



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE REGIONAL MANABÍ – CAMPUS CHONE
CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN EN LA OPERATIVIDAD DE LA PTAR
DE LA PARROQUIA CANUTO DEL CANTÓN CHONE**

**PREVIO AL TÍTULO DE:
INGENIERA HIDRÁULICA**

AUTORA:

MINAYA MERO ERIKA XIMENA

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

ING. FABIAN RODRIGO ESPINALES CEDEÑO, MGS.

JULIO DEL 2021

CHONE – MANABÍ – ECUADOR

Certificación de la Tesis

Ing. Fabian Rodrigo Espinales Cedeño, M.Sc.

Tutor del plan de investigación curricular

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo la Normativa del Trabajo de Integración Curricular; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Ing. Fabian Rodrigo Espinales Cedeño. M.Sc.

C.I. 130659765-7

Aprobación del Tribunal

El jurado examinador aprueba el presente trabajo de integración curricular en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí:

(F)_____

Ing. Fabian Rodrigo Espinales Cedeño. M.Sc.

Primer Lector

(F)_____

Ing. Jhon Enrique Félix Mera. M.Sc

Segundo Lector

(F)_____

Ing. Jesús Enrique Chavarría Parrales. M.Sc.

Tercer Lector

Declaración de Originalidad

Este manuscrito, no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

Autora:

F. _____

Minaya Mero Erika Ximena
Dirección: Chone
E-mail: eminaya6032@pucesm.edu.ec
Celular: 0982839460

Declaración de Derecho del Autor

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos, con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

Autor:

F. _____

Minaya Mero Erika Ximena

C.I.131382603-2

Dedicatoria

Muchos de los fracasos en la vida de las personas ocurren cuando no se dieron cuenta lo cerca que estaban del éxito cuando abandonaron (Thomas A. Edison).

Dedico con mucho cariño este proyecto a mis padres **Fredis Minaya** y **Denny Mero**, mis ejemplos de que cuando se tiene un sueño se lo logra en base a trabajo constante y continuo, sin abandonarlo por difícil que parezca; ellos han sido parte fundamental en este proceso de preparación al camino de la profesión, cultivando en mí un legado de lucha y perseverancia, creyendo en mi capacidad de poder lograr mi objetivo que tuve desde el inicio de mi carrera, por sus palabras de aliento y ser mi apoyo en los momentos difíciles.

A mis hermanos que, aunque no siempre estemos juntos, siempre serán el mejor regalo que me pudieron dar mis padres.

A mi abuelito Efrén Minaya, y a mis ángeles Lorgia (Mamiata), Mery (Mami Mercy) y Jorge (Papi Jorge) que estarían felices de ver cómo logro hacer realidad mis sueños.

Agradecimiento.

Agradezco a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de acceder a nuevos conocimientos.

Un agradecimiento especial a mi Tutor el Ing. Fabián Espinales Cedeño. Mgs, quien con su contribución académica supo despejar las dudas que se formulaban en el proceso del proyecto de investigación.

A los docentes de esta noble institución quienes supieron compartir sus conocimientos y experiencias de una forma clara.

Finalmente agradecer a todas las personas que me apoyaron y acompañaron en los momentos más difíciles de mi vida como universitaria, gracias por su amistad, consejo y compañía.

Resumen

Esta investigación correlacional descriptiva propuso un nuevo diseño de sistema de depuración de aguas residuales en la parroquia Canuto, ante las fallas de funcionamiento en el sistema actual, derivando en problemas medioambientales y de salud pública. Consecuentemente, esta investigación se realizó durante 4 meses a partir de enero de 2021, observando el sistema que opera en la actualidad y recolectando datos poblacionales de esta parroquia. Se realizó un diagnóstico de la estructura, componentes y calidad de agua en afluente y efluente, presentándose tres alternativas de diseño, considerando sistemas aerobios, anaerobios y una reingeniería del sistema tanque *Imhoff*. Luego se sometió cada alternativa a un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) y sistema de *Likert*. Los resultados de las observaciones evidencian abandono, falta de mantenimiento y partes del sistema nunca usadas. Según el diagnóstico de la estructura, las aguas del efluente no cumplen el mínimo de la norma para descarga de aguas residuales, por lo que contaminan el río y presentan un impacto negativo al ambiente y salud. Los resultados del diseño y análisis de *Likert* señalan que el sistema más adecuado es el de flujo orbital, porque tiene alta eficiencia en remoción de contaminantes y bajos costos constructivos; no genera olores; necesita de personal permanente para su operación y mantenimiento; y requiere mínimo espacio. Esto permitirá un mejor tratamiento de las aguas residuales y mitigará el impacto que causa su descarga de manera eficiente.

Palabras clave: aguas residuales, contaminación hídrica, impacto ambiental, tratamiento de aguas, tanque *Imhoff*

Abstract.

This descriptive correlational research study proposed a new design of a wastewater treatment system in the Parish of *Canuto*, regarding problems with its current facility, which leads to environmental and public health problems. Hence, this research study was accomplished over a four-month period from January 2021, by making observations of the wastewater treatment system facility and collecting population data of this parish. It was made a diagnosis of the structure, components, and water quality parameters of influent and effluent water, presenting three design alternatives and considering aerobic and anaerobic systems, along with the *Imhoff* tank system reengineering process. Then, each design was evaluated by means of the Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT) analysis and Likert system. The findings from the observations show neglect, lack of maintenance and parts of the system that have never been used. According to the structure diagnosis, effluent water does not meet wastewater discharge minimum acceptable standards, so that it contaminates the river and has negative effects on environment and health. The design and Likert analysis results reveal that the most suitable is the orbital wastewater flow treatment system, since it has high efficiency in the removal of contaminants; it is low-cost construction; it does not produce odors and needs permanent personnel for its operation and maintenance; and it requires minimal space. All of this will permit a better wastewater treatment and mitigate the impact caused by its discharge in a more efficient way.

Keywords: wastewater, water pollution, environmental impact, water treatment,

Imhoff tank

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| Certificación de la Tesis..... | II |
| Aprobación del Tribunal..... | III |
| Declaración de Originalidad..... | IV |
| Declaración de Derecho del Autor..... | V |
| Dedicatoria..... | VI |
| Agradecimiento..... | VII |
| Abstract..... | IX |
| Introducción..... | 5 |
| Materiales y Métodos..... | 8 |
| Área de Estudio..... | 8 |
| Equipos y Materiales..... | 9 |
| Métodos..... | 10 |
| Variables que se consideran en la investigación..... | 10 |
| Estimación de las variables..... | 10 |
| Evaluación del tratamiento actual..... | 10 |
| Calidad de agua residual..... | 10 |
| Impacto de la descarga..... | 11 |
| Diseño de sistema de tratamiento..... | 11 |

| | |
|---|----|
| Parámetros de diseño..... | 11 |
| Determinación de la Población Actual y Futura. | 12 |
| Método Arrítmico o Lineal. | 12 |
| Método Geométrico..... | 13 |
| Método Exponencial. | 13 |
| Caudal Diseño para Aguas Residuales..... | 14 |
| Caudal Domestico. | 14 |
| Caudal Máximo Diario..... | 15 |
| Caudal Máximo Horario..... | 15 |
| Parámetros de diseño de pretratamiento y tratamiento primario. | 15 |
| Inclinación de las Barras. | 15 |
| Espaciamiento de Barras. | 16 |
| Dimensión de Barras. | 16 |
| Dimensionamiento de Canal de Rejas de Limpieza Manual..... | 17 |
| Área Transversal de Flujo del Canal. | 17 |
| Pendiente del Canal. | 19 |
| Longitud de las Barras..... | 20 |
| Cálculo de Número de Barras..... | 21 |
| Longitud del Depósito o Canal..... | 22 |
| Pérdida de Carga..... | 22 |

| | |
|---|----|
| Determinación de la Velocidad de Sedimentación..... | 23 |
| Desarenador by Lettinga. | 25 |
| Sistema de Lagunaje..... | 26 |
| Cálculo de Laguna Facultativa. | 26 |
| Cálculo de Laguna de Maduración..... | 28 |
| Tanque Imhoff..... | 29 |
| Cámara de Sedimentación | 29 |
| Cámara de digestión | 31 |
| Área de ventilación y cámara de natas | 33 |
| Sistema Orbital..... | 34 |
| RESULTADOS: | 35 |
| Diagnóstico de la Planta de Tratamiento..... | 35 |
| Afluente..... | 42 |
| Efluente | 43 |
| Propuestas del diseño de alternativas..... | 47 |
| Obtención de la población futura. | 47 |
| Obtención del caudal diseño para una población diseño de 25 años. | 49 |
| Canal de ingreso o canal de desbaste..... | 49 |
| Cálculo del desarenador..... | 50 |
| Cálculo del Sistema convencional sistema de lagunaje. Propuesta 1 | 52 |

| | |
|--|----|
| Laguna Facultativa. | 52 |
| Laguna de Maduración. | 53 |
| Calculo Sistema Imhoff. Propuesta 2..... | 53 |
| Laguna de Maduración..... | 55 |
| Sistema Orbital. Propuesta 3 | 55 |
| Floculador..... | 55 |
| FODA..... | 58 |
| Sistema sota..... | 58 |
| Sistema de lagunaje..... | 59 |
| Tanque Imhoff..... | 60 |
| Análisis. | 61 |
| Conclusiones..... | 62 |
| Bibliografía | 63 |
| Anexos | 66 |
| Anexo 1 | 66 |
| Anexo 2 | 67 |
| Anexo 3 | 68 |
| Anexo 4 | 70 |

Introducción

A inicios de la historia de la humanidad, el agua ha sido una fuente y necesidad básica para el hombre y su subsistencia, en consecuencia, el recurso hídrico se encuentra presente en la mayoría de actividades que hacen que un pueblo, País o Nación se desarrollen (Larios *et al*, 2015). Pero, muchos de los problemas ambientales actuales fueron causados por el abuso y contaminación; dando fruto a lo que hoy conocemos como aguas residuales. Ante esto es importante contribuir a subsanar la problemática, buscando métodos eficientes en el tratamiento de aguas residuales en nuestras poblaciones, especialmente en el área rural que tradicionalmente son las más olvidadas por el sistema de gobierno, que muchas veces ve el dinero sobre la salud y bienestar de sus ciudadanos (Rowan *et al*, 2018).

El crecimiento poblacional en las zonas urbanas en las ciudades del mundo ha hecho que aumente durante las últimas décadas la presión en los recursos, la vivienda y servicios básicos. Esto conlleva a un aumento significativo en los problemas ambientales, en especial del recurso agua (Velazco *et al*, 2019).

Las aguas residuales de origen urbano o doméstico son unas de las principales fuentes de contaminación de ríos o sistemas fluviales (Huang *et al.*, 2019). Las descargas de origen doméstico presentan una forma variada de contaminación, en la que se encuentra contenido químico, biológico, incluso patológico (Quiroz *et al.*, 2017). Por lo cual se tiene que considerar como una fuente seria de contaminación, en la que se puede encontrar problemas de salud pública (Gómez, Novelo y Astudillo 2017).

Sabiendo que en el Ecuador hay un importante déficit en los sistemas de saneamiento de aguas residuales, es común que este tipo de problema tenga un impacto importante en varias zonas urbanas del país (Herrera y Naranjo, 2019).

En la parte legal, la carta magna del Estado ecuatoriano señala que: el agua no sólo es un recurso sino un derecho fundamental, y un patrimonio para la patria. El art 14 señala que la población tiene derecho a vivir en un buen ambiente y con una ecología equilibrada que garantice la sustentabilidad y la buena vida de los ecuatorianos (Lloret, 2009).

El tratamiento de las aguas residuales es imprescindible para mitigar la contaminación del recurso hídrico (Vargas et al., 2020) Los tratamientos preliminares tienen como principal objetivo preparar las aguas y también proteger los sistemas posteriores del tratamiento, además de reducir las condiciones desfavorables desde el punto de vista estético de las plantas (Rojas, 2002).

El tanque Imhoff tiene una misión principal en el tratamiento de las aguas, que es remover los sólidos, esto a través de sus paredes de manera inclinada en la Cámara de sedimentación, y llevándolos a la parte de digestión por medio de sus ranuras (Muñoz y Aldas, 2017). Dichas ranuras cuentan con un traslape cuya vital función es impedir el libre paso de los gases y partículas, que se dan en el proceso de digestión, puesto que podrían interferir en la sedimentación. Siendo estos enviados directamente a la Cámara de lodos y al área de ventilación respectivamente (Fandiño, 2017). Es importante considerar que en el presente trabajo evaluaremos el estado y funcionamiento de una estructura de este tipo, por lo cual

El lagunaje es un proceso eficiente para sanear y reducir la contaminación de las aguas residuales facilitado por la radiación solar además de ser segura y menos costosa que las depuraciones tradicionales. Según (Ramos y Agustín, 2016) la eliminación de contaminantes se

lleva a cabo por medio de procesos físicos, químicos y biológicos, que se produce de forma natural en sistemas acuáticos.

La aireación es un proceso transcendental usado para el tratamiento de aguas residuales que se basa en la purificación, a través del contacto con el aire en el emisario que se quiere tratar. Según (Troconis, 2010) la aireación ingresa grandes cantidades de partículas de oxígeno a las aguas servidas, esto sirve para que las bacterias y otros organismos de compongan la materia orgánica presente.

La presente investigación tiene como finalidad de diseñar un sistema para la depuración de las aguas residuales generadas en la parroquia Canuto. Para lograr este objetivo general se necesitan ejecutar los siguientes objetivos específicos. Realizar un diagnóstico operativo en la actual planta de aguas residuales de Canuto; evaluar el impacto generado por las descargas de la planta de aguas residuales en el río Canuto; elaborar alternativas de propuestas para el tratamiento eficiente de las aguas residuales de la Parroquia Canuto.

Materiales y Métodos

Tipo de Investigación.

El presente trabajo investigativo es de tipo aplicada, en las que se revisaran las bases teóricas para verificar la realidad del sistema de estudio, además de in situ experimental, puesto que se analizaran de manera minuciosa la calidad de agua mediante pruebas de laboratorio. La población del estudio es de tipo finita, y se considerará el total de la población actual para ejecutar los cálculos de dimensionamiento del sistema según lo establecido por las normas de construcción del Ecuador.

Área de Estudio.

La presente investigación está localizada en el cantón Chone, situada en la parroquia Canuto, quien Se llevó a parroquia en el año 1862 un 13 de agosto y cuenta con una extensión de 22.016,22 Has. Canuto se encuentra en las coordenadas $0^{\circ}47'54,05''$ S $80^{\circ}07'39,06''$ O y se encuentra a una elevación de 26 m.s.n.m. Sus límites: son Norte: con la parroquia Chone del cantón Chone, Sur con el cantón Bolívar; Este: con las parroquias Membrillo y Pichincha y al Oeste: con la parroquia Bachillero y San Antonio. En verano la parroquia tiene un clima seco y en invierno presenta cálido y lluvioso debido a la acción del viento que en cierta forma modifica el clima y su temperatura en verano es entre 23 y 28°C, y en el invierno alcanza hasta 34°C. A continuación, se detallan las metodologías empleadas para el cumplimiento de los objetivos diseñados en el presente Trabajo de Titulación.



