2 módulos. Expresando así el siguiente caudal:

Qd	2.130,72	m ³ /día	/2	1.065,36	m ³ /día
	24,66	l/s		12,33	l/s

(SENAGUA, 1992), recomienda en un rango de temperatura alrededor de 20°C, considerar el factor de olores una carga volumétrica de 300 g DBO/(m³.d).

Carga volumétrica	300	gD.B.O/m ³ .d	Norma
--------------------------	-----	--------------------------	-------

La concentración del afluente (D.B.O₅ del afluente) se obtuvo mediante el resultado de las muestras de laboratorio que nos facilitó la empresa AGUAPEN E.P.

Concentración del afluente		
Sa	540,00	mg/l

La temperatura para el diseño de la laguna anaeróbica será del mes más frío como lo indica la sección 2.1.3.2 cual se tomará el valor de 16°C

Temperatura	16	°C
--------------------	----	----

(SENAGUA, 1992), recomienda la profundidad debe ser en un rango de 2,5 a 5 m. Para el diseño de la laguna anaeróbica propuesta tendrá la profundidad de 4 m.

Profundidad		
H=	2,5 - 5	m
Adaptamos	4	m

(SENAGUA, 1992), indica la eficiencia de remoción de un 50% en laguna anaeróbica.

Eficiencia Remoción DBO	50	%	0,5
--------------------------------	----	---	-----

El cálculo de la carga orgánica se realiza mediante el producto del caudal de diseño y la concentración del afluente.

$C_o = \frac{Qd * Sa}{1000}$	Qd=	1.065,36	m ³ /día
	Sa=	540	mg/l
	Co=	575,29	Kg/día

El volumen de la laguna se realiza en relación de la carga orgánica y la carga volumétrica. Obteniendo como resultado:

$V_l = \frac{C_o}{C_v} * 1000$	Co=	575,29	Kg/día
	Cv=	300	gDBO/m ³ .d
	Vlaguna=	1.918	m ³

La acumulación de lodos de una laguna decrece según su periodo de funcionamiento, para la laguna propuesta se eligió el valor de 0,03 m³/hab.año en un periodo de 5 años.

Volumen para la Acumulación de Lodos en 5 Años

El volumen de la acumulación es el producto de la población de diseño, acumulación de lodos y 5 años correspondiente al periodo.

$V_{ac.lodos} = P * Ac_{lodos} * años$	P=	10.077	hab
	Ac.Lodos=	0,03	m ³ /hab.año
	Años=	5	años
	Vac.lodos=	1,512	m ³

$V_{total} = V_{laguna} + V_{ac.lodos}$	Vlaguna=	1.918	m ³
	Vac.lodos=	1.512	m ³
	V total=	3.429	m ³

Para el cálculo del tiempo de retención se toma en cuenta la (tabla 12), Yáñez expresa el rango de días propias a la relación de temperatura °C

$T_r = \frac{Vt}{Qd}$	V=	3.429	m ³	
	Qd=	1.065,36	m ³ /día	
	Tr=	3	días	Cumple!

La remoción de la carga del D.B.O. es el producto de la carga orgánica y el porcentaje de remoción establecido por (SENAGUA, 1992).

$R_{C.DBO} = C_0 * \%_{remoción}$	Co=	575,29	Kg/día
	%Remoción=	0,5	
	Remoción de Carga D.B.O.=	287,65	Kg/día

El valor de la remoción de concentración de D.B.O. se realiza del producto de la concentración del D.B.O. obtenido de la muestra de laboratorio y la eficiencia recomendada por (SENAGUA, 1992).

$S_e = S_a * (1 - Eficiencia)$	Sa=	540	mg/l
	Eficiencia =	0,5	
	Remoción de Cons.DBO=	270	mg/l

Para obtener el área de laguna anaeróbica se emplea la relación del volumen total y la profundidad de la laguna, en nuestro proyecto sea 4 m.

