



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**“Biofiltro con Eneas para el Tratamiento de Aguas Residuales de la
Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa Cerro la
Vieja – Motupe 2015”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

Christian Alonso Campos Arrasco

ASESOR:

Mgtr. Herry Lloclla Gonzales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de Residuos Solidos

CHICLAYO – PERÚ

2017

PÁGINA DEL JURADO

Aprobado por:

Mg. Cesar Augusto Zatta Silva
Presidente

Mg. María Raquel Maxe Malca
Secretario

Mg. Cesar Augusto Arbulú López
Vocal

DEDICATORIA

A Dios por haberme brindado una familia y la sabiduría necesaria para escoger los caminos correctos de la vida. A mis padres que día a día lucharon por mi bienestar, me brindaron comprensión, paciencia y sobre todo por haber depositado toda su confianza en mí persona.

Christian Alonso Campos Arrasco

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer en primer lugar a Dios, quien nos ha dado sus bendiciones y nos ha guiado durante nuestra vida estudiantil.

A la Institución Educativa Virgen De La Medalla Milagrosa, Motupe por haberme otorgado el espacio necesario para poner en construcción el proyecto del Biofiltrocon enneas.

Al Mg. Herry Lloclla Gonzales por el asesoramiento en la dirección de la presente tesis.

Al Mg. Sergio Juan Pastor Chimpén Ciurlizza por su valiosa colaboración en la elaboración de este proyecto.

A mi familia, por el gran aporte brindado en la elaboración del trabajo y su dedicación.

Christian Alonso Campos Arrasco

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Christian Alonso Campos Arrasco con DNI N° 74278621, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Christian Alonso Campos Arrasco

Pimentel, 21 de Agosto del 2017

PRESENTACIÓN

Señores miembros de Jurado, presento ante ustedes la Tesis titulada Biofiltro con Eneas para el Tratamiento de Aguas Residuales de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa Cerro la Vieja – Motupe 2015, con la finalidad de demostrar que un Biofiltro con eneas, permitirá el tratamiento de aguas residuales de la institución educativa virgen de la medalla milagrosa cerro la vieja – Motupe, en cumplimiento del reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniería ambiental esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

INDICE

PÁGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE	vii
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Problema	44
1.2. Hipótesis	44
1.3. Objetivos	44
Objetivo General	44
Objetivos Específicos	44
2. MARCO METODOLÓGICO	44
2.1. Variables	45
Variable independiente:	47
Variable dependiente:	47
2.2. Operacionalización de Variables	47
2.3. Metodología	47
2.4. Tipos de Estudio	47
2.5. Diseño	47
2.6. Población, muestra, muestreo	48
2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	48
La técnica del análisis documental:	48
La técnica de la Observación de campo:	48
Fichaje:	49
Guía de observación:	67

Método de análisis:	69
3. RESULTADOS	71
4. DISCUSIONES	72
5. CONCLUSIONES	74
6. RECOMENDACIONES	
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Análisis biológico y físico-químico realizados para la evaluación del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	49
Tabla N° 2: Análisis biológico y físico-químico en el Día 1, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	50
Tabla N° 3: Análisis biológico y físico-químico en el Día 2, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	51
Tabla N° 4: Análisis biológico y físico-químico en el Día 3, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	51
Tabla N° 5: Análisis biológico y físico-químico en la Día 4, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	52
Tabla N° 6: Análisis biológico y físico-químico en el Día 5, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	52
Tabla N° 7: Análisis biológico y físico-químico en el Día 6, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	53
Tabla N° 8: Análisis biológico y físico-químico en el Día 7, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	53
Tabla N° 9: Análisis biológico y físico-químico en el Día 8, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	54
Tabla N° 10: Análisis biológico y físico-químico en el Día 9, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla	54

Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	
Tabla N° 11: Análisis biológico y físico-químico en el Día 10, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015	55
Tabla N° 12: Análisis biológico y físico-químico del DBO, en los 10 Días del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015	56
Tabla N° 13: Análisis biológico y físico-químico de la Demanda Química del Oxígeno (DQO), en los 10 Días del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	58
Tabla N° 14: Análisis biológico y físico-químico de Sólidos Totales en Suspensión (SST), en los 10 Días del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	60
Tabla N° 15: Análisis biológico y físico-químico de Coliformes Termotolerantes (CTT), en los 10 Días del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	61
Tabla N° 16: Análisis biológico y físico-químico de pH, en los 10 Días del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	63
Tabla N° 17: Análisis de la temperatura, en los 10 Días del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	64
Tabla N°18 Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR	86

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°01 Estructura de un Biofiltro de Flujo Horizontal	23
Figura N°2 (De la izquierda a la derecha) las Aneas, los Juncos, y Césped Común de Caña.	26
Figura N° 3: Evolución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015	57
Figura N° 4: Evolución de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015	59
Figura N° 5: Evolución de Sólidos Totales en Suspensión (SST), en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	60
Figura N° 6: Evolución de Coliformes Termotolerantes (CTT), en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	62
Figura N° 7: Evolución de pH, en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	63
Figura N° 8: Evolución de la Temperatura, en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.	65

RESUMEN

El presente informe propone la implementación de un Biofiltro con Eneas para el tratamiento de aguas residuales en la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa Cerro la Vieja –Motupe 2015, Dicha institución no cuenta con un tratamiento de aguas residuales por lo cual es derivada a una fosa séptica para luego filtrarse al subsuelo para luego ser recolectadas nuevamente mediante bombeo para así nuevamente sean utilizadas como agua para consumo humano, poniendo en riesgo la salud física e integridad de los alumnos y docentes. Esta situación problemática dio paso a la idea de un Biofiltro con Eneas para el tratamiento de aguas residuales en la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa Cerro la Vieja –Motupe 2015 fue la opción más indicada para resolver este problema que acosa a la institución hoy en día. El diseño de la investigación es cuasi experimental, no probabilística por conveniencia, con una población que está constituida de 1500 litros de agua residual generada durante el día, teniendo como muestra 750 litros de agua residual en los cuales se realizará un pre y post análisis para medir el grado de contaminación y la efectividad del Biofiltro con Eneas, una vez que el agua residual disminuya su grado de contaminación se utilizará para el regadío de biohuertos en la institución.

La investigación realizada permitió concluir que el sistema de humedales probado puede ser utilizado como un complemento en la descontaminación de aguas residuales de tipo doméstico, luego de que éstas sean tratadas por métodos convencionales.

Palabras Claves: Biofiltro con Eneas - Tratamiento de Aguas Residuales

ABSTRACT

This report proposes the implementation of a biofilter with Aeneas for the treatment of wastewater in the Educational Institution Our Lady of Miraculous Medal Cerro la Vieja -Motupe 2015. This institution has no wastewater treatment so it is referred to a Septic and then seep underground to then be collected by pumping again and again to be used as drinking water, jeopardizing the health and physical integrity of students and teachers. This troublesome situation led to the idea of a biofilter with cattails for wastewater treatment in the Educational Institution Virgin of Miraculous Medal Cerro la Vieja -Motupe 2015 was the best person to solve this problem that plagues the institution now option day. The research design is quasi-experimental, non-probabilistic for convenience, with a population that consists of 1500 liters of wastewater generated during the day, with the sample 750 liters of waste water in which a pre and post analysis was conducted to measuring the degree of pollution and the effectiveness of the biofilter with Aeneas, once the wastewater decreases the degree of contamination is used for irrigation of vegetable gardens in the institution.