Imagen Satelital del Área de la EDAR Canuto.

Fuente: Google Earth 2021

Equipos y Materiales

- Para el trabajo de campo se utilizó:
- Cámara Fotográfica
- GPS
- Cinta de medir
- Libreta
- Envases estériles para muestras de agua
- Materiales de Oficina:
- Laptop
- Software Excel
- Impresora
- Software Google Earth

Métodos.

Variables que se consideran en la investigación

Tratamientos de aguas residuales.

Calidad de agua residual.

Impacto de la descarga.

Diseño de sistema de tratamiento.

Estimación de las variables

Evaluación del tratamiento actual

Para proceder con la evaluación del tratamiento actual que se les da a las aguas residuales de la cabecera parroquial Canuto, hay que considerar las estructuras con las que cuenta la planta de tratamiento de aguas residuales, así como también sus dimensiones, para posteriormente verificar que estas estén de acuerdo a lo establecido en los parámetros de diseño. Además de una revisión más minuciosa en los puntos que puedan presentar daños o fisuras de en consideración del terremoto que hubo en la zona en el año 2016 y que puede haber generado problemas.

Calidad de agua residual

Considerando no solo la estructura de la planta de tratamiento de aguas residuales, también es importante determinar su funcionamiento interno, es decir si las estructuras están cumpliendo sus propósitos, que es la depuración de aguas residuales que llegan, es por esto que se evaluó la calidad de agua de llegada y de salida, para determinar la diferencia y establecer los niveles de depuración obtenidos. Para esto se procedió a tomar muestras en el cárcamo de llegada, y en la estructura de descarga, se utilizaron envases totalmente herméticos y esterilizados, y luego se procede a llevar hasta la ciudad de Manta para su análisis de laboratorio, bajo parámetros de norma

establecidos en el TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente)

Impacto de la descarga

Al ser la disposición final de la planta de tratamiento de aguas residuales de la cabecera parroquial Canuto una descarga directa, se debe de considerar primero la calidad de las aguas descargadas, y segundo el posible impacto ambiental generado por dicha descarga. Para esto se realizó una matriz de Leopold que es el método por excelencia para este tipo de problemática, considerando también las leyes de descarga y calidad de agua del Ecuador establecidos en el anexo 1 del libro VI del TULSMA (texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente): norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua (Daghrir, Drogui y Tshibangu, 2014).

Diseño de sistema de tratamiento

Se deben de plantear alternativas de diseño para una nueva planta de tratamiento de aguas residuales si es necesario, para esto se consideraron tres alternativas, entre las que están la reingeniería del sistema, es decir un nuevo tanque Imhoff, un sistema tradicional con lagunaje, y un sistema de última generación. Para el análisis de los componentes se realizó un análisis FODA de cada uno de los sistemas, así como también un análisis de métodos por la escala de Liker.

Parámetros de diseño

Para poder realizar diseños hidráulicos es necesario empezar con diseño de población futura, la misma que está en función de los años de servicio y el crecimiento poblacional de la zona, con esto luego se procede a calcular los caudales que se generara por dicha población, y con esto se determinan las dimensiones y demás parámetros de cualquier método de sistema de alcantarillado o de tratamiento de aguas residuales.

Determinación de la Población Actual y Futura.

Un parámetro de gran relevancia para cualquier tipo de cálculo hidráulico es la de la población, para el presente estudio se tomó información del Instituto Nacional de Estadística y Censo donde según el GAD CHONE, menciona Canuto es la parroquia con más habitantes del cantón Chone, pasando de 9806 habitantes a 10355 entre en el 2001 y 2010, lo que se traduce en un crecimiento de 5.59%.

Considerando que la población es un factor importante para las estimaciones del uso del agua, es necesario saber cuál es la población futura a servir. Para esto se utilizan métodos conocidos para establecerlos y también ajustarlos a las condiciones del área de estudio. Para desarrollar el cálculo de la población futura se han hecho las proyecciones de la tasa de crecimiento y manejando los procesos destacados que admitan establecer balances, además que alineen el juicio para seleccionar la mejor de ellas que ajuste a las situaciones de la fracción en estudio.

Método Arrítmico o Lineal.

Las tasas de incremento de población son constantes e independiente de que tan prolongado sea. Este método es uno de los más sencillos en lo que concierne a la regularidad de crecimiento, debido a que considera un absoluto crecimiento de modo constante en función al número de personas en una población periodo tras periodo. La ecuación que se utiliza para esta metodología es la siguiente:

$$Pf = Pa(1 + (r * n))$$

Donde:

Pf = Población futura (hab).

Pa = Población actual (hab)

r = Tasa de crecimiento poblacional (%)

n = Periodo diseño (años)

Método Geométrico.

Esta metodología de proyección es una que progresa rápidamente que la metodología aritmética o lineal, ya que en caso se podría decir que la población actual se estará reinvertiendo cada intervalo de tiempo. La utilización de este término lleva a veces a resultados poco exagerados, en poblaciones comenzando a desarrollarse. Sin embargo, es la metodología que la Secretaria Nacional del Agua propone para el cálculo futuro de la población, según SENAGUA se calcula con esta metodología debido a que va en base a la población existente determinada mediante un recuento poblacional.

$$Pf = Pa(1 + r)^n$$

Donde:

Pf = Población futura (hab).

Pa = Población actual (hab)

r = Tasa de crecimiento poblacional (%)

n = Periodo diseño (años)

Método Exponencial.

Este método es una guía de crecimiento exponencial y modelizado del crecimiento de la población. A diferencia del modelo geométrico este modelo supone que el crecimiento de una población es continuo mas no por cada unidad de tiempo. Este modelo de crecimiento es más moderado que los anteriores, aunque posee desventajas, por lo que se requiere obtener cuidado al

realizar su aplicación a corto plazo, pues existe el riesgo de que en un futuro la población aumente de manera excesiva, lo que podría presentar resultados poco sensatos y no tan viables. En asuntos así y de modo muy similar a los aparentes aumentos anteriores, por lo que la ecuación se presenta posteriormente:

$$Pf = Pa * e^{(r*n)}$$

Donde:

Pf = Población futura (hab).

Pa = Población actual (hab)

r = Tasa de crecimiento poblacional (%)

n = Periodo diseño (años)

Caudal Diseño para Aguas Residuales.

Para el diseño de cualquier sistema sanitario o de tratamiento de aguas se debe estimar la cantidad que generará dicha población, lo que se denomina en ingeniería como caudal de diseño QD, que lo compone un porcentaje del consumo de agua regular del sistema de agua potable, la infiltración de aguas al alcantarillado y un margen de conexiones erradas o ilícitas.

Caudal Domestico.

Es el caudal proveniente del regreso del agua consumida en zonas residenciales, comerciales, públicas entre otros, la cual se desecha luego de su uso. El agua de uso doméstico comprende actividades de: limpieza, higiene, consumo humano, culinarias, evacuación de residuos y riego de

jardines; dentro de las aguas residuales domésticas se consideran a los comercios, en los cuales el agua residual producida depende de la actividad que se realice (Metcalf y Eddy, 2003).

Caudal Máximo Diario.

El caudal máximo diario es el caudal registrado en el día de máximo consumo durante un año, en ausencia de información para la obtención de este valor, su determinación se realiza mediante la siguiente expresión.

$$Q_{md} = Q_p \times k_1$$

Caudal Máximo Horario.

Se considera el caudal máximo horario como un parámetro base para el caudal de diseño de un sistema, este se obtiene a partir del caudal medio aplicándole un factor de mayoración F.

$$Q_{MH} = F \times Q_{MD}$$

El caudal máximo horario es utilizado en diseños de instalación y línea de conducción de agua residual y también ayuda a la mejora de tratamiento.

Parámetros de diseño de pretratamiento y tratamiento primario.

Inclinación de las Barras.

Las rejas son una serie de barrotes o barras de manera recta soldadas a otra puesta en la parte posterior, su longitud no debe de ser mayor a la que permita ser rastrillada con la mano. Para las instalaciones de las barras metálicas en las cribas de limpieza manual deben ser ubicadas a un ángulo de 30° a 60° en función a la horizontal. Mientras que en las cribas de limpieza mecánica

este ángulo viene dado por los fabricantes de este equipo, generalmente las cribas mecanizadas forman ángulos de 60° y 90° en función a la horizontal.

Espaciamiento de Barras.

Las barras que condesciende la criba tienen un espaciamiento y este espacio entre barras debe evitar obstrucciones, este valor se da en función de lo que se proyecte lograr. Las barras de mayor son puestas arriba del afluente donde hay bombas de relativa mayor capacidad, mientras las rejas de menor calibre o más finas tienden a presentar problemas en su operación y mantenimiento:

Tabla 1. Dimensiones de separación entre barras

| TIPO DE REJILLAS | BARRAS | |
|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | ESPESOR (plgs) | ESPACIAMIENTO (cm) |
| Rejas Gruesas | 1/2 a 3/8 | 4 - 10 |
| Rejas Medias | 5/16 a 3/8 | 2 – 4 |
| Rejas Finas | 1/4 a 5/16 | 1 - 2 |

Fuente: Ministerio de Desarrollo Humano, Reglamento Técnico de Diseño de Unidades de Tratamiento No Mecanizadas para Aguas Residuales, Norma Boliviana DINASBA, 1996.

Dimensión de Barras.

Para poder dimensionar las rejas se necesita conocer las dimensiones del canal donde las aguas serán conducidas al siguiente proceso, y luego comparar varios de sus parámetros como la velocidad y también sus barras. De forma extendida las barras que se efectúan para la criba metálica son de sección rectangular, con un espesor que va de los 5mm hasta 15mm x 30 mm, a 75mm de profundidad. Por otra parte, las rejas que poseen un mayor grosor oscilan hasta los 15 mm por 75mm, las que son de mayor tamaño, las infraestructuras que tienen menor tamaño tienen barras de 5mm por 40 mm:

Tabla 2. Clasificación y tamaño de barras

| TIPO | ANCHO POR PROFUNDIDAD mm x mm |
|----------------|---------------------------------------|
| Rejas Gruesas | 10 x 50 – 10 x 60 – 13 x 40 - 13 x 50 |
| Rejas Comunes | 8 x 50 – 10 x 40 – 10 x 50 |
| Rejas Pequeñas | 6 x 40 – 8 x 40 – 10 x 40 |

Fuente: Ministerio de Desarrollo Humano, Reglamento Técnico de Diseño de Unidades de Tratamiento No Mecanizadas para Aguas Residuales, Norma Boliviana DINASBA, 1996

Dimensionamiento de Canal de Rejas de Limpieza Manual.

Para determinar el área de dimensionamiento del canal se deberá sacar los siguientes parámetros que se describe a continuación:

Área Transversal de Flujo del Canal.

Para calcular el área transversal total (A_t) donde está ubicado el proceso de criba, se determina tomando una velocidad asumida del flujo para el canal de transporte de las aguas que utiliza las velocidades según los criterios del cuadro de la tabla 2. Posteriormente se debe aplicar la fórmula para determinar el área total del canal, misma que se detalla a continuación:

$$A_t = \frac{Q \max}{v}$$

Donde:

A_t = Área total (m^2)

$Q \max$ = Caudal máximo horario (L/s)

v = Velocidad de flujo (m/s)

Para determinar el caudal máximo horario se utilizó la fórmula propuesta por SENAGUA, misma que se muestra a continuación:

$$max = KMH \times Q \text{ diseño}$$

Donde:

Q max = Caudal máximo horario (L/s)

Q diseño = Caudal diseño (L/s)

KMH = Factor de mayorización máximo horario 2 (adimensional)

La SENAGUA propone que el factor de mayorización máximo horario (KMH) tiene un valor de 2 para todos los niveles de servicio. Con el valor obtenido del área del canal resulta ser más grande que el diámetro de tubería de llegada y debe ser más ancho que las propias cribas evitando tener espacios muertos. Por lo tanto, el tirante o altura del agua dentro del canal de desbaste será calculado con la siguiente formula:

$$h_a = \frac{At}{b}$$

Donde:

h_a = Altura del agua (m)

b = Base del canal (m)

At = Area total del canal (m²)

Por lo tanto, para la obtención de la altura total del canal de llegada, se obtiene a partir de la ecuación:

$$h = h_a + h_o$$

Donde:

h_a = Altura de agua (m)

h_o = Borde libre (m)

En función al reglamento técnico de diseño para unidades de tratamiento no mecanizados para sistemas de Agua Potable y Aguas Residuales es recomendable tener un borde libre que varíe entre los 0.20 m a 0.25 m

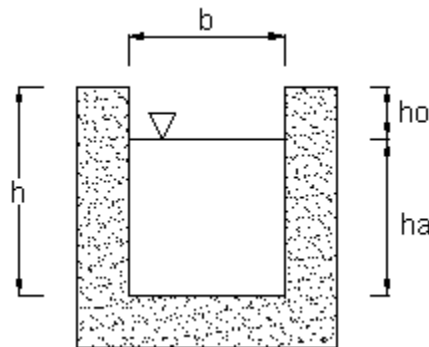


Imagen 1. Sección Transversal del canal de rejillas.

Pendiente del Canal.

Las pendientes de canales se diseñan de manera descendente con trayecto de circulación a través de las rejillas, evitando tener desperfectos, donde se puede quedar retenidos sólidos. Además de que tenga la capacidad necesaria de conducción de agua. Para determinar la pendiente del canal se dará a partir de la ecuación propuesta por Manning:

$$s = \left(\frac{v \times n}{Rh^{2/3}} \right)^2$$

Donde:

s = Pendiente (m/m)

v = Velocidad del flujo (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (0.013 para revestimiento de hormigón)

Rh = Radio Hidráulico (m)

El radio hidráulico se encuentra dado por la fórmula:

$$Rh = \frac{At}{P}$$

Donde:

Rh = Radio Hidráulico (m)

At = Área total de la sección transversal del canal (m²)

P = Perímetro mojado (m)

Longitud de las Barras.

Para establecer la longitud de las barras de la criba manual esta dependiente del grado de inclinación que se les dé en función a la horizontal y en función a la altura del canal. Para el cálculo de este parámetro viene expresado por la siguiente ecuación:

$$L_b = \frac{h}{\text{sen}(\alpha)}$$

Donde:

L_b = Longitud de las barras (m.)

h = Tirante de agua máximo del canal (m)

α = Grado de inclinación de las barras con la horizontal (Grados)

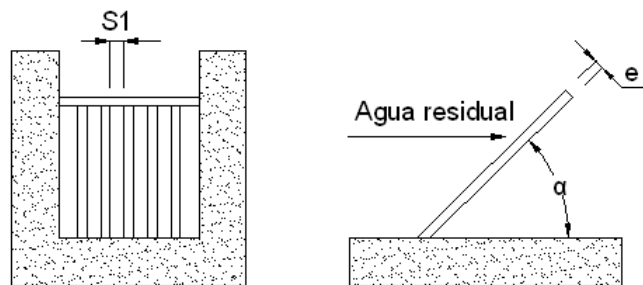


Imagen 2. Detalle de Inclinación de rejas.

Cálculo de Número de Barras.

