



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA BIOFISICO DEMOSTRATIVO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE LAS DESCARGAS DE ALCANTARILLADO DEL BARRIO SAN MIGUEL DE LA HUECA DEL CANTÓN CENTINELA DEL CONDOR”.

Tesis de grado previo a la obtención del título de ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

AUTOR.

Vinicio Salvador Sarango Sarango.

DIRECTOR:

Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde Mg. Sc.

ZAMORA – ECUADOR

2016

CERTIFICACIÓN

Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde. Mg. Sc.

DOCENTE DE LA MODALIDAD DE ESTUDIOS PRESENCIAL DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DEL PLAN DE CONTINGENCIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, SEDE ZAMORA.

CERTIFICO:

Que el presente trabajo de titulación denominado: **“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA BIOFISICO DEMOSTRATIVO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE LAS DESCARGAS DE ALCANTARILLADO DEL BARRIO SAN MIGUEL DE LA HUECA DEL CANTÓN CENTINELA DEL CONDOR”**, desarrollado por el Sr. Vinicio Salvador Sarango Sarango, ha sido elaborado bajo mi dirección y cumple con los requisitos de fondo y de forma que exigen los respectivos reglamentos e instructivos.

Por ello autorizo su presentación y sustentación

Zamora 07 de Noviembre de 2016

Atentamente




Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde. Mg. Sc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORÍA

Yo **Vinicio Salvador Sarango Sarango**, declaro ser autor del presente trabajo de Tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

AUTOR: Vinicio Salvador Sarango Sarango.

FIRMA:  _____

CEDULA: 1900704329

FECHA: Loja, 12 de diciembre del 2016

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, **VINICIO SALVADOR SARANGO SARANGO**, declaro ser autor de la tesis titulada “**DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA BIOFISICO DEMOSTRATIVO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE LAS DESCARGAS DE ALCANTARILLADO DEL BARRIO SAN MIGUEL DE LA HUECA DEL CANTÓN CENTINELA DEL CONDOR**”, como requisito para optar por el grado de: **INGENIERO EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital Institucional, en la redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Zamora, a los 12 días del mes de Diciembre del dos mil dieciséis, firma el autor:

AUTOR: Vinicio Salvador Sarango Sarango.

FIRMA:  _____

CÉDULA: 1900704329

DIRECCIÓN: Zumbi, Barrio San Miguel de la Hueca, Calle Principal vía Zumbi.

CORREO ELECTRÓNICO: edgar.sarango@yahoo.es

TELEFONO CELULAR: 0988058769

DATOS COMPLEMENTARIOS

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Galo Enrique Ramos C, Mg. Sc.

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Osmani Eduardo López Celi, Mg.Sc. (Presidente)

Ing. Fausto Ramiro García Vasco, Mg. Sc. (Vocal)

Ing. Hilter Farley Figueroa Saavedra, Mg. Sc. (Vocal)

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a:

A Dios el padre todopoderoso por acompañarme, darme valor, fuerzas y entusiasmo en cada una de mis sendas logradas.

A mis queridos padres José Sarango y Luisa Sarango que con su esfuerzo y trabajo han logrado sacarme adelante, gracias a su comprensión cariño y consejos que me brindaron todos los días en las etapas de mi vida.

A mis hermanos Steven y Kevin por darme la fortaleza y apoyo todos los días en mi etapa de estudio y proceso de aprendizaje.

A mis familiares y amigos que supieron brindarme excelentes consejos para seguir adelante en mis estudios durante el periodo de vida estudiantil.

Vinicio Sarango

AGRADECIMIENTO

La gratitud es un valor esencial que posee el ser humano, por ello quiero iniciar con un agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, al Plan de contingencia, al Área Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables, a la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, a las dignísimas autoridades tanto administrativas como académicas quienes me han dado la oportunidad de superarme y llegar a hacer un excelente profesional.

Agradezco al Padre Bendito por concederme una buena inteligencia y don para vencer todos mis problemas que se presentaron en el transcurso de mis metas logradas.

Agradecer a mis padres por sus consejos intelectuales quienes me han guiado a ser una persona responsable y de bien.

Con un gran afecto así mismo quiero agradecer al Coordinador de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente en la sede Zamora el Ing. Osmani López Mg.Sc. quien ha sido una persona responsable y amable y ha hecho lo posible para que el proceso de titulación se lo lleve a cabo de la mejor manera.

Agradecer a mi tutor de tesis el Ing. Galo Ramos Mg.Sc. por regalarme sus sabios consejos que me guiaron a cumplir mis objetivos planteados en mi proyecto de investigación y con el don de cumplir mi propósito deseado.

Brindar también un agradecimiento a los moradores del barrio San Miguel de la hueca por permitirme que realice mi proyecto de investigación.

Vinicio Sarango

1 TITULO

“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA BIOFÍSICO DEMOSTRATIVO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE LAS DESCARGAS DE ALCANTARILLADO DEL BARRIO SAN MIGUEL DE LA HUECA DEL CANTÓN CENTINELA DEL CÓNDOR”.

2 RESUMEN

Se diseñó, se implementó y se evaluó un sistema de tratamiento biofísico demostrativo para tratar las aguas residuales del barrio la Hueca perteneciente al cantón Centinela del Cóndor, para lo cual se inició con la identificación de la descarga, luego con la medición de caudales por una semana, aplicando el método volumétrico, después se determinó el pH y la temperatura, posteriormente se realizó la caracterización física química y microbiológica de una muestra de agua residual tomada in situ. De igual forma se continua con el diseño del sistema aplicando formulas de la ingeniería civil y utilizando el programa AUTO CAD, luego se procedió con la construcción y funcionamiento del sistema con la utilización de la planta acuática “Helecho de agua” el cual posee un potencial remediador en aguas residuales, se realizó un monitoreo a la especie durante 2 meses 8 días, y por último se realizó el análisis final del agua residual tratada. Finalmente se obtiene los resultados iniciales por el laboratorio en el cual muestran a los parámetros que están fuera del límite máximo permisible que son: Solidos suspendidos totales, fosforo, DBO, aceites y grasas, tensoactivos, y coliformes fecales. Mientras que a través de la implementación del sistema de tratamiento los resultados finales que obtuvo el laboratorio muestran a los parámetros antes mencionados han sido removidos y cumplen con el límite máximo permisible del Acuerdo Ministerial 097.

En conclusión se obtiene una remoción y una degradación del 20% en el DQO, por el DBO el 23,08% y en coliformes fecales el 44,83 %. Esto se debe al diseño bien formulado que como resultado se obtuvo que el 94,44% del sedimento será retenido en el tanque sedimentador mientras que el 5,44% pasara al sistema de filtración.

2.1 SUMMARY

A demonstrative biophysical treatment system was designed, implemented and evaluated to treat the wastewater of the Hueca neighborhood that belongs to Centinela del Condor canton. For which it was initiated with the identification of the discharge, then with the measurement of flow rates for a week, applying the volumetric method, the Ph and temperature were determined, after the physical, chemical and microbiological characterization of a water residual sample in situ. In the same way, the design of the system was continued using civil engineering formulas using the AUTO CAD program, then proceeded with the construction and operation of the system with the use of the aquatic plant "Water fern" which has a potential in sewage, this specie was monitored for 2 months, 8 days, and by last the final analysis of the treated waste water was carried out. Finally, the initial results are obtained by the laboratory in which the parameters that are outside of the maximum permissible limit are: Total suspended solids, phosphorus, BOD, oils and fats, surfactants, and fecal coliforms. While through the implementation of the treatment system, the results obtained by the laboratory show that the parameters mentioned above have been removed and comply with the maximum permissible limit of the Ministerial Agreement 097.

In conclusion, a 20% removal and degradation was obtained in the COD, by the BOD of 23.08% and in the fecal coliforms of 44.83%. This is due to the well-formulated design, which resulted in 94.44% of the sediment being retained in the sedimentation tank while 5.44% was passed to the filtration system.

3 INTRODUCCIÓN

El barrio San Miguel de la Hueca perteneciente al cantón Centinela del Cóndor, está conformada por una población de 178 habitantes, cuenta con un sistema de alcantarillado donde descargan las aguas residuales el cual vierte directamente al Rio Zamora sin ningún tratamiento; Provocando una contaminación severa al ambiente del sector; Esta agua residual al no recibir un tratamiento adecuado altera la calidad del agua del Rio Zamora y las propiedades físicas químicas y microbiológicas, afectando a la flora y fauna que existe en el barrio generándose un foco de infecciones que pueden ocasionar enfermedades a las personas expuestas a este recurso hídrico contaminado.

Por estas razones se ha diseñado, implementado y evaluado un sistema biofísico demostrativo. El proceso de este sistema consiste en descontaminar el agua residual a través de un proceso físico + biológico, para que de esa manera las propiedades del agua residual cumplan con los límites máximos permisibles establecido por el Acuerdo Ministerial 097.

La importancia de esta investigación radica en contribuir al saneamiento ambiental del sector antes mencionado. Utilizando procesos asociados, físicos y biológicos; empleando la especie helecho de agua que tiene un alto nivel fitorremediador y reducir con ello los contaminantes que alteran las propiedades físicas químicas y biológicas.

Los resultados de la implementación de este diseño demuestra que el sistema contribuye a la descontaminación beneficiando directamente a la población de la comunidad, así como también a las instituciones del estado tales como el Ministerio del Ambiente y el GAD Municipal de Centinela del Cóndor quienes

tienen la competencia de evitar y controlar la contaminación de los poblados, por otro lado ayuda al cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

Para el cumplimiento de este estudio se plantea el siguiente objetivo general “Contribuir a la descontaminación de las aguas residuales domésticas, a través del diseño, implementación y evaluación de un sistema biofísico demostrativo en el Barrio San Miguel de la Hueca del cantón Centinela del Cóndor”

Los objetivos específicos son: Diagnosticar el estado actual de las aguas residuales domésticas del barrio San Miguel de la Hueca y Diseñar, e implementar y evaluar un sistema biofísico demostrativo para el tratamiento de aguas residuales domésticas del barrio la Hueca.

4 REVISION DE LITERATURA

4.1 Marco Conceptual

4.1.1 El agua

Se la considera como un elemento indispensable para la vida.

4.1.1.1 *Conceptualización*

Contreras et al. (2008), sustenta: “El agua es un recurso natural no renovable importante para los seres vivos, es parte esencial de hombres animales y plantas, en cuyos cuerpos, aproximadamente, el 72% de su peso corporal está constituido por agua” (p. 2).

4.1.1.2 *Contaminación del agua*

Según el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2015) mediante el Acuerdo Ministerial 097 define: “la contaminación del agua es la alteración de las características físicas, químicas y biológicas, en concentraciones tales que la hacen no apta para el uso deseado, o que causa un efecto adverso al ecosistema acuático, seres humanos y al ambiente en general” (p.3).

4.1.1.3 *Carga del contaminante*

Según el MAE, (2015) a través del Acuerdo Ministerial 097 define: la carga de un contaminante “es la cantidad de un contaminante aportada en una descarga de aguas residuales, presente en un cuerpo receptor expresada en unidades de masa por unidad de tiempo” (p.2).

4.1.1.4 Carga máxima permisible en el agua

El MAE, (2015) por medio del Acuerdo Ministerial 097 afirma: “la carga máxima permisible presente en el agua es el límite de carga de un parámetro que puede ser aceptado en la descarga a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado” (p.2).

4.1.1.5 Capacidad de autodepuración en el agua

Revista Ambientun, (2002) establece: “La autodepuración de las aguas es un conjunto de fenómenos físicos, químicos y biológicos, que tienen lugar en el curso del agua de modo natural y que provocan la destrucción de materias extrañas incorporadas a un río” (p.2).

4.1.1.6 Criterio de la calidad del agua

El MAE, (2015) mediante el acuerdo Ministerial 097 menciona: “el criterio de calidad del agua es la concentración numérica o enunciado descriptivo recomendado sobre parámetros físicos químicos y biológicos para mantener un determinado uso benéfico del agua” (p.3).

4.1.2 Aguas residuales

Consideradas como aguas negras o grises producto de diferentes tipos de actividades domésticas.

4.1.2.1 Conceptualización

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, (OEFA, 2014) define a Las aguas residuales “como aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas, que por su calidad requieren un

tratamiento previo, antes de ser reusadas vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado” (p. 6).

4.1.2.2 Tipos de aguas residuales

Las aguas residuales se las clasifica en las siguientes categorías:

4.1.2.2.1 Aguas residuales urbanas

Torres s/f. (citado por Poveda O., 2014) menciona que las aguas residuales urbanas “Son aquellas que arrojamos por nuestros desagües. Contienen restos de alimentos, detergente, orinas, excrementos, jabón, etc. Son altamente infecciosas y pueden producir enfermedades” (p.34)

4.1.2.2.2 Aguas de origen industrial

Torres s/f. (citado por Poveda O., 2014) define las aguas industriales como “aquellas derivadas de procesos industriales ya sea de fabricación o de lavado de materiales. Pueden contener gran variedad de elementos dependiendo del tipo de industria; como solventes, grasas, metales, barros, colorantes, etc. Por lo tanto son de peligrosidad variable” (p.34).

4.1.2.2.3 Aguas de origen agrícola

Torres s/f. (citado por Poveda O., 2014) afirma que las aguas de origen agrícola “son los que tienen contaminantes provenientes de la utilización de productos químicos tales como: fertilizantes, pesticidas, herbicidas, insecticidas y residuos orgánicos. La mayoría productos de alta toxicidad” (p.34).

4.1.2.3 Descarga de aguas residuales

Según el MAE, (2015) a través del Acuerdo Ministerial 097 define “la descarga de aguas residuales es la acción de verter aguas residuales a un sistema de alcantarillado o cuerpo receptor” (p.3).

La descarga de aguas residuales se clasifican en:

4.1.2.3.1 Descarga puntual

MAE, (2015) por medio del Acuerdo Ministerial 097 menciona: “la descarga puntual es cualquier fuente definida de la cual se descargan o pueden descargarse contaminantes” (p.3).

4.1.2.3.2 Descarga no puntual

MAE, (2015) mediante el Acuerdo Ministerial 097 define: “la descarga no puntual es aquella que no se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo receptor, tal es el caso de descargas provenientes de escorrentía pluvial, escorrentía agrícola u otros similares” (p.4).

4.1.2.4 Muestreo de aguas residuales

MAE, (2015) por medio del Acuerdo Ministerial 097 afirma: “que un muestreo de aguas residuales es el proceso de tomar una porción, lo más representativa de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas” (p.5).

Al muestreo de aguas residuales se lo clasifica en dos partes:

4.1.2.4.1 Muestreo simple

Sette, (2003) menciona que un muestreo simple “da las características del agua residual en el momento en que la muestra es tomada. Se usa generalmente cuando el caudal del agua residual y su composición es relativamente constante, también cuando el flujo del agua es intermitente” (p. 78)

4.1.2.4.2 Muestreo compuesto

Un muestreo compuesto según Valencia, (2013) menciona:

Es una mezcla de varias muestras simples proporcionales al caudal instantáneo, recogidas en el campo de estudio pero en diferentes tiempo. Para tal efecto se recogen las muestras simples a intervalos en constantes de tiempos, por lo regular una hora, hasta lograr un tiempo total igual a 24 horas. (p.7)

4.1.3 Parámetros físicos de un agua residual

Son propiedades que posee un agua residual, con objeto de conocer si el valor de estos elementos se encuentra dentro del intervalo que marca la legislación vigente.

4.1.3.1 Sólidos totales

Glynn & Hein, (1999) mencionan: “Los sólidos totales (orgánicos más inorgánicos) de las aguas residuales son por definición los residuos que quedan una vez que la parte líquida se ha evaporado y el remanente se ha secado a peso constante a 103°C” (p.423).

4.1.3.2 Sólidos Suspendidos totales

Diccionario del Medio Ambiente, (2007) en su glosario menciona: los SST son los residuos filtrados del agua, desecados a la temperatura normalizada, después de haberlos lavado con un disolvente orgánico con el fin de eliminar aceites.

4.1.3.3 Temperatura

Ramos, y Villalobos, (2003) hacen mención que la temperatura “es una medida relativa de la cantidad de calor contenida en el agua residual. Esta propiedad termodinámica influye notablemente en las características físicas, químicas, y biológicas de los cuerpos de agua” (p.74).

4.1.4 Parámetros químicos de un agua residual

Son elementos que la conforma un agua residual y son examinados con coagulantes para comprobar su estado de contaminación.

4.1.4.1 Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)

Rodríguez, (2003) afirma: “La Demanda Bioquímica de oxígeno se define como la cantidad de oxígeno utilizado por microorganismos heterótrofos, para transformar la materia orgánica metabolizable de la muestra a examinar, en anhídrido carbónico, agua y productos finales” (p.31).

4.1.4.2 Demanda química de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno según Rodríguez, (2006) afirma:

Es el consumo de oxígeno, mg/l en la oxidación total por vía húmeda de la materia carbonacea, presente en la muestra problema además la oxidación se facilita por la acción combinada de un oxidante fuerte, dicromato en medio

sulfurico y a temperatura elevada durante un tiempo suficiente para completar la oxidacion. (p.110)

4.1.4.3 Grasas y aceites

La Secretaria de Comercio y Fomento Industrial, (2016) menciona que grasas y aceites “Son los compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal.” (p.3).

4.1.4.4 Potencial de hidrogeno

El potencial de hidrogeno según Contreras y Molero, (2011) afirman:

Es una medida de los iones de hidrogeno en la muestra. La determinación de este parámetro, suele llevar a cabo mediante un pHmetro. Las reacciones químicas que van a poder ocurrir en la muestra ya que muchas reacciones químicas son controladas por el pH, y de la actividad biológica de la muestra ya que dicha actividad suele quedar restringida a unos valores de pH comprendidos entre 6 y 8. (p. 177)

4.1.4.5 Nitrógeno total Kjeldahl

Camacho, (1998) hace mención “que el nitrógeno total presente en las aguas residuales puede clasificarse en tres grandes grupos: amoniacal, oxidado y orgánico. Las que tienen una mayor importancia en la depuración de aguas son el nitrógeno amoniacal y el orgánico” (p.13). Mientras que Cisneros, (2005) hace mención:

Al nitrogeno orgánico que se encuentra en las proteínas, en los acidos nucleicos y esta presente en los desechos domesticos y agricolas, mientras

que el nitrógeno amoniacal es el contaminante nitrogenado que se encuentra con mayor frecuencia en el agua. Así mismo el nitrógeno oxidado se entiende por la suma de los nitritos y nitratos expresados como nitrógeno (p.67- 68)

4.1.4.6 Fosforo

El contenido de fósforo en las aguas residuales es de gran interés, este elemento constituye un factor imprescindible para la vida de los organismos acuáticos al formar parte de su estructura. La presencia de compuestos de fósforo en cursos receptores induce el crecimiento de algas y otros organismos biológicos que afectan la calidad de las aguas, ya que pueden ser el origen de toda una secuencia de fenómenos (Menendez y Perez, 2007).

Además la aparición de color o sabor desagradables que genera la presencia del fósforo, al morir las algas que crecieron por la presencia de fósforo, ocasionan una contaminación de carácter orgánico (Russell David L, 2006 citado por Muñoz, 2011).

4.1.4.7 Sulfatos

Lara, (2010) menciona que el sulfato es:

Un ion común en aguas residuales que requiere para la síntesis de proteínas y se libera en su composición en condiciones anaerobias originan problemas de olor y corrosión en los sistemas de alcantarillado. En digestores los lodos los sulfatos son reducidos a sulfuros y el proceso biológico se deteriora si la concentración de sulfuros es mayor a 200 mg/l. las bacterias anaerobias reductoras de sulfatos utilizan el oxígeno de los sulfatos y producen ácido

sulfhídrico o sulfuro de hidrogeno, en el alcantarillado el ácido sulfhídrico es oxidado por las biopelículas formadas en las paredes de los tubos en sulfuros la formación de este elemento puede causar daños de corrosión y rotura en los tubos de concreto de alcantarillado. (p.22)

4.1.4.8 *Tensoactivos*

Los Tensoactivos o agentes de actividad superficial, son moléculas orgánicas grandes que se componen de un grupo fuertemente hidrofóbico (insoluble en agua) y otro fuertemente hidrófilo (soluble en agua), su fuente de origen son los detergentes usados en diferentes actividades. Los tensoactivos tienden a acumularse en la superficie de las aguas y formar capas de espumas, algunos de estos tensoactivos son muy resistentes a la descomposición por medios biológicos (Metcalf & Eddy, 1996 citado por Valencia 2013).

4.1.5 *Parámetros biológicos del agua residual*

Se los analiza como indicadores de contaminación productores de enfermedades a la salud humanitaria.

4.1.5.1 *Coliformes fecales*

Los coliformes fecales según Valencia, (2013) sostiene:

Son los microorganismos patógenos que existen en las aguas residuales y que son pocos y difíciles de identificar, por esta razón se utiliza los microorganismos coliformes como un organismo indicador de contaminación o presencia de organismos productores de alguna enfermedad. (p.4)

Dentro de los coliformes fecales existe la presencia de microorganismos patógenos como bacterias, protozoos y virus de los cuales se los detalla a continuación:

4.1.5.1.1 Bacterias

Las bacterias según Marín, (2003) sustenta:

Las aguas residuales suelen ser ricas en bacterias de la putrefacción. Entre las bacterias propias del agua urbana pueden citarse las *Pseudomonas (Fluorescens y aeruginosa)*, *Proteus vulgaris*, *Bacillus cereus*, *Aerobacter cloacas* y *Zooglea ramigera*. Es usualmente encontrar altas cantidades de *Enterobacteriaceas* ligadas a las deyecciones humanas *Escherichia coli*, *Aerobacter, aerogenes* y *Streptococcus faecalis*. Son importantes las bacterias vaginadas ricas en contenido orgánico como la *Sphaerotilus natans* esta bacteria forma típicas capas más o menos densas sobre el fondo de aguas muy sucias, denominándose por ello “*hongo de las aguas residuales*” en ríos y aguas contaminadas se acumula formando filamentos que se expansionan rápidamente sobre todo si la temperatura del agua oscila entre 5°C a 20°Cy el pH se encuentra entre 6 y 9 (p.101)

4.1.5.1.2 Protozoos

Los protozoos según Manahan, (2007) señala:

Son animales microscópicos que residen en células simples eucariotas. Los numerosos tipos de protozoos se clasifican con base en su morfología o estructura física, medios de locomoción (flagelos, cilios, pseudopodia),

presencia o ausencia de cloroplastos, presencia o ausencia de cubierta, capacidad de formar quistes. (p.104)

4.1.5.1.3 Virus

Espigares y Pérez (2016) mencionan que los virus “son los que proceden de la excreción, por parte de individuos infectados, ya sean humanos o animales. Poseen la capacidad de adsorberse a sólidos fecales y otras materias particuladas, favoreciendo de esta forma su supervivencia durante tiempos prolongados en las aguas residuales” (p. 18).

Tabla 1: *Tiempo de supervivencia de los organismos patógenos.*

ORGANISMO PATÓGENO	TIEMPO DE SUPERVIVENCIA (DÍAS)		
	AGUA RESIDUAL Y DULCE	CULTIVOS	SUELO
Bacterias	<60 más común <30	<30 más común <15	<120 más común <10
Coliformes fecalis			
Salmonella (spp)	<60 más común <30	<30 más común <15	<120 más común <50
Shigella	<30 más común <10	<10 más común <5	<120 más común <50
Vibrio Cholere	<30 más común <10	<5 más común <2	<120 más común <50
Protozoos	<30 más común <15	<10 más común <2	
lumbricoides,	Muchas veces	<60 más común <30	<Muchas veces
Virus	<120 más común <30	<60 más común <15	<100 más común <20.
Enterovirus			

Fuente: Muir (citado por León y Peralta, 2009)

4.1.6 Sistema de tratamiento de aguas residuales

Entre los principales tratamientos de aguas residuales se reconocen los siguientes:

4.1.6.1 Pretratamiento

Al respecto el pretratamiento es considerado para retener los sólidos gruesos.

Por ello el pretratamiento según Pozo, (2014) lo considera:

Como la etapa donde se pretende la eliminación de elementos gruesos, cuerpos gruesos y arenas cuya presencia en el efluente perturba el tratamiento sistémico y el funcionamiento eficaz de las maquinas, equipos e instalaciones de la estación depuradora. (p.35)

4.1.6.2 Tratamiento Primario

Al tratamiento primario según Ramírez y Mendoza, (2005) lo consideran:

Como la remoción de material coloidal y en suspensión mediante su separación por efecto de la gravedad; las partículas son sedimentadas o puestas a flotar para lograr su separación del líquido. El objetivo del tratamiento primario es el de producir un efluente clarificado y obtener un lodo sedimentado con una concentración de sólidos tal que pueda ser manejado con facilidad. (p. 115)

4.1.6.2.1 La sedimentación

Esta fase se encuentra dentro del tratamiento primario por ello Silva, (2015) afirma:

Que la sedimentación es la separación de los componentes del agua una fase sólida, que corresponde a los fangos y que está formada por partículas de sólidos suspendidos más pesados que el agua, que, por gravedad se depositan en el fondo, y una fase líquida formada por el agua y compuestos en disolución. (p.26)

4.1.6.2.2 Flotación y filtración

Dentro del tratamiento primario se tiene el proceso de flotación y filtración que de acuerdo Silva, (2015) menciona:

Que tanto la flotación como el proceso de filtración son una alternativa a la sedimentación, de aguas residuales, La flotación puede eliminar más de un 75 % de los sólidos en suspensión. Así mismo la Filtración es la operación que permite la eliminación de sólidos en suspensión, procedentes las aguas después del tratamiento y sedimentación biológica, así como de la precipitación química. (p.26)

4.1.6.3 Tratamiento Biológico

También considerados como tratamientos secundarios en donde se da un manejo adecuado al agua residual con la utilización de plantas acuáticas sumergidas y flotantes o a su vez mediante proceso químicos.