The investigation showed that this wetland system tested can be used as a complement to the wastewater decontamination domestic type, and then they are treated by conventional methods.

Keywords: Biofilter with Aeneas - Wastew Treatment

1. INTRODUCCIÓN

Los Biofiltros son sistemas de Fito depuración de aguas residuales. Mencionado sistema se basa en desarrollar un cultivo de macrófitas las cuales están enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. El accionar de las macrófitas posibilita una serie de complejas de interacciones tanto físicas, químicas y biológicas mediante los cuales el agua residual afluyente es depurada en forma progresiva y lenta. El tratamiento de aguas residuales para depuración se realiza a través sistemas que posee tres partes vitales: recogida, tratamiento y evacuación al lugar de restitución (Fernández et al., 2004).

Un humedal artificial (Wetland) es un “sistema complejo de medio saturado, diseñado y construido por el hombre, con vegetación sumergida y emergente y vida animal acuática que simula un humedal natural para el uso y beneficio humano. Existen dos tipos de humedales, los de flujo superficial y Subsuperficial”. Los humedales de flujo Subsuperficial (HFS) se diseñan y cimientan para que el agua fluya mediante la zona radicular del vegetal y de esta manera, no presentan una superficie independiente de flujo.

Metacalf and Eddy (1991), aseguran que, “este sistema consiste en una excavación que contiene un lecho de material filtrante que generalmente es grava, el cual soporta el crecimiento de la vegetación emergente. En esencia, un humedal de flujo subsuperficial se clasifica como un sistema de tratamiento de película fija”

Stearman (2003) afirma “estos sistemas purifican el agua mediante remoción del material orgánico (DBO), oxidando el amonio, reduciendo los nitratos y removiendo fósforo. Los mecanismos son complejos e involucran oxidación bacteriana, filtración, sedimentación y precipitación química. Los humedales eliminan contaminantes mediante varios procesos que incluyen sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas, absorción, reacciones químicas y volatilización”. Logran así reemplazar el tratamiento secundario aún, bajo ciertas circunstancias, al terciario y primario de las aguas residuales. La manera en que funcionan los humedales artificiales sientan sus bases en tres principios fundamentales: “la actividad bioquímica de microorganismos, el aporte de oxígeno a través de los vegetales durante el día

y el apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de los vegetales”, además de servir como material de filtración. Sistemáticamente, estos elementos que depuran las aguas residuales por medio de humedales artificiales eliminan materiales que están disueltos y suspendidos en el agua de residuo (Reed en Kolb, 1998), degradando la materia orgánica hasta mineralizarla y así, constituir organismos nuevos (Hu en Kolb, 1998). Son tres funciones básicas que poseen los humedales, las cuales les ofrecen un atractivo potencial para poder tratar las aguas residuales: “fijan físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica, utilizan y transforman los elementos por medio de los microorganismos y logran niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y poco mantenimiento” (Lara, 1999).

Según Esponda (2001), “el agua es uno de los recursos naturales que forma parte del desarrollo de cualquier país; es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida”. Debido a su contaminación la disponibilidad es se ve afectada por diversos medios, incluyendo a los mantos acuíferos, lo cual representa un desequilibrio ambiental, económico y social.

Rodríguez, Monroy y Duran (2006), consideran que “el agua está contaminada cuando se ven alteradas sus características químicas, físicas, biológicas o su composición, por lo que pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas. Las aguas residuales se definen como aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general, de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

Fenoglio (2000), manifiesta que “los procesos utilizados principalmente son físicos, químicos y biológicos. Dentro de estos últimos, los humedales artificiales (HA) son utilizados para aguas residuales de tipo doméstico, aunque también han funcionado para aguas de origen industrial”. Cabe mencionar que la utilización de los humedales fue desarrollada en el antiguo continente hace

aproximadamente veinte años, donde siguen operando en la actualidad con el mayor de los éxitos

Además Gerba (1999) define a los humedales artificiales como “sistemas que simulan una zona de transición entre el ambiente terrestre y el acuático, pero que son específicamente construidos para el tratamiento de aguas residuales bajo condiciones controladas de ubicación, dimensionamiento y capacidad de tratamiento”

El bajo costo de instalación y mantenimiento, comparado con sistemas físicos, químicos y biológicos convencionales, son unas de las ventajas de este sistema; además de la generación de un paisaje agradable. Miranda (2000), confirma que “los biofiltros correctamente diseñados y construidos, pueden depurar las aguas municipales, industriales y las de lluvia, y son especialmente eficaces en la eliminación de contaminantes del agua, como son sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo, hidrocarburos y metales”. Son considerados como tecnología efectiva y segura para poder tratar el agua y garantizar la circulación de la misma, esto si se mantienen y operan de manera adecuada.

El tratamiento de las aguas residuales por Biofiltros se basa en los principios de los sistemas naturales, ya que se acercan a lo que ocurre en la naturaleza, por lo que, a pesar de la intervención del hombre, se han catalogado como "sistemas naturales de tratamiento". Por tal motivo, esta tecnología resulta altamente atractiva para ser aplicada en el tratamiento de aguas residuales por su versatilidad y rentabilidad económica.

Los componentes de un Biofiltro son las plantas, el sustrato y la población microbiana. Las plantas pueden ser de diferentes especies y hábitos de enraizamiento y entre sus principales funciones se encuentra la absorción de nutrimentos, la relación simbiótica que se establece con los microorganismos, el suministro de oxígeno y la filtración de partículas (Brix *et al.* 2001).

El sustrato es el soporte para las plantas y un medio de fijación para los microorganismos en el sistema y funciona como conductor hidráulico (Faulkner y Richardson 1989). Por su parte, los microorganismos son la parte fundamental del funcionamiento de los HA, ya que de ellos depende la

eficiencia en la remoción de los contaminantes: contribuyen a la degradación de la materia orgánica y a la transformación de compuestos nitrogenados y de fósforo contenidos en las aguas residuales, a compuestos más simples.

Gopal (1999) garantiza “que las diferentes especies de plantas acuáticas que se utilicen son importantes, debido a que difieren en su capacidad de depuración del agua residual, en la remoción de nutrientes específicos, de elementos traza y de compuestos potencialmente tóxicos como los metales pesados”. Además es importante señalar que según Cooper (1999) “se ha utilizado principalmente a la especie *thypa Angustifolia*”, los resultados garantizan el éxito.

En este trabajo se instaló un Biofiltro con Eneas a través del cual se hizo circular agua residual. Se midió la carga orgánica por medio del parámetro de la DQO y DBQ, así como nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, los cuales fueron analizados y extraídos de la fosa séptica. Asimismo, se calculó el tiempo de retención hidráulico y la eficiencia de remoción global del sistema.