Para determinar el número de barras siendo N_b y el número de espacios ($N_b - 1$), se puede realizar el cálculo a partir de la ecuación que se presenta a continuación:

$$N_b = \frac{b - S_1}{e + S_1}$$

Donde:

b = Ancho del canal (cm.)

e = Espesor de barras (cm.)

S_1 = Separación entre barras (cm.)

Longitud del Depósito o Canal.

El canal de desbaste debe ser lo justamente dimensionado, eliminando componentes de solidos del agua por medio de rejas que están hechas de barrotes paralelos., por lo tanto, es recomendable utilizar la siguiente expresión:

$$L = 3.50 \times b$$

Donde:

L = Longitud de depósito o canal (m)

b = Ancho útil del canal (m)

Pérdida de Carga.

La pérdida de carga en una tubería o canalización es el desgaste de presión que se origina en un fluido debido al frote de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la instalación que las conduce. la perdida de carga se calculó empleando la expresión que se muestra a continuación:

$$h_f = \frac{1}{0.7} \times \left(\frac{v_c^2 - v^2}{2 \times g} \right)$$

Donde:

h_f = Perdida de carga (m)

v = Velocidad de aproximación a la reja (m/s)

v_c = Velocidad de circulación entre las barras de la reja (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Para calcular el parámetro de velocidad de circulación que tiene el flujo en las rejillas, se empleó la siguiente ecuación:

$$v_c = \frac{Q_{max}}{A_1}$$

Para calcular A_1 se empleó la siguiente ecuación:

$$A_1 = h_a \times [b - (N_b \times e)]$$

Donde:

Q max = Caudal máximo horario de diseño (m³/s)

A₁ = Área transversal de flujo de la reja de barras (m²)

v_c = Velocidad de circulación a través de la reja (m/s)

e = Espesor de barras (transversal al caudal que fluye) (m)

Determinación de la Velocidad de Sedimentación.

La velocidad de sedimentación se refiere a la velocidad de descenso a la que una partícula se deposita en el agua dependiendo del diámetro y densidad de las partículas, Para comprobar la velocidad que una partícula suspendida decanta de acuerdo a razonamientos tiene relación de los diámetros que está vigente. La velocidad de sedimentación puede determinarse con ayuda de la ley de Stokes, que presenta algunas características que esta debe presentar, entre ellas el régimen debe ser laminar ($Re < 1$) reemplazado en Cd. La ecuación general se presenta a continuación:

$$v_s = \frac{(s - 1) \times g \times d^2}{18 \times \nu}$$

Se comprueba el número de Reynolds:

$$Re = \frac{v_s \times d}{\nu}$$

Si el número de Reynolds no cumple con la aplicación de la ley de Stokes ($Re < 1$), se debe realizar un reajuste al valor de la velocidad de sedimentación (v_s) considerando la sedimentación como régimen turbulento ($Re > 2000$) la cual es denominada como ley de Newton. La ecuación general de la sedimentación para esta ley es la siguiente:

$$v_s = \sqrt{2.66 \times g \times d (s - 1)}$$

Si Reynolds en la comprobación no cumple para la aplicación de la ley de Newton ($Re > 2000$), se debe realizar un ajusta al valor v_s considerando que la sedimentación del material particulado como régimen en transición mediante ley de Allen, la sedimentación para régimen de flujo en transición ($1 < Re < 2000$)

$$C_d = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$$

La velocidad horizontal crítica de arrastre en el según (Camp) es

$$v_d = a \times \sqrt{d}$$

Donde:

V_d = Velocidad critica (cm/s.)

a = Constante en función del diámetro

d = Diámetro de la partícula (mm)

Por lo tanto, la velocidad en horizontal a de arrastre viene expresada por la siguiente ecuación:

$$v_h = v_d = \frac{Q_{maxh}}{A}$$

Donde:

Q_{maxh} = Caudal máximo horario (m^3/s)

A = Área transversal de flujo del desarenador (m^2)

Tabla 3. Valores del coeficiente "a".

| a | DIÁMETRO |
|----------|-------------------------------------|
| 36 | $d > 1 \text{ mm}$ |
| 44 | $1 \text{ mm} > d > 0.1 \text{ mm}$ |
| 51 | $d > 0.1 \text{ mm}$ |

Fuente: Texto guía de Obras Hidráulicas

Desarenador by Lettinga.

Para la investigación se seleccionó el sedimentador establecido por las indagaciones de la autoría Lettinga, para la cual determina una longitud teórica del canal desarenador (L), la cual está dada por la altura que requiere la velocidad de sedimentación y el mecanismo de control. El reglamento técnico de diseño para los equipos de tratamiento no mecanizadas de Agua Potable y Aguas Residuales nos recomienda que la longitud oscile entre las 15 h a 25 h. Pero para determinar el largo es necesario generar un cálculo más exacto para los canales que necesitan retener arena se emplea la siguiente ecuación:

$$L = \frac{v_d \times h}{v_s - 0.04 \times v_d}$$

Donde:

L = Longitud teórica (m)

h = Altura de agua (m)

v_s = Velocidad de sedimentación (m/s)

v_d = Velocidad de desplazamiento de flujo (m/s)

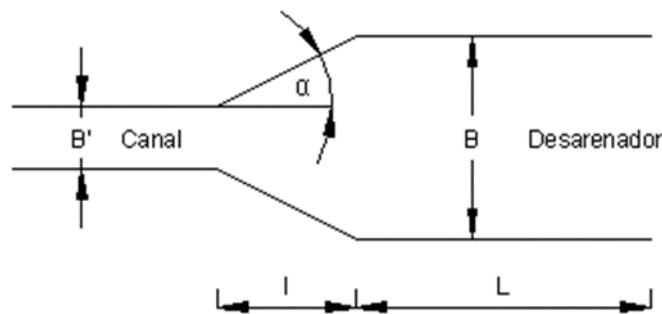


Imagen 2. Esquema de desarenador.

Para la obtención de l, se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$l = \frac{B - B'}{2 \tan \alpha} < \frac{L}{3}$$

Para el diseño de desarenadores de flujo horizontal debe crear una verificación bajo condiciones adversas, por lo que deberá cumplir la siguiente condición

$$T_d > T_s$$

El tiempo de sedimentación (T_s), es el tiempo en que una particular de arena en particular se deposite en el fondo del canal o se decante y viene expresado por la siguiente formula.

$$T_s = \frac{h}{V_s}$$

Mientras que el tiempo de deslizamiento, es el periodo que utiliza un volumen de flujo en alcanzar la salida del canal del desarenador desde el ingreso y viene expresado de la siguiente ecuación.

$$T_d = \frac{L}{v_d}$$

Sistema de Lagunaje.

Cálculo de Laguna Facultativa.

Por otra parte, para la realización del cálculo del diseño de la laguna facultativa, se implementó el método de Yáñez, las ecuaciones son las siguientes:

- Carga Orgánica.

$$C.O = \frac{Q_i * DBO_5}{100}$$

- Carga superficial de diseño

$$\lambda_s = 250(1.085)^{T-20}$$

- Área de la laguna facultativa

$$A_f = \frac{10 * L_i * Q_{med}}{\lambda_s}$$

- Volumen de la laguna

$$V = A_f * z$$

- Tiempo medio de retención hidráulica

$$O_F = \frac{V}{Q_i}$$

- Dimensionamiento

Para este parámetro la relación largo ancho será $X = 3$.

$$B_{Prom} = \sqrt{\frac{Af}{X}}$$

$$L_{Prom} = \frac{Af}{B_{Prom}}$$

- Ancho y largo

$$B_{Sup} = B_{Prom} + (z * talud)$$

$$L_{Sup} = L_{Prom} + (z * talud)$$

- Área superficial

$$A_{Sup} = B_{Sup} * L_{Sup}$$

- Gasto en el efluente

$$Q_e = Q_i - (0.001 * A_{Sup} e)$$

- Remoción de coliformes fecales

$$d = \frac{X}{-0.26118 + 0.25392(X) + 1.0136(X)^2}$$

- Coeficiente de reducción bacteriana

$$K_b = 0.841(1.075)^{T-20}$$

- Constante a

$$a = \sqrt{1 + (4 * K_b * O_F * d)}$$

- Coliformes fecales en el efluente de la laguna facultativa

$$\frac{Nf}{No} = \frac{4ae^{1-a/2d}}{(1+a)^2} Ni$$

- Coliformes fecales corregidos por evaporación

$$Ne = \frac{\left(\frac{Nf}{No}\right) Qi}{Qo}$$

- Constante de decaimiento a temperatura en cualquier día

$$Kf = \frac{Kf_{35}}{(1.085)^{35-T}}$$

- Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno en el efluente de la laguna.

$$DBO_{ef} = \frac{DBO_i}{(Kf * O_F) + 1}$$

- Eficiencia de remoción de la DBO

$$\% = \frac{DBO_i - DBO_e}{DBO_i} * 100$$

- DBO corregido por evaporación

$$DBO_e = \frac{DBO_i * Q_i}{Q_e}$$

Cálculo de Laguna de Maduración.

Para calcular el diseño de la laguna de maduración, se utilizó el método denominado flujo disperso, las ecuaciones son las siguientes.

- Tiempo de retención

Para el tiempo de retención hidráulica, será basado en función al diseñador que por lo general varía entre 7 a 10 días, y viene representado con la letra O.

- Volumen de la laguna

$$V = Q_i * O$$

- Área de la laguna

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

- Dimensionamiento

Para este parámetro la relación largo ancho será $X = 3$.

$$B_{Prom} = \sqrt{\frac{Af}{X}}$$

$$L_{Prom} = \frac{Af}{B_{Prom}}$$

- Ancho y largo

$$B_{Sup} = B_{Prom} + (z * talud)$$

$$L_{Sup} = L_{Prom} + (z * talud)$$

- Área superficial

$$A_{Sup} = B_{Sup} * L_{Sup}$$

- Gasto en el efluente

$$Q_e = Q_i - (0.001 * A_{Sup}e)$$

- Remoción de coliformes fecales

$$d = \frac{X}{-0.26118 + 0.25392(X) + 1.0136(X)^2}$$

- Coeficiente de reducción bacteriana

$$K_b = 0.841(1.075)^{T-20}$$

- Constante a

$$a = \sqrt{1 + (4 * K_b * O_F * d)}$$

- Coliformes fecales en el efluente de la laguna facultativa

$$\frac{Nf}{No} = \frac{4ae^{1-a/2d}}{(1+a)^2} Ni$$

- Coliformes fecales corregidos por evaporación

$$Ne = \frac{\left(\frac{Nf}{No}\right) Qi}{Qo}$$

- Constante de decaimiento a temperatura en cualquier día

$$Kf = \frac{Kf_{35}}{(1.085)^{35-T}}$$

- Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno en el efluente de la laguna.

$$DBO_{ef} = \frac{DBO_i}{(Kf * O_F) + 1}$$

Tanque Imhoff

Para el dimensionamiento de la propuesta de un Tanque Imhoff, se tomó en consideración los criterios de la Norma Boliviana (DINASBA) para el Diseño de Unidades de Tratamiento No Mecanizadas para Aguas Residuales. A continuación, se detallan las fórmulas utilizadas:

Cámara de Sedimentación

Para el cálculo del área de la cámara de sedimentación se utiliza una carga superficial $C_s \leq$ a $25 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{dia})$, generalmente se utiliza un valor de C_s igual a $24 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{dia})$ calculado respecto al caudal diseño:

$$A_s = \frac{Q_{\text{diseño}}}{C_s}$$

Donde,

A_s = Área de la cámara de sedimentación (m^2)

$Q_{\text{diseño}}$ = Caudal de diseño (m^3/hora)

C_s = Carga superficial [$\text{m}^3/(\text{m}^2.\text{hora})$]

El periodo de retención hidráulica TRH de los tanques de sedimentación primaria se proyectan para 1 o 2 horas, recomendado 2 horas. Por lo tanto, la expresión para determinar el volumen de la cámara de sedimentación V_s se calcula a partir la siguiente ecuación:

$$V_s = Q_{\text{med}} \times \text{TRH}$$

- El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados respecto a la horizontal tendrá de 50° a 60° .
- En la arista central se debe dejar una abertura para el paso de los sólidos removidos hacia el digester, esta abertura será de 0,15 a 0,20 m.
- Uno de los lados deberá prolongarse, de 0.15 0.20 m. de modo que impida el paso de gases y sólidos desprendidos del digester hacia el sedimentador, situación que reduciría la capacidad de remoción de sólidos en suspensión de esta unidad de tratamiento.

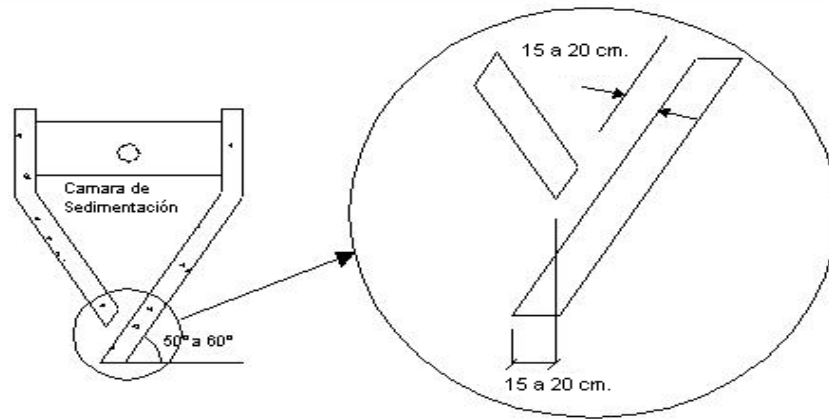


Figura 4. Esquema grafico de la cámara de sedimentación

Cámara de digestión

Para poder dimensionar el volumen de la cámara de digestión y de donde se almacenan los lodos se tendrá un valor fijo de 70 litros por persona, esto si la temperatura del mes más frío es de 15°C. De no ser así se debe de hacer una multiplicación del volumen por la capacidad relativa, con los valores indicados en el cuadro. Por tanto, el volumen requerido para la digestión de lodos (V_d en m^3) estará dado por:

$$V_d = \frac{70 \times P \times f_{CR}}{1000}$$

Donde:

f_{CR} = Factor de capacidad relativa.

P= Población (hab.)