$A = \frac{V_t}{h}$	Vt=	3.429	m ³
	h=	4	m
	A=	857	m ²

Considerando el factor de dispersión de 0,5, como corresponde para la dimensión de la laguna, se asume una relación largo (L)/ancho (W) = 2 por lo que se tiene que:

Relación L/W=	2	
A=	857,30	m ²
L=	41	m
W=	21	m

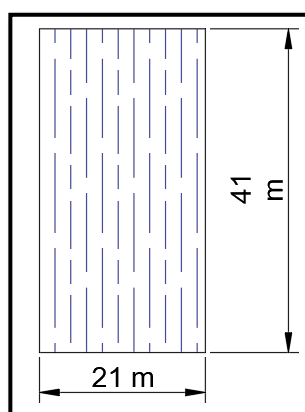


Ilustración 10: Dimensiones en planta de la laguna anaeróbica
Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

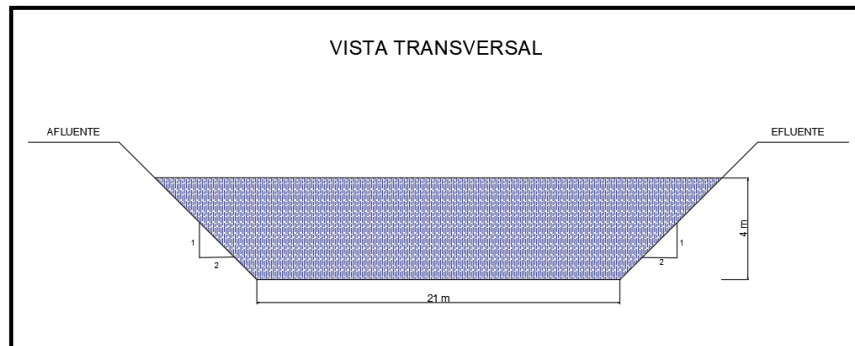


Ilustración 11: Vista transversal de la laguna anaeróbica
Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

Diseño de Laguna Facultativa (Método de Yánez 1993)

Se considera el caudal de diseño expuesto en la sección 3.3.14.2.

El resultado de la concentración del afluente se da después de pasar el flujo por la laguna anaeróbica, permitiendo que reduzca y continúe el proceso de depuración.

Concentración de efluente de laguna anaeróbica		
Sa	270	mg/l

Las temperaturas para el diseño de lagunas facultativas independientes de cada ciudad (SENAGUA, 1992) recomienda, en caso de que no exista ningún dato de temperatura de la laguna y muestra de mortalidad de bacterias por medio de muestras de laboratorio de considera la temperatura del aire del mes más frío (ver tabla 5).

Temperatura= 23.5 °C

La concentración del efluente de la laguna se obtiene de factores como la eficiencia de la laguna facultativa actual si este funcionara respectivamente tendría un valor de 87% (AGUAPEN E.P.) y la concentración dada por el resultado del tratamiento después de pasar por la laguna anaeróbica, permitiendo realizar un despeje de fórmula y así obtener:

$E = \frac{(S_a - S_e)}{S_a} * 1$	E =Eficiencia de remoción
	S_a = Concentración del afluente
	S_e =Concentración del efluente de la laguna

Despeje de fórmula:

$S_e = S_a * (1 - \frac{E}{100})$	S_a =	270	mg/l
	E =	87	%
	S_e =	35,1	mg/l

Mediante las recomendaciones de (SENAGUA, 1992), nos indica que la profundidad se encuentra en un rango de 1,5 m y 2,5 m con el fin de prevenir el aumento de plantas acuáticas y generalmente 30 cm adicionales para acumulación de lodos.

Profundidad		
H =	1,2 - 2,5	m
Adaptamos	2,5	m

La constante de degradación se obtiene de la ecuación 23 y la tabla 13.

$K_t = K_0 * 1,085^{(T_m - 35)}$	K₀ =	1,2	día
	T_m =	23,5	°C (Temperatura de aire mes más frío)
	K_t =	0,47	día

El tiempo de retención según Marais para lagunas facultativas pueden ser de 10 a 40 días (ver sección

2.1.23.4), se realiza el despeje de fórmula, dando como resultado:

$S_e = \frac{S_a}{(1 + K_t * t)}$	Kt=	Constante de degradación de DBO en día-1
	Tr=	Tiempo de retención Hidraulica
	Sa=	Concentración del afluente

Despeje de fórmula:

$T_r = \frac{S_a - 1}{K_t S_e}$	Sa=	270	mg/l	
	Se=	35,1	mg/l	
	Kt=	0,47	día	
	Tr=	14,25	días	Si cumple!
	Según Marais 1993, rango de Tr =10 a 40 días			

El área de la laguna facultativa se refleja mediante el despeje de la fórmula de caula de diseño, dando como resultado:

$Q = \frac{Volumen}{T_r}$	Q=	Caudal de diseño
	Volumen =	A*H
	Tr=	Tiempo de retención hidraulica

Despeje de fórmula:

$A = \frac{Q_d * T_r}{H}$	Q=	1.065,36	m ³ /día
	Tr=	14,25	días
	H=	2,5	m
	A=	6.072,86	m ²

(SENAGUA, 1992) indica, Para determinar las dimensiones finales de la laguna, se asume una relación largo (L)/ancho (W) = 2 por lo que se tiene que:

Relación	2	
L/W=		
A=	6072,86	m ²
L=	110	m
W=	55	m

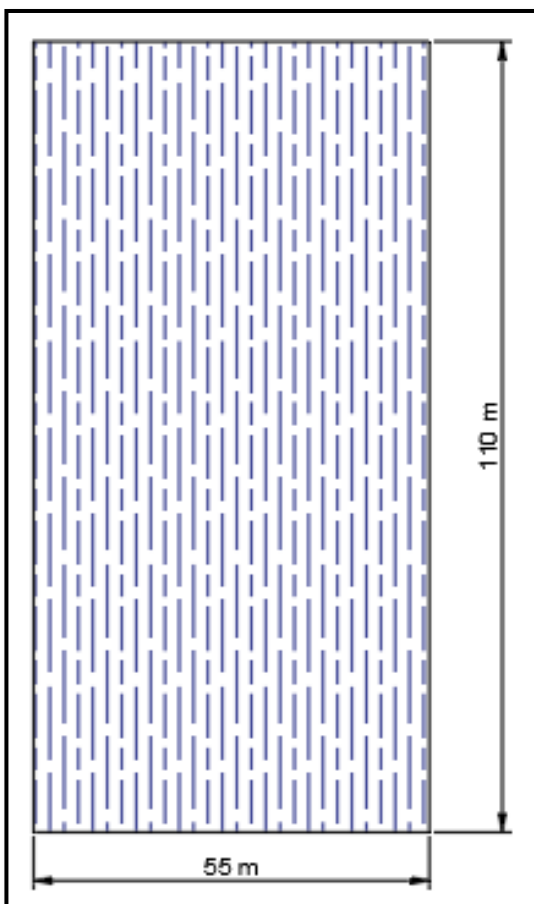


Ilustración 12: Dimensiones en planta de la laguna facultativa
Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

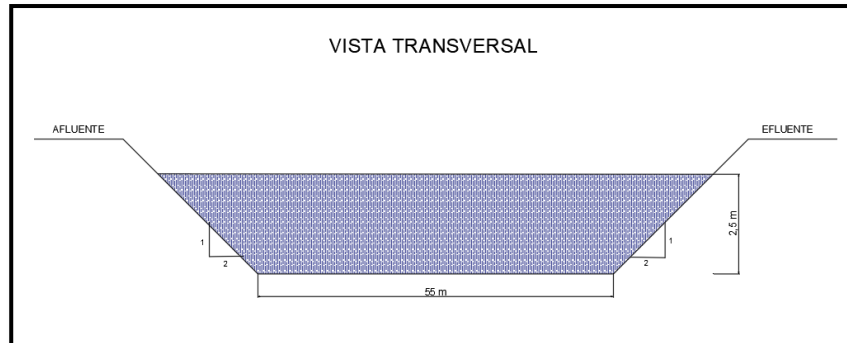


Ilustración 13: Dimensiones en planta de la laguna facultativa.
Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

Remoción de Coliformes Fecales en las Lagunas Facultativas

Se obtiene mediante la (ecuación 25) y la temperatura del mes más frío de la tabla 3.

$K_b = 1,1 * 1,07^{T-20}$	Kb=	1,39	dia-1
	Tai=	23,5	°C (Temperatura de aire mes más frío)

Se aplica la (ecuación 26) teniendo en cuenta la relación entre largo y ancho recomendada por (SENAGUA, 1992).