El presente estudio está sustentado por información confiable de estudios anteriores por lo cual citamos a continuación:

Fernández, Eduardo, (2010), en su investigación: “Proyecto Ejecutivo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Localidad de Xochiapa”, expresa que los Biofiltros son una opción eficaz, económica y funcional, que puede cubrir las necesidades de poblaciones – como la de Cerro de la Vieja – Motupe – que no pueden cubrir los gastos de un sistema con tecnologías y maquinarias con altos costos. En este orden de ideas, conociendo que antes de iniciar cualquier proyecto, se debe realizar un examen costo beneficio, debemos tener en cuenta que los Biofiltros no son un proyecto de alto costo, pero sí de elevado beneficio social

PÉREZ ET. AL., (2012), en su investigación “Evaluación Del Funcionamiento De Un Sistema Alternativo De Humedales Artificiales Para El Tratamiento De Aguas Residuales” concluyó que el humedal construido demostró una alta eficiencia en la remoción de carga orgánica de las aguas tratadas, al alcanzar porcentajes promedios de 91% para el caso del DBO y

72% para el DQO. Tomándolo como iniciativa ejemplar para nuestro proyecto al momento de ejecutar el pre y post análisis y ver cuán eficiente y viable para la aplicación de tecnologías limpias es nuestro Biofiltro con enneas.

Ferrer Polo, José & Seco Torrecillas, Aurora, (2008), en su investigación Tratamientos Biológicos de Aguas Residuales, mencionan que la “aplicación tradicional consiste en la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto soluble como coloidal, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (Nitrógeno y Fósforo). Es uno de los tratamientos más habituales, no solo en el caso de aguas residuales urbanas, sino en buena parte de las aguas industriales”.

Este estudio es justificado por tener características de las cuales se describen a continuación:

El estudio se constituye en un proyecto innovador en el contexto de la Institución Educativa y el distrito de Motupe, ya que es la primera vez que un proyecto de esta magnitud se realiza en esta zona. Ecológicamente podemos afirmar que la implementación del proyecto se consolida en la forma de recuperación entrópica más estable y eficiente, que permite disminuir la contaminación del subsuelo.

En el campo de la salud el presente estudio contribuye a prevenir y disminuir enfermedades en la comunidad educativa y demás población del caserío la cual presenta una seria problemática al no contar con agua potable. Tecnológicamente la reutilización de las aguas para el regadío de sembrío de hortalizas en la Institución, demanda la implementación de equipos artesanales que garanticen un tratamiento adecuado de las aguas residuales generadas en la institución.

En el campo científico el estudio aporta nuevos conocimientos basados en la línea de investigación que propone nuestra universidad, así mismo la recuperación y mitigación natural local generando inquietud y curiosidad por explorar nuevos conocimientos; cómo podemos ver la implementación de un biofiltro puede aportar grandes beneficios tanto en el ámbito de la salud, en lo social, tecnológico, ecológico y científico, llegando a ser un estudio

trascendental que puede servir de base para la realización de investigaciones futuras.

Los Biofiltros son “sistemas de Fito depuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. La acción de las macrófitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluyente es depurada progresiva y lentamente. El tratamiento de aguas residuales para depuración se realiza mediante sistemas que tienen tres partes principales: recogida, tratamiento y evacuación al lugar de restitución” (Fernández, 2004).

Lara (1999) afirma que los Biofiltros tienen tres funciones básicas: “fijan físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica, utilizan y transforman los elementos por medio de los microorganismos y logran niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y poco mantenimiento”.

Son superficies en las que el líquido elemento es el componente fundamental que interviene el medio y la existencia tanto vegetal como animal que se relacionan con él. Zegarra, A. (2007) manifiesta que “se dan en lugares donde la capa freática se halla en o cerca de la superficie de la tierra o donde la tierra está cubierta de agua poco profunda”.

Llagas W., y Guadalupe E. (2006), en el trabajo de investigación “Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM” nos habla que el flujo a través del humedal tiene que vencer la resistencia a la fricción impuesta por la vegetación y la capa de residuos, la energía para superar esta resistencia es suministrada por el caudal calculado entre la entrada y la salida del humedal, el agua proveniente de este humedal será usada en los servicios de riego de las áreas verdes .

Cuerva E. y Rivadeneira F. (2013), manifiesta que “se puede hacer en aguas residuales domesticas según su investigación denominada Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas Mediante un Humedal Artificial de Flujo

Subsuperficial con Vegetación Herbácea, comenta que las concentraciones de los contaminantes del Agua Residual antes de ser tratadas superaban los límites permitidos por los organismos de control para la descarga de agua residual a un cuerpo de agua dulce”.

Las mismas que al ser vertidas de manera directa contaminaron de forma indiscriminada el recurso agua, suelo y afectó la flora y fauna del sitio, pero una vez tratada los humedales artificiales tiene niveles inferiores de contaminantes a los límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce y puede ser considerada agua para uso agrícola clase III según los parámetros DQO, aluminio, nitrógeno total, fósforo total, sólidos totales, exceptuando los niveles de DBO5 y Coliformes totales que superan estos límites, entonces el diseño construido para reducir los niveles de contaminación del agua residual, logra depurar más de 6 m³ de agua residual al día de manera eficiente, y podría soportar una población aproximada de 100 habitantes, contribuyendo a reducir el impacto ecológico que genera la descarga de agua residual sin tratamiento a un cuerpo de agua dulce.

Debido a los escasos de plantas de tratamientos de aguas residuales y el inadecuado tratamiento es que surge la necesidad de crear tratamientos alternativos para tratar dichas aguas. Los humedales artificiales son considerados como sistemas atractivos de tratamiento de aguas residuales y son en particular, viables económicamente; además de una gran capacidad para la eliminación de agentes contaminantes, según Sanabria (2010) son “reconocidos como sistemas adecuados para la depuración de DBO5, SS y nitrógeno, para los cuales se obtienen rendimientos superiores al 80%, siendo también eficientes en la remoción de metales, trazas orgánicas y patógenos”.

Este procedimiento no convencional de tratamiento de aguas residuales demanda grandes extensiones de terreno, éste puede variar entre 3 a 5 m² por individuo, es por ello que corresponde a un sistema de tratamiento apropiado para comunidades pequeñas como instituciones educativas o conjuntos habitacionales rurales (Zuñiga J., 2004, citado en Otálora A., 2011).

La utilización de los humedales artificiales se ha convertido en una alternativa para el tratamiento de aguas residuales y se ha evidenciado grandes beneficios, uno de ellos es la remoción de contaminantes, la cual tiene grandes ventajas, por que con esta se pueden reducir costos y grandes inversiones en plantas de tratamiento. “Estos sistemas son de bajos costos, fácilmente operados y mantenidos, y tienen un enorme potencial para la aplicación en países de desarrollo particularmente en pequeñas poblaciones rurales” (Arroyabe F., 1997 citado en Marín J., y Correa J, 2010).