Tabla 4.
Factor de capacidad relativa según la temperatura

| Temperatura °C | Factor de Capacidad Relativa |
|-------------------|------------------------------------|
| 5 | 2 |
| 10 | 1,4 |
| 15 | 1,0 |
| 20 | 0,7 |
| ≥25 | 0,5 |

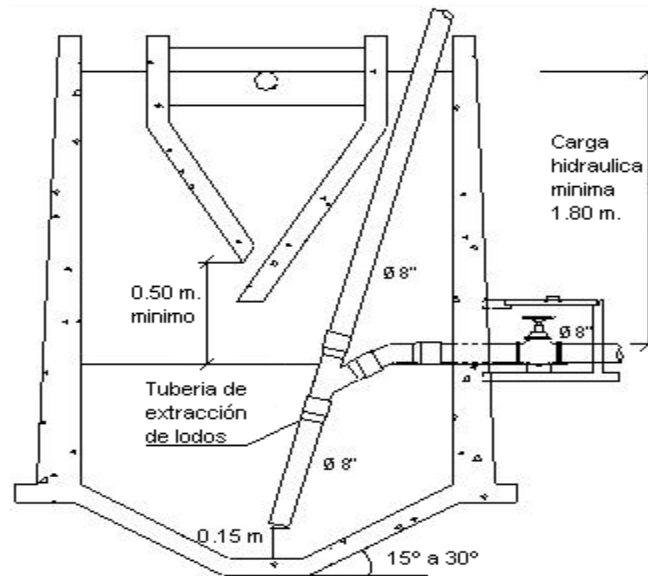


Figura 5. Esquema grafico de la cámara de digestión y la tubería de extracción de lodos

- La altura máxima de lodos deberá estar 0,50 m por debajo del fondo del sedimentador; a esta distancia se le denomina profundidad libre.
- El fondo de la cámara de digestión tendrá la forma de un tronco de pirámide invertida (tolva de lodos), para facilitar el retiro de los lodos digeridos. Las paredes laterales de esta tolva tendrán una inclinación de 15° a 30° con respecto a la horizontal.

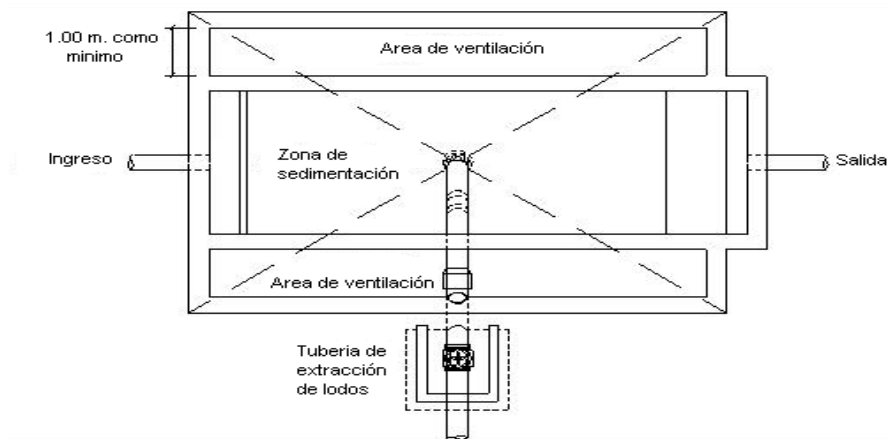
- La tubería de remoción de lodos deberá estar 15 cm. Por encima del fondo del tanque
- El tubo de extracción de lodos no deberá tener menos de 200 mm. de diámetro de hierro fundido a menos que el lodo se vaya a extraer por bombeo, en ese caso puede ser de 150 mm.
- Para la remoción hidráulica del lodo se requiere por lo menos una carga hidráulica de 1.80 m., sobre la tubería de extracción de lodos.

Área de ventilación y cámara de natas

Para poder diseñar la superficie de la zona de natas se deben de seguir los criterios:

- Espacio libre debe de ser como mínimo de 1m (desde la parte exterior de la cámara de sedimentación hasta la parte interior de la cámara de digestión).
- Al menos el 30% de la superficie del tanque corresponde a la superficie libre.
- Deberá tener un borde libre, el mismo que tendrá como mínimo 0.3m.

Figura 6. Vista en planta de un tanque Imhoff



Sistema Orbital.

Luego de pasar el afluente por el pretratamiento, se introduce en los dos reactores orbitales primario, donde se produce la parte más importante del tratamiento. Aquí se va a producir la aireación y mezclado que consigue la reducción de la materia orgánica.

Para el diseño de este sistema se han aplicado los criterios comúnmente utilizados en este tipo de plantas, es decir de 8 a 36 horas de período de retención, simplificándose el tratamiento en la medida en que se puede incrementar este criterio.

$$AOR = \frac{Q \cdot DBO \cdot 1.43 \text{KgO}_2 / \text{KgDBO} \cdot 2.2 \text{lb} / \text{Kg}}{1000 \text{mg} / \text{g}}$$

El reactor se construye en una relación 1/1 y deberá estar cubierto de una geo membrana (preferiblemente de polietileno) que lo haga impermeable y también estará dotado de una pared central que permita direccionar los flujos de la manera deseada sin acumulación de lodos en el centro ni creación de turbulencias ni remolinos que desfavorezcan el tratamiento.

Nota El sistema de aireación estará compuesto por ocho aireadores superficiales AireO2 Tritón de 50HP cada uno.

$$\mathbf{SOR} = \frac{(AOR)(C_{s20})}{\alpha(\beta C_w - C_L)(1.024^{t-20})}$$

Calculo de valores

$$C_w = DO_{sat} \left(1 - \frac{MSNM^*, m}{9450m} \right) \text{ Metros sobre el nivel del mar}$$

Donde:

$$DO_{sat} = 14,652 - 0,410222T + 0,0079910T^2 - 0,000077774T^3$$

DO_{sat} = Concentración de la saturación de oxígeno disuelto, mg/l

T = Temperatura, 20°C

RESULTADOS:

Diagnóstico de la Planta de Tratamiento.

La planta de tratamiento de aguas residuales de la cabecera parroquial Canuto, se encuentra ubicada en la vía a Calceta, en las coordenadas UTM N 9910885, E596745, Z 36 msnm y posterior a proceder a su exhaustiva inspección, y para un mejor diagnóstico, se dividió en partes para luego evaluar de forma individual cada uno de los componentes que la forman, luego se procedió a la revisión de literatura, guías de diseño y calculo, en el cual se observó los componentes de una planta de tratamiento de este tipo, así como también el cálculo considerando los parámetros de diseño que se presentan en este trabajo y que son los mismos que se utilizan en cualquier calculo normal de este tipo de obra (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Pre Tratamiento

La planta de tratamiento no cuenta con un sistema de pretratamiento en sí, la tubería de llegada desemboca en lo que sería una especie de estructura tipo “cárcamo de llegada” es decir una estructura de concreto cubica, en la que las aguas llegan y son conducidas por un canal. Las

medidas de esta estructura son las siguientes: 4 m de largo, 1.5 m de ancho, y una profundidad de 1 m. dicha estructura no cuenta con ninguno de los parámetros requeridos en este tipo de sistema, es decir no cuenta con un sistema de barras o mallas que se encarguen de separar los materiales sólidos más gruesos.



Foto 1. Estructura de llegada tipo cárcamo

Tratamiento Primario

En este caso el tratamiento primario igual que el pretratamiento es inexistente, en la salida del cárcamo el agua es conducida hasta un canal pequeño, que conduce las aguas residuales hasta la estructura principal del tanque Imhoff. Considerando que no hubo separación de sólidos previos, la regla de una estructura de separación de sólidos en suspensión y demás materia orgánica se

omite. El canal que es de concreto tiene las siguientes medidas: 4 m de largo, 1 m de ancho, y 0.5 m de profundidad.

Casi al final de la estructura hay una especie de bloque que hace las veces de separador de flujo, presumiblemente con el objetivo de distribuir de manera más uniforme el agua para la siguiente estructura. Sin embargo, no se cumple de ninguna manera con las condiciones requeridas por una estructura de desarenador, ni en funciones de su medida, ni con los demás componentes, por lo cual no cumple ninguna función de depuración, solo conducción. Además, que actualmente la estructura presenta ciertas fisuras, por donde sale agua, y también esta azolvada casi en su totalidad, con una importante cantidad de materia orgánica retenida.



Imagen 2. Estructura de llegada, tipo “canal desarenador”

Tratamiento Principal

El tratamiento principal que se da en este sistema es de tipo anaerobio mediante un tanque Imhoff. Esta construido de concreto y las medidas son: 14 m de ancho, 10 m de largo, y una profundidad aparente de 4 metros.

La estructura muestra señales claras de no haber recibido mantenimiento, además de ciertas fisuras presumiblemente ocasionadas por el terremoto del 16 de abril. Además, que está dividida en 6 módulos, en los que el agua residual se distribuye de manera uniforme.

Sin embargo, el agua residual rebosa en ciertas partes del sistema, y permanece al aire libre, por lo que no se cumple de manera adecuada la digestión anaerobia que es el objetivo de la estructura, muy presumiblemente este colapsada o saturada en su interior. Al final de la estructura

hay una especie de canal de salida, que aparentemente llevaría hasta el lecho de secado, pero actualmente desemboca en una tubería que está enterrada.



Foto 3. Estructura del tanque Imhoff

Post tratamiento.

Al final del sistema, se encuentra lo que aparentemente es un lecho de secado de lodos, luego del tanque hay un canal de conducción, mas este canal no está en funcionamiento. Además, el lecho de secados no muestra signos de haber estado en función nunca.

La estructura está parcialmente erosionada y con vegetación, además de daños y fisuras en algunos sectores, por lo que lógicamente no cumple de ninguna manera sus funciones, además adjunto hay un campo aparentemente de infiltración, los mismos que actualmente no son recomendados por las normas constructivas, además que la estructura tampoco cumple con las recomendaciones de diseño en cuanto a las dimensiones, y relaciones largo ancho. Cabe recalcar

que este tampoco muestra señales de haber estado en funcionamiento alguna vez. Por último, es importante señalar que este es todo el tratamiento que el agua recibe, y posteriormente es descargada al cuerpo receptor.



Foto 4. Lecho de secados y posible campo de infiltración

Calidad del agua de tratamiento.

Una vez realizada la evaluación de la estructura y cada uno de sus componentes, se procedió a tomar muestras, de tal forma que se pueda evaluar la capacidad de la estructura para depurar sus aguas residuales. Para esto se tomó una muestra en la llegada, es decir en el cárcamo,

y otra en la salida del tanque Imhoff, antes de su conducción al cuerpo receptor. Con esto podemos evaluar de una manera muy precisa los niveles de depuración que se tienen, considerando además los niveles permitidos de descargas en tratamiento de aguas residuales.

Los parámetros que analizaremos, aparte de conductividad hidráulica y pH, serán los que nos ayuden a intuir materia orgánica, nutrientes como el fósforo y nitrógeno, sólidos en suspensión y diluidos, otros que nos correlacionen microorganismos y la toxicidad presente, además los más puntuales y que se relacionan con actividades más o menos comunes (cianuros, metales pesados, etc.). A continuación, se detallan:

| PARÁMETROS | UNIDAD |
|-------------------------------|---------------|
| pH | |
| Conductividad | mg/l |
| Sólidos en suspensión totales | mg/l |
| Sólidos sedimentados | mg/l |
| DQO ₅ | mg/l |
| DBO | mg/l |
| Nitrógeno Total | mg/l |
| Nitratos | mg/l |
| Oxígeno Disuelto | mg/l |
| Nitrato de Amoniac | mg/l |
| Fósforo | mg/l |
| Aceites y grasas | mg/l |
| Hidrocarburo | mg/l |
| Mercurio | mg/l |
| Plomo | mg/l |
| Cromo | mg/l |
| Cobre | mg/l |
| Cadmio | mg/l |
| Bario | mg/l |
| Coliformes Fecales | NMP/100ml |

Tabla 5. Parámetros de análisis

Afluyente.

La toma de muestras se realizó en horas pico es decir con mayor caudal (12H00 a 13H00), se utilizó un recipiente en la llegada del cárcamo y se recolecto un volumen líquido de 4 litros, para luego ser embazado, transportado y analizados en el laboratorio, se utilizaron embaces esterilizados. Procesadas las muestras se obtuvieron los siguientes resultados:

| MUESTRA TOMADA EN EL AFLUENTE | | |
|--|---------------|----------------------|
| PARÁMETROS | UNIDAD | RESULTADOS |
| pH | -- | 7,8 |
| Conductividad eléctrica | μS/cm | 2420 |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/l | 1426 |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/l | 227 |
| Sólidos Sedimentables | mg/l | 16 |
| Fosfatos | mg/l | 2,9 |
| Nitratos | mg/l | 22,9 |
| Nitritos | mg/l | 0,020 |
| N Amoniacal | mg/l | 8,3 |
| Nitrógenos totales | mg/l | 41,2 |
| Cobre | mg/l | 0,0012 |
| Cromo | mg/l | 0,149 |
| Mercurio | mg/l | 0,002 |
| Plomo | mg/l | 0,0002 |
| Oxígeno disuelto | mg/l | 0,50 |
| DBO₅ | mg/l | 324 |
| DQO | mg/l | 285 |
| Hidrocarburos totales de petróleo | mg/l | -- |
| Coliformes fecales | NMP | 72,4X10 ³ |
| Salinidad | % | 1,3 |

Tabla 6. Análisis del Afluyente

Los resultados fueron comparados con los parámetros establecidos en el TULSMA, en la tabla 8, ANEXO 1 del libro VI (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017). Refiere a las descargas al sistema de alcantarillado y sus límites permisibles; con esto podemos decir que las

aguas residuales de la cabecera parroquial Canuto tienen una composición típica en la clasificación de agua residual domestica con valores de concentración en el intervalo entre medio y bajo (**ver ANEXO 1**).

Efluente

De igual manera se procedió con las tomas de muestra del efluente del sistema, respetando los procesos recomendados por el laboratorio, los resultados son los siguientes:

| MUESTRA TOMADA EN EL EFLUENTE | | |
|--|---------------|--------------------|
| PARÁMETROS | UNIDAD | RESULTADOS |
| pH | | 7,31 |
| Conductividad eléctrica | μS/cm | 2221 |
| Sólidos disueltos totales | mg/l | 1184 |
| Sólidos suspendidos totales | mg/l | 114 |
| Sólidos sedimentables | mg/l | 5 |
| Fosfato | mg/l | 5,02 |
| Nitratos | mg/l | 21,06 |
| Nitritos | mg/l | 0,0017 |
| N Amoniacal | mg/l | 3,77 |
| Nitrógenos totales | mg/l | 25,6 |
| Cobre | mg/l | 0,001 |
| Cromo | mg/l | 0,14 |
| Mercurio | mg/l | 0 |
| Plomo | mg/l | 0.0001 |
| Oxígeno disuelto | mg/l | 0,70 |
| DBO5 | mg/l | 180 |
| DQO | mg/l | 132 |
| Hidrocarburos totales de petróleo | mg/l | 0 |
| Coliformes fecales | NMP | 18X10 ³ |
| Salinidad | % | 1,22 |

Tabla 7. Análisis del efluente

Con esto podemos evidenciar alteraciones en los parámetros debido a que el reactor no está realizando una depuración eficiente (DBO, Coliforme fecales), presumiblemente por la falta de mantenimiento, o por una incorrecta activación del sistema en su arranque, problema que es muy común en este tipo de sistemas. El actual sistema tiene como disposición final un lecho filtrante, considerando que el **Libro VI del TULSMA** en su **Anexo 2** determina la prohibitiva de descargar, infiltrar o inyectar afluentes en el suelo y subsuelo, que alteren la calidad del recurso, más al no cumplirse estas aguas son conducidas hasta un cuerpo receptor.

Es entonces importante remarcar que el tratamiento actual no cumple con las normativas vigentes para el tratamiento de aguas residuales, por lo cual se deben evaluar propuestas de alternativas que solucionen este problema.