Dentro de este tratamiento se encuentran los Lagunajes, y los humedales

4.1.6.3.1 Lagunajes

Los Lagunajes según Espinoza y Peralta, (2009) mencionan:

Se aplica a núcleos de población superiores a los 200 habitantes, siempre que se disponga de una superficie de terreno de al menos 6,5 m²/hab este tipo de tratamiento tratan de que las aguas residuales crudas, mediante la interacción de la luz solar, viento y algas con o sin la ayuda de un equipo de aireación mecánica. (p.32)

4.1.6.3.2 Humedales

“Los humedales son desarrollados como un tratamiento secundario y ha demostrado ser eficiente en la remoción de sustancias orgánicas así como de nutrientes” (Novotny citado por Celis et al. 1994. P. 33).

Los humedales suelen clasificarse en:

Humedales naturales

Espinoza y Peralta, (2009) menciona: “los humedales naturales son las formaciones en las que el ser humano vierte las aguas residuales con la finalidad de darle un tratamiento a estos desechos” (p.34).

Humedales artificiales

Moreno et al. (2003) Hace mención a “los humedales artificiales que procuran idéntica capacidad de tratamiento que los naturales, con la ventaja añadida de que al formar parte del sistema proyectado, no están sujetos a las limitaciones de vertidos a ecosistemas naturales, suelen tener en el fondo un lecho de gravas para el desarrollo de las plantas que constituyen el principal agente depurador” (p.22)

4.1.7 Diseño para calcular la velocidad de sedimentación

El sitio web miliarium, (2016) hace conocer que para calcular la velocidad de sedimentación se debe aplicar la siguiente formula:

$$v_s = \left(\frac{\rho_{arena} - \rho_{agua}}{u} \right) (D_p)^2$$

Donde:

Vs: velocidad de sedimentación (m/s)

D: diámetro de la partícula (m)

G: aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

ρ_a : densidad de la partícula (kg/m³)

P: densidad del agua (kg/m³)

Esta fórmula está en función al número de Reynolds aplicado en hidráulica aplicada. En otra parte el tamaño de partículas sobre un alcantarillado es de un rango 0,01 0,02 y de 0,03 mm.

4.1.8 Plantas acuáticas remediadoras en aguas residuales

Existe un sinnúmero de especies acuáticas con potencial fitorremediador entre ellas las más reconocidas, buchón de agua, lentejas de agua, helechos de agua carrizos y lechugas de agua.

Este tipo de plantas suelen clasificarse algunas como:

4.1.8.1 Flotantes

Que según León y Lucero, (2009) afirman:

Que son aquellas que tienen sus partes sintetizadoras sobre la superficie y sus raíces se extienden hacia debajo de la columna de agua. Las raíces no solo sirven para extraer nutrientes de agua sino además sirven de sustrato para bacterias y como el sistema de adsorción de sólidos suspendidos. Impiden la penetración de luz evitando que crezcan algas en la profundidad. Entre las plantas flotantes podemos encontrar al jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*); helechos de agua (*Salvinia sp* y *Azolla sp*) lechuga de agua (*Pistia sp*) y lentejas de agua (*Lemna sp*, *Wolffia sp*, *Wolffiella sp*) (p.35).

4.1.8.2 Emergentes marginales

Cirujano y Medina, (2002) mencionan:

que la plantas emergentes son plantas ligadas al medio acuático aunque pueden pasar una parte de su ciclo biológico sumergidas finalmente producen tallos hojas y flores emergentes, es decir la parte inferior puede estar inmersa en el agua, pero el resto está en contacto con el aire es el caso de los carrizos. (p.118)

4.1.9 Planta útil para el sistema tratamiento a implementar

La planta a utilizar para la presente investigación fue: la especie helecho de agua *Azolla Caroliniana*, el mismo que se describe a continuación su taxonomía:

4.1.9.1 Taxonomía de la *Azolla Caroliniana* (helecho de agua)

Reino: Plantae

División: Pteridophyta

Clase: Filicopsida

Orden: Salviniales

Familia: Azollaceae

Género: *Azolla*

Epíteto específico: *Filiculoides*

Nombre Científico: *Azolla Caroliniana* Lam.

Nombre común: Helecho de agua, *Azolla*, Doradilla, Yerba de agua, helecho de pato. (Carrapico et al, 2001 citado por Ramos, 2012 p.14)



Fotografía 1. *Azolla Caroliniana* “helecho de agua”

Fuente: Trujillo, (2012 p.5)

4.1.9.2 Descripción de la especie

“El género *Azolla* corresponde a diminutos helechos acuáticos, que flotan libremente en la superficie del agua, es decir plantas pequeñas, acuáticas, flotantes, con numerosas raíces. Originaria de América del Norte y Centroamérica.” (Cabezas citado por Poveda, 2014 p.17)

4.1.9.3 Características Morfológicas

“Es una planta con raíces que cuelgan hacia abajo en el agua. Cada hoja es bilobulada, el lóbulo superior contiene clorofila verde mientras que el lóbulo inferior es incoloro”. (Ly, s/f.p.18). Este helecho tiene la habilidad de fijar nitrógeno atmosférico gracias a su asociación en simbiosis con una cianobacteria que lo fija, *Anabaena azollae* (Peters et al.1982, y Calvert et al.1985 citado por Trujillo 2012 p.8).

La *Anabaena azollae* que vive en las cavidades de las frondas del helecho, es capaz de usar su propia energía fotosintética para fijar nitrógeno atmosférico y producir amonio, lo que es aprovechado para la Azolla para cubrir sus propios requerimientos de nitrógeno. Aun así, algunos factores ambientales tales como las condiciones del suelo y del agua, así como las técnicas de cultivo, influyen de una forma importante en el contenido de nutrientes de la Azolla (Naegel, 1998 citado por Trujillo 2012 p.8)

4.1.9.4 Hábitat

La Azolla para que se desarrolle y mantenga el sistema simbiótico en buenas condiciones, es necesario que se cumplan los siguientes factores temperatura, pH, agua, iluminación. En primer lugar la temperatura puede soportar un rango bastante amplio, pero no resiste temperaturas inferiores a 0°C o superiores a 35°C. En segundo lugar el pH presenta valores de entre 6 y 7 los más adecuados. Mientras que el agua es un factor importante debido a que el helecho es sensible a la desecación. Por último la iluminación no presenta problemas con respecto a la luz. En conclusión la Azolla se mantiene en condiciones sombreadas mientras que con la luz directa del sol sus hojas llegan a tornarse de color rojizo debido al pigmento de antocianina. (Cabezas citado por Poveda, 2014 p.18)

4.1.9.5 Requerimientos Nutricionales

Los requerimientos nutricionales según Ly, (2005) citado por León y Peralta, (2009) mencionan:

La concentración de fósforo será esencial para el crecimiento de la Azolla; incidiendo de manera directa en el crecimiento de la planta que puede fijar más nitrógeno; de acuerdo a este estudio la absorción de nitrógeno en forma

de nitratos es más eficiente en relación a los nitritos. Para algunos investigadores como Valderrama *et al.* 2005 (citado por León y Peralta, 2009) señalo que este helecho de agua consume de mejor manera los nitratos que los nitritos, dejando para ultima instancia la reserva de nitritos los cuales para ser consumidos necesitan ser transformados a nitratos. (p.120)

4.1.9.6 Reproducción

Cabezas (citado por Poveda , 2014) afirma “la Azolla duplica su peso cada 17 días en promedio y durante 3 meses que es su ciclo de vida siempre que las condiciones medio ambientales sean favorables.” (p.19)

4.1.9.7 Uso

Cabezas (citado por Poveda, 2014) menciona:

Sirve como Bio-abono para los cultivos especialmente en cultivos de arroz. Esta especie por su naturaleza es un hiperacumulador de N₂ mediante el proceso de FBN (Fijación Biológica de Nitrógeno). Es utilizado como fuente de alimentación para cuyes, conejos, gallinas; por sus valores significativos de proteína, además el helecho contribuye al control de plagas acuáticas puesto que en reservorios de agua puede llegar a cubrir toda la superficie bloqueando así el paso de luz y con ello el desarrollo de otros cultivos acuáticos (p.19).

4.1.9.8 Cantidad de siembra adecuada para los sistemas de tratamiento

Jaramillo y Flores, (2012) mencionan en su estudio que para trabajar con macrófitas acuáticas es necesario colocar de 20 a 30 gramos de especie en recipientes de 30 cm de alto, de ancho y de profundidad. (p.56).

4.1.10 Estudios realizados con la especie *Azolla Caroliniana* “Helecho de agua”

Se detalla a continuación 2 estudios realizados con esta nueva especie, uno en el exterior y otro dentro del país. El primer estudio es de Trujillo (2012) realizado en Lima sobre la Comparación y Evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas”.

Su metodología consistió en construir 6 tanques para evaluar al helecho de agua, la lenteja y el Jacinto, construido los estanques se realizó la siembra de cada especie en los tanques junto con su testigo. Los resultados de esta investigación en cuanto al helecho de agua fueron: para el tamaño de la planta se obtuvo una dimensión de 4,0 cm el tamaño de la raíz de 2 a 5 cm. La capacidad de remoción utilizando *Azolla* fueron bajas para el N y altas para P. La relación de N/P en verano fue de 11:1 y en otoño (8°C a 17.5°C) de 8:1. Esto corrobora a lo mencionado, es decir a pesar de que la concentración de N fue mayor, no hubo altas remociones de este parámetro, debido a la baja concentración de P (p.216).

En el sistema por tandas y en el sistema continuo, el pH fluctuó de 7.0 a 8.0, siendo adecuado para el crecimiento de este helecho. Por lo tanto existió en el medio acuático, un predominio de ión amonio ya que el pH estuvo por debajo de 9.3 y la remoción de Amonio varió de un 81% a un 89%.

En este estudio, la capacidad de absorción de la *Azolla* tuvo un crecimiento óptimo, se estimó que 2mgN/d a bajos niveles de NTK, y de 5-6 mg N/d a altos niveles de NTK. La *Azolla Filiculoides* demuestra una remoción no muy significativa variando desde un 30% a un 57% debido a las bajas concentraciones de este parámetro, sin embargo en la época de invierno y con una concentración inicial de 5.29 mg/l (nivel máximo) alcanzó una remoción del 100%. Es decir la capacidad de remoción de NTK depende directamente de los niveles de concentración que exista en el medio acuático.

En verano (20°C a 25.4°C), la capacidad de remoción de la DQO por la *Azolla Filiculoides* fue más eficiente en un 52.5% que en otoño (8°C a 17.5°C) debido a la temperatura. La remoción de DBO₅ se debe en estos sistemas tratados con plantas acuáticas, a que las raíces densas proporcionan más sitios de adhesión para las colonias bacterianas degradadoras de materia orgánica y actúan como filtros de material particulado (p.218)

En el Sistema Continuo, la *Azolla* necesitó 11 días para adecuarse al medio instalado antes de su primera cosecha. La COP_A máxima fue de 250 g/d, es decir el crecimiento se desarrolló eficientemente en el estanque ubicado a la mitad de todo el sistema continuo, por lo que el promedio de la tasa de cosecha en los estanques restantes fue sólo de 53.3 g/d; es decir hubo mayor capacidad para remover nutrientes en una zona media del sistema, donde el helecho puede recibir compuestos químicos ya degradados listos para ser absorbidos

En el Sistema Continuo, se presentó una remoción del 10% en Nitrógeno Amoniacal y un 5% en Fósforo Total en el Sistema Continuo cubierto con *Azolla Filiculoides*. Las razones son las mismas que en el Sistema por Tandas.

El segundo estudio fue de León y Lucero, (2009) quienes realizaron un tratamiento unifamiliar en la provincia de Imbabura en el Cantón Cotacachi implementando tratamientos biológicos con tres especies acuáticas tales como la lenteja de agua, el helecho de agua y el jacinto de agua.

Este estudio muestra el comportamiento de cada especie en aguas residuales en lo que es permisibilidad para DQO según el TULAS, a pesar de ingresar el agua con grandes cargas de DQO, el tratamiento con especies de plantas acuáticas flotantes permite una remoción que logra ubicar a este parámetro por debajo de los límites permisibles. En el estanque 2 el DQO alcanza los niveles óptimos. Con lo cual se podría deducir, que para la remoción de este parámetro bastaría la superficie de tres estanques. En cada tratamiento se pudo determinar la remoción en los 12 parámetros como lo establece el TULSMAS obteniendo un resultado que la especie *Eichhornia crassipes* y la especie helecho de agua son especies acuáticas con mejor remediación en sistemas de tratamiento secundarios seguida de la *Lemma gibba* quedando como última opción la asociación.

4.2 Marco legal favorable

4.2.1 Constitución de la República del Ecuador

Según la Asamblea Nacional del Ecuador, (2008) en sus artículos planteados menciona:

En su artículo 12 sobre el derecho humano al agua que es de fundamental e irrenunciable por ello el agua se constituye el patrimonio nacional estratégico que es de uso público, inalienable, imprescriptible, y esencial para la vida.”(...), p 24

Ademas que en su Articulo 14 habla sobre el derecho que tiene la población a vivir en un ambiente sano ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay.” (...), p 24

Y por ultimo en el Articulo 314 menciona que el Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley. (p 149.)

4.2.2 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y aprovechamiento del agua (2014)

En esta ley en su artículo 80 menciona que queda prohibido el vertido directo e indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público (p. 53)

4.2.3 Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (Registro oficial Suplemento 418)

Según el MAE, (2015) mediante la codificación del Registro Oficial 418 referente a la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental establece los siguientes artículos:

En su articulo 6 que menciona la prohibición de descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las

aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades. (...) p. 2

Así mismo en el artículo 8 el Ministerio de Salud y del Ambiente en sus respectivas áreas tendrán como competencia, fijar el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor sea su origen. (p.2)

Y por último en su artículo 9 quien menciona que el Ministerio de Salud y el Ambiente tendrán su competencia, de supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley. (p.2)

4.2.4 Acuerdo Ministerial 097 Reforma al texto Unificado de legislación Secundaria del Medio Ambiente

Según el MAE, (2015) mediante el Acuerdo Ministerial 097 menciona lo siguiente:

“El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general” (p.1).

En el literal 5.2.4.9 del Acuerdo Ministerial 097 menciona las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en esta norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencia frente a cualquier situación que afecte su eficiencia.

4.2.4.1 *Tabla de límites máximos permisibles de un cuerpo de agua dulce.*

El MAE, (2015) por medio del Acuerdo Ministerial 097 en su anexo 1 pone a disposición una tabla de límites máximos permisibles de una descarga a un cuerpo de agua dulce los mismos que son avalados por la autoridad ambiental competente.

La tabla del Acuerdo Ministerial 097 se la describe a continuación:

Tabla 2: *Límites de descarga de 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	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	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 Kjedahl.	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 Hidrogeno	pH		6 – 9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Solidos Suspendidos totales	SST	mg/l	130
Solidos totales	ST	mg/l	1600
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			0,5
Tetracloruro carbono.	de	Tetracloruro carbono.	de	mg/l
				1,0

Fuente. MAE, (2015)

4.2.5 Acuerdo Ministerial 061 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria.

El MAE, (2015) en su Acuerdo Ministerial 061 hace mención a los siguientes artículos:

Art. 210 Prohibición.- De conformidad con la Normativa Legal vigente:

b) Se prohíbe la descarga y vertido que sobrepase los límites permisibles o criterios de calidad correspondientes establecidos en este Libro, en las normas técnicas o anexos de aplicación (p.47).

asi mismo en el Art.211.- se hace mención al tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales quien la Autoridad Ambiental competente en coordinación con la Agencia de Regulación y Control del Agua, verificara el cumplimiento de las normas técnicas en las descargas provenientes de los sistemas de tratamiento implementado por los Gobiernos Autónomos Descentralizados (p.47).

5 MATERIALES Y METODOS

5.1 Materiales y equipos de campo

Los materiales y equipos que se utilizó para desarrollar la ejecución del presente proyecto se los detalla a continuación:

5.1.1 Materiales y equipos que se utilizó para el diagnóstico de aguas residuales.

- Gps
- Cronometro
- Recipiente de 9 litros
- Libreta y hojas de registro
- Cámara fotográfica
- Frascos de 1 litro
- Guantes quirúrgicos
- Mascarilla
- Termómetro
- Peachimetro

5.1.2 Materiales de campo que se utilizó para la construcción del sistema biofísico demostrativo.

- Cemento
- Ladrillo
- Arena fina
- Arena gruesa
- Gravilla de 3/4
- Piedra
- Granillo
- Tubería pvc plastigama.

5.1.3 Materiales de campo que se utilizó para la evaluación del sistema.

- Balanza Gramera
- 1 cuadrante de 68x70cm
- Fichas de campo
- Cámara digital
- Guantes Quirúrgicos
- Frascos de 1 litro
- Hojas de papel bond
- Flexómetro

5.1.4 Materiales y equipos de oficina que se utilizó para la elaboración del proyecto de investigación.

- Computadora
- Calculadora
- Impresora
- Hojas papel bon A4
- Esferos
- Flas memori
- CDs

5.2 Métodos

5.2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El presente proyecto de investigación se lo desarrollo en el barrio San Miguel de la Hueca en la parroquia Panguintza en el cantón Centinela del Cóndor en la Provincia de Zamora Chinchipe. El área de estudio se encuentra localizada al Nor-Este de la Provincia de Zamora Chinchipe a una distancia de 29,2 km de recorrido por la troncal amazónica y a 10 minutos de camino desde la troncal en la parroquia Panguintza.

Coordenadas:

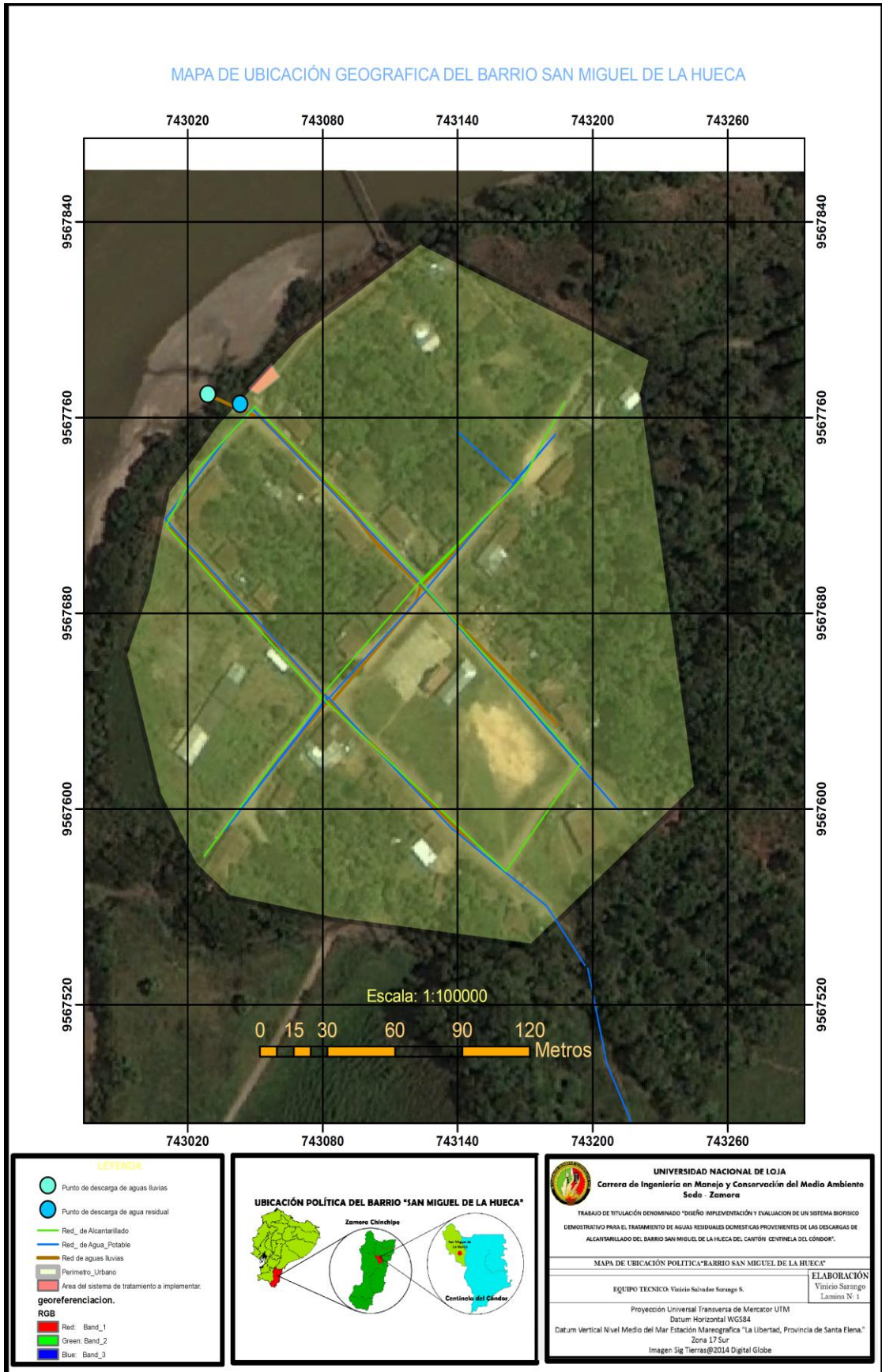
X: 743043

Y: 9567765

Altitud: 835 metros sobre el nivel del mar (msnm)

A continuación se presenta el mapa de ubicación geográfica del área de estudio.

Mapa 1. UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL BARRIO SAN MIGUEL DE LA HUECA.



5.2.2 Delimitación geográfica de la comunidad

El barrio San Miguel de la Hueca limita al norte con el río Zamora, al sur: con la cordillera sin nombre, al Este con la parroquia Zumbi y al oeste con el Barrio Chamico.

5.2.2.1 Información climática.

GAD PARROQUIAL PANGUINTZA, (2014) a través de la fuente MAGAP, 2012 menciona “El tipo de climas que presenta nuestra provincia y que se encuentra inmerso en la zona climática denominada: Tropical Mega térmico Húmedo esta región climática comprende las vertientes exteriores de las dos cordilleras” (p.38)

Cuadro 1. Caracterización climática parroquial.

Precipitación (mm) anual	2000-3000
Temperatura (°C)	28-22
Evapotranspiración (mm)	1237
Evaporación (mm)	1163
Humedad Relativa	> 90%
Índice de Humedad	0,412
Tipo de clima	Tropical Mega térmico Húmedo

Fuente: PDOT Panguintza, (2014)

5.2.2.2 Suelo

Los suelos de nuestra provincia de Zamora Chinchipe se caracterizan por ser pastizales, boscosos y en pequeñas cantidades cultivos agrícolas por ello:

El Gad Parroquial de Panguintza, mediante el Plan de Ordenamiento Territorial, (2014) afirma:

El uso y cobertura de suelo realizado en el año 2013 por el Ministerio del Ambiente (MAE) y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Piscicultura (MAGAP), mediante recorridos in situ y datos aplicados en el Sistemas de Información Geográfica (SIG-Arcgis 10x), se obtuvo el siguiente resultado del producto geográfico:

Cuadro 2. Cobertura y uso del suelo parroquial.

Unidad de uso o cobertura vegetal.	Año 2013 Ha.	%
Bosque	2866,67	64,05
Cuerpos de Agua	82,35	1,84
Otras áreas	32,13	0,72
Áreas agropecuarias	1471,31	32,87
Zonas Antrópica	12,60	0,28
Vegetación Arbustiva y Herbácea	10,87	0,24
Total	4475,93	100,00

Fuente: PDOT Panguintza, (2014)

5.2.2.3 Hidrología

Existen diversas fuentes hídricas en la Provincia de Zamora Chinchipe aprovechadas por las diferentes actividades que realiza el hombre, existiendo desinformación en algunos sectores de la provincia de como la están utilizando.

Por ello el Gad Parroquial de Panguintza, por medio del PDOT (2014) menciona:

Los cuerpos de agua son el recurso vital en la parroquia encontrándose en 1,84 %, distribuido en microcuencas y vertientes hídricas que desembocan en el río Zamora, así también se encuentran en vertientes hídricas secundarias como quebradas y riachuelos, las cuales son utilizadas por los habitantes para actividades de piscicultura, ganadería, agricultura, y de recreación, cabe indicar que también utilizan para actividades de minería para ciertos casos. (p.23)

5.3 Variables de estudio

5.3.1 Variable independiente

El sistema de tratamiento biofísico demostrativo para aguas residuales.