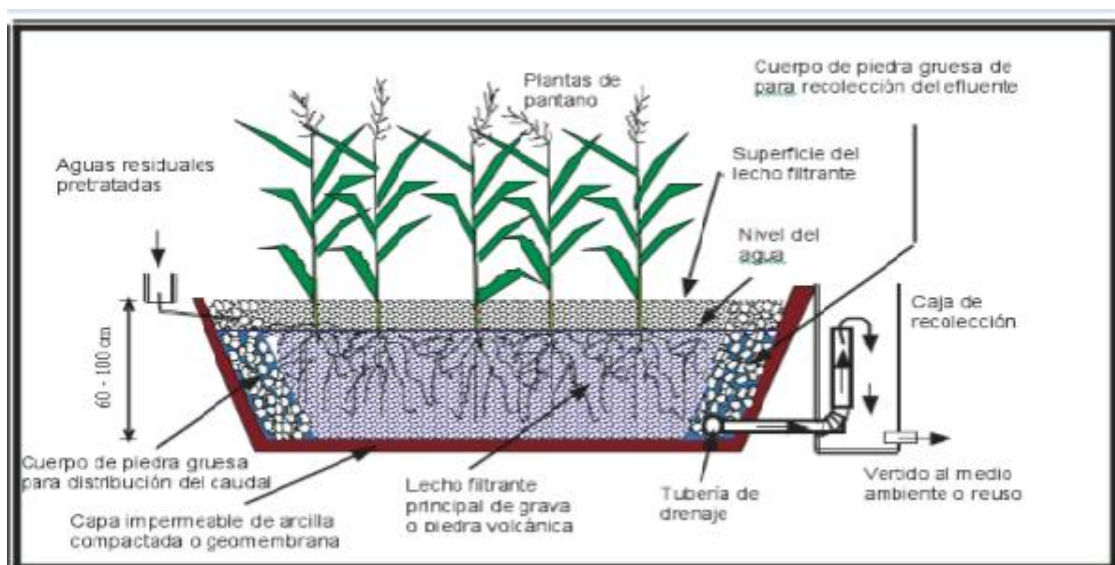
Un Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre “es una cadena de canales inundados cuyo propósito es imitar los procesos naturales de un humedal natural, marisma o humedal. Al ir manando suavemente por el humedal, las partículas se afirman, logra la destrucción de los patógenos y los organismos y las plantas utilizan sus nutrientes”.

A diferencia del Humedal Artificial de Flujo Horizontal sub - superficial (T6), el Humedal Artificial de Flujo Superficial libre permite que el agua fluya sobre el terreno, expuesta a la atmósfera y al sol directo. El canal o represa es recubierto con una barrera impermeable (arcilla o geotextil) cubierta con piedras, grava y tierra y se planta vegetación de la región (p.ej. cola de zorro y/o juncos). El humedal es inundado con aguas residuales hasta una profundidad de 10 a 45 cm por encima del nivel del terreno. Al fluir suavemente por el humedal, el agua residual pasa por procesos físicos, químicos y biológicos simultáneos, se filtran los sólidos, se degrada la materia orgánica y se eliminan los nutrientes.

Las aguas servidas deben ser pre tratadas para evitar un exceso de acumulación de sólidos y de impureza. Ya en el estanque, las partículas más pesadas se precipitan, eliminando así los nutrientes sujetos a ellas. “Las plantas, y las comunidades de microorganismos que ellas soportan (en los tallos y raíces), toman los nutrientes como nitrógeno y fósforo. Las reacciones químicas pueden provocar que otros elementos se precipiten. Los patógenos son eliminados del agua por la descomposición natural, la depredación de organismos superiores, sedimentación y radiación ultra violeta”.

Si bien la capa de tierra bajo el agua es anaeróbica, las raíces de las plantas liberan oxígeno en el área que rodea a los vellos radiculares, creando un entorno adecuado para actividades químicas y biológicas complejas. La eficiencia del Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre también depende de la buena distribución de agua en la entrada. Las aguas residuales pueden hacer su ingreso en el humedal haciendo uso de represas o también abriendo hoyos en un tubo de distribución para permitirle ingresar en intervalos regulares.

“Un biofiltro de flujo horizontal consta de pilas rectangulares con profundidades que oscilan entre 60 y 100 cm, con un relleno de material grueso (5 a 10 cm de diámetro) en las zonas de distribución (entrada) y recolección (salida). La fracción principal del lecho filtrante, ubicada entre las zonas de material grueso, es homogénea y más fina, normalmente de 0.5 a 15 mm de



diámetro”.

Figura N°01 Estructura de un Biofiltro de Flujo Horizontal

Fuente: (WSP, Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial, 2006)

También cuenta con un Lecho Filtrante cuya función es eliminar los sólidos que contienen las aguas pre tratadas y proporcionar la superficie donde se desarrollarán los microorganismos que se encargarán de degradar aeróbica y

anaeróbicamente la materia contaminante son sus principales funciones; también de constituir el medio utilizado por las raíces de las plantas macrófitas para poder fijarse y desarrollarse.

Las razones esgrimidas para seleccionar el lecho filtrante son: “la granulometría, la porosidad, la permeabilidad y la resistencia física contra el desgaste provocado por las aguas residuales”. Resulta imprescindible realizar una evaluación cuidadosa supervisada por especialistas para avalar el excelente funcionamiento de un biofiltro. Los materiales que utilizan son: grava y piedra triturada o volcánica.

Eventualmente será obligatorio remover la parte inicial del material después de dos a tres años de operación debido a que la acumulación de sólidos mineralizados provocará la disminución del volumen de los poros en el lecho filtrante.

Así mismo las funciones que desempeñan los vegetales en los procesos de tratamiento de aguas negras las convierten en componente básico del biofiltro. Igualmente, las raíces de las plantas apoyan a elevar los efectos físicos tales como son: la filtración y el desarrollo de los microorganismos en su área superficial. Permitirá la formación de una población microbiana aeróbica en zonas cercanas a las raíces de las plantas si se permite la introducción de oxígeno. Las macrófitas cumplen ,además otras funciones dentro del sitio específico, tales como abastecer de un hábitat beneficioso para la vida silvestre y suministrar al sistema una apariencia estética.

Ñique (2000) afirma que “las especies de plantas que se introducen para crear un humedal dependen del tipo de humedal que se desea establecer. En este sentido, el clima, salinidad, profundidad y régimen de uso son los factores que van a definir las especies que serán introducidas. Dentro de estas especies las más utilizadas en los humedales artificiales son las plantas macrófitas emergentes, subemergentes y flotantes, ya que son capaces de soportar variaciones en el nivel de agua y, además, poseen la cualidad de poder reproducirse en condiciones con bajos niveles de oxígeno disuelto”.

La función de mayor relevancia de las macrófitas en referencia con el proceso de tratamiento de las aguas de residuo es el efecto físico que ellas provocan.

Las macrófitas fijan la superficie del lecho, suministrando buenas condiciones para la filtración, la transferencia de oxígeno mediante las raíces y rizomas, absorción de nutrientes y degradan contaminantes por asimilación directa en sus tejidos.

En los sistemas de tratamiento poco profundos se ubican las plantas acuáticas flotantes y sumergidas. Los sistemas estudiados a profundidad son aquellos que usan la planta Jacinto de agua o también la lenteja de agua.

Estos sistemas incluyen dos tipos basados en tipos de plantas dominantes: el primer tipo utiliza plantas flotantes y se diferencia por la habilidad de estas plantas para derivar el dióxido de carbono y las necesidades de oxígeno de la atmósfera en forma directa. A partir del agua, las plantas reciben sus nutrientes minerales; el segundo tipo de sistema radica en plantas sumergidas y se distingue por la capacidad de estas plantas para absorber oxígeno, dióxido de carbono y minerales de la columna de agua. Llagas y Guadalupe (2006) asienten que “las plantas sumergidas se inhiben fácilmente por la turbiedad alta en el agua porque sus partes fotosintéticas están debajo del agua”.

Las plantas que con más frecuencia se utilizan son: *Scripus*spp, cuyo nombre común es junco. Este tipo de planta se caracteriza porque penetra en la grava alrededor de 0,6 m por lo que son muy apropiadas para humedales de tipo Subsuperficial. Son robustas capaces de prosperar bajo condiciones ambientales adversas y tienen gran facilidad de propagación. Otra planta común en los humedales artificiales es la *Typha Latifolia* L, cuyo nombre común es la espadaña, se propaga fácilmente, en un año logra un buen cubrimiento con una separación inicial de 0,6 m.