$d = \frac{L/W}{-0,26118 + 0,25392(L/W) + 1,01368(L/W)^2}$	L/W=	2 m
	d=	0,46

Se emplea la (ecuación 27), con los coeficientes de datos anteriores. Dando como resultado:

$a = \sqrt{1 + 4 * K_b * T_r * d}$	Kb=	1,39	dia-1
	Tr=	14,25	días
	d=	0,46	
	a=	6,16	

La concentración de coliformes fecales en lagunas facultativas es de como parámetro es de 100000000 (SENAGUA, 1992), dando como resultado:

$C_e = \frac{C_{cf} * 4 * a * e^{(1-a)(2d)}}{(1-a)^2}$	a=	6,16	
	d=	0,46	
	C_{cf}=	100000000	(nmp/100ml)
	C_e=	571.424,66	(nmp/100ml)

La eficiencia de la laguna facultativa será de:

$E = \frac{(C_{cf} - C_e)}{C_{cf}} * 100$	C_{cf}=	100000000	(nmp/100ml)
	C_e=	571.424,66	(nmp/100ml)
	E=	99,43	%

Diseño de Laguna de Maduración (Método de Yáñez 1993)

Para el diseño de la laguna de maduración se procede de la siguiente manera:

Se obtiene la carga volumétrica (ecuación 29), de acuerdo a la temperatura mínima de la Comuna de Montañita que es de 16° C para el mes más frío el cual es octubre.

$\lambda_s = 100 (1.085)^{T-20}$	T=	23,5°	C
	λ_s=	42,07	$\frac{\text{kg}}{\text{ha} * \text{d}}$

Se procede a calcular el área de la laguna de maduración (ecuación 30), la cual se calcula de acuerdo a la carga volumétrica, el caudal de diseño y el DBO del afluente volumen.

	Li =	35,1	mg/l
	Qd =	1.065,36	m ³ /día

$A_m = \frac{(Li * Qd)}{\lambda s}$	$\lambda s =$	42,07	$\frac{kg}{ha * d}$
	$A_m =$	888,85	m^2

Se procede a calcular el tiempo de retención hidráulico basado en la (ecuación 31), de acuerdo al Área de laguna y el caudal de diseño. Para esto se asume una profundidad de la laguna de 1,5 m. Y se procede a despejar en la siguiente formula:

$Tr = \frac{(Af * Z)}{Qd}$	$A_m =$	888,85	m^2
	$Z =$	1,5	m
	$Qd =$	1.065,36	$m^3/día$
	$Tr =$	1,25 días	2 días Si cumple!

Se procede a calcular las dimensiones de la laguna, para lo cual se asume una relación largo ancho de 2. Se procede a despejar en la siguiente formula de la (ecuación 32).

$W = \sqrt{\frac{A_m}{x}}$	$A_m =$	888,85	m^2
	$x =$	2	
	$W =$	21	m

Se procede a calcular el largo con la (ecuación 33).

$l = w * x$	$w =$	21	m
	$x =$	2	
	$l =$	42	m

Las dimensiones de la laguna son 42 m x 21 m x 1,5 m lo cual da un volumen de $1323 m^3$.

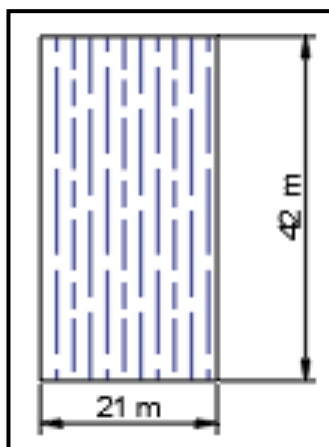


Ilustración 14: Dimensiones en planta de la laguna de maduración
Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

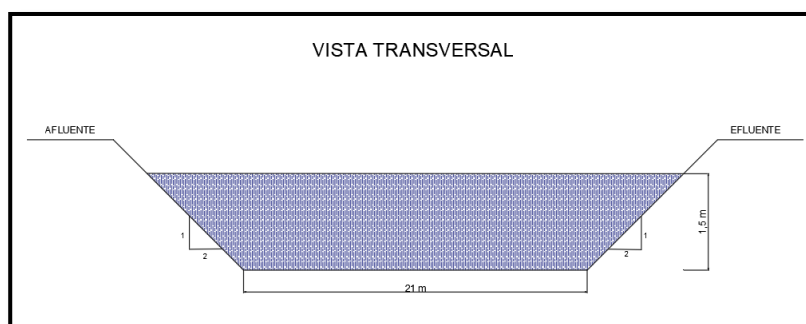


Ilustración 15: Vista transversal de la laguna de maduración
Elaborado: Lorena Engracia, Freddy Orrala y Josué Rodríguez Santos