5.3.2 Variable dependiente

El nivel de descontaminación de las aguas residuales domesticas

5.3.3 Hipótesis Nula

El nivel de descontaminación de las aguas residuales no dependerá de la eficiencia del sistema de tratamiento combinado empleado en el estudio.

5.3.4 Hipótesis Alternativa

El nivel de descontaminación de aguas residuales dependerá de la eficiencia del sistema de tratamiento combinado.

Enfoque: Cuantitativo

Alcance del estudio: Descriptivo

5.3.5 Modelo estadístico

El diseño experimental utilizado en este estudio es el Chi cuadrado, cuyo fin es para conocer el rechazo o aceptación de las hipótesis. Para aplicar este proceso se emplea se la siguiente fórmula:

$$X^2 = \sum \frac{(F_o - F_e)^2}{F_e}$$

Donde:

X^2 es pronunciado como como chicuadrado.

Σ = Sumatoria

F_o = Frecuencia del valor observado

F_e = Frecuencia del valor esperado

5.4 Metodología del primer objetivo

Diagnosticar el estado actual de las aguas residuales domesticas del barrio San Miguel de la Hueca.

Se realizó un diagnostico referente a las aguas: producción, uso, manejo tratamiento servicios básicos.

Para el logro de esta actividad se realizó lo siguiente:

Recorrido de campo por el sector

Entrevistas realizadas

Con esta información recopilada se procede con la siguiente actividad.

5.4.1 Identificación del sitio de descarga y toma de datos en terreno.

Mediante un recorrido de campo por el barrio San Miguel de la hueca se identificó el punto de descarga de aguas residuales domesticas que proviene del

alcantarillado vertiendo de forma directa a la ribera del río Zamora, posteriormente con la utilización de un Gps se tomó datos en terreno como las coordenadas, la latitud y altitud.



Fotografía 2. *Identificación de la descarga y toma de datos.*

5.4.1.1 Medición del aforo por el método volumétrico.

Identificado el sitio de descarga y tomados los puntos con el Gps se realizó el aforo de agua residual por el lapso de una semana tres veces al día, con la finalidad de obtener un caudal promedio y conocer los valores del caudal máximo, medio y mínimo que vierte sobre la descarga. El aforo realizado tuvo la siguiente metodología:

Se introdujo un balde de 6 litros a la descarga midiendo el tiempo transcurrido desde que se metió el recipiente a la descarga hasta que se retiró de ella, este

procedimiento se repitió 6 veces hasta obtener un promedio total del tiempo. Posteriormente con la formula $Q = \text{Volumen} / \text{tiempo}$ que se utiliza en el método volumétrico se realizó el respectivo calculo expresándolo el resultado en l/s. este proceso se lo realizo durante los 7 días que tiene una semana.



Fotografía 3. Medición del caudal

5.4.1.2 Medición del parámetro físico y químico en campo

5.4.1.2.1 Temperatura.

Realizada la medición del aforo por el método volumétrico se procedió a tomar la temperatura del agua residual de la descarga con la utilización de un termómetro y un balde de 6 litros. El procedimiento fue el siguiente: se introdujo el recipiente de 6 litros sobre la descarga y se recogió una muestra de agua luego se procedió a agitar el termómetro e introducirlo al balde. Seguidamente el termómetro determina el grado de temperatura.

5.4.1.2.2 *Potencial de hidrogeno.*

Se procede a tomar el potencial de hidrogeno del agua residual con la utilización de un phi metro. Los pasos que se realizaron fueron: tomar una porción de agua residual sobre el balde de 6 litros, luego poner el phi metro sobre el agua y al minuto extraerlo, posteriormente en la barra de colores que refleja el pH se determina el grado de alcalinidad o acidez que se encuentra el agua residual.



Fotografía 4. *Medición de la temperatura y pH del agua residual.*

5.4.1.3 **Definición de horario para recolectar la muestra de agua.**

Medida la temperatura y el potencial de hidrogeno sobre el agua residual se ha definido un horario para la recolección de la muestra. El horario se dio en función a la mayor presencia de sedimentos dados en la mañana. Por ello la hora de recoger la muestra de agua será de 8: 00 a 9:00 am.

5.4.1.4 Compra de envases para recoger la muestra.

Definido el horario se realizó la compra de dos frascos esterilizados de un litro cada uno en la ciudad de Loja.

5.4.1.5 Preparación del envase

Realizada la compra de los envases de litro se inició con la preparación del envase que consistió en lavar con agua destilada para retirar el polvo y los residuos del material de empaque.



Fotografía 5. *Preparación de los envases.*

5.4.1.6 Recolección de la muestra del cauce principal

Terminada la preparación del recipiente se recolectó la muestra considerando las condiciones climáticas favorables. El procedimiento para la recolección fue el siguiente:

Se procedió ir al punto específico de la descarga con los dos recipientes de un litro destapados utilizando protección personal, llegado al punto de descarga se recogió del vertido una cantidad de 1000 ml en cada frasco.



Fotografía 6. *Materiales de protección útiles para la toma de muestra.*

5.4.1.7 Volumen de la muestra que se obtuvo sobre la descarga.

La cantidad de muestra recolectada en el campo fue de 2000 ml.

5.4.1.8 Tipo de muestra que se recolecto en el campo.

El tipo de muestra que se recolecto en campo sobre la descarga fue una muestra simple.

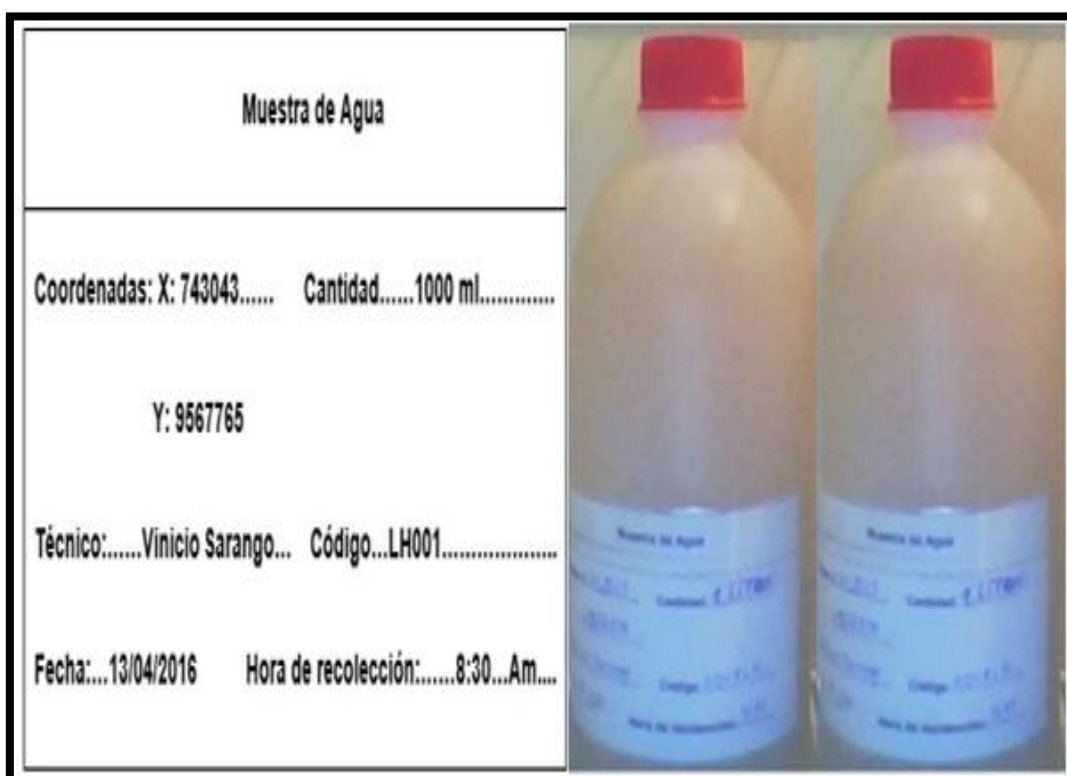
5.4.1.9 Elaboración de etiquetas para la muestra

Luego de haber obtenido la muestra se elaboró dos etiquetas para las dos muestras representativas en la cual se describió los siguientes datos: Código de

la muestra, nombre de quien la realizó, cantidad de la muestra, la fecha y la hora de la recolección, la identificación del punto de muestreo. (Ver anexo 1)

5.4.1.10 Etiquetado de la muestra

Una vez elaboradas las etiquetas son recortadas y pegadas con cinta adhesiva en los dos frascos con la finalidad de tener las muestras representativas y no exista perdida alguna durante él envió al laboratorio.



Fotografía 7. Etiquetado de muestras.

5.4.1.11 Conservación de la muestra de agua

La muestra de agua es conservada en un culer con hielo durante 4 horas.

5.4.1.12 Elaboración y descripción de parámetros en la cadena de custodia.

Se elaboró una cadena de custodia describiendo datos como: Nombre del laboratorio, Dirección, Contactos telefónicos, Requerimientos de análisis, el Ruc, Nombre del responsable del muestreo, Nombre del Proyecto, firma fecha y observaciones. (Ver anexo 2) Posteriormente en la parte de requerimientos y análisis se describe los 10 parámetros que se requiere que sean analizados en el laboratorio.

5.4.1.13 Transporte de la muestra

Terminada la cadena de custodia se realizó el viaje desde el barrio la Hueca hacia el laboratorio de la ciudad de Loja. El tiempo que tardo la muestra en llegar al Laboratorio fue de 4 horas.

5.4.1.14 Parámetros que se analizaron en el laboratorio.

Los parámetros que se analizaron en el laboratorio fueron: Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Solidos Suspendidos Totales, Solidos totales, Nitrógeno total kjeldahl, Grasas y aceites, Sulfatos (SO₄), fosforo, tensoactivos Coliformes Fecales. (MAE, 2015 p.106).

5.5 Metodología del segundo objetivo

Diseñar implementar y evaluar un sistema biofísico demostrativo para el tratamiento de aguas residuales domesticas del barrio la Hueca.

Para el cumplimiento de este objetivo, se realizaron las siguientes actividades:

5.5.1 Aspectos demográficos y servicios básicos

Se elaboró una encuesta para conocer el número de habitantes que habitan en el Barrio San Miguel de la Hueca, (Ver Anexo 3), en la presente encuesta se amplían datos referente a: Nombre de la familia, la ubicación, los años de residencia en la vivienda, el número de personas que habitan en la vivienda, servicio de agua potable, como realizan la eliminación del agua residual domésticas.

5.5.1.1 Aplicación de encuestas a moradores del barrio

Elaborada la encuesta se levantó la información a todos los moradores que habitan en el barrio.



Fotografía 8. *Aplicación de encuestas*

Aplicada la encuesta y obteniendo el resultado de la población, seguidamente se procedió a trabajar con el resultado de las aguas residuales domesticas del 50% de la población en virtud de que es un sistema demostrativo.

5.5.2 Diseño del sistema biofísico demostrativo

Con los resultados obtenidos en campo se trabajó en la elaboración del diseño que básicamente consistió en la aplicación de fórmulas como: caudal promedio y dotación de agua residual.

$$Q_{\text{promedio}} = \text{Caudal medido l/seg} * (1\text{m}^3/1000 \text{ litros}) 86400 \text{ Seg /día.}$$

Luego de haber obtenido el resultado del caudal promedio se calculó la dotación de agua residual diario con esta fórmula:

$$\text{Dotación de agua residual} = Q_{\text{promedio}} (1000 \text{ litros/seg./1m}^3) \text{ Población muestra.}$$

5.5.2.1 Diseño del tanque sedimentador

Con los resultados anteriores mediante la aplicación de fórmulas: se trabajó en la segunda parte que fue la aplicación de fórmulas para el diseño del tanque sedimentador el cual se determinó primeramente el resultado de la dotación de agua residual aplicando la siguiente fórmula:

$$Q_p = (\text{Población muestra} * \text{la dotación} / 1000) * 0,8 \text{ que es el coeficiente de retorno.}$$

5.5.2.1.1 Volumen del sedimentador

Después de haber obtenido el resultado del caudal promedio que entraría al tanque sedimentador se desea conocer el volumen del sedimentador, la capacidad máxima, para conocer este dato se aplicó la formula siguiente:

Volumen del sedimentador (V_s)= $Q_p \cdot R$ que viene siendo la retención de sólidos sedimentables en 2 horas un día /dividido para 24 horas.

Teniendo el resultado del volumen en m^3 se multiplico los lados y la profundidad con la finalidad de conocer cuáles serían las dimensiones correspondientes para realizar la construcción.

5.5.2.1.2 Velocidad del sedimentador

Luego de haber obtenido el resultado del volumen del sedimentador en metros cúbicos se calculó la velocidad de sedimentación, la velocidad del agua con la finalidad de conocer si la velocidad de la corriente del agua (v_o) es mayor a la velocidad de sedimentación (v_s), ya que se considera necesario que la velocidad de sedimentación debe ser inferior a la velocidad del agua, si el resultado da lo contrario las partículas no van a caer dentro del tanque todas las partículas, van a salir fuera del tanque un poco, dependiendo del diámetro de las partículas. Entonces tomando como base este análisis se va a ser el diseño aplicando el método de Flujo Laminar, y por consiguiente el número de Reynolds, que se utiliza en hidráulica, para ello se determinó las siguientes fórmulas.

$$v_s = \left(\frac{\rho_{arena} - \rho_{agua}}{u} \right) (dp)^2$$

Donde:

v_s = velocidad de sedimentación

ρ_{arena} = densidad de la arena

ρ_{agua} = densidad del agua

u = viscosidad del fluido = $- 3 \text{ kg/mxseg}$

D_p = diámetro de la partícula

g = gravedad

5.5.2.1.3 Velocidad del agua

$$v_o = \left(\frac{Q}{A}\right)$$

Donde:

Q = Caudal del flujo m^3/seg .

A = Área del Tanque

5.5.2.1.4 Calculo para la separación de solidos

Una vez calculado la velocidad de sedimentación y la velocidad del agua se procedió a calcular la separación de sólidos, para conocer cuál es el porcentaje de solidos que retiene el sedimentador.

Para ello se aplicara la siguiente formula:

$$S = v_s / v_o$$

Donde:

S = Separación

v_o = Velocidad del flujo

v_s = velocidad del sedimentador

5.5.2.2 *Diseño del filtro físico descendente y filtros biológico.*

El diseño para los filtros tanto descendente como los biológicos se consideró optar con las dimensiones propuestas por Gualan 2015 quien implemento tres piscinas experimentales para tratar las aguas residuales de la parroquia Chicaña.

La función de los filtros que se implemento es retener el número de impurezas para que el sistema biológico no sufra algún daño.

5.5.2.3 *Diseño de planos arquitectónicos*

Con las dimensiones obtenidas se procedió a realizar los respectivos planos del sistema con la utilización del programa AutoCAD estudiantil (Ver Anexo 4).

5.5.3 *Implementación del sistema biofísico demostrativo*

Para la implementación se realizaron las siguientes actividades en campo.

5.5.3.1 *Construcción de un muro de piedra*

Se realizó la construcción de un muro de piedra con concreto.



Fotografía 9. *Construcción y acabado del muro de piedra.*

5.5.3.2 Adecuación del terreno

Se adecuó el terreno utilizando una barreta y un lampón extrayendo escombros hasta dejar una superficie plana, para la construcción del sistema.



Fotografía 10. *Adecuación del terreno.*

5.5.3.3 Fundición del piso donde se construirá el sistema biofísico

Terminada la adecuación del terreno se procedió a realizar la fundición del piso que consistió básicamente en realizar un empedrado y un encofrado, para ello se utilizó piedra tablas y clavo de 2 pulgadas, finalmente para realizar el fundido se utilizó 2 fundas de cemento y material pétreo; luego se colocó una capa de concreto sobre el empedrado y por último se pulió el piso tal como se muestra en la fotografía:



Fotografía 11. *Replantillo y pulido del piso*

5.5.3.4 Construcción de la cubierta.

Se realizó la construcción de la cubierta utilizando los siguientes materiales: bloque, cemento, arena fina, tubos de hierro, carrizos y hojas de zinc;

El procedimiento fue el siguiente: construir dos paredes de bloque en cada extremo, luego sobre las paredes de bloque se utilizó dos tubos de hierro haciendo la función de columnas.

Luego con la utilización de carrizos se armó el techo para después por ultimo colocar 2 hojas de zinc, con la finalidad de proteger el sistema implementado de las precipitaciones y ramas secas que sobre caigan de los arboles cercanos.



Fotografía 12. *Terminación de la cubierta.*

5.5.3.5 Construcción del tanque sedimentador

Se construyó el primer tanque sedimentador demostrativo con bloque cemento y arena fina.

El tanque sedimentador cuenta con dos cámaras, la primera cumple la función de retener los coliformes fecales y sólidos de gran tamaño y la segunda tiene la función de retener gran cantidad de grasas.

Para retener los malos olores por la presencia de coliformes fecales en la primera cámara se construyó una tapa de cemento, la misma que se la introdujó antes del funcionamiento del sistema.



Fotografía 13. *Construcción y terminación del tanque sedimentador*

5.5.3.6 Construcción del filtro descendente

Terminado el tanque sedimentador se construyó un filtro descendente con los siguientes materiales:

- Bloque
- Cemento
- tubería perforada
- materiales pétreos.

El proceso de construcción fue de la siguiente manera: Primero se inició con la elaboración del filtro descendente, luego en la parte inferior del mismo se colocó una tubería perforada con salida hacia el siguiente tratamiento a su vez sobre la tubería perforada se puso una capa de grava de $\frac{3}{4}$ y sobre ella se

añadió otra capa de gravilla de $\frac{1}{4}$ y por último se agregó una capa de granillo el cual sirve para los procesos de filtración.

El filtro descendente cumple la función de retener las pequeñas y medianas partículas durante su funcionamiento.



Fotografía 14. *Construcción y terminación del filtro descendente.*

5.5.3.7 Construcción de los tanques de filtración biológicos

Los materiales que se utilizó para la construcción de los tanques biológicos fueron los mismos utilizados para el filtro descendente.

Estos tanques de filtración biológicos tienen la finalidad de minimizar el número de impurezas y partículas minúsculas, además interactuar y regular la oxigenación del agua con la implementación de la especie acuática y por medio de las capas de filtración el agua salga limpia libre de impurezas sin interferir al bienestar ecológico.



Fotografía 15. Construcción y terminación del sistema biológico.

5.5.3.8 Recolección de la especie acuática “helecho de agua”

Terminada la Construcción del sistema biológico se realizó una salida de campo hacia el sector de Chapintza del cantón Yacuambi en la Provincia de Zamora para realizar la recolección de 100 gramos de helecho de agua.

5.5.3.9 Siembra de la especie helecho de agua

Se realizó la siembra de 20 gramos de helecho de agua sobre el primer tanque de filtración, de igual forma para el siguiente dándose una sumatoria de 40 gramos en la fase inicial. Los equipos de protección personal que se utilizaron para esta actividad fueron: guantes y mascarilla.



Fotografía 16. *Siembra del helecho de agua al sistema biológico.*

5.5.3.10 Monitoreo y seguimiento al sistema biológico

Los monitoreos y seguimiento al sistema biológico se los realizo durante 2 meses 8 días. Las actividades que se desarrollaron para cumplir con esta fase fueron las siguientes:

5.5.3.10.1 Construcción de un marco

Para elaborar el porcentaje de cubrimiento se elaboró un marco cuyas dimensiones del cuadrante fueron: 65 cm de ancho x 65 cm de largo. Posteriormente con la utilización de puntillas y piola se armó un cuadrante de 8 columnas x 7 filas equivalente a 56 cuadros. Se consideró realizarlo de esta forma ya que se conoce que en cada cuadro ocuparan 5 gramos de helecho.



Fotografías 17. *Construcción y terminación del tablero para realizar el monitoreo.*

5.5.3.10.2 *Elaboración de fichas de campo*

Después de tener listo el tablero se elaboraron fichas de campo (Ver anexo 5) para recolectar información en cuanto a:

- Porcentaje de cubrimiento
- peso en gramos,
- Mortalidad
- Longitud de la raíz de la planta.
- Diámetro de la plata.

Se ha considerado recoger 6 muestras de la planta acuática para realizar las mediciones a la especie.

5.5.3.10.3 *Porcentaje de cobertura*

Elaboradas las fichas de campo y el cuadrante se realizó las salidas de campo cada 17 días, el procedimiento para medir el porcentaje de cubrimiento fue de introducir el cuadrante sobre el filtro 3 y 4, contabilizando en cada cuadro el cubrimiento de la especie el mismo proceso se siguió para el filtro 4.



Fotografía 18. *Medición de cobertura vegetal*

5.5.3.10.4 *Peso a la especie "helecho de agua"*

Durante los mismos meses cada 17 días se determinó el peso de la planta acuática con la utilización de una balanza Gramera, el procedimiento fue colocar el cuadrante sobre el filtro 3 y 4 extrayendo al azar un número de muestras y pesarlas. El procedimiento fue similar para el filtro 4. Y una vez obtenido los datos estos fueron descritos en la ficha de campo.



Fotografía 19. *Pesaje en gramos al helecho de agua.*

5.5.3.10.5 *Parámetros de la especie helecho de agua*

Los parámetros que se evaluaron a la planta fueron: diámetro de la planta y longitud de la raíz a través de una cinta métrica.



Fotografía 20. *Mediciones realizadas a la especie helecho de agua.*

5.5.3.10.6 Porcentaje de mortalidad

En los dos meses 8 días de monitoreo se ha considerado detallar el porcentaje de mortalidad. Para cumplir con esta actividad primeramente se coloca el cuadrante sobre los filtros biológicos y se extrae el número de muestras de plantas acuáticas sin vida.

5.5.3.10.7 Elaboración de una ficha de resultados finales

Una vez recopilado todos los resultados durante los dos meses 8 días y descritos en las fichas de campo se elaboró un cuadro de resultado final.

5.5.4 Evaluación del sistema biofísico demostrativo a través de un análisis de agua en el laboratorio.

Culminada la fase de operación del sistema y monitoreos realizados en campo se dio inició con la última actividad que fue: Evaluar el sistema a través de la recolección de una muestra de agua enviándola al laboratorio.

El procedimiento que se realizo fue el siguiente: Se preparó el frasco, se hizo la recolección, se elaboraron etiquetas para la muestra, se describieron los parámetros en la cadena de custodia y se realizó el transporte de las muestras, los pasos que se los realizo fue siguiendo la misma metodología para el objetivo 1.

5.5.4.1 Resultado de laboratorio

Finalmente los resultados que proporciono el laboratorio se los comparo con los resultados del diagnóstico y los límites permisibles que emite la tabla número 9 de descarga a un cuerpo de agua dulce del Acuerdo Ministerial 097.

6 RESULTADOS

6.1 Resultados para el primer objetivo

Diagnosticar el estado actual del agua residual domestica del barrio San Miguel de la Hueca.

Mediante un recorrido y entrevistas realizadas a los pobladores del barrio la Hueca se obtuvo la siguiente información: en cuanto a la producción de agua el sector cuenta con dos vertientes que nacen de las montañas de la comunidad, siendo una de ellas la proveedora de agua para la población. El servicio de agua para consumo del hogar cubre el 97% de moradores quienes acceden a una prestación de agua semitratada.

Por otra parte el 2% de habitantes obtienen este recurso de forma indirecta a través de mangueras y tan solo el 1% consume el agua de la quebrada de forma directa, el agua en el barrio es únicamente usada para actividades domésticas.