Así Zúñiga (2004) señala “las raíces penetran hasta una profundidad de 0,3 m . En un estudio realizado por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, donde evaluaban el comportamiento de dos sistemas de humedales artificiales de flujo Subsuperficial empleando como medio de soporte gravilla y dos especies de macrófitas *Thypha Latifolia* y *Scirpus*spp”.

También se concluyó en la investigación realizada por Zúñiga (2004), que “se obtuvo que la *Scirpus*spp comúnmente conocida como Junco, desarrollara una eficiencia en la remoción de nitrógeno amoniacal y fósforo total del orden de 70 % y el 20 % respectivamente. La *Thypha Latifolia* comúnmente conocida como Espadaña, demostró una eficiencia menor en comparación con la *Scirpus*spp, pues esta presentó porcentajes de remoción para nitrógeno y fósforo del 60% y el 5 % respectivamente”.

Roston et al. (2001), Estudiaron el comportamiento de las macrófitas *Typhas*p y *Eleocharis*spp en un sistema natural de depuración de aguas residuales con evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas mediante humedales artificiales de alta tasa en la locación petrolera de caño gandul universidad nacional de Colombia-sede Bogotá, mostraron en los dos primeros años de funcionamiento una reducción entre el 90% a 97% de SS y entre 60% a 85% de DQO, para unos caudales de 200 l/d. Cuando el caudal fue aumentando a 400 l/d hubo una reducción entre el 73 al 97% de SS y entre 67 a 97% en DQO (Celis et al., 2005).

Mitch y Gosselik (2000) señalan que “todas clases de plantas actúan sobre los contaminantes de la misma manera. Todas plantas pueden utilizar los nutrientes y BOD en las aguas negras y grises hasta cierto punto. Sin embargo, relativamente pocas plantas prosperan en las aguas negras o grises que tiene altas niveles de nutrientes y BOD, que son típicos de los humedales construidos”. Hay un número limitado de plantas que son utilizadas de manera normal para humedales de biofiltración de las aguas servidas, muchas de los cuales pueden ser ubicadas en humedales naturales.

Las plantas ubicadas en humedales naturales próximas al área seleccionada para el humedal construido son muy provechosas ya que están adaptadas al clima local. Si estas plantas no pueden adquirirse localmente, cualquier planta de humedal puede estar utilizada para tal fin.

Las aneas (Typhaspp.) Son fuerte, fácil de propagar, y capaz de producir una biomasa anual grande. Típicamente quitan cantidades grandes del nitrato y del fosfato.

Juncos (Schoenoplectus spp., Scirpus spp.) crecen en grupos y crecen bien en agua que tiene una profundidad de 5 cm a 3 m. Estas plantas agresivas logran una eliminación alta de contaminantes.

Céspedes de caña (Phragmites australis) son plantas altas con raíces profundas, que permiten más oxígeno a alcanzar la zona de raíz que las dos plantas descritos previamente.



Figura N°2 (De la izquierda a la derecha) las Aneas, los Juncos, y Césped Común de Caña.

También es importante mencionar la función que cumplen los microorganismos la cual es de amenguar aeróbicamente (en presencia de oxígeno) y anaeróbicamente (en ausencia de oxígeno) la materia orgánica contaminante comprendida en las aguas residuales, con lo cual la putrescibilidad en el Biofiltro se reduce en forma significativa. Los sólidos orgánicos suspendidos asociados con las aguas residuales entrantes se acumulan, pero son retenidos dentro del lecho filtrante por un largo tiempo y los constituyentes

orgánicos son mineralizados por las bacterias. Los microorganismos también permiten la remoción de nitrógeno mediante el mecanismo de nitrificación–desnitrificación.

Para Mara (2000), “las aguas residuales son las que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población. Después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, son recogidas por una red de alcantarillado que las conducirá hacia el humedal, en este caso”. Los Contaminantes a evaluar son los que se contempla en el DS 003-2010 que aprueba los límites máximos permisibles (LMP).

Por otra parte la impermeabilización de la celda tiene como propósito asegurar la contención de las aguas al interior de las celdas evitando de esta manera infiltraciones que puedan impurificar las aguas subterráneas. Ésta se realiza en los taludes de la zona de entrada y de salida de los laterales y del fondo de la celda. Esto dependerá de las condiciones locales y para ello puede ser suficiente una adecuada compactación del terreno. En otros casos es preciso realizar aportaciones de arcilla o utilizar geo membranas.

Los humedales son terrenos que permanecen anegados o saturados de agua durante un prolongado tiempo, con la finalidad de que se desarrolle en ellos un tipo de vegetación característica adaptada a las condiciones de inundación como por ejemplo los juncos, carrizales, totora, entre otras. Todo esto es parte de un humedal natural. Los humedales naturales son un sistema de transición entre los ambientes acuáticos y terrestres, por lo que demarcar su territorio es difícil ya que su morfología varía con el tiempo, presentando un excelente dinamismo. Los humedales son sencillamente reconocidos por características generales como la presencia de una poca profunda lámina de agua y vegetación especializada que normalmente es acuática o crece en terrenos inundados (FERNÁNDEZ et al, 2005).

FERNÁNDEZ et al (2005) menciona que desde el punto de vista ecológico, los humedales naturales son lugares con un valor extraordinario. Estos son importantes por las peculiaridades biológicas que presentan como la fauna y

vegetación, además de las función es que cumplen en el ciclo del agua y de la materia orgánica, pues reciclan los nutrientes ,mantienen las redes tróficas y permiten la estabilización de sedimentos. Los humedales tienen un papel importante como depuradoras naturales, ya que contribuyen con el mantenimiento de la calidad de aguas superficiales y subterráneas.

Con el transcurrir del tiempo se han propuesto varios diseños de humedales artificiales. Las variaciones de diseño son principalmente el sistema de flujo del agua residual, el sustrato empleado, la vegetación y la continuación de las unidades de tratamiento. Por la dirección en que se mueve el agua en el humedal existen de tipo vertical, horizontal, flujo Subsuperficial y flujo superficial. Según el sustrato, algunos emplean suelo o tierra vegetal debajo del manto de agua para enraizar a las plantas, otros un lecho de arena y grava, y en algunos casos solamente agua. En cuanto a la vegetación, los humedales utilizan plantas acuáticas flotantes, macrófitas emergentes, sistemas mixtos de sucesión de vegetación y macrófitas emergentes convertidas en flotantes. Finalmente hay que mencionar que en cuanto a la sucesión de unidades de tratamiento existen una gran variedad de diseños, dependiendo de las características de cada uno de los humedales (profundidad, sustrato, vegetación, pendiente) y cómo se configuren u ordenen (paralelo, serie, recirculación) (FERNÁNDEZ et al, 2005).

FERNÁNDEZ et al (2005) menciona que existen “tres líneas de desarrollo tecnológico de humedales artificiales, cuyo modo de actuación, aun basándose en los mismos principios biológicos, es diferente. Se trata de los denominados humedales de flujo superficial, humedales de flujo Subsuperficial y humedales con plantas flotando sobre la superficie del agua”. En estos últimos se emplean plantas que son flotantes por naturaleza como el Jacinto de agua o la lenteja de agua; asimismo, especies emergentes a las cuales se les hace flotar como se presenta en los filtros de macrófitas en flotación.