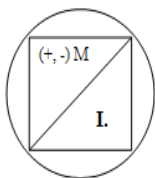
Impacto de la descarga de aguas residuales en el cuerpo receptor

Como se ha podido evidenciar el tratamiento que se da en la estructura de depuración de aguas residuales no cumple con los estándares de diseño, y tampoco con la calidad de agua de descargas, por lo que al ser las aguas del efluente conducidas hasta un cuerpo receptor con es alta carga contaminante, representa un posible impacto significativo al medio biótico y a la salud de las personas que se encuentran en contacto con el agua contaminada.

Para la determinación de dichos impactos se implementó una matriz de Leopold, que es el método más usado actualmente en ingeniería para determinación de impactos ambientales, la matriz una vez realizada tuvo los siguientes resultados:

MATRIZ DE LEOPOLD - EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL: SITUACIÓN ACTUAL DE LA EDAR DE LA PARROQUIA CANUTO

| RESPONSABLE: | Erika Ximena Minaya Mero | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------|----------|---------|---------------|---------|------------------|-----------|-------------------|---------------------|---------------------|------------------------|----------|
| Proyecto: Alternativas de solución en la operatividad de la PTAR de la parroquia Canuto del Cantón Chone. | FACTORES | MEDIO FÍSICO | | | MEDIO BIÓTICO | | MEDIO ANTRÓPICO | | | AFECTACIÓN NEGATIVA | AFECTACIÓN POSITIVA | AGREGACIÓN DE IMPACTOS | |
| | | AIRE | AGUA | SUELO | FLORA | FAUNA | MEDIO PERCEPTUAL | POBLACIÓN | PLAZAS DE TRABAJO | | | | ECONOMÍA |
| NOTA:- La importancia de cada impacto se ha estimado en escala numérica de 1 a 10, la magnitud de cada acción sobre cada factor es de 1 a 10 y puede ser positiva (+) o negativa (-). | FUNCIONAMIENTO DEL ACTUAL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CANUTO | | | | | | | | | | | | |
| | PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | -9 3 | -8 6 | -1 3 | 3 2 | -3 3 | -9 3 | -9 3 | 1 3 | -1 3 | 7 | 2 | -135 |
| | CANAL DE DES CARGA | -4 3 | -10 6 | -4 3 | -1 4 | -1 3 | -2 1 | -9 6 | 0 0 | 0 0 | 7 | 0 | -147 |
| | AFECTACION NEGATIVA | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 28 | | |
| | AFECTACION POSITIVA | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 4 | |
| | AGREGACION DE IMPACTOS | -39 | -108 | -15 | 2 | -12 | -29 | -81 | 3 | -3 | | | -282 |



| RESUMEN: | | | |
|---------------------|----|-----------------|---------|
| IMPACTOS NEGATIVOS: | 14 | EQUIVALENTE AL: | 87.50% |
| IMPACTOS POSITIVOS: | 2 | EQUIVALENTE AL: | 12.50% |
| TOTAL, DE IMPACTOS: | 16 | EQUIVALENTE AL: | 100.00% |

| IMPACTOS NEGATIVOS SOBRE LOS COMPONENTES AMBIENTALES | | |
|---|-----------------------|---------------------|
| | CONDICIONES AFECTADAS | AGREGACION IMPACTOS |
| AIRE | 2 | -39 |
| AGUA | 2 | -108 |
| SUELO | 2 | -15 |
| FLORA | 1 | 2 |
| FAUNA | 2 | -12 |
| MEDIO PERCEPTUAL | 2 | -29 |
| TOTAL: | 11 | -201 |

| IMPACTOS POSITIVOS SOBRE LOS COMPONENTES AMBIENTALES | | |
|---|-----------------------|---------------------|
| | CONDICIONES AFECTADAS | AGREGACION IMPACTOS |
| INFRAESTRUCTURA | 0 | -81 |
| PLAZAS DE TRABAJO | 1 | 3 |
| ECONOMÍA | 0 | -3 |
| TOTAL: | 1 | -81 |

Análisis e interpretación de resultados.

Una vez terminada la matriz se procedió a aplicar la siguiente fórmula para calcular la adversidad del proyecto. El valor resultante se comparó con la tabla expuesta a continuación.

Fórmula para calcular la adversidad del proyecto

$$\text{Adversidad del Proyecto} = \frac{\sum \text{Agregación de impactos}}{\text{Total de interacciones} \times (-9)} \times 100$$

$$\text{Adversidad del Proyecto} = \frac{-282}{32 \times (-9)} \times 100$$

$$\text{Adversidad del Proyecto} = 97.916 \%$$

Escala de adversidad

| CATEGORÍA | RANGO |
|----------------------------|-----------------|
| MUY ALTA ADVERSIDAD | 80 - 100 |
| ALTA ADVERSIDAD | 60 – 79 |
| MEDIANA ADVERSIDAD | 40 – 59 |
| BAJA ADVERSIDAD | 20 – 39 |
| MUY BAJA ADVERSIDAD | 0 – 19 |

Como podemos ver en la escala de adversidad, el impacto generado por las descargas de aguas residuales sobre el cuerpo receptor se cataloga como de muy alta adversidad, lo que se considera entonces peligroso para el medio biótico y la salud de las personas. Por lo cual es vital encontrar alternativas de solución al actual problema.

Propuestas del diseño de alternativas.

Una vez establecido el hecho que es necesario un diseño que ayude a solucionar el problema de tratamiento de aguas residuales para la cabecera parroquial Canuto, se procede a realizar como base de todos, los cálculos de población y caudales básicos.

Obtención de la población futura.

Para dimensionar el sistema de tratamiento de AASS para el casco central de la parroquia Canuto del Cantón Chone, se ha tomado en consideración el siguiente cuadro:

| CÁLCULO DE POBLACIÓN FUTURA | | | |
|------------------------------------|----------------------------------|-------|-------------|
| DATOS | | | |
| | Población 2019: | 3305 | hab |
| | Años a la actualidad: | 2 | años |
| | Población 2021: | 3405 | hab |
| | P. Flotante Anual (30%): | 0 | hab |
| | P. Total a la actualidad: | 21361 | hab |

| | | | | | |
|-----------|-----------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| | Vida útil: | 25 | años | | |
| | Tasa de crecimiento: | 1.50% | porcentaje | | |
| N° | Años | Aritmético | Exponencial | Geométrico | P. Actual |
| 2 | 2021 | 3404 | 3406 | 3405 | 3405 |
| N° | Años | Aritmético | Exponencial | Geométrico | P. Futura |
| 0 | 2021 | 3405 | 3405 | 3405 | 3405 |
| 1 | 2022 | 3456 | 3456 | 3456 | 3456 |
| 2 | 2023 | 3507 | 3509 | 3508 | 3508 |
| 3 | 2024 | 3558 | 3562 | 3561 | 3560 |
| 4 | 2025 | 3609 | 3616 | 3614 | 3613 |
| 5 | 2026 | 3660 | 3670 | 3668 | 3666 |
| 6 | 2027 | 3711 | 3726 | 3723 | 3720 |
| 7 | 2028 | 3763 | 3782 | 3779 | 3775 |
| 8 | 2029 | 3814 | 3839 | 3836 | 3830 |
| 9 | 2030 | 3865 | 3897 | 3893 | 3885 |
| 10 | 2031 | 3916 | 3956 | 3952 | 3941 |
| 11 | 2032 | 3967 | 4016 | 4011 | 3998 |
| 12 | 2033 | 4018 | 4077 | 4071 | 4055 |
| 13 | 2034 | 4069 | 4138 | 4132 | 4113 |
| 14 | 2035 | 4120 | 4201 | 4194 | 4172 |
| 15 | 2036 | 4171 | 4264 | 4257 | 4231 |
| 16 | 2037 | 4222 | 4329 | 4321 | 4291 |
| 17 | 2038 | 4273 | 4394 | 4386 | 4351 |
| 18 | 2039 | 4324 | 4460 | 4451 | 4412 |
| 19 | 2040 | 4375 | 4528 | 4518 | 4474 |
| 20 | 2041 | 4427 | 4596 | 4586 | 4536 |
| 21 | 2042 | 4478 | 4666 | 4655 | 4600 |
| 22 | 2043 | 4529 | 4736 | 4725 | 4663 |
| 23 | 2044 | 4580 | 4808 | 4796 | 4728 |
| 24 | 2045 | 4631 | 4880 | 4867 | 4793 |
| 25 | 2046 | 4682 | 4954 | 4940 | 4859 |

Tabla 8. Población futura

De estos resultados se tomó como año cero el 2021, partiendo con la población obtenida en el censo que se realizó en el año 2019 en donde se contabilizaron 3.305 habitantes. Teniendo como población futura o población diseño a los 25 años un total de 4.859 habitantes para el año 2046.

Obtención del caudal diseño para una población diseño de 25 años.

Para llegar a la obtención del caudal diseño, se realizó un cálculo del caudal domestico para la cual se tomó como dato la dotación de 150 L/hab/día. Seguidamente para caudal de infiltración se tomó un área estimada de 68.72 Ha y un coeficiente de 0,1 L/Ha/s, mientras que para el caudal de aguas ilícitas se utilizó un coeficiente de 80 L/hab/día en lo que respecta a conexiones ilícitas. En el cuadro a continuación se presenta el caudal diseño utilizado para el cálculo de la PTAR.

| Periodo de Diseño | Población (hab) | Área servida (Ha) | Dotación (lit/hab x día) | coeficiente retorno | Caudal Doméstico - Qd (l/s) | Caudal Infiltración - Qin (l/s) | Caudal Conexiones ilícitas - Qil (l/s) | M | Caudal máximo horario - Qmh (l/s) | Caudal de diseño (l/s) |
|-------------------|-----------------|-------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------------|--|-------|-----------------------------------|------------------------|
| 25 años | 4,859.00 | 68.72 | 150.00 | 0.80 | 6.75 | 6.872 | 4.500 | 1.937 | 13.07 | 24.44 |

Tabla 9. Caudales de diseño

Canal de ingreso o canal de desbaste.

Para calcular el canal de desbaste se utilizaron las fórmulas propuestas en la metodología, y a partir de ello se llegó a los siguientes resultados:

| CÁLCULO DEL CANAL DE DESBASTE | | | |
|--------------------------------------|--|---------|------------------|
| DATOS | | | |
| Población | | 4859.00 | hab |
| Dotación | | 150.00 | L/hab/día |
| C. Retorno | | 75.00 | % |
| n | | 0.01 | Adimensional |
| Grado de Inclinación | | 60.00 | ° |
| Gravedad | | 9.81 | m/s ² |
| Caudal (2046) | | 24.44 | L/s |
| CANAL DESBASTE | | | |
| CAUDAL DISEÑO | | 24.44 | L/s |
| VELOCIDAD | | 0.60 | m/s |
| ÁREA | | 0.04 | m ² |

| | | |
|-------------------------|-------|----------------|
| BASE | 0.35 | m |
| ALT. DE AGUA | 0.12 | m |
| BORDE LIBRE | 0.28 | m |
| ALT. TOTAL | 0.40 | m |
| RADIO HIDRÁULICO | 0.58 | m |
| PENDIENTE | 1E-04 | m/m |
| REJILLAS | | |
| TIRANTE (h) | 0.12 | m |
| LONGITUD | 0.13 | m |
| DIÁMETRO BARRA | 0.50 | plg |
| SEPARACIÓN | 4.00 | cm |
| NÚMERO DE BARRAS | 5.88 | |
| ÁREA | 0.03 | m ² |
| VELOCIDAD | 0.76 | m/s |
| PÉRDIDA DE CARGA | 0.02 | m |

Cuenta con una sección de área hidráulica neta de 0.04 m², donde la sección tiene 0.35 m de base y una altura de 0.40 m, mismo que cuenta con una lámina de agua de 0.12m y 0.29 de borde libre.

Cálculo del desarenador.

Para este cálculo se utilizaron las formulas expresadas en la metodología, con los datos que se muestran en la tabla a continuación:

| CÁLCULO DEL SEDIMENTADOR | | |
|---|------------|-------------------|
| DATOS | | |
| Caudal Diseño | 24.44 | Lts/s |
| ° Transicion | 12.3 | Grados |
| Densidad de la Partícula | 2.65 | g/cm ³ |
| Densidad del Agua | 0.998 | g/cm ³ |
| D. Partícula | 0.0002 | m |
| T° Agua | 20 | °C |
| Base canal | 0.35 | m |
| Base de ensanchamiento del sedimentador | 0.65 | |
| Viscosidad cinemática del H₂O | 1.0105E-06 | m ² /s |
| Gravedad | 9.81 | m/s ² |
| a | 51 | adimensional |

| 1.- FLUJO LAMINAR. | | |
|---|--------------|-----------------|
| Ley Stokes (Re<1) | | |
| Descipción | Valor | Unidades |
| Velocidad de sedimentación (Vs) | 0.04 | m/sg |
| Numero de Reynolds (Re) | 7.92 | adimencional |
| NO APROBADO | | |
| 2.- FLUJO TURBULENTO | | |
| Newton (Re>2000) | | |
| Descipción | Valor | Unidades |
| Velocidad de sedimentación (Vs) | 0.09 | m/sg |
| Numero de Reynolds (Re) | 18.38 | adimencional |
| NO APROBADO | | |
| 3.- TRANSICION 2000>Re>1 | | |
| Ley de Allen | | |
| Descipción | Valor | Unidades |
| Velocidad de sedimentación (Vs) | 0.02 | m/sg |
| Coefficiente de arrastre Cd | 7.91 | adimencional |
| Velocidad de sedimentación corregida (Vs) | 0.02 | m/sg |
| VALORES DEL SEDIMENTADOR | | |
| Velocidad de la partícula (vd) | 0.23 | m/s |
| Area Seccion (m2) | 0.11 | m2 |
| Velocidad Horizontal (vh) | 0.23 | m/s |
| Longitud | 6.40 | m |
| Altura | 0.40 | m |
| Longitud de transicion | 0.69 | m |
| Tiempo de Sedimentacion | 10.00 | s |
| Tiempo de Desplazamiento | 28.07 | s |

NOTA:
CUANDO TD SEA MAYOR A TS EL SISTEMA FUNCIONA.

TD > TS

| VALORES | | |
|-----------------------------|------|---|
| Long. 12.30 grados | 0.7 | m |
| Longitud desarenador | 6 | m |
| Base | 0.65 | m |
| Altura | 0.4 | m |

De esta tabla se tiene las dimensiones del sedimentador, donde presente una longitud en $L' = 6$ m, una longitud de transición a 12.30° de $l = 0.70$ m. Cuenta con un ancho $b = 0.35$ m y un ancho $B' = 0.65$ m.

Cálculo del Sistema convencional sistema de lagunaje. Propuesta 1

Laguna Facultativa.