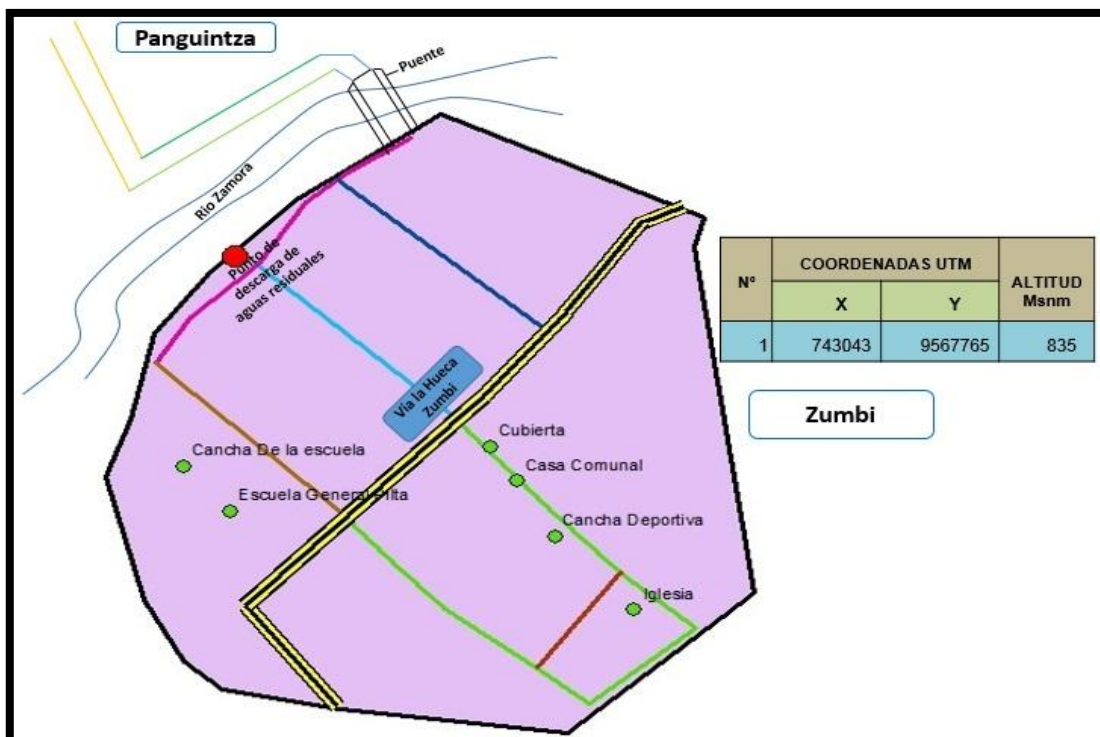
El problema fundamental es que las aguas residuales no tienen un tratamiento y lo que es más es verter directamente al Rio Zamora ocasionando graves problemas de contaminación, afectando la flora y fauna del sector.

Con este diagnóstico realizado se procedió a obtener los resultados de la siguiente actividad.

6.1.1 Identificación del sitio de descarga y toma de datos en terreno

Con los resultados del diagnóstico realizado se procedió a la identificación del sitio de descarga, tomando datos en el terreno con coordenadas UTM situándose: en 743043 – 9567765 a una altitud de 835 metros sobre el nivel del mar (msnm).

Croquis 1. Ubicación del sitio de descarga.



6.1.1.1 Medición del aforo por el método volumétrico.

Los resultados que se obtuvieron del aforo realizado en campo se los describe a continuación:

Cuadro 3. Resultados de la medición del caudal para cada día.

CAUDAL DE AGUA RESIDUAL(l/s)								
Nº muestra	Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	08H00	0,36	0,33	0,34	0,28	0,38	0,38	0,31
2	12H00	0,34	0,30	0,32	0,30	0,35	0,36	0,28
3	18H00	0,29	0,28	0,29	0,33	0,32	0,33	0,25
Caudales promedio por día		0,33	0,30	0,32	0,30	0,35	0,36	0,28
Caudal mínimo		0,29	Caudal máximo	0,34	Caudal promedio en la semana	0,32l/s eg.		

Análisis

Los resultados que muestra el cuadro 1 concerniente a los aforos realizados en campo durante una semana; se obtuvo que el caudal mínimo fue de 0,29 l/seg. Mientras que el caudal máximo fue de 0,34 l/seg. Y como dato final tenemos que el caudal promedio en toda la semana fue de 0,32 l/seg.

6.1.1.2 Medición de parámetros físico en campo.

6.1.1.2.1 Temperatura

Los resultados obtenidos en campo con relación a la temperatura se describen a continuación en la siguiente figura:

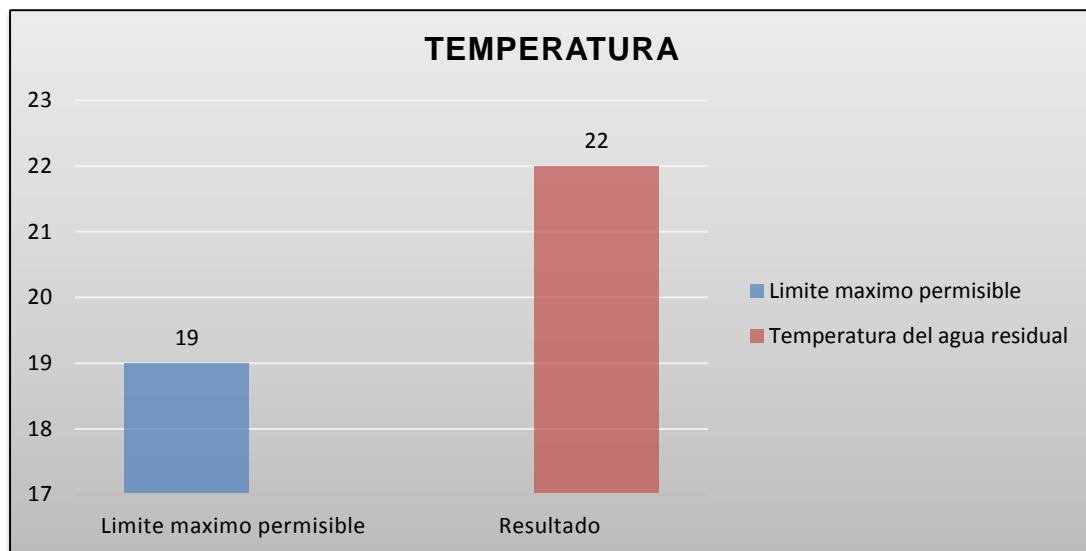


Figura 1. Resultado de la temperatura

La temperatura de agua residual del barrio San Miguel de la Hueca se encuentra en 22°C mientras que el límite máximo permisible de este parámetro está en los 19°C según el Acuerdo Ministerial 097 de la tabla 9 de la descarga de un cuerpo de agua dulce.

6.1.1.3 Medición de parámetros químicos en campo

6.1.1.3.1 Potencial de hidrogeno

El parámetro potencial de hidrogeno (pH) se lo registro en campo el mismo que se obtuvo el siguiente resultado:

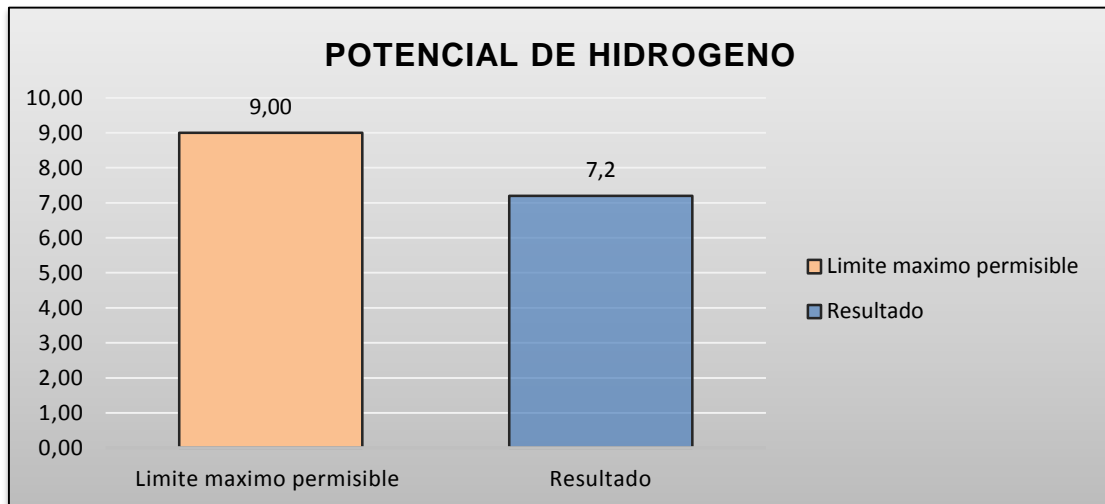


Figura 2. Resultado del potencial de hidrogeno.

El pH sobre el agua residual en la descarga presenta un valor de 7,2 considerándose un pH medianamente alcalino y por ende cumple con el límite máximo permisible del Acuerdo Ministerial 097.

6.1.2 Resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Los parámetros descritos en la cadena de custodia se los analizaron en el laboratorio, de los cuales en el siguiente cuadro se presenta los siguientes resultados:

Cuadro 4. Resultados del laboratorio de los parámetros en la fase inicial.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Resultado del análisis	Límite máximo permisible
Análisis físico				
Solidos totales	ST	mg/l	1500	1600
Solidos suspendidos totales.	SST	mg/l	410	130
Análisis Químico				
Fosforo total	P	mg/l	11,0	10
Nitrógeno Total kjeldahl	N	mg/l	18,2	50.0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	310	1000
Demanda Bioquímica de Oxígeno.	DBO ₅	mg/l	130	100
Demanda Química de Oxígeno.	DQO	mg/l	100	200
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	50,0	30,0
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	1,5	0,5
Análisis Microbiológico				
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	3,1E+03	2.000

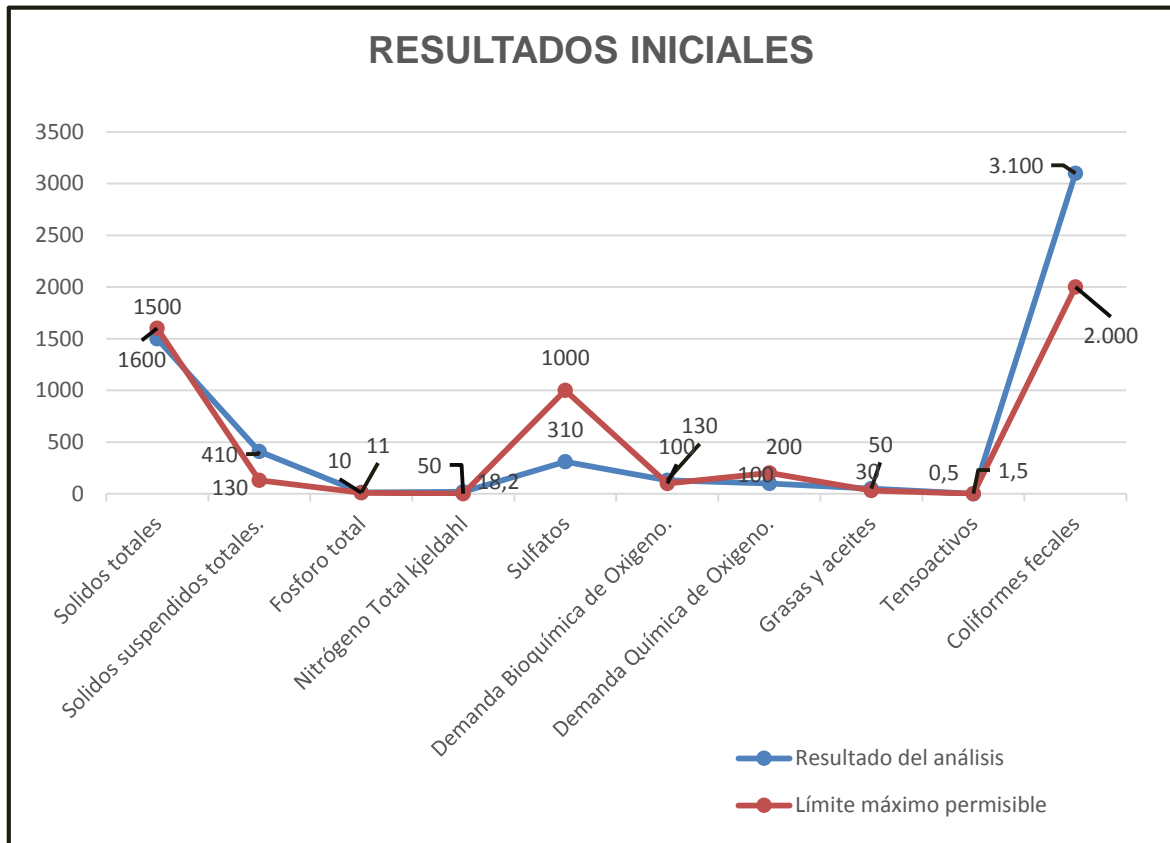


Figura 3. Resultado de los parámetros físicos químicos y microbiológicos.

En la figura 3 muestra los resultados de los parámetros: Sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, fosforo total, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), tensoactivos y coliformes fecales el cual sobrepasan el límite máximo permisible que estipula la tabla 9 de la descarga de un cuerpo de agua dulce del Acuerdo Ministerial 097.

Mientras que los parámetros como: Sólidos totales, Nitrógeno Total kjeldahl, sulfatos, demanda química de oxígeno (DQO) se encuentran dentro del límite máximo permisible.

6.2 Resultado para el segundo objetivo

Diseñar, implementar y evaluar un sistema biofísico demostrativo para el tratamiento de aguas residuales domesticas del barrio la Hueca.

Los resultados para este segundo objetivo se lo realizó en tres fases: diseño, implementación u operación y evaluación del sistema.

6.2.1 Resultado de la fase diseño

Para elaborar el diseño del sistema de tratamiento se elaboraron dos resultados esenciales:

- a) Primero aspectos demográficos y servicios básicos que accede el barrio.
- b) Diseño del sistema de tratamiento biofísico demostrativo.

6.2.1.1 Aspectos demográficos y servicios básicos

Para obtener esta información se elaboraron encuestas y se las aplico a los habitantes del barrio cuyos resultados fueron los siguientes:

6.2.1.1.1 Población actual

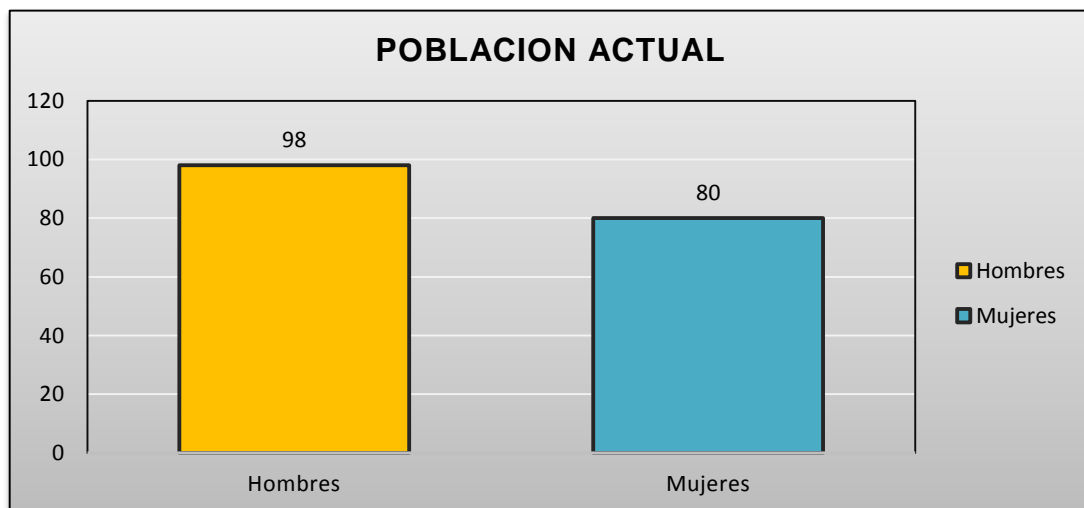


Figura 4. Resultado de la población actual

Análisis

En la comunidad de San Miguel de La Hueca existen 38 familias y 178 habitantes. Conformada por 98 hombres y 80 mujeres, siendo los hombres el género dominante en el barrio San Miguel de la hueca.

6.2.1.1.2 De donde obtienen el agua para su consumo diario.

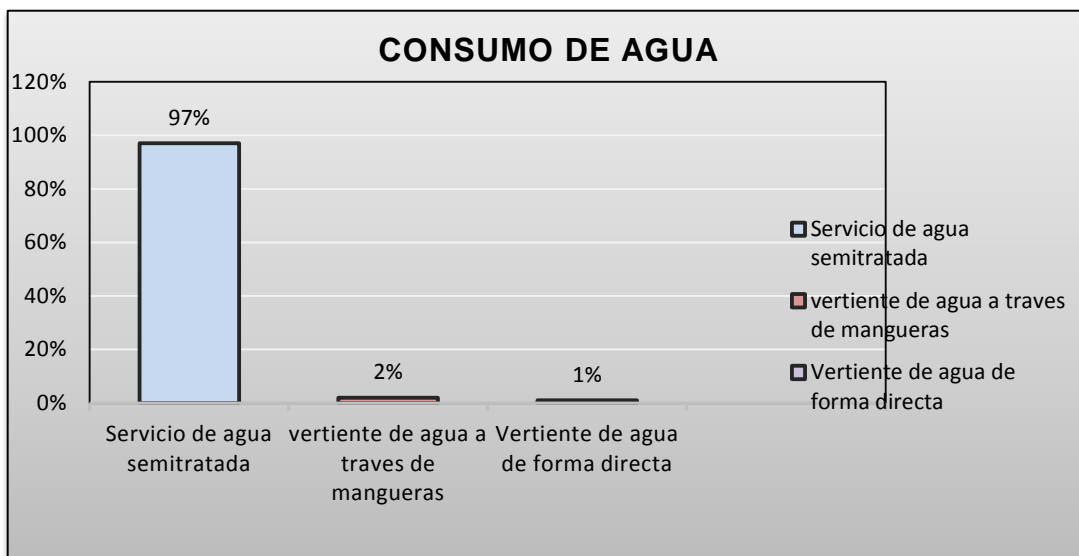


Figura 5. Resultado de consumo de agua por familia

Análisis

Se evidencia que en el barrio la Hueca el 97% de las familias que habitan en este sector accede a un servicio de agua semitratada, servicio prestado por el Gad Municipal del cantón Centinela del Cóndor mientras que el 2% la adquiere a través de una vertiente y tan solo el 1% la obtiene de forma directa desde la vertiente.

6.2.1.1.3 Eliminación del agua residual



Figura 6. Resultado de las familias como eliminan el agua residual

Análisis

Como se puede observar en la figura seis, 36 familias eliminan el agua residual a través de la Red de Alcantarillado y tan solo dos familias vierten las aguas residuales a través de pozos sépticos.

6.2.1.2 Diseño del sistema biofísico demostrativo.

Los resultados obtenidos en el diseño del sistema se los describe a continuación:

El diseño se realizó para 18 familias que acceden al servicio de alcantarillado de igual forma tomando un caudal del 50% que corresponde a 0,16 l/seg.

Con estos valores obtenidos del diagnóstico se aplicaron las siguientes formulas cuyos resultados fueron los siguientes:

En cuanto al caudal promedio en m³ que entraría al sedimentador por el lapso de un día fue el siguiente:

$$Q \text{ promedio} = Q_{\text{medido}} \text{ l/seg} (1\text{m}^3/1000 \text{ lt}) * 86400\text{s/día.}$$

Datos:

$$Q_{\text{medido}} = 0,16 \text{ litros/seg.}$$

86400 = Segundos que tiene un día.

$$Q_{\text{promedio}} = 0,16 \text{ l/seg.} (1\text{m}^3/1000 \text{ lt}) * 86400\text{s/día.}$$

$$Q_{\text{promedio}} = 13,82 \text{ m}^3$$

El resultado del caudal promedio que entraría al sedimentador diario será de 13,82 m³.

Posteriormente se calculó la dotación de agua residual en litros/ habitantes/ día. Para ello se tomó como muestra las 18 familias equivalentes a 89 habitantes y se aplicó la siguiente formula:

$$DAR = Q_p \cdot (1000 \text{ l/m}^3) / P_m$$

Donde:

DAR= Dotación de agua residual

Q_p= Caudal promedio

P_m= Población muestra

Datos:

DAR= ¿?

Q_p= 13,82m³

P_m= 89 hab.

$$DAR = 13,82 \text{ m}^3/\text{día} \cdot (1000 \text{ l/m}^3) / 89 \text{ hab.}$$

$$DAR = 155,3 \text{ l/hab/día.}$$

Se tiene un resultado de dotación de agua residual de 155,3 litros/habitantes/día que generan cada habitante.

Con este resultado se aplica la siguiente fórmula para la obtención de las medidas en m³ del tanque sedimentador.

$$Q_p = (P \cdot D / 1000) \cdot 0,8$$

Donde:

P= población: 89 hab.

D= dotación de agua: 155,3 l/hab/día.

R= coeficiente de retorno: 0, 8

$$Q_p = (89\text{hab} * 155,3\text{l/hab/día.} / 1000) 0,8$$

$$Q_p = 11,06 \text{ m}^3$$

El primer tanque sedimentador tendrá la capacidad de acumular un caudal de $11,06 \text{ m}^3$ de agua residual diarios.

Se aplicó la fórmula del volumen del sedimentador teniendo el resultado siguiente:

$$V_s = Q_p * R$$

Donde:

V_s = Volumen del sedimentador: ¿?

Q_p = caudal del tanque: $11,05 \text{ m}^3$

R= 2 horas en 1 día /24 horas.

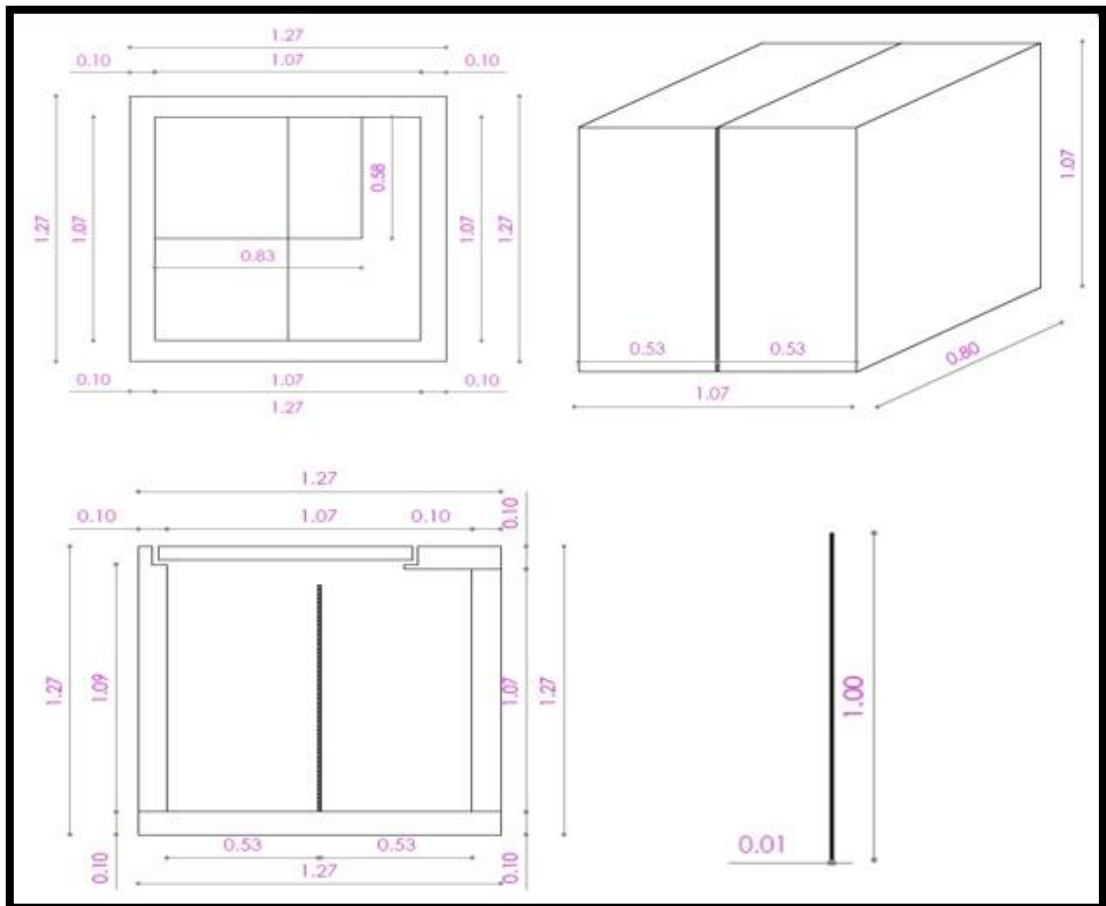
$$V_s = 11,06 \text{ m}^3 * 2 \text{ horas en 1 día} / 24 \text{ horas}$$

$$V_s = 0,92 \text{ m}^3$$

El volumen del sedimentador será de $0,92 \text{ m}^3$.

Si el volumen es $0,92 \text{ m}^3$ se considera que el tanque a construir será de una longitud de 1,07 metros, el ancho de 0,80 y la altura de 1,07 cm. (Ver anexo 4)

6.2.1.2.1 Diseño del tanque sedimentador



Se adicióno una malla de 1m de altura x 10 cm de ancho sobre la división para la retención de sólidos y partículas. (Ver anexo 4)

6.2.1.2.2 Velocidad de sedimentación

Posteriormente se procedió a calcular la velocidad de sedimentación con la siguiente formula cuyo resultado fue el siguiente:

$$v_s = G/18 \left(\frac{\rho_{arena} - \rho_{agua}}{u} \right) (D_p)^2$$

Datos:

Vs= ¿?

G= gravedad: 9.81

ρ_{arena} : 2,6250 kg/m³

ρ_{agua} : 1x10³

D_p= Diámetro de partículas: 0,01, 0,02, 0,03 mm

$$V_s = \frac{9.81}{18} \frac{(2650 - 1000/10^{-3})}{(2 \times 10^{-5})^2}$$

$$V_s = 0,000170 \text{ m/seg.}$$

La velocidad de sedimentación de retención en el primer tanque será de 0,000170 m/seg.