Los humedales de flujo superficial son aquellos en donde el flujo de agua es horizontal superficial. El agua discurre por la superficie del canal o estanque, el cual tiene una capa de agua poco profunda (normalmente 30cm), pudiendo llegar a medir más de un metro. Este tipo de sistemas tiene un aspecto similar a un humedal natural. Su diseño tiene paredes ataludadas (con material

impermeable), canales de entrada y salida del agua, estructuras de control de flujo y espacios alternados con y sin vegetación acuática. Al igual que en los humedales naturales, existe una integración de espacios entre la lámina de agua visible y otros cubiertos totalmente por vegetación, dominando generalmente la presencia de macrófitas emergentes enraizadas al sustrato que se encuentra en el fondo del humedal artificial (FERNÁNDEZ et al, 2005).

En este tipo de sistemas el sustrato al que están fijadas las plantas tiene una baja conductividad, no permitiendo un flujo considerable a través de la zona radicular. Por tal motivo, la eliminación de los contaminantes se va a realizar por reacciones dadas en el agua y en la zona superior del sustrato, limitando fuertemente su capacidad de eliminación.

En los humedales de flujo sub-superficial, el flujo del agua es horizontal de tipo sub-superficial, pues el agua discurre por debajo del sistema. Del mismo modo que los humedales de flujo superficial, se diseñan con paredes impermeabilizadas, canales de entrada y salida, y dispositivos de control de flujo. Pero realmente, lo que define a este tipo de humedales es que el agua circula por un medio inerte compuesto por arena o grava de diferente grosor, lo que va a servir de base para la vegetación. El diseño del lecho se instala de un modo que permita que el agua residual circule por la zona radicular de las macrófitas, pudiéndose mover el agua tanto horizontal como verticalmente. En estos humedales la lámina de agua no se encuentra visible, por esa razón también se les denomina de manera opcional lechos vegetados sumergidos (FERNÁNDEZ et al, 2005).

La capa de suelo o lecho de los humedales sub-superficiales va a servir como sustrato para el desarrollo de las plantas, aquí el flujo de agua atraviesa por gravedad y de forma horizontal tanto al sustrato como a las raíces de las plantas. Mientras el agua residual atraviesa la zona radicular de las plantas, se va descomponiendo biológicamente la materia orgánica, de tal forma que, el nitrógeno se desnitrifica y el fósforo junto a metales pesados son fijados al suelo. En este proceso, las plantas van a tener dos funciones importantes: proveer de oxígeno a los microorganismos presentes en la rizósfera y, aumentar y estabilizar la conductividad hidráulica del suelo. La principal desventaja de estos

sistemas es la saturación de los espacios libres debido al crecimiento de raíces y rizomas de las plantas macrófitas, reduciendo así el tiempo de retención y la capacidad de depuración del filtro (FERNÁNDEZ et al, 2005).

Ahora tenemos a los sistemas acuáticos, los cuales presentan una cobertura vegetal de macrófitas flotantes sobre la lámina del agua, y se acondicionan en estanques aislados donde discurre el agua residual. El diseño de estos sistemas no incluye sustrato en el fondo, y requieren que periódicamente sea extraída parte de la vegetación. Dentro de estos sistemas se encuentran los sistemas con especies flotantes, los cuales son estanques con una variable profundidad (0,4 a 1,5m) que son alimentados por agua residual más o menos pre tratada, donde se desarrollan de modo natural plantas flotantes como la lenteja de agua y el Jacinto de agua. Una de las principales ventajas que ofrecen estos sistemas es la superficie de contacto que tienen las raíces con el agua residual, ya que estas están bañadas por completo, permitiendo una buena acción depuradora de la materia orgánica gracias a los microorganismos presentes en las raíces. El problema está en que este tipo de sistemas acuáticos tienen una limitada capacidad de acumular biomasa, ya que la vegetación no alcanza una altura significativa, tendiendo a extenderse y siempre estando próxima a la superficie del agua. Por tal motivo, es necesario que se efectúe retiradas periódicas para que las plantas puedan continuar creciendo y cumplan con el tratamiento del agua (FERNÁNDEZ et al, 2005).

Otro tipo de sistema acuático es el filtro de macrófitas en flotación, el cual es un sistema que une las ventajas de los humedales artificiales de flujo superficial y de los sistemas acuáticos, al mismo tiempo reduciendo sus desventajas. El diseño y tipo de flujo es parecido al de los humedales de flujo superficial, lo que lo hace diferente es el manejo de la vegetación emergente como flotante. Plantas con las enneas, juncos y el carrizo, que son macrófitas que normalmente están enraizadas en el suelo sumergido del humedal, se hacen crecer como plantas flotantes, con la finalidad de que la zona radicular y órganos estén total y permanentemente bañados por el agua residual y formen un tapiz filtrante. La eliminación de contaminantes se realiza por procesos similares a los

humedales de flujo superficial, pero perfeccionando los mecanismos en los que actúa la vegetación (FERNÁNDEZ et al, 2005).

Humedales Artificiales De Flujo Libre (fws) Los sistemas FWS radican en unos tanques o canales donde la superficie del agua se expone a la atmósfera y el suelo, constantemente sumergido, constituye el apoyo de las raíces de las plantas emergentes; en estos sistemas también el flujo es horizontal y la altura de los tanques se limita, en general, a unas decenas de centímetros.

Este tipo de Humedales, se puede emplear tanto como tratamiento secundario como tratamiento avanzado de las aguas residuales, consta de un conjunto de canales paralelos, con vegetación emergente (carrizos, juncos, etc.) y niveles de agua poco profundos (0,1-0,6 m). La regulación del flujo del agua se evidencia mediante: la profundidad baja del agua, la velocidad baja del flujo, y la presencia de tallos de planta y basura.

García, J. y Corzo, A. (2000) manifiestan que “generalmente se alimentan de forma continua con agua residual pre tratada y el tratamiento ocurre cuando el flujo de agua atraviesa lentamente el tallo y la raíz de la vegetación emergente, depurándose las aguas en su tránsito a través de los tallos y raíces de la vegetación emergente implantada”. Este sistema es el más parecido, en relación al funcionamiento y apariencia a los humedales naturales, debido a que cuentan con una combinación de superficies de aguas abiertas, vegetación emergente, variaciones de profundidad de la columna de agua y otras características típicas de los sistemas naturales. La forma, tamaño y detalles constructivos de las celdas dependerán de las características de la ubicación geográfica y del efluente a tratar.

Las ventajas de este sistema es elCosto de instalación, operación y mantenimientos bajos. Fácil diseño y construcción. Los Humedales Artificiales de Flujo Libre pueden también diseñarse para crear nuevos hábitats para la flora y fauna, mejorar las condiciones de terrenos pantanosos naturales próximos o incrementar la calidad de los efluentes depurados en las estaciones de tratamiento. Desventaja principal Requiere disponer de grandes áreas, comparado con otros sistemas.

Humedales Artificiales De Flujo Subsuperficial (sfs) Estos sistemas son similares a los filtros horizontales por goteo en las plantas de tratamiento convencionales. Se caracterizan por el crecimiento de plantas emergentes usando el suelo, grava o piedras como sustrato de crecimiento en el lecho del canal. Dentro del lecho los microbios facultativos atacan al medio y las raíces de las plantas, contactando de este modo el agua residual que fluye horizontalmente a través del lecho; mientras que el sobrante baja a la superficie del medio (Kadlec et al., 1993). Estos sistemas de flujo bajo superficie son diseñados con el propósito de obtener niveles de tratamiento secundarios, son llamados «la zona de raíces» o «filtros de piedras de junco y caña».