Propuesta de Mejoramiento

Se realizó el análisis de los parámetros de la calidad del agua residual otorgados por la empresa AGUAPEN E.P., proceso que tiene como objetivo conocer las concentraciones y cargas contaminantes, así también definir los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua residual.

Cabe señalar que los parámetros de DBO y STD no superan el 80% de remoción, es decir que no cumple con lo exigido por la Normativa. (SENAGUA, 1992), resultados que se presentan en el cuadro comparativo (tabla 16). Es pertinente destacar que los niveles de pH se mantienen y cumplen con la norma.

En la constatación del dimensionamiento de las lagunas de oxidación con la normativa (SENAGUA, 1992), se verificó que el área de cada laguna es insuficiente en comparación con los cálculos desarrollados en el capítulo anterior, debido a que en el diseño para su construcción no se consideró el cálculo de la población flotante.

En la visita técnica realizada IN SITU y con los planos de la topografía del lugar, se verificó que no cumple con la normativa (SENAGUA, 1992), ya que en ella se estipula que un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas de oxidación debe estar construido a un mínimo de 1000 m de distancia de la población más cercana y el sistema actual se encuentra construido a una distancia de 328,7 m.

Para su respectiva ubicación de la Laguna de Oxidación se realiza una propuesta de mejoramiento a una distancia de 1.224 m de la comuna, con el objetivo de cumplir con la normativa (SENAGUA, 1992).

En la tabla 24 se presentan los resultados producto de la investigación.

La comuna Montañita de gran afluencia turística nacional y extranjera, condición ésta que genera dos tipos de población, considerados en el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, una población fija compuesta por los habitantes permanentes de la comuna y una población flotante integrada por turistas que usan hoteles, turistas casas comunales, turistas con viviendas vacacionales propias y turistas de paso.

La actual planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) resulta insuficiente por cuanto en su diseño no se consideró la población flotante, que en la presente investigación es similar a la población permanente, siendo este uno de los parámetros más importantes en el diseño.

El tratamiento de las aguas residuales por medio de la laguna de oxidación de la comuna de Montañita, no funciona de manera correcta, se determinan niveles bajos de eficiencia del tratamiento, 30% respecto a la DQO, DBO₅, ST y valores nulos en la remoción de agentes patógenos, coliformes fecales.

El rediseño de la PTAR propuesta en el capítulo 3, satisface los requerimientos del método de Yánez (tiempo de retención, temperatura, área, largo, ancho, concentración del efluente, remoción de coliformes fecales).

La propuesta de tratamiento lagunar permitirá una descarga del efluente que cumpla con los parámetros de calidad vigentes en el COA y SENAGUA sin afectar el medio ambiente.

Bibliografía

- Aguilar, G., Tamar, C., & Garcia, V. (2012). *Evaluación del uso turístico de Montaña, Canton Santa Elena - Provincia de Santa Elena*.
- Armando, D., & Rosado, V. (2012). *Optimización de recursos turísticos para la Comuna Montañita en la provincia de Santa Elena*.
- Cálculos a población flotante 2013 para denominar Comunas Turísticas by biobioestuyo - issuu.* (n.d.).
- Chavez, K. (2015). *Estudio de factibilidad para la creación de un complejo turístico en la comuna Montañita, parroquia Manglaralto, provincia de Santa Elena.* 7047, 2780018–2780019.
- COA. (2017). Código Orgánico Del Ambiente. *Registro Oficial Suplemento 983, 1–92.*
http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/Archivos/Transparencia/2017/07julio/A2/ANEXOS/PROCU_CODIGO_ORGANICO_ADMINISTRATIVO.pdf
- Comisión Nacional del Agua. (2016). *Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Tratamientos no Convencionales* Comisión Nacional del Agua. *Semarnat, IV.*
www.conagua.gob.mx
- CONAGUA, Tzatchkov, V. G., & Villagómez, I. A. C. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento.* In *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, CONAGUA.*
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/10DisenoDeLagunasDeEstabilizacion.pdf>
- Cubillos Z., A. (2001). Estado del Arte en el Diseño de Lagunas de Potabilización. In *Estado del arte en el diseño de lagunas de estabilización* (Vol. 3, pp. 82–84). <https://doi.org/10.25100/iyc.v3i2.2331>