Luego se procedió a calcular la velocidad del agua con la siguiente formula:

$$V_o = Q/A$$

Datos:

V_o: ¿?

Q: 0,00016

A: 0,86 m²

$$V_o = 0,00016 / 0,86 \text{ m}^2$$

$$V_o = 0,00018$$

Calculada la velocidad del agua se procedió a calcular la separación de sólidos con la siguiente formula cuyo resultado fue el siguiente:

$$S = V_s / V_o \times 100\%$$

$$S = 0,000170 \text{ m/seg} / 0,00018$$

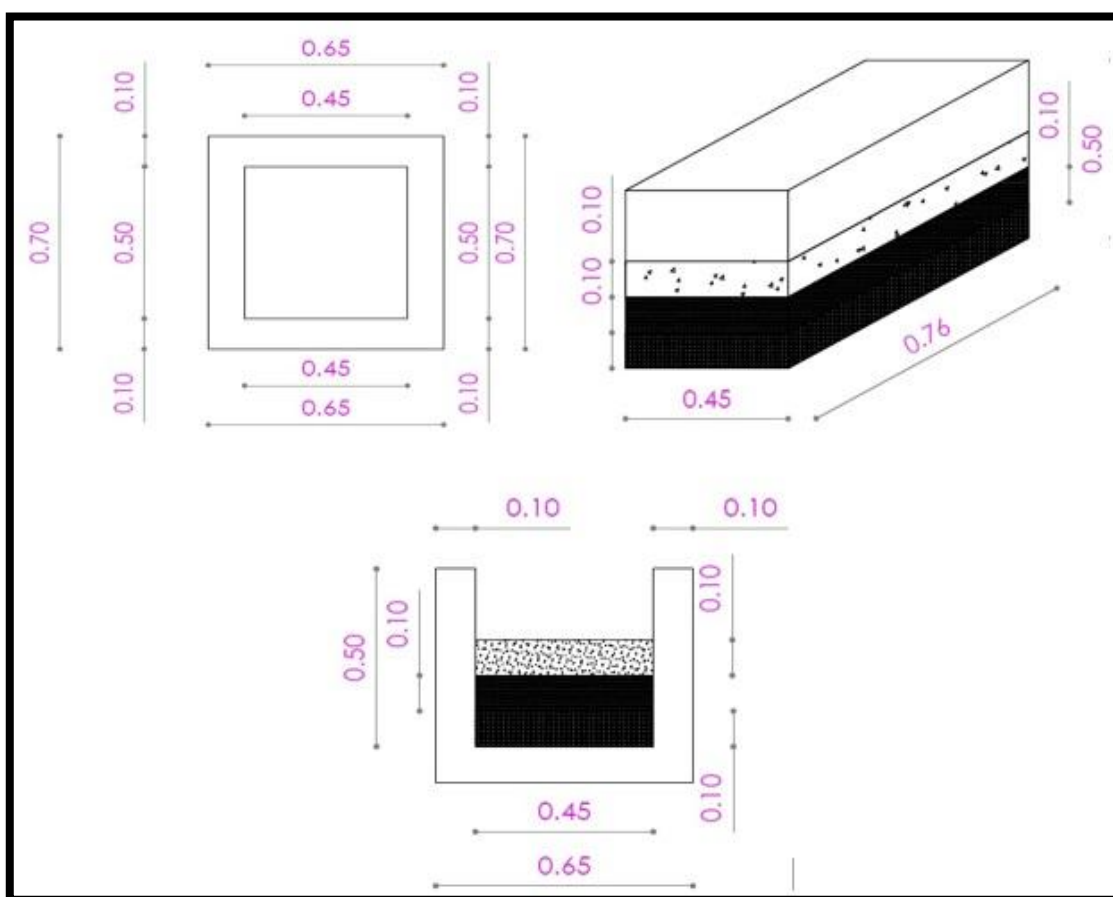
$$S = 0,9444 \times 100 = 94.44$$

Se concluye que el 94,44 % del sedimento de diámetro 0,02mm se retiene y el 5,44% pasa al sistema de filtración para ser retenido.

6.2.1.2.3 Diseño del tanque de filtración descendente

Se conoce que el 5,44% del sedimento pasa al filtro descendente por lo que se considera una retención menor, por ello se diseñó un filtro de 0,45cm de largo por 0,75cm de ancho con una profundidad de 0,50 cm. (Ver anexo 4)

Las medidas del filtro descendente son presentadas en el siguiente diseño.

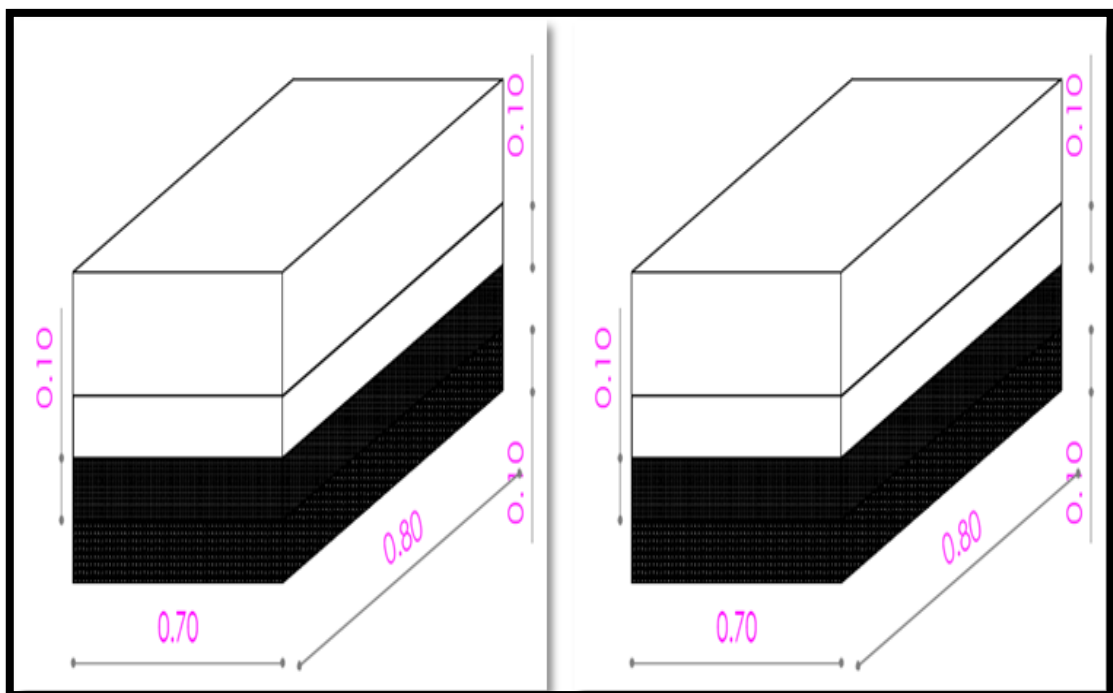


ESCALA 1:100

6.2.1.2.4 Diseño de los tanques de filtración biológicos.

Se llaman tanques de filtración biológicos por la presencia de la especie acuática en donde su función es oxigenar el agua a través del proceso de fitorremediación.

El respectivo plano de estos tanques de filtración se lo representa en el (Anexo 4)



6.2.1.2.5 Presupuesto de la construcción del sistema biofísico demostrativo.

Para el sistema biofísico demostrativo se armó un presupuesto haciendo un análisis de precios unitarios los mismos que son necesarios para conocer cuánto es el gasto que se ocupa para la construcción del sistema.

Cuadro 5. Costos del sistema de tratamiento biofísico.

Rubro	Actividad	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Mano de obra	Adecuación del sitio	Jornal	1	15,00	15,00
	Construcción del muro	Jornal	5	40,00	200,00
	Puesta de cubierta	Jornal	1	15,00	15,00
	Construcción del sistema	Jornal	5	40,00	200,00
Materiales de construcción	Cemento	Saco	20	7,80	156,00
	Bloque	Unidad	100	0,30	30,00
	Tubería PVC 2 pulgadas	Unidad	3	4,00	12,00
	Accesorios PVC 2 pulgadas	Unidad	10	2,00	20,00
	Gravilla	M ³	0,5	5,00	5,00
	Clavos	Libra	½	0,40	0,40
	Hierro	Unidad	1	13,00	13,00
	Alambre de amarre	Libra	½	0,75	0,75
Análisis de laboratorio	Análisis de muestras de agua	Unidad	2	220	440
COSTO TOTAL					1107,15

6.2.2 Implementación del sistema de tratamiento biofísico



Fotografía 21. *Implementación del sistema.*



Fotografía 22. Sistema en funcionamiento.

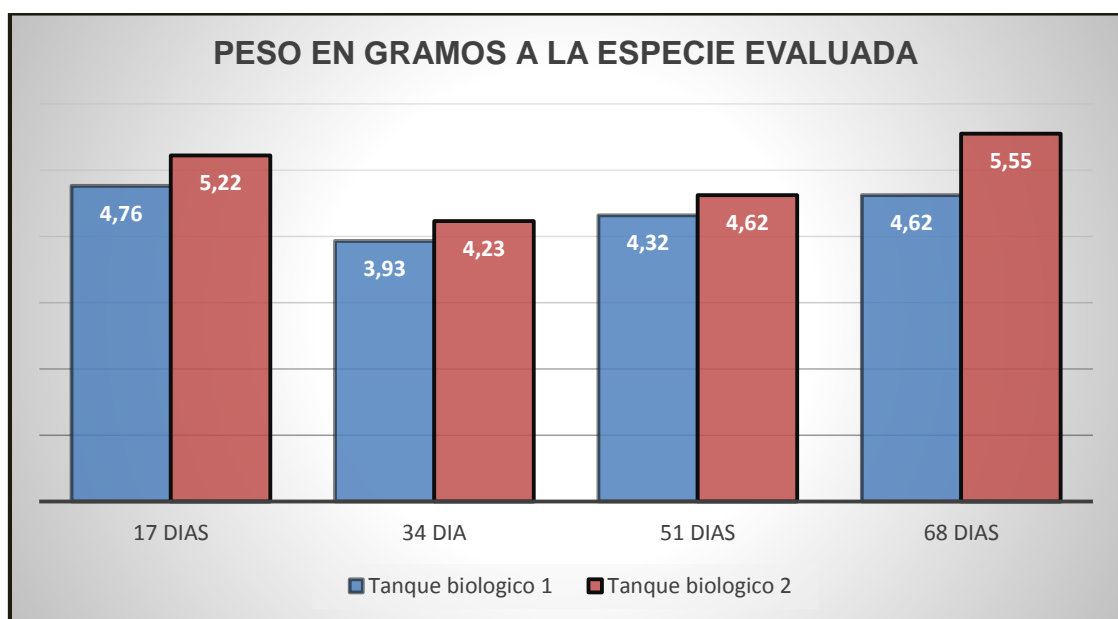
6.2.2.1 Resultado del monitoreo en campo

Los resultados que se obtuvo en campo cada 17 días se reflejan en la ficha de campo (Ver anexo 5) de los cuales se resalta un cuadro de promedios finales en cuanto a las dimensiones y el pesaje realizado a la especie, el mismo que se describe a continuación:

Cuadro 6. Promedios finales del peso, diámetro y longitud de la especie evaluada.

Días	Peso en gramos		Diámetro de la planta		Longitud de la raíz	
	Tanque Biológico 1	Tanque Biológico 2	Tanque Biológico 1	Tanque Biológico 2	Tanque Biologico1	Tanque Biologico2
17	4,76	5,22	3,25	3,37	3,57	3,72

34	3,93	4,23	3,52	3,88	4,33	4,7
51	4,32	4,62	3,28	3,48	4,27	4,63
68	4,62	5,55	3,02	3,53	3,93	4,08
Pro medi o Total	4,41	4,90	3,26	3,56	4,02	4,28



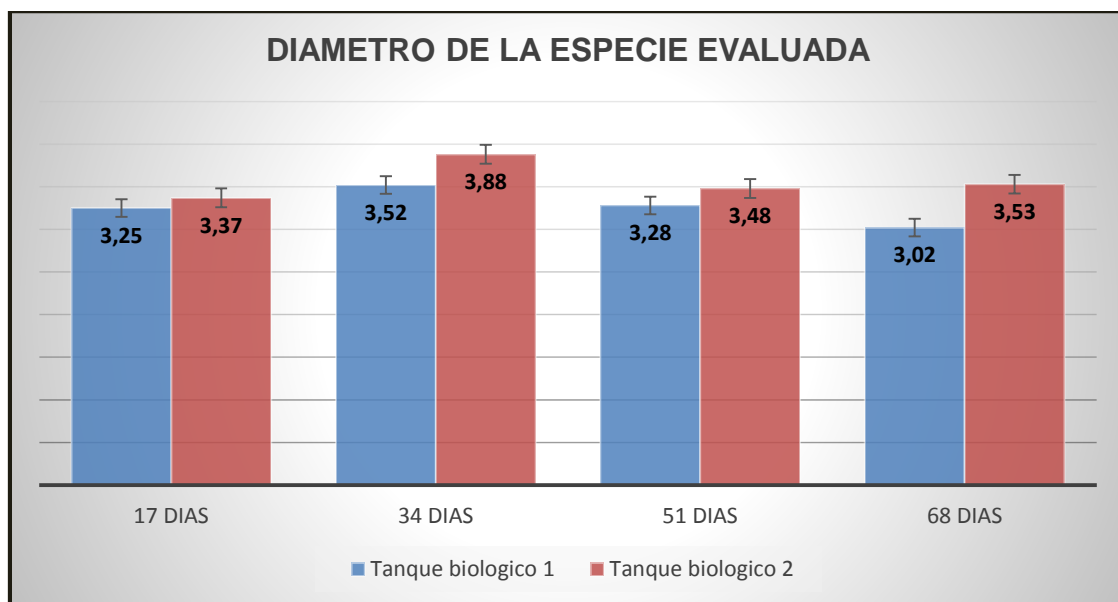
Figuras 7. Peso en gramos a la especie monitoreada.

Análisis

El comportamiento de esta especie en este parámetro, como se puede evidenciar en el cuadro 7, no es alentador, en dicha evaluación, se evidencia que el peso a los 17 días es de 4,76 gramos, pero a los 34 y 51 días este se reduce, y alcanza un pequeño incremento a los 68 en el tanque 1.

Sobre el tanque 2 también tiene un decrecimiento, inclusive a los 34 y 51 días de tal manera que a los 17 días es mejor el peso, mientras que a los 68 días

alcanza un pequeño incremento de peso pero aun no alcanza al peso inicial que se dio a los 17 días.

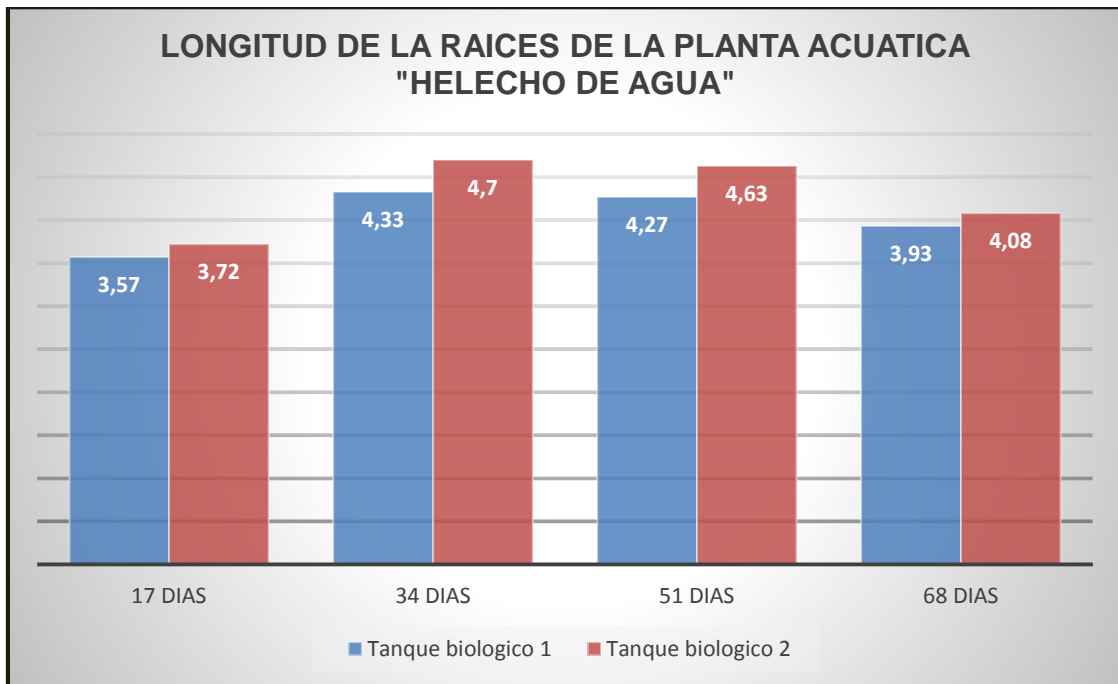


Figuras 8. Resultado final sobre el diámetro a la especie evaluada.

Análisis

En la figura 8 muestra el comportamiento de la Azolla en cuanto al diámetro, como se evidencia no existen excelentes resultados durante la evaluación, se ha demostrado que el diámetro a los 17 días es de 3,25 cm, sobre el primer tanque mientras que a los 34 alcanza 3,52 cm pero para los 51 y 68 días este se reduce, quedándose como mejor resultado el segundo monitoreo.

Posteriormente para el segundo tanque existió un diámetro a los 17 días de 3,37 cm, no muy favorable, ya para los 34 este valor se incrementa 3,88 cm, mientras que a los 51 y 68 días la especie decrece determinándose una mejor rentabilidad a los 34 días.



Figuras 9. Resultado longitud de la raíz de la especie evaluada.

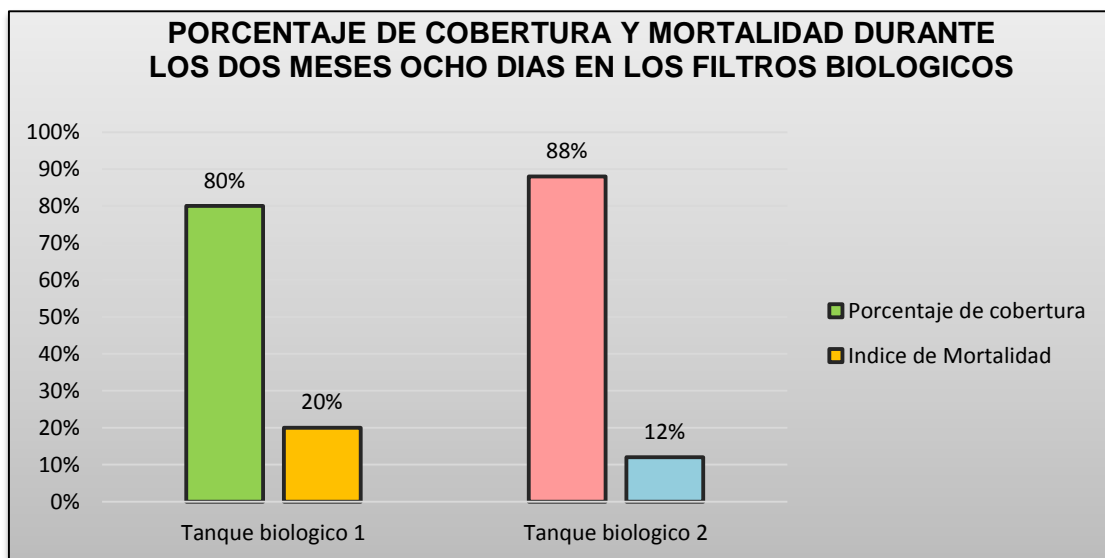
Análisis

La figura 9 presenta el comportamiento de la especie en cuanto a la longitud de la raíz de la especie evaluada la misma que tuvo un resultado a los 17 días sobre el primer tanque de 3,57 cm, ya para los 34 días el crecimiento fue favorable de 4,33 cm, siendo el mejor promedio de todo el monitoreo, ya para los 51 y 68 días estos valores se reducen por lo que existe un decrecimiento desfavorable.

El comportamiento de la especie en cuanto al largo de la raíz abarca en un 3,72 cm a los 17 días sobre el tanque 2 mientras que a los 34 días existe un crecimiento favorable de 4,7 cm, ya para los 51 y 68 días existió un pequeño decrecimiento.

Cuadro 7 Resultado de cobertura y mortalidad de la especie.

Días	Porcentaje de cobertura		Porcentaje de mortalidad.	
	Tanque Biologico1	Tanque Biologico2	Tanque Biologico1	Tanque Biologico2
Fase inicial	7,12 %	7,12 %		
17	17,12%	22,12%	3%	1%
34	42,12%	37,12%	8%	4%
51	60%	57,12 %	12%	7%
68	80%	88%	20%	12 %

**Figura 10.** Resultados finales en cuanto a cobertura y mortalidad de la especie evaluada.**Análisis**

Con referencia al porcentaje de cubrimiento la Azolla en el primer tanque biológico se obtuvo un 80% de crecimiento y un 20% de mortalidad dándose una sumatoria del 100% entre crecimiento y eliminación.

De igual forma durante los dos meses 8 días se observó un cubrimiento de Azolla sobre el tanque 2 del 88% y con un 12% de índice de mortalidad en el tanque 2 sumándose un 100% de Azolla sobre el tanque durante este tiempo transcurrido.

6.2.3 Evaluación del sistema de tratamiento

Para proceder con esta actividad se realizó un análisis del agua residual tratada y estos resultados a su vez son comparados con los análisis de la muestra de agua residual inicial y los límites permisibles que estipula el Acuerdo Ministerial 097 del Anexo I de la tabla 9 de descarga a un cuerpo de agua dulce. Los resultados se describen a continuación:

6.2.3.1 Características físicas del agua residual domestica tratada

Los resultados de las características físicas del agua residual tratada se las describen a continuación:

6.2.3.1.1 Medición de la temperatura en campo

Los resultados realizados en campo en cuanto al registro de la temperatura se los describe a continuación en la siguiente figura:

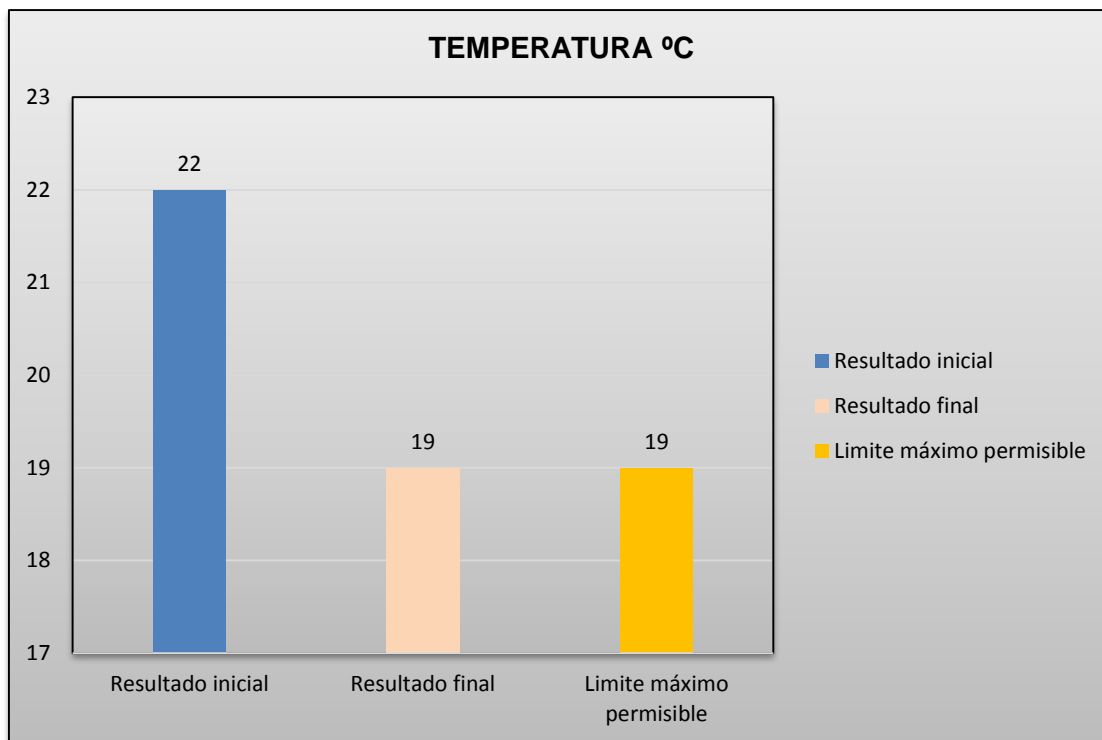


Figura 11. Resultado de la temperatura del agua residual tratada.