Con las ecuaciones ya mencionadas en la metodología de trabajo para la laguna facultativa, se obtuvieron los siguientes resultados y dimensionamientos:

| DISEÑO DE LAGUNA FACULTATIVA | | |
|---|----------|---------------------|
| CARGA ORGANICA C.O | 6018.98 | mg/dia |
| DBO | 285.00 | mg/l |
| Q AFLUENTE | 2111.92 | m ³ /dia |
| TEMP PROMEDIO | 27.00 | *C |
| CARGA SUPERFICIAL DE DISEÑO λ_s | 442.54 | *C |
| AREA DE LA LAGUNA FACULTATIVA (Af) | 8840.73 | m ² |
| CONCENTRACION DEL (DBO5) EN EL AFLUENTE (Li) | 185.25 | mg/l |
| VOLUMEN DE LA LAGUNA (V) | 17681.47 | m ³ |
| ALTURA DE LAGUNAZA (Z) | 2.00 | m |
| RELACION LARGO ANCHO (Bprom) x=3 | 54.29 | m |
| RELACION LARGO ANCHO (Lprom) x=3 | 162.86 | m |
| PARA ANCHO Y LARGO (Bsup) | 58.76 | m |
| PARA ANCHO Y LARGO (Lsup) | 167.33 | m |
| CALCULO DEL AREA SUPERFICIAL (Asup) | 9831.83 | m ² |
| GASTO EN EL EFLUENTE (Qo) | 2085.20 | m ³ /dia |
| REMOLICION DE COLIFORME FECALES d | 0.33 | adm |
| COEFICIENTE DE REDUCCION BACTERIANA Kb | 1.40 | adm |
| TIEMPO MEDIO DE RETENCION HIDRAULICO DE LA LAGUNA FACUTATIVA OF | 8.37 | dias |
| CONSTANTE a | 4.05 | adm |
| COLIFORME FECALES EN EL EFLUENTE DE LA LAGUNA FACULTATIVA Nf/No | 62197.96 | (NMP/100 mL) |
| COLIFORME FECALES CORREGIDOS POR EVAPORACION Ne | 62995.14 | (NMP/100 mL) |
| CONSTANTE DE DECAIMIENTO DE TEMPERATURA UN DIA CUALQUIERA Kf | 12.50 | adm |
| CONCENTRACION DE LA DBO EN EL EFLUENTE DE LA LAGUNA DBO_{ef} | 2.70 | mg/l |
| EFICIENCIA DE REMOCION DE LA DBO | 99.05 | % |
| DBO CORREGIDA POR EVAPORACION DBO_e | 288.65 | mg/l |

Los resultados arrojaron las siguientes dimensiones, de largo 167,33 m y de ancho 58,76 m, teniendo una sola laguna facultativa, con un almacenamiento máximo de 17681,47 m³ para un caudal de 2111,92 m³/día y un periodo de retención de 8,37 días.

Laguna de Maduración.

Con las ecuaciones ya mencionadas en la metodología de trabajo para el cálculo de la laguna de maduración, se obtuvieron los siguientes resultados y dimensionamientos:

| DISEÑO DE LAGUNA DE MADURACION | | |
|--|----------|---------------------|
| TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICO DIAS (O) | 7.00 | dias |
| DBO i | 2.70 | mg/l |
| Q EN EL INFLUENTE DE LLG (Qi) | 2111.92 | m ³ /dia |
| TEMP PROMEDIO EST CHONE* | 27.00 | *C |
| CARGA SUPERFICIAL DE DISEÑO λ_s | 442.54 | *C |
| ÁREA DE LA LAGUNA MADURACION | 9855.64 | m ² |
| CONCENTRACION DEL (DBO5) EN EL EFLUENTE (Li) | 1.75 | mg/l |
| VOLUMEN DE LA LAGUNA (V) | 14783.47 | m ³ |
| ALTURA DE LAGUNAZA (Z) | 1.50 | m |
| RELACION LARGO ANCHO (Bprom) x=3 | 57.32 | m |
| RELACION LARGO ANCHO (Lprom) x=3 | 171.95 | m |
| PARA ANCHO Y LARGO (Bsup) | 60.67 | m |
| PARA ANCHO Y LARGO (Lsup) | 175.30 | m |
| CALCULO DEL AREA SUPERFICIAL (Asup) | 10635.89 | m ² |
| GASTO EN EL EFLUENTE (Qo) | 2083.01 | m ³ /dia |
| REMOLICION DE COLIFORME FECALES d | 0.33 | adm |
| COEFICIENTE DE REDUCION BACTERIANA Kb | 1.40 | adm |
| CONSTANTE a | 3.73 | adm |
| COLIFORME FECALES EN EL EFLUENTE DE LA LAGUNA FACULTATIVA Nf/No | 624.85 | (NMP/100 mL) |
| COLIFORME FECALES CORREGIDOS POR EVAPORACION Ne | 633.53 | (NMP/100 mL) |
| CONSTANTE DE DECAIMIENTO DE TEMPERATURA UN DIA CUALQUIERA Kf | 12.50 | adm |
| CONCENTRACION DE LA DBO EN EL EFLUENTE DE LA LAGUNA DBOef | 0.03 | mg/l |
| EFICIENCIA DE REMOCION DE LA DBO | 98.87 | % |
| DBO CORREGIDA POR EVAPORACION DBOe | 2.74 | mg/l |

Los resultados arrojaron las siguientes dimensiones, de largo 171.95 m y de ancho 60.67 m, teniendo una sola laguna facultativa, con un almacenamiento máximo de 14783.47 m³ para un caudal de 2111,92 m³/día y un periodo de retención de 7 días.

Calculo Sistema Imhoff. Propuesta 2

Con las ecuaciones ya mencionadas en la metodología de trabajo para el cálculo del tanque Imhoff, se obtuvieron los siguientes resultados y dimensionamientos:

| DATOS | | |
|---|--------|-----------------------------------|
| CAUDAL | 24.44 | L/s |
| TRH | 2 | h |
| RELACIÓN L/A | 4 | m |
| CARGA SUPERFICIAL | 1 | m ³ /m ² *h |
| CARGA SOBRE EL VERTEDERO | 500 | m ³ /m*día |
| INCLINACIÓN PARED DEL TANQUE | 30 | Grados |
| ESPESOR DE PAREDES | 0.25 | m |
| INCLINACIÓN PARED SEDIMENTADOR | 50 | Grados |
| C. RETORNO | 75 | % |
| POBLACIÓN | 4859 | hab |
| CONCENTRACIÓN DBO | 285 | mg/L |
| CONCENTRACIÓN DQO | 324 | mg/L |
| DIMENSIONAMIENTO SEDIMENTADOR | | |
| NÚMERO DE SEDIMENTADORES | 2 | Unidades |
| CAUDAL DISEÑO | 24.44 | L/s |
| CAUDAL DE DISEÑO POR SEDIMENTADOR | 44.00 | m ³ /h |
| ÁREA CAMARA SEDIMENTADORA | 44.00 | m ² |
| VOLUMEN DE LA CAMARA SEDIMENTADORA | 88.00 | m ³ |
| ANCHO DEL SEDIMENTADOR (W) | 3.32 | m |
| LARGO DEL SEDIMENTADOR (L) | 13.27 | m |
| H1 DEL SEDIMENTADOR (50°) | 1.98 | m |
| V1 DEL SEDIMENTADOR | 43.5 | m ³ |
| H2 DEL SEDIMENTADOR | 1.01 | m |
| BORDE LIBRE DEL SEDIMENTADOR | 0.5 | m |
| ALTURA TOTAL DEL SEDIMENTADOR | 3.49 | m |
| VELOCIDAD | 0.11 | m/min |
| DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE | | |
| FACTOR DE CAPACIDAD RELATIVA | 0.7 | Adimensional |
| VOLUMEN REQUERIDO PARA LA DIGESTIÓN DE LODO | 255.10 | m ³ |
| ANCHO TOTAL DEL TANQUE (W) | 7.23 | m |
| ÁREA SUPERFICIAL DEL TANQUE | 95.96 | m ² |
| H1 DEL TANQUE | 2.09 | m |
| V1 | 66.79 | m ³ |
| H2 DEL TANQUE | 1.96 | m |
| ÁREA DE VENTILACIÓN | 39.80 | m ³ |
| RELACIÓN (Av/As) | 41.48 | % |
| VALORES DE SALIDA | | |
| EDBO | 50.50 | % |
| EDQO | 46.65 | % |
| DBO DEL EFLUENTE | 141.07 | mg/L |
| DQO DEL EFLUENTE | 172.86 | mg/L |

Laguna de Maduración.

Con las ecuaciones ya mencionadas en la metodología de trabajo para el cálculo de la laguna de maduración, se obtuvieron los siguientes resultados y dimensionamientos:

| DISEÑO DE LAGUNA DE MADURACION | | |
|--|----------|---------------------|
| TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICO DIAS (O) | 7 | dias |
| DBO i | 141 | mg/l |
| Q EN EL INFLUENTE DE LLG (Qi) | 2112 | m ³ /dia |
| TEMP PROMEDIO EST CHONE* | 27 | *C |
| CARGA SUPERFICIAL DE DISEÑO λ_s | 443 | *C |
| ÁREA DE LA LAGUNA MADURACION | 9856 | m ² |
| CONCENTRACION DEL (DBO5) EN EL EFLUENTE (Li) | 92 | mg/l |
| VOLUMEN DE LA LAGUNA (V) | 14783 | m ³ |
| ALTURA DE LAGUNAZA (Z) | 2 | m |
| RELACION LARGO ANCHO (Bprom) x=3 | 57.32 | m |
| RELACION LARGO ANCHO (Lprom) x=3 | 171.95 | m |
| PARA ANCHO Y LARGO (Bsup) | 60.67 | m |
| PARA ANCHO Y LARGO (Lsup) | 175.30 | m |
| CALCULO DEL AREA SUPERFICIAL (Asup) | 10635.89 | m ² |
| GASTO EN EL EFLUENTE (Qo) | 2083.01 | m ³ /dia |
| REMOLICION DE COLIFORME FECALES d | 0.33 | adm |
| COEFICIENTE DE REDUCION BACTERIANA Kb | 1.40 | adm |
| CONSTANTE a | 3.73 | adm |
| COLIFORME FECALES EN EL EFLUENTE DE LA LAGUNA FACULTATIVA Nf/No | 624.85 | (NMP/100 mL) |
| COLIFORME FECALES CORREGIDOS POR EVAPORACION Ne | 633.53 | (NMP/100 mL) |
| CONSTANTE DE DECAIMIENTO DE TEMPERATURA UN DIA CUALQUIERA Kf | 12.50 | adm |
| CONCENTRACION DE LA DBO EN EL EFLUENTE DE LA LAGUNA DBOef | 1.594 | mg/l |
| EFICIENCIA DE REMOCION DE LA DBO | 98.870 | % |
| DBO CORREGIDA POR EVAPORACION DBOe | 143.026 | mg/l |

Sistema Orbital. Propuesta 3

Floculador.

Los resultados del floculador determinado para la desinfección del agua residual de uso doméstico se obtuvieron los resultados reflejados en la tabla a continuación.

| DATOS | | |
|-------------------------------|---------|--------------|
| CAUDAL | 2111.92 | m3/dia |
| N. FLOCULADORES | 1 | unidades |
| CAUDAL DISEÑO | 2111.92 | m3/dia |
| VELOCIDAD | 0.3 | m/s |
| TIEMPO | 8 | min |
| CONSTANTE K1 PERDIDA DE CARGA | 2 | Adimensional |
| GRAVEDAD | 9.81 | m/s |
| MANNING | 0.013 | Adimensional |
| CALCULO DEL FLOCULADOR | | |
| LONGITUD | 144 | m |
| ÁREA | 0.1 | m2 |
| ALTURA DEL CANAL | 0.5 | m |
| ANCHO DEL CANAL | 0.2 | m |
| ANCHO DE VUELTA | 0.24 | m |
| LONGITUD PANTALLA | 5.76 | m |
| ANCHO MEZCLADOR | 6 | m |
| CRUCE ENTRE PANTALLA | 5.5 | m |
| COMPROBACION | 2.0 | |
| NÚMERO DE CANALES | 24 | unidades |
| ESPESOR DE PAREDES | 0.1 | m |
| LONGITUD DEL FLOCULADOR | 6.2 | m |
| PERÍMETRO MOJADO | 1.16 | m |
| RADIO HIDRÁULICO | 0.07 | m |
| PÉRDIDA DE CARGA TRAMO RECTO | 0.220 | m |
| PÉRDIDA DE CARGA TRAMO CURVO | 0.076 | m |
| PERDIDA DE CARGA TOTAL | 0.2960 | m |
| GRADIENTE HIDRAULICO | 77.4 | |

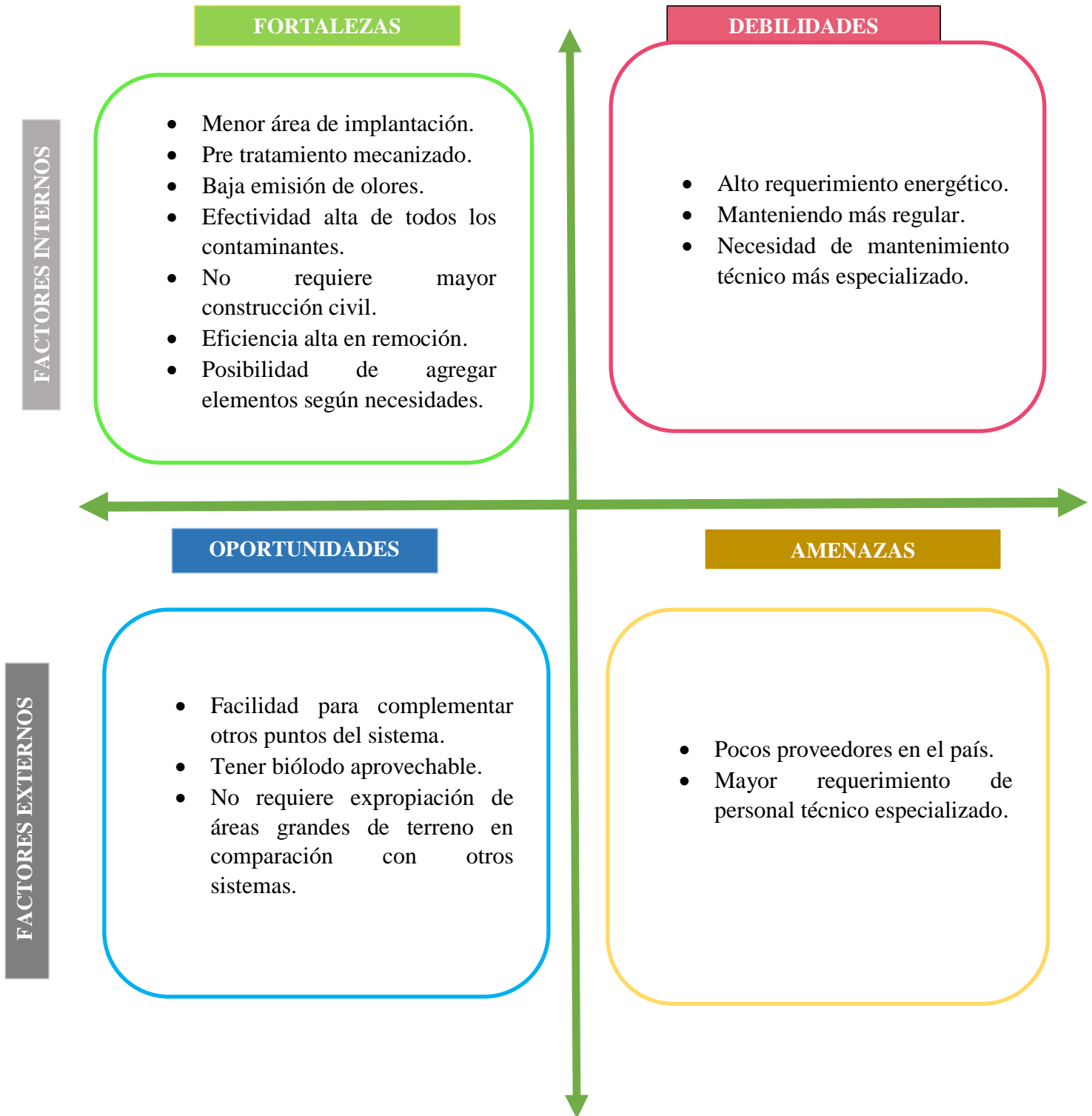
Sistema Orbital.