Humedales artificiales de flujo Subsuperficial horizontal en este tipo de Humedales (que también puede emplearse como tratamiento secundario o avanzado), el agua residual pre tratada fluye a través de un medio poroso (arena, grava), confinado en un canal impermeable, y en el que se implanta vegetación emergente, generalmente carrizo.

Humedales artificiales de flujo Subsuperficial vertical En este tipo de Humedales, las aguas residuales, generalmente procedentes de un Tanque Imhoff⁴ o Fosa Séptica, se alimentan superficialmente. Las aguas percolan verticalmente a través de un sustrato inerte (arenas, gravas), y se recogen en una red de drenaje situada en el fondo del Humedal, que conecta con chimeneas de aireación. La alimentación al Humedal se efectúa de forma intermitente, para preservar al máximo las condiciones aerobias. Ventajas: o Alta tolerancia a bajas temperaturas ambientes, minimización de la generación de olores, y mayor potencial de asimilación de contaminantes por unidad de área que los Humedales de Flujo libre (FWS).

Cooper (1996) manifiesta que “cuando el agua llega a una estación depuradora, pasa por una serie de tratamientos que extraen los contaminantes del agua y reducen su peligro para la salud pública. El número y tipo de

tratamientos dependen de las características del agua contaminada y de su destino final”.

Rolim (2000) asegura que “los Biofiltros están constituidos básicamente por cuatro elementos: agua residual, que son las que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población. Después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, son recogidas por una red de alcantarillado que las conducirá hacia el humedal, en este caso”; mientras que Lara, B. (1999) manifiesta que “el sustrato, que está formado por el suelo: arena, grava, roca, sedimentos y restos de vegetación que se acumulan en el Biofiltro debido al crecimiento biológico”; además de vegetación, cuyo papel está determinado fundamentalmente por las raíces y rizomas enterrados.

Las plantas son organismos foto autótrofos, es decir que recogen energía solar para transformar el carbono inorgánico en carbono orgánico. Tienen la habilidad de transferir oxígeno desde la atmósfera a través de hojas y tallos hasta el medio donde se encuentran las raíces. Este oxígeno crea regiones aerobias donde los microorganismos utilizan el oxígeno disponible para producir diversas reacciones de degradación de materia orgánica y nitrificación (Arias, 2004); y microorganismos que se encargan de realizar el tratamiento biológico.

Arias (2004), asienta que “en la parte superior del Biofiltro, donde prevalece el oxígeno liberado por las raíces de las plantas y el oxígeno proveniente de la atmósfera, se desarrollan colonias de microorganismos aerobios. En el resto del lecho granular predominarán los microorganismos anaerobios. Los principales procesos que llevan a cabo los microorganismos son la degradación de la materia orgánica, la eliminación de nutrientes y elementos traza y la desinfección”.

Para Russell (1999) “las actividades humanas han dado y siguen dando origen a varios tipos de humedales de interés para algunas especies vegetales y animales. Las graveras y otro tipo de excavaciones abandonadas, restauradas o poco alteradas, albergan distintos tipos de hábitats”

También el autor manifiesta que “las aguas residuales generadas por los habitantes de una población, recolectadas mediante redes de alcantarillado sanitario, contienen sólidos gruesos (plástico y otros), arena, tierra y otros contaminantes disueltos. Para eliminarlos, un sistema de tratamiento de biofiltro abarca las siguientes etapas”:

Pre tratamiento conformado por una rejilla de retención de sólidos gruesos y un desarenador de limpieza manual, el cual podría también cumplir la función de trampa de grasa mediante la instalación de un bafle al final de la unidad. Normalmente se construyen dos desarenadores en paralelo para permitir el mantenimiento.

Tratamiento primario tiene el propósito de retener la mayor fracción de los sólidos suspendidos, mediante un tanque de sedimentación que puede ser un tanque séptico de tres cámaras o un tanque Imhoff. Cuando estos tanques se cierran, puede instalarse un filtro de biogás para eliminar los olores desagradables

Tratamiento secundario está conformado por un Biofiltro de flujo horizontal, cuyo propósito es remover los contaminantes aún presentes en las aguas residuales

Pila de secado de lodos los lodos generados en las diferentes etapas del sistema (desarenado, tanque Imhoff) son recolectados y trasladados a esta pila, donde permanecen al menos cuatro meses para permitir su estabilización.

Según Lara (1999) los “medios de soporte en los humedales el sustrato está formado por el suelo: arena, grava, roca, sedimentos y restos de vegetación que se acumulan en el humedal debido al crecimiento biológico. El sustrato, sedimentos y los restos de vegetación en los humedales artificiales son importantes por varias razones”:

Lara (1999) afirma que “soportan a muchos de los organismos vivientes en el humedal. La permeabilidad del sustrato afecta el movimiento del agua a través del humedal. Muchas transformaciones químicas y biológicas (sobre todo microbianas) tienen lugar dentro del sustrato. Proporciona almacenamiento para muchos contaminantes”. La acumulación de restos de vegetación incrementa la

cantidad de materia orgánica en el humedal. La materia orgánica origina el intercambio de materia, fijación de microorganismos y es una fuente de carbono que es a la vez, la fuente de energía para algunas de las más importantes reacciones biológicas en el humedal.

Delgadillo (2010) asegura que “la principal característica del medio es que debe tener la permeabilidad suficiente para permitir el paso del agua a través de él. Esto obliga a utilizar suelos de tipo granular, principalmente grava seleccionada con un diámetro de 5 mm aproximadamente y con pocos finos”.

Operación Y Mantenimiento De Los Biofiltros consisten en el control hidráulico y la profundidad del agua, la limpieza de las estructuras de entrada y descarga, el manejo de la vegetación del humedal y el seguimiento rutinario de la calidad del agua (EPA, 2000). El nivel de agua y el control de flujo son generalmente las únicas variables operacionales que tienen un impacto significativo sobre un humedal.

Los cambios en los niveles de agua afectan la hidráulica, el tiempo de residencia, la difusión de oxígeno atmosférico en la fase de agua y la cubierta vegetal. Cambios significativos en los niveles de agua deben ser investigados de inmediato, ya que puede ser debido a fugas, obstrucción de las salidas, drenaje de aguas pluviales u otras causas (EPA, 2000).

El mantenimiento rutinario de la vegetación de los humedales no es necesario para los sistemas que funcionan dentro de sus parámetros de diseño. Se recomienda realizar la poda de las enneas cuando estas alcancen por lo menos 3 m de altura, mediante una hoja de sierra o una navaja de mano. Esto se logra evitando cambios en los niveles de agua mediante el proceso de operación. Los olores rara vez son una molestia. Los olores emitidos por las zonas abiertas de agua están típicamente asociados con condiciones anaeróbicas, que pueden ser creadas por el exceso de DBO y la carga de amoníaco. Se debe realizar una limpieza frecuente al tanque de sedimentación con el fin de disminuir la generación de malos olores (EPA, 2000).

El tratamiento biológico de aguas residuales constituyen una serie de importantes procesos de tratamiento que tienen en común la utilización de microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de componentes indeseables del agua, aprovechando la actividad metabólica de los mismos sobre esos componentes. La aplicación tradicional consiste en la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto soluble como coloidal, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (Nitrógeno y Fósforo).