Análisis

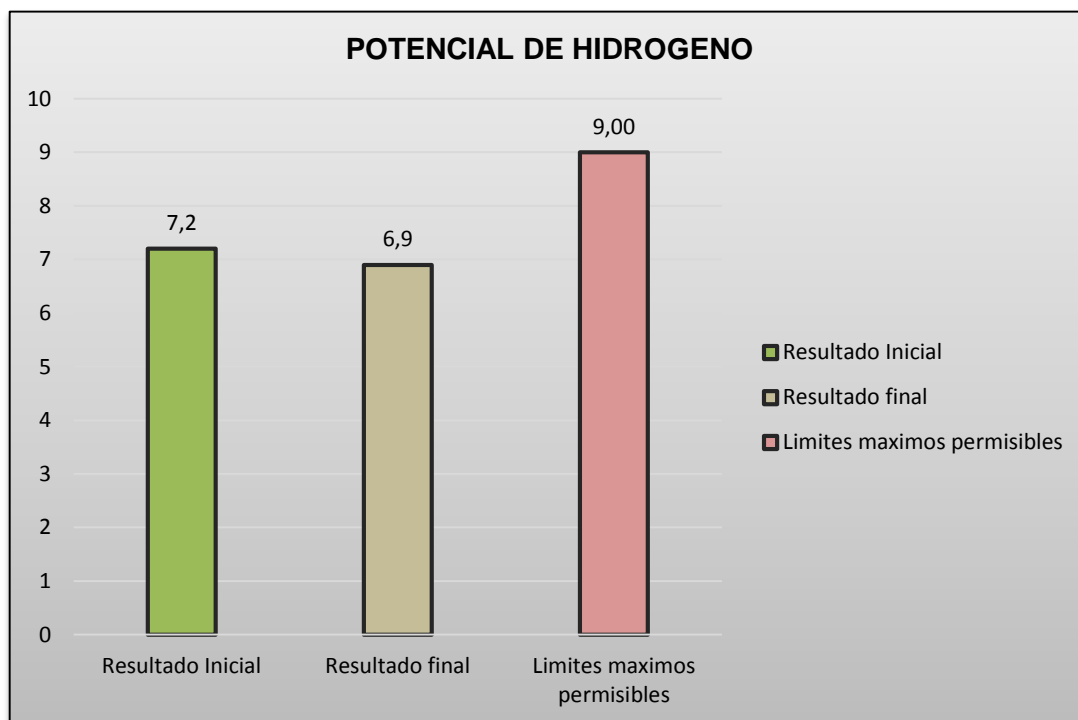
La temperatura muestra un resultado de 22 °C en la fase inicial mientras que a través de la implementación del sistema esta temperatura se redujo a 19°C. Esto se concluye que el resultado dado en campo cumple con el nivel máximo permisible que indica la ley ambiental del Acuerdo Ministerial 097 que es la reforma al TULSMA.

6.2.3.2 Características químicas del agua residual domestica

Los resultados finales en cuanto a las características químicas del agua residual domestica tratada se los ha considerado exponer en las siguientes figuras:

6.2.3.2.1 Medición del potencial de hidrógeno en campo sobre el agua residual tratada.

Los resultados finales realizados en campo en cuanto al parámetro pH se describen en la siguiente figura:



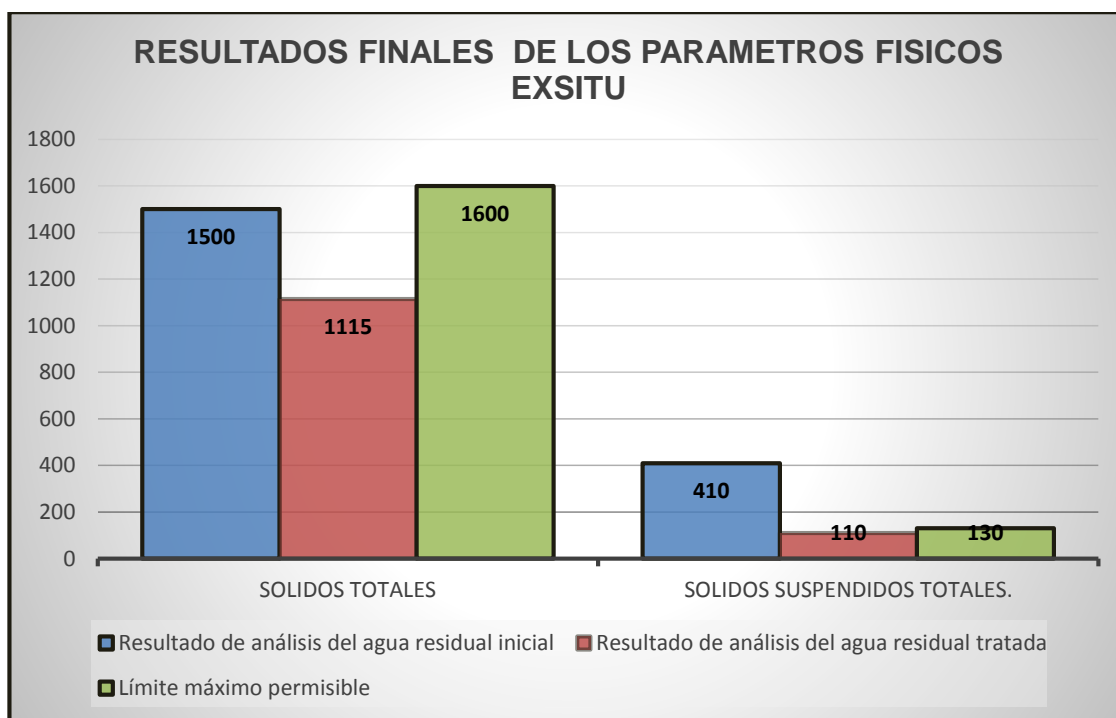
Figuras 12. Resultado final del pH sobre el agua residual tratada.

Análisis

Se obtiene un pH de 7,2 alcalino durante el primer análisis, mientras que en la fase final ese registro baja a un 6,9, resultados que se mantienen dentro del nivel máximo permisible que estipula el Acuerdo Ministerial 097 que es de un rango de 6 a 9.

Cuadro 8. Resultado de análisis de los parámetros físicos del agua residual tratada.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Resultado de análisis del agua residual inicial	Resultado de análisis del agua residual tratada	Límite máximo permisible
Análisis físico					
Sólidos totales	ST	mg/l	1500	1115	1600
Sólidos suspendidos totales.	SST	mg/l	410	110	130



Figuras 13. Resultados finales de los parámetros físicos.

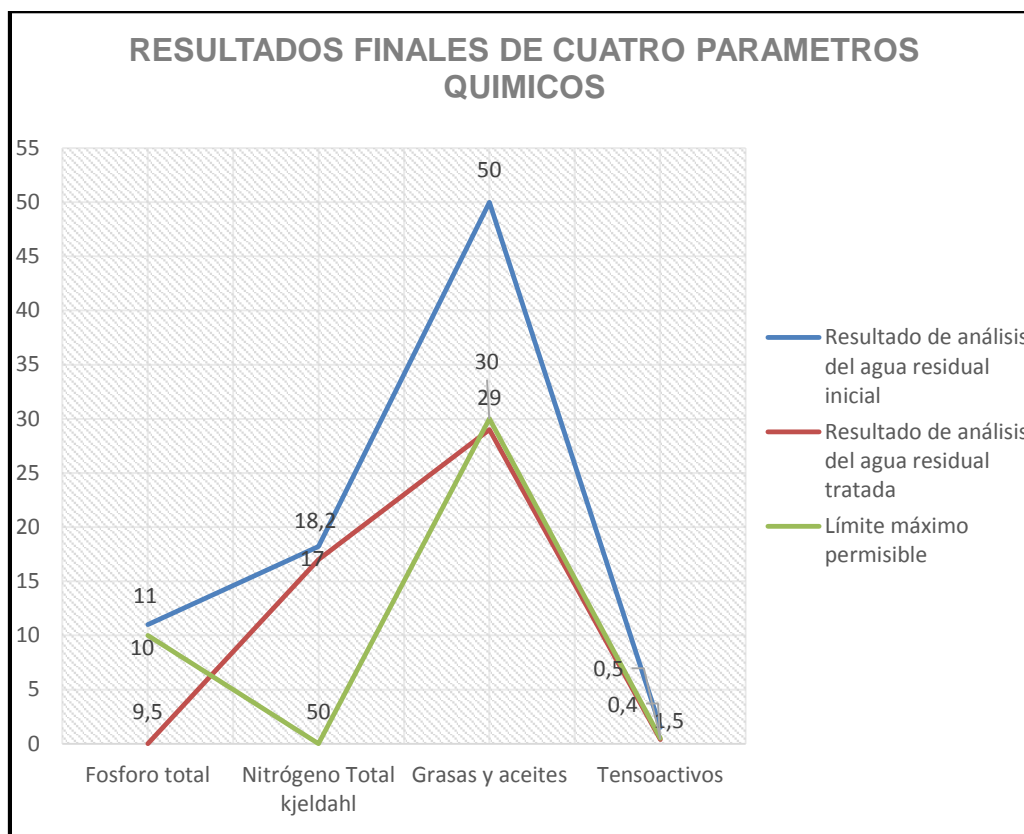
Análisis

El parámetro sólidos totales en el análisis inicial muestra un valor por debajo del nivel permisible que estipula el Acuerdo Ministerial 097. En cuanto a sólidos suspendidos totales en la línea base el laboratorio obtuvo un valor alto que

sobresale el nivel máximo permisible. Y a través de la implementación del sistema de tratamiento estos elementos evidencian una reducción el cual se ha considerado una excelente remoción.

Cuadro 9. *Resultados finales de los parámetros químicos y microbiológicos del agua residual tratada.*

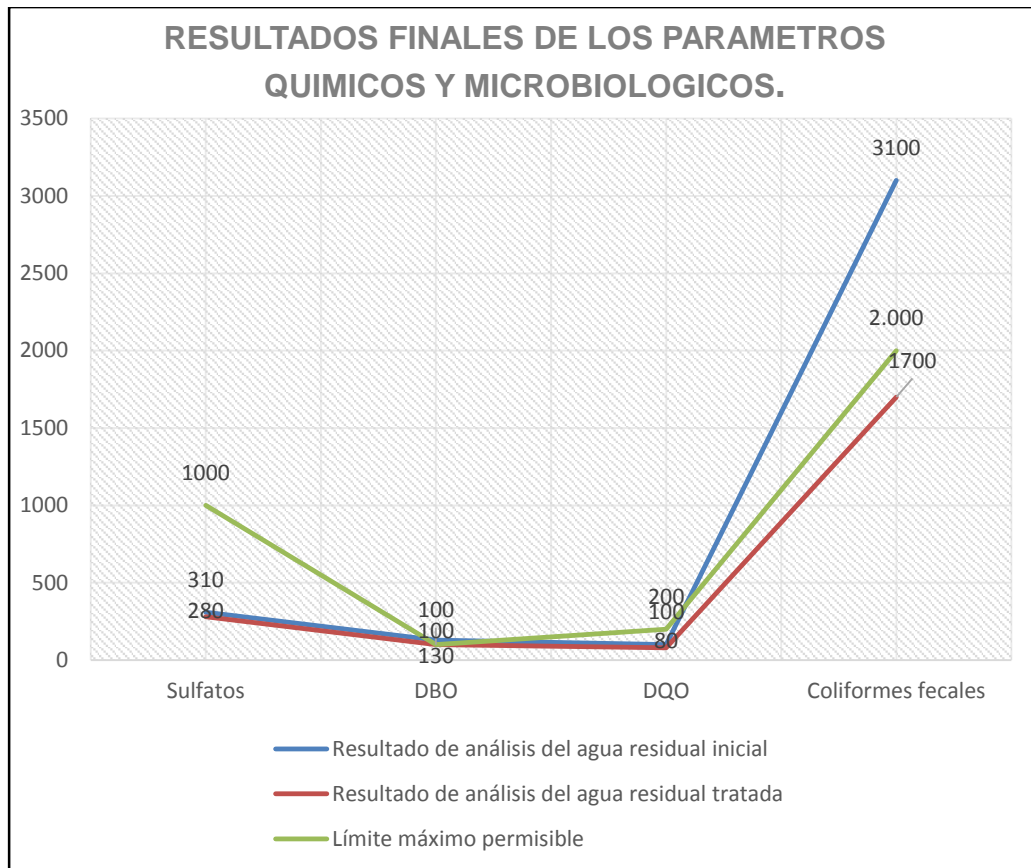
Parámetros	Expresado como	Unidad	Resultado de análisis del agua residual inicial	Resultado de análisis del agua residual tratada	Límite máximo permisible
Análisis Químico					
Fosforo total	P	mg/l	11,0	9,5	10
Nitrógeno Total kjeldahl	N	mg/l	18,2	17,0	50,0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	310	280	1000
Demanda Bioquímica de Oxígeno.	DBO ₅	mg/l	130	100	100
Demanda Química de Oxígeno.	DQO	mg/l	100	80	200
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	50,0	29,0	30,0
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	1,5	0,4	0,5
Análisis Microbiológico					
Coliformes fecales	NMP/100ml	NMP/100ml	3,1E+03	1,7E+03	2.000



Figuras 14. Resultado finales de las propiedades químicas y microbiológicas del agua residual.

Análisis

Como se puede observar en la figura 14 los parámetros: fosforo, grasas y aceites, tensoactivos, en el resultado del laboratorio (inicial) se encuentran por encima del nivel permisible. Pero luego de implementado el sistema biofísico demostrativo los resultados finales del laboratorio evidencian una reducción el cual cumple con los límites máximos permisibles del anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097.



Figuras 15. Resultados finales de 4 parámetros químicos y microbiológicos.

Análisis

En cuanto al DQO, y sulfatos en el análisis inicial cumplen con la Normativa ambiental. Mientras que a través del sistema de tratamiento en funcionamiento estas propiedades se reducen haciendo de ellas una excelente remoción de contaminantes.

Por otro lado el DBO como los coliformes fecales no cumple con el límite máximo permisible del Acuerdo Ministerial 097. A través de la implementación y funcionamiento del sistema estos resultados se han logrado reducir.

6.2.4 Análisis estadístico

El análisis estadístico de comprobación de las hipótesis se utilizó el chi cuadrado el mismo que se procedió a realizar la tabla de frecuencias observadas que a continuación se la describe:

Tabla 3. Frecuencias observadas

Parámetro	Tratamiento 1		Σ
	Resultado inicial	Resultado final	
pH	7,2	6,9	14,1
Solidos totales	1500	1115	2615
Solidos Suspendidos totales	410	110	520
Fosforo total	11	9,5	20,5
Nitrógeno total	18,2	17,0	35,2
Sulfatos	310	280	590
Demanda Bioquímica de oxígeno	130	100	230
Demanda química de oxígeno.	100	80	180
Grasas y aceites	50	29,0	79
Tensoactivos	1,5	0,4	1,9
Coliformes fecales	3100	1700	4800
Total	5637,90	3447.80	9,085.70

Posteriormente se realiza la tabla de contingencias para frecuencias esperadas aplicando la siguiente formula: $Fe = \frac{\Sigma CX \Sigma F}{\Sigma \text{ total}}$.

Donde:

Fe = Frecuencia esperada.

$\sum c.$ = Sumatoria total de cada columna.

$\sum f.$ = Sumatoria de cada fila.

$\sum \text{Total}$ = Sumatoria total de los valores de la tabla.

Con estos significados se procedió a calcular la formula cuyos resultados se los describe en la siguiente tabla.

Tabla 4. De contingencias para frecuencias esperadas.

Parámetro	Tratamiento 1	
	Resultado inicial	Resultado final
pH	8,7493	5,3506
Solidos totales	1622,67	992,32
Solidos Suspendidos totales	322,67	197,32
Fosforo total	12,72	7,77
Nitrógeno total	21,84	13,35
Sulfatos	366,10	223,89
Demanda Bioquímica de oxígeno	142,72	87,27
Demanda química de oxígeno.	111,69	68,30
Grasas y aceites	49,02	29,97
Tensoactivos	1,1789	0,1517
Coliformes fecales	2978,51	1821,48

Obteniendo los resultados de la tabla de contingencias de frecuencias esperadas se procedió a realizar el cálculo del Chi- cuadrado (X^2) utilizando la siguiente formula:

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

Donde:

X² = Chi cuadrado.

F_o = Frecuencia del valor observado.

F_e = Frecuencia del valor esperado.

Con estos resultados se procedió a desarrollar el cálculo del Chi-cuadrado (X²).

$$X^2 = ((7,2 - 8,7493)^2/8,7493) + ((1500 - 1622,67)^2/1622,67) + ((410 - 322,67)^2/322,67) + ((11 - 12,72)^2/12,72) + ((18,2 - 21,84)^2/21,84) + ((310 - 366,10)^2/366,10) + ((130 - 142,72)^2/142,72) + ((100 - 111,69)^2/111,69) + ((50 - 49,02)^2/49,02) + ((1,5 - 1,1789)^2/1,1789) + ((3100 - 2978,51)^2/2978,51) + ((6,9 - 5,3506)^2/5,3506) + ((1115 - 992,32)^2/992,32) + ((110 - 197,32)^2/197,32) + ((9,5 - 7,77)^2/7,77) + ((17,0 - 13,35)^2/13,35) + ((280 - 223,89)^2/223,89) + ((100 - 87,27)^2/87,27) + ((80 - 68,30)^2/68,30) + ((29 - 29,97)^2/29,97) + ((0,4 - 0,1517)^2/0,1517) + ((1700 - 1821,48)^2/1821,48).$$

$$X^2 = 0,2743 + 9,2735 + 23,6356 + 0,2325 + 0,6066 + 8,5965 + 1,1336 + 1,2235 + 0,0195 + 0,0874 + 4,9554 + 0,4486 + 15,1668 + 38,6416 + 0,3851 + 0,9979 + 14,0619 + 1,8568 + 2,0042 + 0,0313 + 0,4063 + 8,1018.$$

$$X^2 = 132,8162$$

Obtenido este valor se procedió a determinar el valor de "p" y el grado de libertad.

Determinación del valor de "p".

$$P = 1 - \text{Nivel de significancia (0,05)} \quad P = 1 - 0,05 \quad P = 0,95$$

Posteriormente se determina el grado de libertad (v) en donde:

$$V = (\text{cantidad de filas} - 1) * (\text{cantidad de columnas} - 1)$$

$$V = (10 - 1) * (2 - 1) \quad V = (9) * (1) \quad V = 9$$

Una vez calculados los grados de libertad se procede a obtener el valor crítico de acuerdo a la tabla de valores de Chi-cuadrado (X^2).

Como resultado se obtiene un valor crítico (V_c) de:

$$V_c = 16,919$$

Con este datos se procede a realizar una comparación entre el Chi-cuadrado calculado (X^2 calc.) con el valor crítico (V_c).

X^2 calc.	\leq	V_c
132,8162		16,919

Interpretación en cuanto a esta comparación

Si el valor del Chi-cuadrado calculado es menor o igual que el Chi-cuadrado crítico entonces se acepta la hipótesis nula, caso contrario no se la acepta. Entonces según esta comparación el Chi-cuadrado calculado del presente estudio es de: 132,8162 siendo mayor que el Chi-cuadrado crítico: 16,919 entonces se concluye que se rechaza la **hipótesis nula (Ho)**: El nivel de descontaminación de las aguas residuales no dependerá del sistema de tratamientos combinado empleado en el estudio y se acepta la **Hipótesis alternativa (H1)**: El nivel de descontaminación de aguas residuales dependerá de la eficiencia del sistema de tratamiento combinado.

7 DISCUSIÓN

7.1 Diagnosticar el estado actual del agua residual domestica del barrio San Miguel de la Hueca.

Los resultados del diagnóstico en cuanto al sistema de agua tratada muestran que el 97% de moradores la acceden, mientras que el 2% lo realizan de forma indirecta a través de mangueras y tal solo el 1% lo realiza de forma directa. Estos resultados suscitados se deben a que no existe en algunas viviendas red de agua tratada y por ende lo tienen que hacer de esa forma. En cuanto al uso del agua solo es para uso doméstico ya que en la comunidad no se realizan ningún otro tipo de actividades, considerándose una contaminación fuerte sobre la descarga, esto se debe por la falta de un sistema de tratamiento.

7.1.1 Características físicas del agua residual domestica

En vista de que no existe un sistema de tratamiento se obtiene una temperatura muy elevada en el agua residual domestica presentando 22°C, además se debe por el contenido de materia orgánica coloidal sobre la descarga el cual incrementa la actividad microbiana y por lo tanto aumenta la temperatura del agua residual. Haciendo este análisis se deduce que la temperatura del agua puede provocar cambios en las especies piscícolas según Nazareno, Sánchez Rodríguez, Herrera y Alvarado, (2008). Cabe mencionar en el Acuerdo Ministerial 097 en la tabla 9 de la descarga a un cuerpo de agua dulce estipulado por el Ministerio del Ambiente el límite máximo permisible en cuanto a la temperatura es una variable equivalente (+- 3). Calculo que se realizó y que favoreció un registro de 19°C por lo tanto se deduce que la temperatura se encuentra fuera del rango permisible.

Correspondiente a sólidos totales se obtuvo un resultado de 1500 mg/l esto se debe por la gran presencia de sólidos que vierte sobre la descarga los mismos que no son tratados pero sin embargo cumplen con el límite máximo permisible que estipula el Acuerdo Ministerial 097. Pero con el pasar del tiempo este resultado se va incrementando por lo que requiere un tratamiento. Con referencia a la UNAD, (2016) afirma que los sólidos totales son los que se obtienen después de secar una muestra de agua; y se subdividen en sólidos disueltos y sólidos suspendidos; éstos últimos se obtienen por medio del proceso de filtración.

Los resultados que se obtuvieron del análisis físico en cuanto al parámetro sólidos suspendidos totales fue de 410 mg/l este resultado alto se debe a la deficiencia de un sistema de tratamiento el cual hace que estas aguas prevalezcan un sinnúmero de sólidos flotantes. Con relación a Soto, (1999) afirma que estos sólidos en gran porcentaje están constituidos por materia orgánica. Este concepto se relaciona con Seoanez (2004) quien señala que estos sólidos son partículas orgánicas e inorgánicas que se mantienen en suspensión dentro del agua. Se recalca a este parámetro fuera del límite máximo permisible establecido por el Acuerdo Ministerial 097 propuesto por el MAE.

7.1.2 Características químicas del agua residual domestica

Sobre el vertido de agua residual doméstica se registró un pH de 7,2 correspondiente a una solución medianamente alcalina este resultado se dio porque existe la presencia sobre el agua residual carbonatos hidróxidos y ácidos. Por ello Sánchez y Gándara, (2011) mencionan que cuando un pH aumenta predomina la alcalinidad por carbonatos e hidróxidos y por ende se produce la precipitación de carbonato de calcio lo cual impide que el pH siga aumentando.

De acuerdo a la ley ambiental este parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible.

El resultado alto en cuanto al parámetro fósforo se da por la gran presencia de nutrientes inorgánicos sobre la descarga. Según Camacho (1998) los resultados altos en fosforo es una ventaja para obtener crecimiento biológico eficaz. Se hace mención que este parámetro se encuentra fuera del límite máximo permisible que estipula el Acuerdo Ministerial 097.

El resultado de nitrógeno total de 18,2 mg/l se debe a la presencia de partículas, tales como residuos orgánicos, orinas y deposiciones humanas sobre la descarga. Este análisis concuerda con (Straub, 1989) citado por Camacho, (1998) quien hace mención que las fuentes de nitrógeno en el agua residual urbana son principalmente de excrementos humanos de los que el 75% es urea y el resto es nitrógeno orgánico. Se recalca que este parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible que estipula el Acuerdo Ministerial 097.

El parámetro sulfatos presento un resultado de 310 mg/l esto se debe a la presencia mínima en cuanto a detergentes en el uso familiar y la utilización de fertilizantes de uso agrícola. Según Medina, Carrera, y Vives, (2001) consideran que los sulfatos son de origen antrópico que provienen principalmente de los fertilizantes agrícolas y detergentes domésticos. Este parámetro cumple con el nivel permisible que se estipula en el Acuerdo Ministerial 097.

En la línea base se dieron resultados demasiado altos en cuanto a demanda bioquímica de oxígeno, aceites y grasas y tensoactivos estos resultados se deben a la deficiencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales sobre la descarga. Con relación al Acuerdo Ministerial 097 estos tres parámetros no

cumplen con la Normativa por lo que sobrepasan el nivel permisible. Castrillon, (2013) confirma que los aceites y grasas son compuestos orgánicos de origen animal y vegetal, por otra según (Mendoca, 2000 citado por Delgadillo, Camacho, Pérez, y Andrade, 2010) mencionan que los tensoactivos provienen de la descarga de detergentes domésticos.

Con relación al DQO sobre el análisis inicial se obtuvo un resultado de 100 mg/l esto se debe a la cantidad de sustancias disueltas o en suspensión que están sobre el agua residual y que serán oxidadas por medios químicos. Según Doménech y Peral, (2006) afirman que la DQO corresponde a una oxidación química de las sustancias oxidables que contiene la muestra. Y que esta a su vez se determina por medio de una valoración redox de la muestra con un oxidante químico fuerte como es el dicromato potásico o permanganato potásico en medio ácido. Con relación a la Normativa ambiental este parametro se encuentra dentro de limite maximo permisible tal como lo menciona el Anexo I de descarga a un cuerpo de agua dulce.