| DATOS | | |
|---|---------|----------|
| Tiempo de retención hidráulica (TRH): | 8.00 | horas |
| Caudal Diseño: | 88.00 | m3/hora |
| DBO: | 285.00 | mg/l |
| Relación Talud Vertical: | 3.00 | |
| Relación Talud Horizontal: | 1.00 | |
| Temperatura (T): | 27.00 | C |
| Relación alimento microorganismo (F/M): | 0.20 | kgDBO/Kg |
| Concentración de sólidos ST (X): | 5000.00 | mg/l |
| α_4 : | 0.90 | |
| β_6 : | 1.00 | |
| CL: | 2.00 | |
| REACTOR ORBITAL PRIMARIO | | |
| Numero de Lagunas: | 1.00 | U |

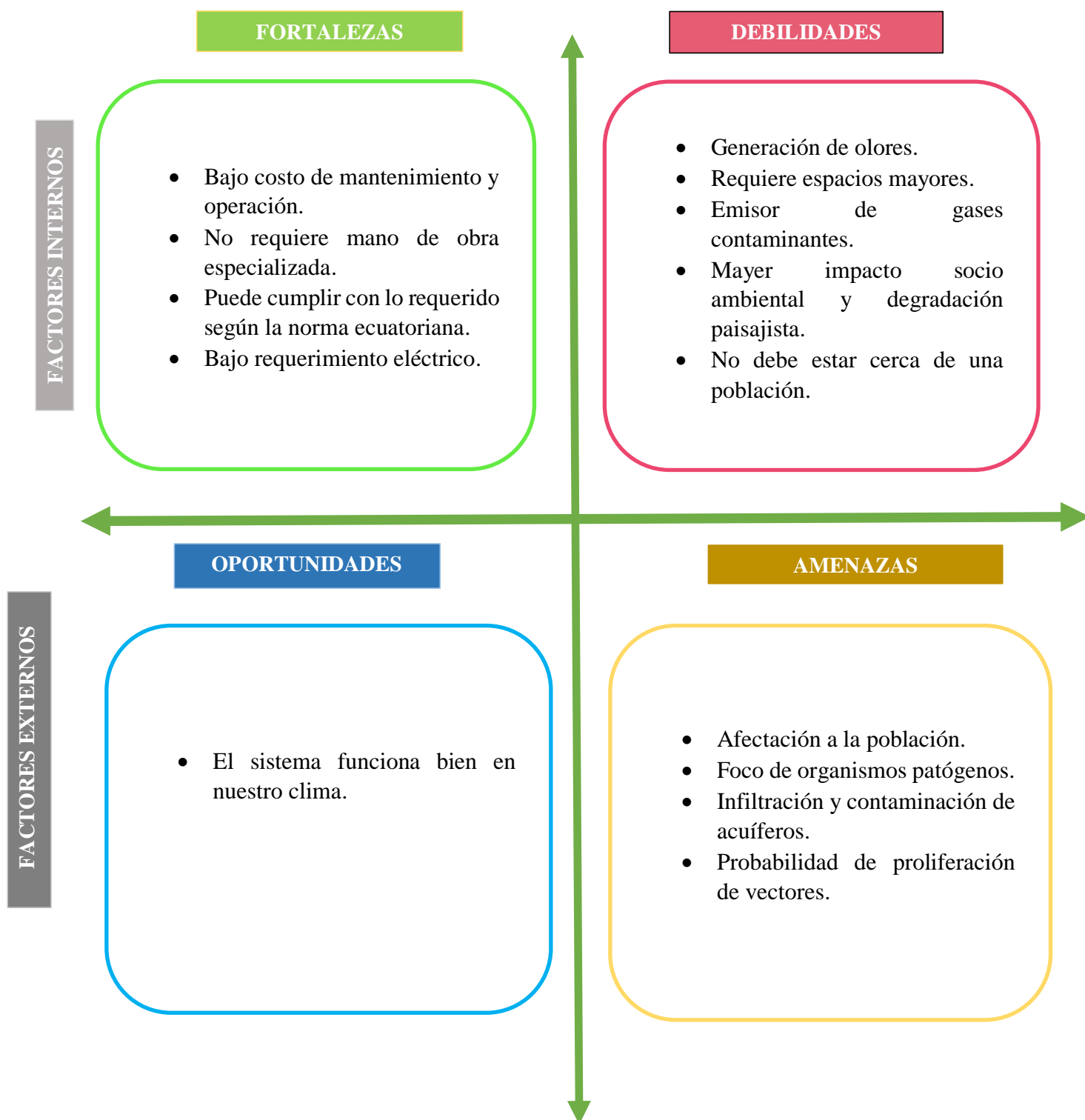
| | | |
|--|--|--------------|
| Caudal hidraulico por Laguna: | 88.00 | m3/hora |
| Volumen de Laguna Aireada (VL): | 704.00 | m3 |
| Area (A): | 140.80 | m2 |
| Relación Largo Ancho (Bprom) $\times=3$: | 7.00 | m |
| Relación Largo Ancho (Lprom) $\times=3$: | 20.00 | m |
| Para Ancho y Largo (Bsup): | 18.00 | m |
| Para Ancho y Largo (Lsup): | 31.00 | m |
| Volumen requerido (Vr): | 601.92 | m3 |
| Tirante (h): | 5.00 | m |
| Borde Libre (bd): | VL>Vr Sí cumple con el criterio. | 1.00 m |
| | | |
| AOR: | 1893.64 | lb O2/dia3 |
| Cw: | 7.44 | |
| Concentracion de la saturacion de oxigeno disuelto (DO sat): | 7.44 | mg/l |
| Cs20: | 9.02 | |
| SOR: | 2953.08 | lb/dia |
| Periodo de funcionamiento: | 20.00 | Horas |
| Remocion: | 147.65 | lb/hr-tanque |
| HP Requerido para airear: | 49.22 | Hp |
| Numero de aireadores del sistema (50 Hp): | 1.00 | Unidades |

FODA

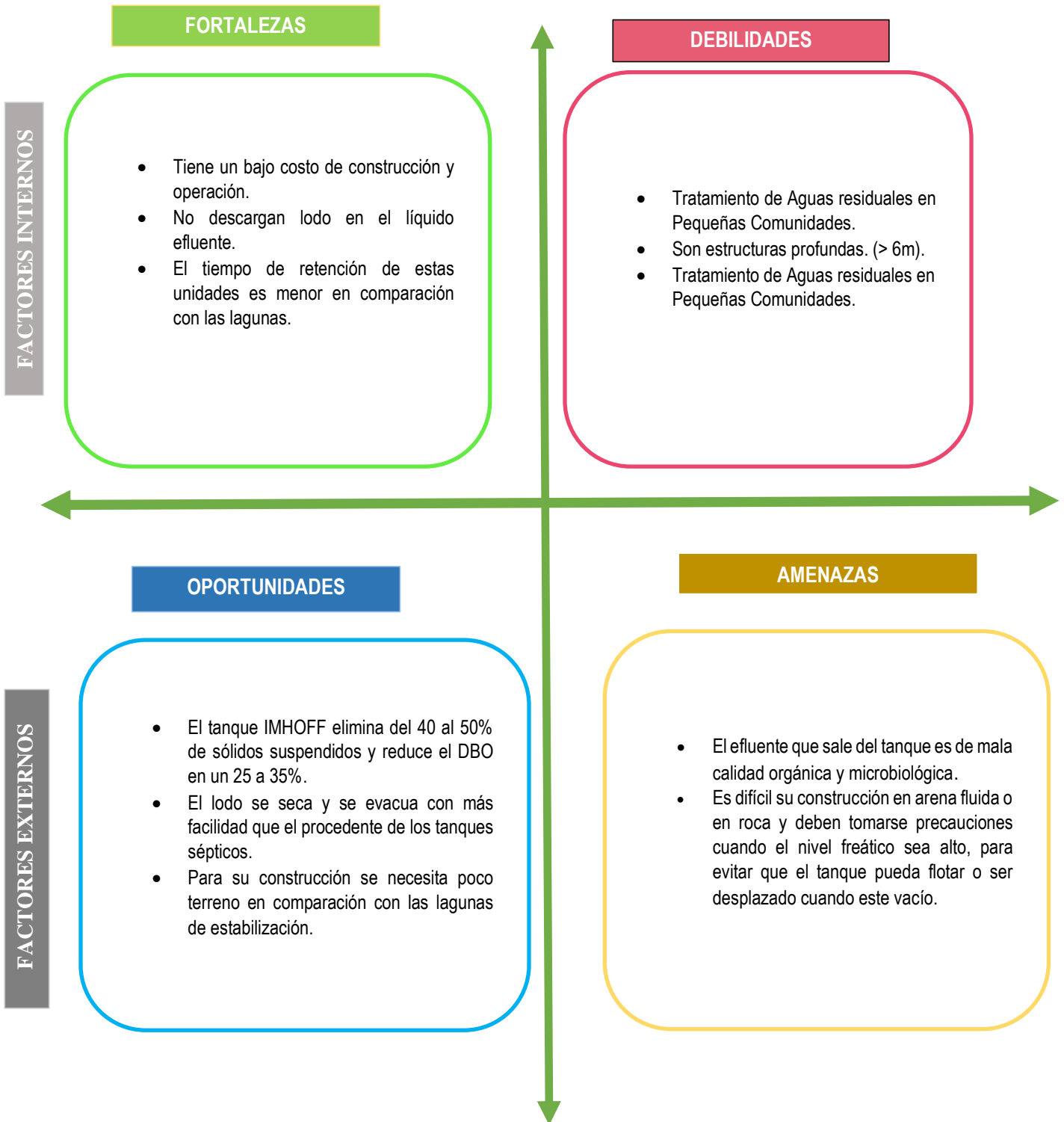
Sistema sota



Sistema de lagunaje



Tanque Imhoff.



Análisis.

Para el análisis de utilización una escala del 1 al 5, en las que los parámetros tienen puntuaciones en función de 1 la escala más baja y 5 la escala más alta, el método de ponderación se tomó de la escala de LIKERT donde al final la puntuación más alta es la más viable.

| PARAMETRO | IMHOFF | LAGUNAS | SOTA |
|-----------------------|--------|---------|------|
| EFICIENCIA | 4 | 4 | 5 |
| IMPACTO AMBIENTAL | 4 | 3 | 5 |
| COSTO DE CONSTRUCCION | 3 | 4 | 5 |
| CONSUMO ENERGETICO | 4 | 5 | 4 |
| AREA REQUERIDA | 3 | 2 | 5 |
| COSTO POR M3 | 3 | 4 | 4 |
| TOTAL | 21 | 22 | 28 |

| EFICIENCIA | Ponderación | % |
|---------------------|-------------|----------|
| ALTAMENTE EFICIENTE | 5 | 98 - 100 |
| MUY EFICIENTE | 4 | 94 - 97 |
| EFICIENTE | 3 | 90 - 93 |
| REGULAR | 2 | 80 - 89 |
| POCO EFICIENTE | 1 | < 79 |

| ÁREA REQUERIDA | Ponderación | ha |
|----------------|-------------|---------|
| MUY POCA | 5 | Menor 1 |
| POCA | 4 | 1 |
| REGULAR | 3 | 2 |
| EXTENSA | 2 | 3 |
| MUY EXTENSA | 1 | > 10 |

| COSTO DE CONSTRUCCIÓN | Ponderación | Inversión (millones) |
|-----------------------|-------------|----------------------|
| MUY ECONÓMICO | 5 | 1 - 3 |
| ECONÓMICO | 4 | 3 - 5 |
| REGULAR | 3 | 5 - 7 |
| COSTOSO | 2 | 7 - 9 |
| MUY COSTOSO | 1 | > 9 |

| IMPACTO AMBIENTAL | Ponderación |
|-------------------|-------------|
| MUY BAJO | 5 |
| BAJO | 4 |
| MEDIANO | 3 |
| ALTO | 2 |
| SEVERO | 1 |

| CONSUMO ENERGÉTICO | Ponderación |
|--------------------|-------------|
| MUY BAJO | 5 |
| BAJO | 4 |
| REGULAR | 3 |
| ALTO | 2 |
| MUY ALTO | 1 |

| COSTO m ³ | Ponderación | Precio (\$) |
|----------------------|-------------|-------------|
| MUY BAJO | 5 | 0.01-0.02 |
| BAJO | 4 | 0.02-0.03 |
| REGULAR | 3 | 0.03-0.05 |
| ALTO | 2 | 0.05-0.08 |
| MUY ALTO | 1 | > 0.10 |

Conclusiones

La planta de tratamiento de aguas residuales de la cabecera parroquial Canuto, no cuenta con los medios adecuados para un correcto funcionamiento, puesto que las estructuras no están completas, tal es el caso de no contar con pretratamiento ni ningún sistema para depurar los sólidos. El tanque Imhoff está totalmente colapsado, teniendo exceso de materia acumulada, incluso vegetación en su superficie.

El impacto generado por las descargas en el cuerpo receptor es bastante considerable, esto es un posible foco de contaminación y de insalubridad para las personas que están en contacto con las aguas, lo que no solo genera contaminación al sistema, sino también afecta a la fauna del lugar, y causaría enfermedades en los residentes, tales como parasitosis, o enfermedades diarreicas agudas.

Teniendo en cuenta las alternativas de sistemas, tanto aerobios como anaerobios, y el poco espacio de construcción, el sistema orbital es la alternativa más viable, considerando que es un sistema que se está utilizando de manera beneficiosa en la costa ecuatoriana con resultados probados en plantas que están en funcionamiento en ciudades como Guayaquil, San Borondon, Quevedo, entre otras.