- Cumbal, R. (2013). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario proyectado a 30 años para la Parroquia de Malchingui, Canton Pedro Moncayo.*
- García, M. E., Pérez, J. A., & Generalidades, L. (1977). *Aguas Residuales. Composición.*
- Grande, S. A. (2017). *Modelación numérica de descargas de aguas residuales urbanas por emisario submarino en la Laguna Mar Chiquita, Córdoba, Argentina.*
- Instituto De Investigaciones Marinas y Costeras. (2012). *Manual de tecnicas analíticas para la determinación de parametros fisicoquímicos y contaminantes marinos (Aguas, sedimentos y organiasmos). Invemar, 66.*
- Ley de Gestion Ambiental. (2004). *Ley de gestion ambiental. 19.*
- Loaiza, F., & Martillo, J. (2019). *Diagnóstico y propuesta de mejoramiento del sistema de tratamiento de la parroquia Atahualpa, ubicada en el canron Santa Elena (p. 34).*
- Lozano-Rivas, W. A. (2012). *Fundamentos de diseño de plantas depuradoras de aguas residuales. Octubre 2012.*
- MAE. (2015). REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto Ejecutivo 3516. REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto Ejecutivo 3516. <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- Martínez, S. (1999). *Parámetros de diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales.*
- Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización.*
- Molina Gomez, J., Ruiz Prieto, R., & Mercadé Melé, P.

- (2018). Análisis de la pernoctación sobre el nivel de satisfacción en un destino complementario: Caso Ronda. *Dos Algarves: A Multidisciplinary e-Journal*, 33(December), 48–65. <https://doi.org/10.18089/damej.2018.33.4>
- Panaia, M. (2010). Algunas Precisiones sobre el Concepto de Población Flotante en el Ambito del Trabajo. *Pampa*. <https://doi.org/10.14409/pampa.v1i6.3175>
- Prefectura, S. E.-. (2008). REVISION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE, DISEÑO DEFINITIVO DE LA ESTACION DE AGUA CRUDA Y DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA COMUNA MONTAÑITA EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA. *Cenia C.LTDA*.
- Quizpe, I. G., Abad, C. Q., & Gaona, L. B. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento Territorial de la parroquia rural Manglaralto*. 15–224. [file:///C:/Users/Usuario iTC/Downloads/55 C_opt \(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario%20iTC/Downloads/55%20C_opt(1).pdf)
- R.S. Ramalho. (2013). Tratamiento De Aguas Residuales. In *Editorial Reverente S.A.*
- República de Ecuador. (2008). Constitución del Ecuador. *Registro Oficial*, 15–217.
- Sancho, A. (2018). *Introducción al Turismo*.
- SENAGUA. (1992). *Normas Para Estudio De Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales, Para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes*. http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf
- Silva, J., & Universidad de Piura. (2004). *Evaluación y rediseño del sistema de lagunas anaerobias de la universidad de piura*. <https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/12345>

6789/1189/ICI_119.pdf?sequence=1

Vanegas-Benavides, C. M., & Reyes Rodríguez, R. V. (2017).
Carga Superficial Máxima En Lagunas De
Estabilización Facultativas De Nicaragua. *Nexo
Revista Científica*, 30(01).
<https://doi.org/10.5377/nexo.v30i01.5169>

Descubre tu próxima lectura

Si quieres formar parte de nuestra comunidad,
regístrate en <https://www.grupocompas.org/suscribirse>
y recibirás recomendaciones y capacitación



   @grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

compAs
Grupo de capacitación e investigación pedagógica



@grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

ISBN: 978-9942-33-476-3



9 789942 334763



@grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

compAs
Grupo de capacitación e investigación pedagógica