7.1.3 Características microbiológicas del agua residual domestica

Sobre el análisis inicial se presentó valor de 3100 NMP/100 ml correspondiente a coliformes fecales esto se da debido al número de bacterias que se encuentran sobre el agua residual que provienen de las heces fecales contaminando las aguas y siendo un riesgo para las personas expuestas, por la existencia de organismos que son productores de algunas enfermedades. Este contexto coincide con Garcia et al, (2006) quien afirma que los coliformes son los que se relacionan con la contaminación fecal con un sinnúmero de bacterias que crecen con lactosa y la fermentan a $44,5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ produciendo gas en las

primeras 48 horas siendo la más indicada la *Escherichia coli* de todo el grupo de coliformes fecales que afectan a la salud humana.

7.2 Diseñar implementar y evaluar un sistema biofísico demostrativo para el tratamiento de aguas residuales domesticas del barrio la Hueca.

7.2.1 Diseño del sistema biofísico demostrativo

El barrio San Miguel de la Hueca se genera un caudal promedio semanal de 0,32 l/seg. Este resultado se debe a que el sector solo se genera actividades de uso doméstico. Comparado con el estudio de Leon y Peralta (2009) ellos obtienen un caudal de 0,18 a 0,20 litros/minutos como promedio final en tres barrios. En este estudio se obtiene una dotación de agua de 155,3 litros/habitantes/día. Estos valores se deben al sinnumero de actividades que realizan a diario en el hogar. Con relación al estudio de Leon y Peralta (2009) ellos obtienen una dotación de 851 l/hab./dia. Esto se da debido a que el agua residual proviene de actividades de origen domestico y agricola.

El barrio la Hueca cuenta con un sistema de alcantarillado que cubre a 36 familias mientras que dos de ellas no acceden esto es por lo que son casas recién construidas y esquineras en la comunidad por que hacen deposiciones de agua a través de pozos sépticos.

El sistema de tratamiento biofisico demostrativo integra cuatro componentes: tanque sedimentador con dos camaras, un tanque de filtración decendente, y dos tanques de filtración biologicos. Para proceder a realizar los respectivos calculos de este sistema se revisaron ecuaciones matematicas propuestas por el Ing civil. Alipio Picoita quien menciona que para tener un sistema de tratamiento eficaz es necesario que la cota del tanque sedimentador tiene que ser inferior a la cota de

descarga de aguas residuales y el area del primer tanque para que de servicio a 18 familias por un periodo de tiempo no es problema en vista que lo que entra es minimo para ello se tendra que hacer 2 areas de servicio para que la una se retenga el material coloidal y la otra retenga grasas. Con los calculos realizados se obtiene una retención de solidos del 94,44% sobre el tanque sedimentador, resultado que coincide con Lopez, (2013) quien realizo un diseño de un sistema de tratamiento en San Luis en la provincia de chimborazo el cual retuvo 88,4% de solidos sedimentables cumpliendo con los limites maximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097.

7.2.2 Monitoreos realizados a los tanques biológicos

Al momento de la siembra se colocó 20 gramos de helecho sobre el primer tanque al igual para el segundo donde se tiene conocido que la superficie del mismo está dividido en 56 cuadros de un cuadrante equivalente al 100%.

Cada cuadro tiene un peso de 5 gramos de helecho equivalente a 1,78% y que en 20 gramos sube 7,12% en la fase inicial en el primer tanque y sobre el segundo el mismo resultado quedándose para las futuras mediciones 52 cuadros los cuales vendrían siendo el 92,88%.

Durante los dos meses 8 días de evaluación a la especie helecho de agua se obtuvo un decrecimiento en cuanto al peso, al diámetro y la longitud este crecimiento de la planta en el tanque 1 es limitado y se atribuye a que esta se encuentra en proceso de adaptación y desarrollo en un medio sobre enriquecido razón por la cual no alcanza un excelente desarrollo, por lo tanto hay un decrecimiento. A diferencia del tanque 2 en donde el agua ha pasado por un primer proceso conocido como pretratamiento al sistema biológico llega sin

algunos nutrientes debido al pretratamiento realizado siendo las condiciones más factibles para que la planta se desarrolle y le permita captar más nutrientes y su follaje pueda realizar la fotosíntesis, se observó mejores resultados en el tanque 2 que en el primero. Estos resultados concuerdan con el Estudio de León y Peralta, (2009) realizado en Cotacachi el diámetro de la *Azolla* alcanza entre 2,5 y 4,5 presentándose una mayor tendencia a tener mayor expansión en el tanque 4. En cuanto a la longitud de la raíz la especie alcanza un promedio entre 4,02 para el primer tanque y 4,28 para el segundo tanque.

El cubrimiento de la especie en el estudio realizado en la Hueca fue del 80% para el primer tanque y un 88% para el segundo tanque. El índice de mortalidad para el primer tanque es del 20% y para el segundo el 12%. Estos resultados se deben por el proceso de adaptación y desarrollo.

7.2.3 Evaluación del sistema biofísico demostrativo

Se plantea las siguientes discusiones en la evaluación del sistema.

7.2.3.1 Características físicas del agua residual tratada

El agua residual doméstica tratada, en cuanto a la temperatura se ha reducido de unos veinte y dos grados centígrados a diecinueve grados centígrados (22°C a 19°C) esto se debe al grado de tratamiento que se le dio a los coliformes coloidales quienes hacen que la temperatura aumente. Estos resultados son similares con el estudio de Fernández, (2014) quien a través de una zanja de filtración para tratar las aguas residuales de una vivienda familiar logró reducir la temperatura de 19,7°C a 18,4°C. parámetro que se encuentra dentro del límite máximo permisible.

En cuanto al parámetro sólidos totales el agua residual tratada se redujo este elemento de 1500 mg/l a 1115 mg/l. equivalente a un 25,67% considerándose una retención de sólidos medianamente factible a través del sistema implementado. Estos datos se relacionan con el estudio de Socorro, (2010) quien confirma que a través de la evaluación de la calidad de agua tratada y reutilizada en una planta de tratamiento obtuvo un porcentaje de retención del 30%.

El parámetro sólidos suspendidos totales en el agua residual tratada se ha demostrado una reducción de 410 mg/l a 110 mg/l. dato que se encuentra en un 73,18% esto se debe a que el sistema físico es ideal para el tratamiento en la retención y remoción de sólidos. Esto concuerda con Scavo, Rodriguez y Luque, (2005) quienes realizaron un estudio de un sistema para tratar las aguas residuales en donde afirman que obtuvieron valores porcentuales de sólidos suspendidos, eficientes en su sistema de tratamiento con el 87,5 % en remoción.

7.2.3.2 Características químicas del agua residual tratada

Sobre el agua residual tratada se registró un pH de 6,9 un valor que ha sido reducido al análisis inicial este resultado se debe a la menos presencia de los detergentes ya que el sistema implementado se encarga de eliminar las espumas provenientes de dejás a través de procesos de filtración el cual se encuentran en buen funcionamiento. En el estudio de Bermeo y Santin, (2010) los valores en su estudio fueron: pH de 6.78 a 7.35 con un valor óptimo para que exista la actividad biológica suficiente en el agua residual para la eliminación de nutrientes y materia orgánica (6.5 – 8.5).

El parámetro fosforo en los análisis iniciales se presentó un resultado de 11,0 mg/l, actualmente con la implementación del sistema de tratamiento biofísico

estos resultados disminuyeron a 9,5 mg/l equivalente a un 13,64% de remoción este resultado se da porque la especie *Azolla Caroliniana* tiene la capacidad de absorber fósforo. Este resultado es similar con el de Trujillo, (2012) quien refleja su resultado del 5% en Fósforo Total. Sobre su sistema de tratamiento implementado con esta especie según este autor esto se debe a la cantidad mínima de fósforo sobre el agua residual tratada.

En cuanto a los parámetros Nitrógeno total, Sulfatos, DBO, DQO, grasas y aceites, y tensoactivos se tiene excelentes resultados sobre el análisis final esto se debe al buen funcionamiento del sistema el cual la especie implementada ha dado un excelente resultado. En relación con el estudio de Leon y Peralta, (2009) que lo realizó en Cotacachi evaluando tres especies que descontaminen las aguas residuales. Los resultados de esta investigación fueron los siguientes: para el parámetro nitrógeno total fue de 16 mg/l sobre el afluente en cuanto al parámetro DBO fue de 180,0 mg/l sobre el afluente en cuanto al DQO obtuvo un valor de 271,63 mg/l. en tensoactivos 0,5 mg/l estos resultados altos se debieron a que las especies presentaron porcentajes de mortalidad. En cuanto al parámetro grasas y aceites en el análisis final se obtuvo un valor de 29,0 mg/l. esto se da por el primer proceso de tratamiento. En relación con el estudio de Poveda, (2014) el parámetro aceites y grasas está sobre los 0,0406 mg/l.

7.2.3.3 Características microbiológicas del agua residual tratada

Los coliformes fecales sobre el agua residual tratada fue: de 1700 NMP/100 ml porcentaje que alcanza a un 54,83% de factibilidad este valor concuerda con Kanarek, (1993) quien afirma que existió una completa eliminación de coliformes fecales del 85% en su estudio.

8 CONCLUSIONES

En los primeros análisis en cuanto a la caracterización física química y microbiológica del agua residual se encontraron seis parámetros fuera del límite máximo permisible y tan solo cuatro de ellos con valores aceptables plasmándose en el Acuerdo Ministerial 097.

En cuanto al diseño del sistema de tratamiento se comprobó una factibilidad del 94,44% del sedimento de diámetro 0,02 mm de partículas retenido en el tanque sedimentador.

En cuanto al monitoreo sobre el primer tanque biológico existió un cubrimiento de Azolla del 80 % mientras que en el segundo el crecimiento fue del 88% determinándose una excelente adaptación de la especie sobre el sistema. Así mismo se tuvo una deficiencia del 20% de mortalidad sobre el primer tanque y tan solo un 12% sobre el segundo.

En la evaluación y eficacia del sistema 10 parámetros analizados en el laboratorio correspondiente a las propiedades físicas químicas y microbiológicas han sido removidos cumpliendo a cabalidad con los límites máximos permisibles que estipula el Acuerdo Ministerial 097.

Los parámetros que más han sido removidos fueron sólidos suspendidos con un 73,18% y coliformes fecales con un 44,83% de tal manera que se comprueba que es un sistema de tratamiento favorable y rentable para prestar su servicio para una comunidad sector o barrio.

En cuanto al costo se concluye que es un sistema de tratamiento económico factible fácil de implementar en las comunidades rurales sin la necesidad de implementar una planta de tratamiento que conlleva gastos.

9 RECOMENDACIONES

Concluido el presente estudio se ha considerado las siguientes recomendaciones:

Para el GAD del Cantón Centinela de Córdor

Se recomienda realizar la construcción del sistema de tratamiento para todo el barrio y otras comunidades rurales del cantón ya que es una alternativa factible para reducir la contaminación ambiental que se está produciéndose en nuestros cuerpos de agua dulce.

Se recomienda utilizar la especie Helecho de agua (*Azolla Caroliniana*) durante 2 a 3 meses para el tratamiento de aguas específicamente para altos contenidos en fosforo.

Desde la parte económica y ecológica para el tratamiento de aguas se considera realizar una combinación de métodos físicos más biológicos para tener una excelente eficacia en el funcionamiento del sistema..

Para las instituciones educativas

Que los estudiantes relacionados al ambiente realicen temas de investigación en cuanto a la depuración de aguas residuales con métodos físicos más biológicas.

Para el Barrio San Miguel de la Hueca

Que los moradores busquen apoyo al Gad Municipal y a instituciones del estado para que se les ejecute la obra y a través de mingas comunitarias ellos puedan construir el sistema de tratamiento que servirá para el saneamiento de la comunidad.

10 BIBLIOGRAFÍA

- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). constitución de la republica del Ecuador. Montecristi.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2010). Ley de prevencion y control de la contamiación ambiental (Registro oficial suplemento 418).
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2014). Ley Organica de Recursos Hidricos, Usos y Aprovechamiento del agua. Quito.
- Bermeo Castillo, I. e., & Santín Torres, j. I. (2010). "Estudio, diseño y selección de la tecnología adecuada para tratamiento de aguas residuales domésticas para poblaciones menores a 2000 habitantes en la ciudad de Gonzanama.
- Camacho, j. v. (1998). eliminación biologica de fosforo en aguas residuales urbanas. ciudad real: Universidad de Castilla- La Mancha, 2001.
- Camacho, j. v. (1998). eliminación biologica de fosforo en aguas residuales urbanas. ciudad real: Universidad de Castilla la mancha.
- Castillo, s. d. (2013). proyecto de factibilidad para la exportación. Quito.
- Castrillon, y. (30 de octubre de 2013). grasas y aceites en aguas. obtenido de grasas y aceites en aguas: <https://prezi.com/xr7vtaarafrb/grasas-y-aceites-en-aguas/>
- Celis et al (1994) Estudio de tres especies macrófitas en la Provincia de Imbabura.
- Cirujano bracamonte, s., m, & Medina Domingo, I. (2002). plantas acuaticas de las lagunas y humedales de castilla- la mancha. madrid: liber factory.

- Cisneros, b. e. (2005). la contaminación ambiental en Mexico causa, efectos y tecnología apropiada. Mexico: limusa, s.a. de c.v.
- Contreras Lopez, a., & Molero Meneses , m. (2011). ciencia y tecnología del medio ambiente. Madrid: octubre del 2011.
- Contreras, k., Contreras, y., corti , m., de sousa, j., duran, m., & escalante , m. (2008). el agua un recurso para preservar. merida.
- Crites, r., tchobanoglous, & g. (2000). tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. colombia.
- Crites, w. y. (2000). sistemas de manejo de aguas residuales para nucleos pequeños y descentralizados. santa fe de bogota.
- Delgadillo, o., Camacho, a., Pérez, l., & Andrade, m. (2010). depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. cochabamba: nelson antequera duran.
- Diccionario del Medio Ambiente. (2007). medio ambiente acuatico.
- Doménech, x., & peral, j. (2006). química ambiental de sistemas terrestres. barcelona: reverté s.a.
- Escuela Superior Politecnica del Litoral . (27 de 07 de 2009).
<https://www.dspace.espol.edu.ec> . obtenido de
<https://www.dspace.espol.edu.ec>:
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6154/2/coliformes%20totales%20celia%20castro.pdf>
- Española, d. r. (2015). <http://www.rae.es/>. obtenido de <http://www.rae.es/>:
<http://www.rae.es/>

- Fernández, r. f. (2014). diseño implementación de una zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la comunidad de chicaña. zamora.
- Gad municipal del cantón centinela del condor. (2012). Plan de ordenamiento territorial Centinela del Condor. Zumbi.
- Gad parroquial panguintza. (2014). plan de ordenamiento territorial. Panguintza.
- Glynn, h., & hein, g. (1999). Ingenieria Ambiental segunda edición. Mexico.
- Gordón, g. s. (2013). validación de los métodos de ensayo para db05 en aguas residuales, tph aceites y grasas en aguas residuales y suelos. quito.
- Hueca, p. d. (2013). diagnostico participativo.
- Jaramillo jumbo, m., & flores campoverde, e. (2012). fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales lemma minor (lenteja de agua) eichornia crassipes (jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera. cuenca.
- kanarek, e. a. (1993). municipal wastewater reuse via soil aquifer treatment for non- potable purposes.
- kirchmer, c. j. (s.f.). criterios y normas de calidad de aguas.
- Lara, j. l. (2011). determinación de la eficacia de azolla caroliniana como matriz de hiperacumulacion de metales pesados cuantificados. quito.
- Lara, o. e. (2010). tratamiento de aguas capitulo ii características de la aguas residuales. lima.
- Leon Espinoza, m., & Lucero Peralta, a. m. (2009). estudio de eichhornia crassipes, lemma gibba y azolla filiculoides en el tratamiento biologico de

aguas residuales domesticas en sistemas comunitarios y unifamiliares del cantón cotacachi .

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/102/1/03%20rec%20108%20tesis.pdf>. Ibarra, Imbabura, Ecuador .

LLerena, s. m. (2014). "proceso del manejo de desechos contaminantes del área de produccion de la empresa chelos. Ambato.

Lopez, a. e. (2013). diseño de un sistema de tratamiento para aguas residuales de la cabecera parroquial de san luis provincia de chimborazo. riobamba.

Espigares García y j. a. Pérez López . (2016). aguas residuales.

m., s. (2004). Depuración de las aguas residuales por tecnologias ecologicas de bajo costo . Madrid: mundi-prensa.

Manahan, s. (2007). introduccion a la quimica ambiental. Mexico: revert s.a.

Marin Galvin , r. (2003). fisicoquimica y microbiologia de los medios acuaticos tratamiento y control de plagas . madrid: diaz de santos s.a.

Medina, a., carrera, j., & vives, i. (2001). las caras del agua subterranea. Barcelona.

Medina, s. d. (2016). "evaluación del pasto alemán (*echinochloa polystachya*) y lenteja de agua (*lemna minor*) como especies fitorremediadoras para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de chicaña, provincia de zamora chinchipe.". zamora.

Menendez, c., & perez, j. (2007). procesos para el tratamiento biológico de aguas residuales industriales. . ciudad de la habana: editorial félix varera - editorial universitaria. 298p.

- Miliarium . (06 de noviembre de 2016). miliarium.com ingenieria civil ambiental. obtenido de miliarium.com ingenieria civil ambiental: <http://www.miliarium.com/prontuario/medioambiente/aguas/velocidadsedimentacion.htm>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). Acuerdo Ministerial 061.
- Misericordia Garcia Hernandez et al. (2006). personal laboral de la comunidad autonoma de extremadura. sevilla: mad, s.l.
- Monica Scavo, o. r. (2005). Estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales con pasto vetiver complementario provenientes de una planta de producción de gaseosas, en villa de cura, estado de Aragua venezuela.
- Moreno Merino, I., Fernandez jurado, a., rubio campos, j. c., calaforra chordi, j. m., lopez geta, j. a., beas torroba, j., Gomez Lopez, j. a. (2003). la depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltracion directa en el terreno. granada.
- Muñoz, d. f. (2011). manual de tratamientos biológicos de aguas. Loja.
- Nazareno bone, g., Zanches Rodriguez, d., & Herrera Alvarado, e. (2008). identificación de especies de microorganismos presentes en las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales, y su relación con la degradación de la materia orgánica. guayaquil.
- Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental OEFA. (2014). fiscalizacion ambiental en aguas residuales. Lima.
- Organizacion Mundial de la Salud. (04 de 05 de 2016). <http://www.who.int/>. obtenido de <http://www.who.int/>: https://es.organización_mundial_de_la_salud

- Ortega, n. m. (2006). phosphorus precipitations in anaerobic digestion process. boca raton florida usa.
- Perez, g. a. (2003). bioindicación de la calidad del agua en colombia. antioquia: editorial universidad de antioquia.
- Poveda o., r. a. (2014). "Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón ambato, provincia de tungurahua". "evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón ambato, provincia de Tungurahua, Ecuador.
- Pozo, j. g. (2014). "Diseño de lagunas de oxidación para tratamiento de aguas residuales generadas en el campamento el coca de la empresa. Quito.
- Proaño, a. g. (2011). "Estudio de un sistema de depuración de aguas residuales para reducir la contaminación de río ambato y los sectores aledaños, en el sector de pisocucho, de la parroquia izamba, del cantón ambato, provincia de tungurahua". ambato.
- Pulido, s. p., Miranda, v. a., Guzman , m., & Molano, e. j. (s.f.). origen y características de las aguas residuales. ptar-uniminuto, <https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>.
- Ramirez acosta, r. d., & Mendoza Espinoza, l. g. (2005). economia del agua en baja california reuso de agua residuales tratadas bajo mecanismos de mercado. baja california: tomas di bella.

- Ramos Ojeda, j. (2012). sustitución del maíz por harina de azolla (a. caroliniana) en raciones para el crecimiento-engorde de cobayos”. loja, loja, sierra.
- Ramos Olmos, r., Sepulveda Marquez, r., & Villalobos Moreto, f. (2003). el agua en el medio ambiente muestreo y analisis. mexico: @ plazayvaldez.com.
- Revista ambientun. (2002). autodepuracion de los rios. revista ambientun.
- Rodriguez Fernandez, a., Garcia, p., rosas, r., dorado, m., villar , s., & garcia, j. (2006). tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. madrid.
- Rodriguez, m. g. (2003). calculos avanzaados en procesos de descontaminacion de aguas. madrid.
- Rodriguez, m. g. (2006). depuracion de aguas residuales modelizacion de procesos de lodos activos. Madrid.
- ronzano, e., & dapena , j. l. (2002). tratamiento biologico de las aguas residuales. ediciones diaz de santos.
- Sanchez, a., & Gandara. (2011). conceptos basicos de gestion ambiental y desarrollo sustentable. tlalpan mexico: ine semarnat.
- Santiago, f. (1996). sistemas de colectores y tratamiento residuales primer taller de tecnologias del agua y saneamiento en polos turisticos.inrh. cuba.
- Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. (15 de enero de enero de 2016). conagua.gob.mx. obtenido de conagua.gob.mx: <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/noticias/nmx-aa-005-scfi-2000.pdf>
- secretaria nacional del agua. (2014). ley de recursos hidricos usos y aprovechamiento del agua. quito.
- Sette Ramalho, r. (2003). tratamiento de aguas residuales. barcelona: reverté, s.a.

Silva, j. v. (2015). "las aguas residuales domésticas del barrio el recreo y su incidencia en la calidad del agua del Rio Pindo grande de la ciudad del Puyo, provincia de Pastaza. Ambato.

Sistema Integrado de Legislación Ecuatoriana. (2004). Ley de prevención y control de la contaminación ambiental (registro oficial suplemento 418).

Socorro, m. (2010). Evaluación de la calidad del agua tratada reutilizada en Chiguagua- Mexico.

Soto, a. a. (1999). Ingeniería Sanitaria Santo Domingo, República Dominicana.

Trujillo, z. m. (2012). "Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas". Lima.

Universidad Nacional Abierta Distancia. (27 de abril de 2016). unad.edu. obtenido de unad.edu:
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/contenidolinea/leccion_2_carga_contaminante_y_habitantes_equivalentes.html

Valencia, (2013) Estudio de una fosa séptica para la depuración de aguas en la parroquia pifo provincia de Pichincha.

Villacis, a. (2011). estudio de un sistema de depuración de aguas residuales para reducir la contaminación de río ambato y los sectores aledaños, en el sector de. ambato.

11 ANEXOS

11.1 Etiquetas de la muestra de agua para los análisis iniciales.

MUESTRA DE AGUA	
Coordenadas: X: 743043.....	Cantidad.....1000 ml.....
Y: 9567765	
Técnico:.....Vinicio Sarango...	Código...LH001.....
Fecha:...13/04/2016	Hora de recolección:.....8:30...Am....

MUESTRA DE AGUA	
Coordenadas: X: 743043.....	Cantidad.....1000 ml.....
Y: 9567765	
Técnico:.....Vinicio Sarango...	Código...LH001.....
Fecha:...13/04/2016	Hora de recolección:.....8:30...Am....

11.2 Cadena de custodia

CADENA DE CUSTODIA PARA EL LABORATORIO CIESSA CIA. LTDA.															
REPORTAR A:			FACTURAR A:					REQUERIMIENTOS DE ANALISIS							
Empresa:		Empresa:													
Dirección:		Dirección:													
Contacto:		Contacto:													
Nombre del responsable del muestreo:				Firma:											
Nombre del proyecto															
Matriz*	Fecha	Hora	Comp	Punt	Identificación de la Muestra										
NOMBRE DE FUNCIONARIO DE INSTITUCIÓN					FIRMA			INSTITUCION			FECHA		OBSERVACIONES		

11.3 Encuesta de aspectos demográficos y servicios básicos.

TESIS DE GRADO

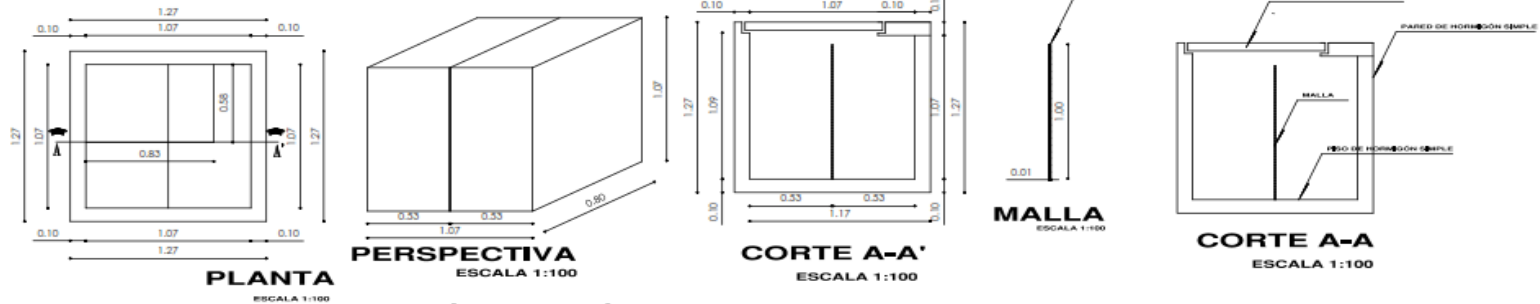
Encuesta a moradores del barrio “San Miguel de la Hueca” para la elaboración del diseño de un sistema de tratamiento demostrativo biofísico ubicado en la parroquia Panguintza, cantón Centinela del Cóndor, provincia de Zamora Chinchipe.