Bibliografía

- Daghrir, R., Drogui, P., y Tshibangu, J. (2014). *Efficient treatment of domestic wastewater by electrochemical oxidation process using bored doped diamond anode*. Separation and Purification Technology, 131, 79-83
- Dirección Nacional de Saneamiento Básico DINASBA (1996). *Norma Técnica de Diseño para Sistemas de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Residuales*.
- Fandiño, H. (2017). *Diseño preliminar de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de la esperanza departamento Norte de Santander en Colombia*. Trabajo de Grado, Universidad Santo Tomas de Colombia. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9238/2017hansfandino.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
- Gómez, J., Novelo, R., y Astudillo, M. (2017). *Efecto de las descargas domésticas y de beneficio de café sobre la calidad del agua y la diversidad de larvas de Odonata (Insecta) en un arroyo de bosque mesófilo de montaña en Veracruz, México*. Revista mexicana de biodiversidad, 88(2), 372-380.
- Herrera, G., y Naranjo, S. (2019). *Evaluación del impacto ambiental de los sistemas de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales en Ecuador*. Ciencia Digital, 3(3.2. 1), 73-87.
- Huang, G., Liu, Y., Liang, Y., Shi, W., Yang, Y., Liu, S., y Ying, G. G. (2019). *Endocrine disrupting effects in western mosquitofish *Gambusia affinis* in two rivers impacted by untreated rural domestic wastewaters*. Science of The Total Environment, 683, 61-70.

- Larios, F., González, C., y Morales, Y. (2015). *Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú*. Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL, 2(1991), 9-25.
<http://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/115>
- Lloret, P. (2009). *La gestión del agua y la nueva Ley de Aguas*. Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales, (4), 19-20.
- Metcalf & Eddy (2003). *Wastewater Engineering Treatment And Reuse*. McGraw – Hill
- Ministerio de Ambiente del Ecuador (2017). *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente*.<https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>.
- Muñoz, M., & Aldas, M. (2017). *Sistemas de depuración de aguas residuales*.
https://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2020/10/Aguas_Residuales.pdf
- Organización Panamericana de la Salud (2005). *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización*.
[https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS 2005. Guía para el diseño de tanques sépticos.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS_2005_Guía_para_el_diseño_de_tanques_sépticos.pdf)
- Quiroz, L., Izquierdo, E., y Menéndez, C. (2017). *Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador*. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 38(3), 41-51.
- Ramos B. y Agustín G. (2016) *Análisis de los principales parámetros del sistema de lagunaje del sector sur del Cantón Pasaje para el mejoramiento del proceso*. Trabajo de Pregrado, Universidad Técnica de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7722>.

- Rojas, R (2002). *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División de Salud y Ambiente Organización Panamericana de la Salud Organización Mundial de la Salud
- Rowan, A., Irala, C., y Zamora, C. (2018). *Humedales Artificiales, una alternativa para la depuración de Aguas Residuales en el Municipio de Mizque, Bolivia*. *Diseño y Tecnología para el Desarrollo*, (5), 88-108.
- Troconis, A. (2010). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Belzona.
https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf.
- Vargas, A., Calderón, J., Velásquez, D., Castro, M., y Núñez, D. (2020). *Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia*. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28(2), 315-322.
- Velazco, F., Molano, A. y Pramparo, L. (2019) *Evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales no domésticas para la remoción de carga orgánica en industria de bebidas no alcohólicas*. *Entre Ciencia e Ingeniería*. 13 (26), 17-26.
<https://doi.org/10.31908/19098367.1150>

Anexos

Anexo 1

Tabla 8 ANEXO 1 del libro VI del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente (TULSMA, 2015). LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO.

| TABLA 8. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO | | | |
|---|--|--------|--------------------------|
| Parámetros | Expresado como | Unidad | Límite máximo permisible |
| Aceites y grasas | Sust. solubles en hexano | mg/l | 70,0 |
| Explosivos o inflamables | Sustancias | mg/l | Cero |
| Alkil mercurio | | mg/l | No detectable |
| Aluminio | Al | mg/l | 5,0 |
| Arsénico total | As | mg/l | 0,1 |
| Cadmio | Cd | mg/l | 0,02 |
| Cianuro total | CN ⁻ | mg/l | 1,0 |
| Cinc | Zn | mg/l | 10,0 |
| Cloro Activo | Cl | mg/l | 0,5 |
| Cloroformo | Extracto carbón cloroformo | mg/l | 0,1 |
| Cobalto total | Co | mg/l | 0,5 |
| Cobre | Cu | mg/l | 1,0 |
| Compuestos fenólicos | Expresado como fenol | mg/l | 0,2 |
| Compuestos organoclorados | Organoclorados totales | mg/l | 0,05 |
| Cromo Hexavalente | Cr ⁺⁶ | mg/l | 0,5 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) | DBO ₅ | mg/l | 250,0 |
| Demanda Química de Oxígeno | DQO | mg/l | 500,0 |
| Dicloroetileno | Dicloroetileno | mg/l | 1,0 |
| Fósforo Total | P | mg/l | 15,0 |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | TPH | mg/l | 20,0 |
| Hierro total | Fe | mg/l | 25,0 |
| Manganeso total | Mn | mg/l | 10,0 |
| Mercurio (total) | Hg | mg/l | 0,01 |
| Níquel | Ni | mg/l | 2,0 |
| Nitrógeno Total Kjeldahl | N | mg/l | 60,0 |
| Organofosforados | Especies Totales | mg/l | 0,1 |
| Plata | Ag | mg/l | 0,5 |
| Plomo | Pb | mg/l | 0,5 |
| Potencial de hidrógeno | pH | | 6-9 |
| Selenio | Se | mg/l | 0,5 |
| Sólidos Sedimentables | SD | ml/l | 20,0 |
| Sólidos Suspendidos Totales | SST | mg/l | 220,0 |
| Sólidos totales | ST | mg/l | 1 600,0 |
| Sulfatos | SO ₄ ⁻² | mg/l | 400,0 |
| Sulfuros | S | mg/l | 1,0 |
| Temperatura | °C | | < 40,0 |
| Tensoactivos | Sustancias Activas al azul de metileno | mg/l | 2,0 |
| Tetracloruro de carbono | Tetracloruro de carbono | mg/l | 1,0 |
| Tricloroetileno | Tricloroetileno | mg/l | 1,0 |

Anexo 2

Tabla 9 ANEXO 1 del libro VI del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente (TULSMA, 2015). LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE.

| TABLA 9. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE | | | |
|--|--|-------------------|-----------------------------------|
| Parámetros | Expresado como | Unidad | Límite máximo permisible |
| Aceites y Grasas. | Sust. solubles en hexano | mg/l | 30,0 |
| Alkil mercurio | | mg/l | No detectable |
| Aluminio | Al | mg/l | 5,0 |
| Arsénico total | As | mg/l | 0,1 |
| Bario | Ba | mg/l | 2,0 |
| Boro Total | B | mg/l | 2,0 |
| Cadmio | Cd | mg/l | 0,02 |
| Cianuro total | CN ⁻ | mg/l | 0,1 |
| Cinc | Zn | mg/l | 5,0 |
| Cloro Activo | Cl | mg/l | 0,5 |
| Cloroformo | Ext. carbón cloroformo ECC | mg/l | 0,1 |
| Cloruros | Cl ⁻ | mg/l | 1 000 |
| Cobre | Cu | mg/l | 1,0 |
| Cobalto | Co | mg/l | 0,5 |
| Coliformes Fecales | NMP | NMP/100 ml | 2000 |
| Color real ¹ | Color real | unidades de color | Inapreciable en dilución: 1/20 |
| Compuestos fenólicos | Fenol | mg/l | 0,2 |
| Cromo hexavalente | Cr ⁺⁶ | mg/l | 0,5 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) | DBO ₅ | mg/l | 100 |
| Demanda Química de Oxígeno | DQO | mg/l | 200 |
| Estaño | Sn | mg/l | 5,0 |
| Fluoruros | F | mg/l | 5,0 |
| Fósforo Total | P | mg/l | 10,0 |
| Hierro total | Fe | mg/l | 10,0 |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | TPH | mg/l | 20,0 |
| Manganeso total | Mn | mg/l | 2,0 |
| Materia flotante | Visibles | | Ausencia |
| Mercurio total | Hg | mg/l | 0,005 |
| Níquel | Ni | mg/l | 2,0 |
| Nitrógeno amoniacal | N | mg/l | 30,0 |
| Nitrógeno Total Kjeldahl | N | mg/l | 50,0 |
| Compuestos Organoclorados | Organoclorados totales | mg/l | 0,05 |
| Compuestos Organofosforados | Organofosforados totales | mg/l | 0,1 |
| Plata | Ag | mg/l | 0,1 |
| Plomo | Pb | mg/l | 0,2 |
| Potencial de hidrógeno | pH | | 6-9 |
| Selenio | Se | mg/l | 0,1 |
| Sólidos Suspendidos Totales | SST | mg/l | 130 |
| Sólidos totales | ST | mg/l | 1 600 |
| Sulfatos | SO ₄ ⁻² | mg/l | 1000 |
| Sulfuros | S ⁻² | mg/l | 0,5 |
| Temperatura | °C | | Condición natural ± 3 |
| Tensoactivos | Sustancias Activas al azul de metileno | mg/l | 0,5 |
| Tetracloruro de carbono | Tetracloruro de carbono | mg/l | 1,0 |

¹ La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

Anexo 3

Análisis del Afluente



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS Y DESECHOS LÍQUIDOS INDUSTRIALES

DR. JOHN FARFÁN UBILLÚS

Químico – Master en Tecnología del Agua. Especializado en la U. Politécnica de Cataluña-España, Análisis y Tratamiento de Aguas de: industrias, potable, residuales, camaroneras, riego, piscinas, recreativas, etc. Asesoría y Consultoría

TELÉFONOS: 05-2696-193

Celular: 0986856881

e mail: lafaro@outlook.com

MANABÍ - ECUADOR

PROYECTO: ALTERNATIVAS DE SOLUCION EN LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA CANUTO DEL CANTON CHONE, PROVINCIA DE MANABI

Muestra No. 1

Solicitado Por: MINAYA MERO ERIKA XIMENA

En fecha: 02/02/2021

Dirección: EDAR PARROQUIA CANUTO

Población: Casato

Provincia: MANABÍ

Fuente: Afluente de laguna de oxidación

Fecha y hora de muestreo: 04/01/20 12H:00

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

| | UNIDAD | METODO | RESULTADO | LÍMITE DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO TABLAR TULSMA |
|-----------------------------|--------|------------------------|-----------|---|
| PARAMETROS FÍSICOS | | | | |
| pH | --- | 4500-H ⁺ B | 7.8 | 6 - 9 |
| Conductividad Eléctrica | µS/cm | 2510B | 2420 | -- |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/L | JF-AF-04 | 1426 | -- |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | 2540D | 227 | 220 |
| Sólidos Sedimentables | ml/L | 2540F | 16 | 20 |
| PARAMETROS QUÍMICOS | | | | |
| Fosfatos | mg/L | 4500-P | 2.9 | 15 |
| Nitratos | mg/L | 4500-NO ₃ E | 22.9 | -- |
| Nitritos | mg/L | 4500-NO ₂ B | 0.020 | -- |
| N Amoniacal | mg/L | 4500 NH ₃ C | 8.3 | -- |
| Nitrógeno Total | mg/L | 4500 N D | 41.2 | 60 |
| METALES PESADOS | | | | |
| Cobre | mg/L | 3111B Cu | 0.0012 | 1.0 |
| Cromo | mg/L | 3111B Cr | 0.149 | 0.5 |

| | | | | | |
|----------|------|-----------|--------|------|---|
| Mercurio | mg/L | 3500 Hg | 0.002 | 0.01 | 0 |
| Piomo | mg/L | 3500 Pb B | 0.0002 | 0.5 | 0 |

PARAMETROS ESPECIALES

| | | | | | |
|-----------------------------------|------|----------|------|-----|--|
| Oxigeno Disuelto | mg/L | 4500-O G | 0.50 | -- | |
| DQO | mg/L | 5220 D | 324 | 500 | |
| DBO ₅ | mg/L | 5210 D | 285 | 250 | |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | mg/L | 6440 B | | 20 | |

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

| | | | | | |
|--------------------|-----|--------|----------------------|----|--|
| COLIFORMES FECALES | NMP | 9221 F | 72.4x10 ³ | -- | |
|--------------------|-----|--------|----------------------|----|--|

Atentamente

 Dr. Jean Farfán Ubillus

Anexo 4

Análisis del Efluente



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS Y DESECHOS LÍQUIDOS INDUSTRIALES

DR. JOHN FARFÁN UBILLÚS

Químico – Master en Tecnología del Agua. Especializado en la U. Politécnica de Cataluña-España, Análisis y Tratamiento de Aguas de: industrias, potable, residuales, camaroneras, riego, piscinas, recreativas, etc. Asesoría y Consultoría

TELÉFONOS: 05-2696-193

Celular: 0986856881

e mail: lafaro@outlook.com

MANABÍ - ECUADOR

PROYECTO: ALTERNATIVAS DE SOLUCION EN LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA CANUTO DEL CANTON CHONE, PROVINCIA DE MANABI

Muestra No. 2

Solicitado Por: MINAYA MERO ERIKA XIMENA

En fecha: 02/02/2021

Dirección: EDAR PARROQUIA CANUTO

Población: Canuto

Provincia: MANABÍ

Fuente: Afluente de laguna de oxidación

Fecha y hora de muestreo: 04/01/20 12H:00

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

| PARAMETROS | UNIDAD | METODO | RESULTADO | LIMITE DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE, TABLA 9 YUASMA | |
|-----------------------------|--------|------------------------|-----------|--|-------|
| PARAMETROS FÍSICOS | | | | | |
| pH | --- | 4500-H ⁺ B | 7.31 | 6 - 9 | |
| Conductividad Eléctrica | µS/cm | 2510B | 2221 | -- | |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/L | JF-AF-04 | 1184 | -- | |
| Sólidos Suspendedos Totales | mg/L | 2540D | 114 | 130 | |
| Sólidos Sedimentables | ml/L | 2540F | 5 | -- | |
| PARAMETROS QUÍMICOS | | | | | |
| Fosfatos | mg/L | 4500-P | 5.02 | 10 | 5.27 |
| Nitratos | mg/L | 4500-NO ₃ E | 21.6 | -- | 23.2 |
| Nitritos | mg/L | 4500-NO ₂ B | 0.0017 | -- | 0.002 |
| N Amoniacal | mg/L | 4500 NH ₃ C | 3.77 | 30 | 4.0 |
| Nitrógeno Total | mg/L | 4500 N D | 25.6 | 50 | 28.8 |
| METALES PESADOS | | | | | |
| Cobre | mg/L | 3111B Cu | 0.001 | 1.0 | |

| | | | | |
|----------|------|-----------|--------|-------|
| Cromo | mg/L | 3111B Cr | 0.14 | 0.5 |
| Mercurio | mg/L | 3500 Hg | 0.0 | 0.005 |
| Plomo | mg/L | 3500 Pb B | 0.0001 | 0.2 |

PARAMETROS ESPECIALES

| | | | | | |
|-----------------------------------|------|----------|------|-----|------|
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 4500-O G | 0.70 | -- | 0.73 |
| DQO | mg/L | 5220 D | 180 | 200 | |
| DBO ₅ | mg/L | 5210 D | 132 | 100 | |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | mg/L | 6440 B | | 20 | |

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

| | | | | |
|--------------------|-----|--------|--------------------|---------------------|
| COLIFORMES FECALES | NMP | 9221 F | 18X10 ³ | 2 X 10 ³ |
|--------------------|-----|--------|--------------------|---------------------|

Atentamente


Dr. José Farfán Ubillús