Encuesta :	
Fecha:	
Nombre del encuestado	
Años de residencia	
Habitantes por Vivienda	

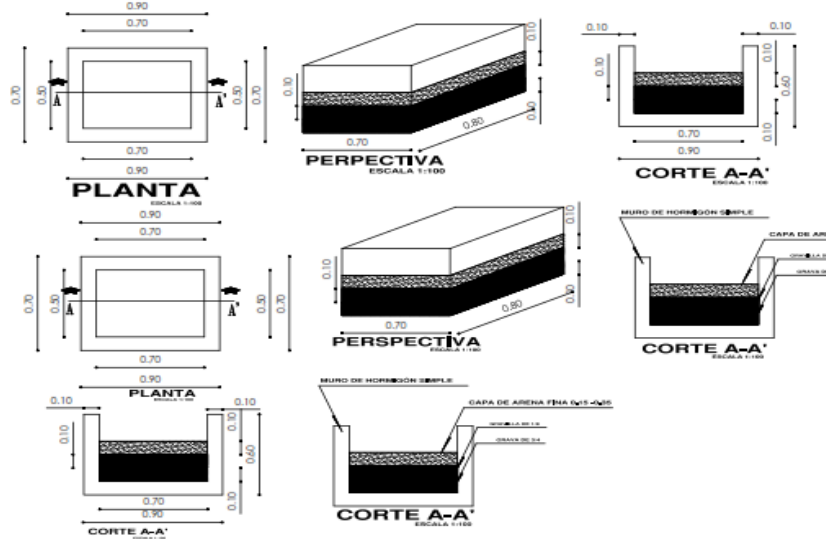
Servicios	Si	No	Problemas	Observaciones
Agua para consumo Humano				
Accede a un servicio de agua potable				
Sino accede a un servicio de agua potable de qué forma obtiene el agua para el consumo del hogar				
Agua entubada				

Anexo 4 Diseño del sistema biofísico demostrativo con cortes y detalles

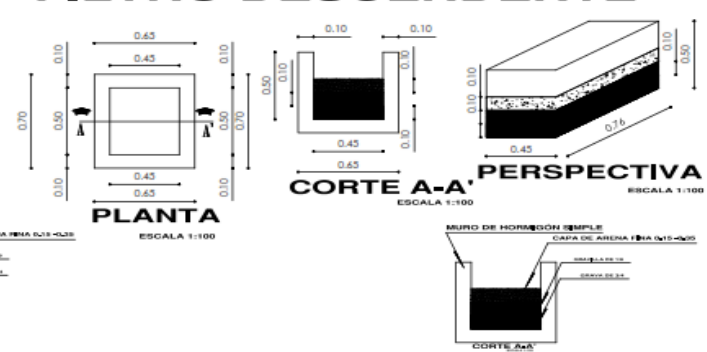
SEDIMENTADOR




TANQUES DE FILTRACIÓN BIOLÓGICA

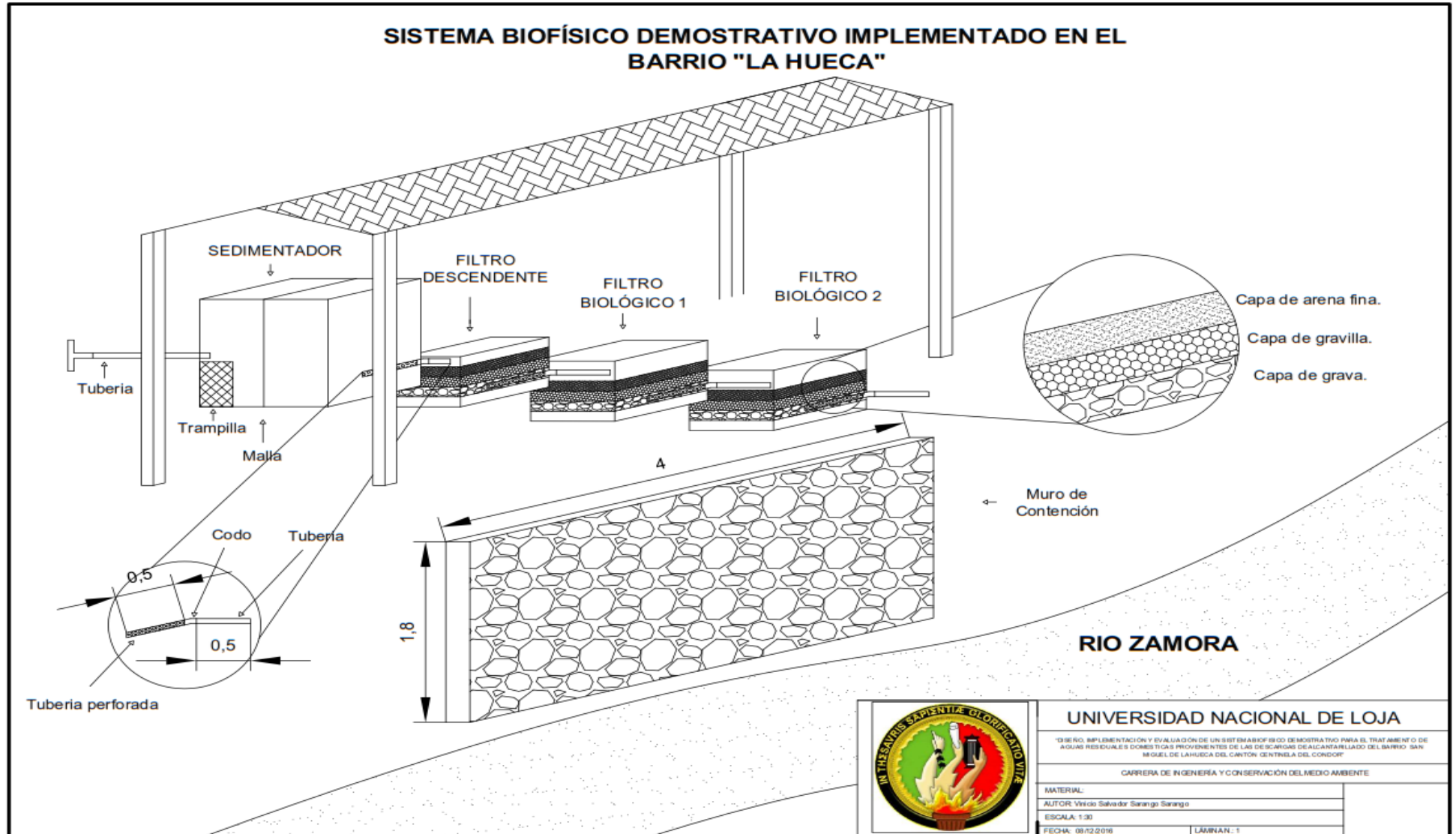


FILTRO DESCENDENTE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
MUNICIPIO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA BIOPHÍSICO DEMOSTRATIVO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE LAS DESECHAS DEL ALcantarillado DEL BARRIO SAN JUAN DE LA PUERTA DEL SUDOCCIDENTE DEL MUNICIPIO			
	AUTOR: TITULO:	FECHA: INSTITUCIÓN:	PÁGINA: TOTAL:
	TÍTULO: TANKS BIOLÓGICAS, FILTRO DESCENDENTE FILTRO BIOLÓGICO SUS CORTES Y DETALLES	FECHA: INSTITUCIÓN:	PÁGINA: TOTAL:

Anexo 5 Sistema biofísico demostrativo vista perspectiva




11.5 Resultados de la ficha de campo.

MONITOREO DE LA ESPECIE ACUATICA "HELECHO DE AGUA"										
Peso en gramos		Tiempo	Porcentaje de cubrimiento		Tamaño de la planta		Tamaño de raíces		Índice de mortalidad	
T1	T2		T1	T2	T1	T2	T1	T2		
Muestra 1 5.1 gr.	Muestra 1 5.3	17 días	10%	15%	3,5 cm	4, cm	3,8	3,85	3%	1%
Muestra 2 4,5	Muestra 2 4,9				3,1	3,5	3,7	4,1		
Muestra 3 4,9	Muestra 3 5,7				3,3	3,1	3,4	3,6		
Muestra 4 4,5 gr.	Muestra 4 5.1				3,7	2.5	3,6	3,1		
Muestra 5 4,3	Muestra 5 4,8				3,2	3,8	3,1	4,5		
Muestra 6 5,3	Muestra 6 5,5				2,7	3.3	3,8	3,2		
X= 4,76	X= 5,22						X=3,25	X=3,37		
T1	T2	Tiempo	T1	T2	T1	T2	T1	T2	I.M	
Muestra 1 3,5	Muestra 1 3,4				3,2	3,5	3,8	4,3		
Muestra 2 3,1	Muestra 2 3,9				3,7	3,7	3,9	4,5		
Muestra 3 3,5	Muestra 3 3,7				3.5	4,2	3,5	4,7		

Muestra 4 5.2	Muestra 4 5,8	34 días	15%	18%	3,2	4,4	5,1	4,9	5%	3%
Muestra 5 4,5	Muestra 5 4.4				3.3	3,7	4,8	5,3		
Muestra 6 3,8	Muestra6 4,2				4,2	3,8	4,9	4,5		
X= 3,93	X= 4,23				X=3,52	X=3,88	X= 4,33	X=4,7		
T1	T2	Tiempo	T1	T2	T1	T2	T1	T2	I.M	
Muestra 1 4,7	Muestra 1 5,3	51 días	25%	29%	4,1	2,8	5,2	4,6	4%	3%
Muestra 2 4.6	Muestra 2 5,6				3,5	3,5	4,7	4,9		
Muestra 3 4.3	Muestra 3 5,2				3.1	3,6	4,1	5,3		
Muestra 4 4,1	Muestra 4 4,2				2,9	4,2	4.4	5,2		
Muestra 5 4.5	Muestra 5 3,8				3,3	2,9	3,7	3,6		
Muestra 6 3,7	Muestra 6 3,6				2,8	3.9	3,5	4,2		
X=4,32	X= 4,62				X=3,28	X=3,48	X=4,27	X=4,63		
T1	T2	Tiempo	T1	T2	T1	T2	T1	T2	I.M	
Muestra 1 5.2	Muestra 1 5,8				2,5	3,2	3,5	3,3		
Muestra 2 4,7	Muestra 2 5,6				2,8	3,5	3,6	3,9		

Muestra 3 4,3	Muestra 3 4,9	68 días	30%	26%	3,2	3,6	3,8	3,4	8%	5%
Muestra 4 4,1	Muestra 4 5,4				2,9	3,4	3,4	4,3		
Muestra 5 5,6	Muestra 5 5,9				3,6	3,9	4,4	4,7		
Muestra 6 3,8	Muestra 6 5,7				3,1	3,6	4,9	4,9		
X=4,62	X=5,55				X=3,02	X=3,53	X=3,93	X=4,08		

11.6 Resultados de análisis inicial de los parámetros físicos químicos y microbiológicos.



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS
Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS**

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS Y SUELOS

1. INFORMACIÓN GENERAL:

# DE ORDEN: CIESSA-ONEA Test Lab-16 - 62	REMITENTE: Sr. Vinicio Sarango S.
PROYECTO: *Diseño, Implementación y Evaluación de un Sistema de Biofísico Demostrativo para el Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas Provenientes de las descargas de Alcantarillado del Barrio San Miguel de la Hueca del Cantón Centinela del Condor	SOLICITANTE: Sr. Vinicio Sarango S.
	DIRECCIÓN: Centinela del Condor
	TELEFAX: Móvil: 0989412140

2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO: 13 - 04 - 2016	MUESTRA: Agua Residual.
FECHA DE ANÁLISIS: 13 - 04 - 2016	CODIGO: MA: BSM 001 CANTIDAD: 2000 ml
FECHA DE REPORTE: 21 - 04- 2016	PARROQUIA: Panguintza CANTON: Centinela del Condor
FECHA DE ENTREGA: 23 - 04 - 2016	PROVINCIA: Zamora BARRIO: San Miguel de la Hueca

Límite Máximo Permisible de Descarga a un cuerpo de Agua dulce, según Acuerdo Ministerial 028 (AM028)

3. ENSAYOS FÍSICOS - QUÍMICOS:

3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:


PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Sólidos Totales	mg/l	1 500	-	1 600	AOAC 920.193	AM028
Sólidos Suspendidos totales	mg/l	410	-	130	AOAC 920.193	AM028

3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Fósforo Total	mg/l	11,0	-	10	ÁCIDO ASCÓRBICO	AM028
Nitrógeno Total	mg/l	18,2	-	50	NESSLER	AM028
Sulfatos	mg/l	310	-	1000	TUBIDIMETRO	AM028
D B O ₅	mg/l	130	-	100	AOAC 973 - 44	AM028
D Q O	mg/l	100	-	200	AOAC973 - 46	AM028
Tensoactivos	Sust. activas azul de metileno	1,5	-	0,5	AOAC973 - 23	AM028
Grasas y aceites	Sust. Solubles en hexano	50,0	-	30,0	AOAC973 - 45	AM028
Coliformes Fecales	NMP/100ml	3.1E+03	-	2000	INEN 1 529-8	AM028


Nota:
 - INEN, OMS, USPHS e IEOS Según Normas de Límite Máx. Permisible para Agua Potable de Consumo Humano.
 - Todos los resultados con el signo " - " no contempla fuente alguna sobre criterios de calidad Admisible.

NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGIA:
 - mg/l y ml/l (Miligramos por litro y Mililitros por litro) / - D B O₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días)
 - N M P (Número más probable de bacterias por 100 mililitros) / - D Q O (Demanda Química de Oxígeno)



Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO

ONEA Test Lab
HIDRO SANITARIO




Mg.Sc. Edgar S. Ojeda Riascos, BQF.

ONEA Test Lab
MICROBIOLOGIA


Av. Manuel Agustín Aguirre # 11-13 y Azuay, Esquina // La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles// Teléfonos: 072-589913
072-102 707-584 594/Telefax:072-589 913/102 707/Celular:091549877 / E.mail: ciessa1@hotmail.com // Loja-Ecuador

11.7 Resultado de los parámetros físicos químicos y microbiológicos del agua residual tratada.



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS
Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS**

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS Y SUELOS



CIESSA Cia. Ltda.
ONEA Test Lab

1. INFORMACIÓN GENERAL:

# DE ORDEN: CIESSA-ONEA Test Lab-134- 16	REMITENTE: Sr. Vinicio Sarango S.
PROYECTO: *Diseño, Implementación y Evaluación de un Sistema de Biofísico Demostrativo para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Provenientes de las descargas de Alcantarillado del Barrio San Miguel de la Hueca del Cantón Centinela del Condor	SOLICITANTE: Sr. Vinicio Sarango S.
	DIRECCIÓN: Centinela del Condor
	TELEFAX: Móvil: 0989412140

2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO: 30 - 08 - 2016	MUESTRA: Agua Residual.
FECHA DE ANÁLISIS: 30 - 08 - 2016	CODIGO: MA: BSM 002 CANTIDAD: 1000 ml
FECHA DE REPORTE: 14 - 08 - 2016	PARROQUIA: Panguintza CANTON: Centinela del Condor
FECHA DE ENTREGA: 14 - 08 - 2016	PROVINCIA: Zamora BARRIO: San Miguel de la Hueca

Límite Máximo Permisible de Descarga a un cuerpo de Agua dulce, según Acuerdo Ministerial 028 (AM028)

3. ENSAYOS FÍSICOS - QUÍMICOS:

3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Sólidos Totales	mg/l	1115	-	1600	AOAC 920.193	AM028
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	110	-	130	AOAC 920.193	AM028

3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Fósforo Total	mg/l	9,5	-	10	ÁCIDO ASCÓRBICO	AM028
Nitrógeno Total	mg/l	17,0	-	50	NESSLER	AM028
Sulfatos	mg/l	280	-	1000	TUBIDIMETRO	AM028
D B Os	mg/l	100	-	100	AOAC 973 - 44	AM028
D Q O	mg/l	80	-	200	AOAC973 - 46	AM028
Tensoactivos	Sust.activas azul de metileno	0,4	-	0,5	AOAC973 - 23	AM028
Grasas y aceites	Sust. Solubles en hexano	29	-	30	AOAC973 - 25	AM028
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1.7E+03	-	2000	INEN 1 529-8	AM028


Nota:

- INEN, OMS, USPHS e IEOS Según Normas de Límite Máx. Permisible para Agua Potable de Consumo Humano.
- Todos los resultados con el signo " - " no contempla fuente alguna sobre criterios de calidad Admisible.

NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGÍA:


- mg/l y ml/l (Miligramos por litro y Mililitros por litro) / - D B Os (Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días)
- N M P (Número más probable de bacterias por 100 mililitros) / - D Q O (Demanda Química de Oxígeno)

Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO



ONEA Test Lab
HIDRO SANITARIO

Mg.Sc. Edgar S. Ojeda Riascos, BQF.



ONEA Test Lab
MICROBIOLOGIA

Av. Manuel Agustín Aguirre # 11-13 y Azuay, Esquina // La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles// Teléfonos: 072-589913
072-102 707-584 594/Telefax:072-589 913/102 707/Celular:091549877 / E.mail: ciessa1@hotmail.com // Loja-Ecuador

INDICE GENERAL

INDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
1 TITULO.....	1
2 RESUMEN.....	2
2.1 SUMMARY.....	3
3 INTRODUCCIÓN.....	4
4 REVISION DE LITERATURA.....	6
4.1 Marco Conceptual	6
4.1.1 El agua.....	6
4.1.2 Aguas residuales	7
4.1.3 Parámetros físicos de un agua residual	10
4.1.4 Parámetros químicos de un agua residual.....	11
4.1.5 Parámetros biológicos del agua residual	14
4.1.6 Sistema de tratamiento de aguas residuales	16
4.1.7 Diseño para calcular la velocidad de sedimentación	19
4.1.8 Plantas acuáticas remediadoras en aguas residuales	20

4.1.9 Planta útil para el sistema tratamiento a implementar.....	21
4.1.10 Estudios realizados con la especie Azolla Caroliniana “Helecho de agua”.....	25
4.2 Marco legal favorable.....	27
4.2.1 Constitución de la República del Ecuador	27
4.2.2 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y aprovechamiento del agua(2014).....	28
4.2.3 Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (Registro oficial Suplemento 418).....	28
4.2.4 Acuerdo Ministerial 097 Reforma al texto Unificado de legislación Secundaria del Medio Ambiente	29
4.2.5 Acuerdo Ministerial 061 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria.....	32
5 MATERIALES Y METODOS.....	33
5.1 Materiales y equipos de campo	33
5.1.1 Materiales y equipos que se utilizó para el diagnóstico de aguas residuales.....	33
5.1.2 Materiales de campo que se utilizó para la construcción del sistema biofísico demostrativo.	33
5.1.3 Materiales de campo que se utilizó para la evaluación del sistema.....	33

5.1.4 Materiales y equipos de oficina que se utilizó para la elaboración del proyecto de investigación.....	34
5.2 Métodos	34
5.2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	34
5.2.2 Delimitación geográfica de la comunidad.....	36
5.3 Variables de estudio	38
5.3.1 Variable independiente	38
5.3.2 Variable dependiente	38
5.3.3 Hipótesis Nula	38
5.3.4 Hipótesis Alternativa.....	38
5.3.5 Modelo estadístico	39
5.4 Metodología del primer objetivo.....	39
5.4.1 Identificación del sitio de descarga y toma de datos en terreno.	39
5.5 Metodología del segundo objetivo	46
5.5.1 Aspectos demográficos y servicios básicos	47
5.5.2 Diseño del sistema biofísico demostrativo.....	48
5.5.3 Implementación del sistema biofísico demostrativo.....	51
5.5.4 Evaluación del sistema biofísico demostrativo a través de un análisis de agua en el laboratorio.	62
6 RESULTADOS.....	63
6.1 Resultados para el primer objetivo.....	63

6.1.1	Identificación del sitio de descarga y toma de datos en terreno	63
6.1.2	Resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.....	66
6.2	Resultado para el segundo objetivo	68
6.2.1	Resultado de la fase diseño	69
6.2.2	Implementación del sistema de tratamiento biofísico	79
6.2.3	Evaluación del sistema de tratamiento	85
6.2.4	Análisis estadístico.....	92
7	DISCUSIÓN	96
7.1	Diagnosticar el estado actual del agua residual domestica del barrio San Miguel de la Hueca.	96
7.1.1	Características físicas del agua residual domestica	96
7.1.2	Características químicas del agua residual domestica	97
7.1.3	Características microbiológicas del agua residual domestica.....	99
7.2	Diseñar implementar y evaluar un sistema biofísico demostrativo para el tratamiento de aguas residuales domesticas del barrio la Hueca.	100
7.2.1	Diseño del sistema biofísico demostrativo	100
7.2.2	Monitoreos realizados a los tanques biológicos	101
7.2.3	Evaluación del sistema biofísico demostrativo	102
8	CONCLUSIONES	105
9	RECOMENDACIONES	106

10	BIBLIOGRAFÍA	107
11	ANEXOS	115

INDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Tiempo de supervivencia de los organismos patógenos.	16
Tabla 2:	Límites de descarga de un cuerpo de agua dulce.	30
Tabla 3.	Frecuencias observadas.....	92
Tabla 4.	De contingencias para frecuencias esperadas.	93

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Caracterización climática parroquial.	36
Cuadro 2.	Cobertura y uso del suelo parroquial.	37
Cuadro 3.	Resultados de la medición del caudal para cada día.....	64
Cuadro 4.	Resultados del laboratorio de los parámetros en la fase inicial.	67
Cuadro 5.	Costos del sistema de tratamiento biofísico.....	78
Cuadro 6.	Promedios finales del peso, diámetro y longitud de la especie evaluada.	80
Cuadro 7	Resultado de cobertura y mortalidad de la especie.	84
Cuadro 8.	Resultado de análisis de los parámetros físicos del agua residual tratada.....	88
Cuadro 9.	Resultados finales de los parámetros químicos y microbiológicos del agua residual tratada.....	89

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resultado de la temperatura	65
Figura 2. Resultado del potencial de hidrogeno.	66
Figura 3. Resultado de los parámetros físicos químicos y microbiológicos. ...	68
Figura 4. Resultado de la población actual.....	69
Figura 5. Resultado de consumo de agua por familia	70
Figura 6. Resultado de las familias como eliminan el agua residual	70
Figuras 7. Peso en gramos a la especie monitoreada.....	81
Figuras 8. Resultado final sobre el diámetro a la especie evaluada.....	82
Figuras 9. Resultado longitud de la raíz de la especie evaluada.....	83
Figura 10. Resultados finales en cuanto a cobertura y mortalidad de la especie evaluada.	84
Figura 11. Resultado de la temperatura del agua residual tratada.....	86
Figuras 12. Resultado final del pH sobre el agua residual tratada.	87
Figuras 13. Resultados finales de los parámetros físicos.....	88
Figuras 14. Resultado finales de las propiedades químicas y microbiológicas del agua residual.....	90
Figuras 15. Resultados finales de 4 parámetros químicos y microbiológicos.	91

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. <i>Azolla Caroliniana</i> “helecho de agua”	22
Fotografía 2. <i>Identificación de la descarga y toma de datos.</i>	40
Fotografía 3. <i>Medición del caudal</i>	41

Fotografía 4. <i>Medición de la temperatura y pH del agua residual.</i>	42
Fotografía 5. <i>Preparación de los envases.</i>	43
Fotografía 6. <i>Materiales de protección útiles para la toma de muestra.</i>	44
<i>Fotografía 7. Etiquetado de muestras.</i>	45
Fotografía 8. <i>Aplicación de encuestas.</i>	47
Fotografía 9. <i>Construcción y acabado del muro de piedra.</i>	51
Fotografía 10. <i>Adecuación del terreno.</i>	52
Fotografía 11. <i>Replanto y pulido del piso.</i>	53
Fotografía 12. <i>Terminación de la cubierta.</i>	54
Fotografía 13. <i>Construcción y terminación del tanque sedimentador.</i>	55
Fotografía 14. <i>Construcción y terminación del filtro descendente.</i>	56
<i>Fotografía 15. Construcción y terminación del sistema biológico.</i>	57
Fotografía 16. <i>Siembra del helecho de agua al sistema biológico.</i>	58
Fotografías 17. <i>Construcción y terminación del tablero para realizar el monitoreo.</i>	59
Fotografía 18. <i>Medición de cobertura vegetal</i>	60
Fotografía 19. <i>Pesaje en gramos al helecho de agua.</i>	61
Fotografía 20. <i>Mediciones realizadas a la especie helecho de agua.</i>	61
Fotografía 21. <i>Implementación del sistema.</i>	79
Fotografía 22. <i>Sistema en funcionamiento.</i>	80