Es uno de los tratamientos más tradicionales, no solamente en el caso de aguas con restos en comunidades urbanas o rurales, sino también en buena parte de las aguas industriales.

En el metabolismo bacteriano juega un papel fundamental el elemento aceptor de electrones en los procesos de oxidación de la materia orgánica. Este aspecto, además, tiene una importante incidencia en las posibilidades de aplicación al tratamiento de aguas. Atendiendo a cual es dicho aceptor de electrones distinguimos tres casos:

Sistemas aerobios: La presencia de O_2 hace que este elemento sea el aceptor de electrones, por lo que se obtienen unos rendimientos energéticos elevados, provocando una importante generación de fangos, debido al alto crecimiento de las bacterias aerobias. Su aplicación a aguas residuales puede estar muy condicionada por la baja solubilidad del oxígeno en el agua.

Sistemas anaerobios: En este caso el aceptor de electrones puede ser el CO_2 o parte de la propia materia orgánica, obteniéndose como producto de esta reducción el carbono es su estado más reducido, Metano (CH_4) La utilización de este sistema tiene, como ventaja importante, la obtención de un gas combustible.

Sistemas anóxicos: Se denominan así los sistemas en los que la ausencia de O_2 y la presencia de NO_3^- hacen que este último elemento sea el aceptor de electrones, transformándose, entre otros, en N_2 , elemento completamente

inerte. Por tanto es posible, en ciertas condiciones, conseguir una eliminación biológica de nitratos (desnitrificación).

En el Proceso de remoción físico los Biofiltros son capaces de proporcionar una alta eficiencia física en la remoción de contaminantes asociado con material particulado. El agua superficial se mueve muy lentamente a través de los Biofiltros, debido al flujo laminar característico y la resistencia proporcionada por las raíces y las plantas flotantes. La sedimentación de los sólidos suspendidos se promueve por la baja velocidad de flujo y por el hecho de que el flujo es con frecuencia laminar en los humedales artificiales. Las esteras de plantas en los Biofiltros pueden servir como trampas de sedimentos, pero su rol primario es la remoción de sólidos suspendidos para limitar la re suspensión de material particulado.

La eficiencia de remoción de sólidos suspendidos es proporcional a la velocidad de particulado fijo y la longitud de los Biofiltros. Para propósitos prácticos, la sedimentación es usualmente considerada como un proceso irreversible, resultando en acumulación de sólidos y contaminantes asociados sobre la superficie del suelo de los humedales artificiales. Sin embargo, la re suspensión de sedimento puede resultar en la exportación de sólidos suspendidos y reducir algo más bajo la eficiencia de remoción (Benefield, L.D. & Randall, C.W., 1980).

La remoción biológica es quizá el camino más importante para la remoción de contaminantes en los Biofiltros es la captación de la planta. Los contaminantes que son también formas de nutrientes esenciales para las plantas, tales como nitrato, amonio y fosfato, son tomados fácilmente por las plantas de los Biofiltros. Sin embargo, muchas especies de plantas de los Biofiltros son capaces de captar, e incluso acumular significativamente metales tóxicos, como cadmio y plomo.

La velocidad de remoción de contaminante por las plantas varía extensamente, dependiendo de la velocidad de crecimiento de la planta y de la concentración del contaminante en tejido de planta. Las plantas leñosas, es decir, árboles y arbustos, proporcionan un almacenamiento a largo plazo de

contaminantes, comparado con las plantas herbáceas. Sin embargo, la velocidad de captación de la contaminante unidad de área de tierra es, a menudo, mucho más alta para las plantas herbáceas, o los macrophytes, tales como cattail.

Las algas pueden también proporcionar una cantidad significativa de nutrientes captados, pero son más susceptibles a los efectos tóxicos de metales pesados. El almacenaje de alimentos en algas es relativamente a corto plazo, debido al rápido ciclo de rotación (corto ciclo de vida) de algas. Las bacterias y otros microorganismos en el suelo también proveen, captan y almacenan nutrientes a corto plazo, y algunos otros contaminantes. (Benefield, L.D. & Randall, C.W., 1980)

El proceso químico más importante de la remoción de suelos de los Biofiltros es la absorción, que da lugar a la retención a corto plazo o a la inmovilización a largo plazo de varias clases de contaminantes. (Benefield, L.D. & Randall, C.W., 1980)

Muchas transformaciones de los nutrientes y del carbono orgánico en humedales son debidas al metabolismo microbiano y están directamente relacionadas con el crecimiento de los microorganismos. Éstos incluyen principalmente bacterias, hongos y protozoarios. (Mena et al., 2008)

Los microorganismos utilizan los nutrientes y el carbono tanto como emisor de energía como para la formación de biomasa microbiana nueva. La velocidad de crecimiento de esta nueva biomasa dependerá tanto de las condiciones ambientales como de la disponibilidad del sustrato. La energía es obtenida por la oxidación de compuestos reducidos (dador de electrones) con un oxidante (aceptor de electrones) a través de la cadena respiratoria (Mena et al., 2008).

La mayoría de los procesos son llevados a cabo por bacterias heterótrofas y autótrofas. La degradación aerobia de materia orgánica alcanza mayor energía por unidad de masa de donador de electrones que la nitrificación o cualquier otra degradación orgánica (Mena et al., 2008). Las comunidades de microbios se ajustan a los cambios en el agua que les llega y pueden esparcirse prontamente cuando se tiene energía necesaria.

Mena (2008) menciona “cuando las condiciones medioambientales no son convenientes muchos microorganismos se inactivan, además, la comunidad microbiana de un humedal puede ser afectada por sustancias tóxicas como pesticidas y metales pesados, y debe tenerse cuidado para prevenir que tales sustancias se introduzcan en las cadenas tróficas en concentraciones perjudiciales”

Las biopelículas son conglomerados de grupos complejos de microorganismos donde predominan las bacterias heterótrofas, impartiendo al conjunto adhesión gracias a la producción de polímeros extracelulares, principalmente polisacáridos. Las biopelículas están siempre presentes en superficies expuestas al contacto con el agua como ríos, lagos, mar, sistemas de aguas subterráneas, membranas en los sistemas digestivos de animales, sistemas de distribución de agua, canales de aguas residuales, etc. Las biopelículas se relacionan particularmente con sistemas acuáticos con altos contenidos de nutrientes, especialmente en aguas residuales (Pérez et al., 2006).

Una de las principales características de las biopelículas es su heterogeneidad, lo que las hace organizaciones únicas que pueden estar conformadas por bacterias, hongos y protozoos. Los microorganismos al ser variados dentro de esta organización presentan diferentes microambientes de pH, tensión de oxígeno, concentración de iones, carbono y nitrógeno (Betancourth et al., 2004).

La hidrodinámica juega un papel muy importante para el desarrollo de la biopelículas, ya que estas organizaciones requieren de una interface líquido sólido donde la velocidad del flujo que la atraviesa influye en el desprendimiento físico de los microorganismos. Poseen un sistema de canales que les permiten el transporte de nutrientes y desechos; esto resulta de vital importancia cuando se piensa en modificar el ambiente que prive a los microorganismos de las moléculas necesarias para su desarrollo (Betancourth et al., 2004)

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. Cuando se refiere a la DBO necesaria para oxidar todo el material orgánico carbonáceo biodegradable, se denomina demanda bioquímica última del oxígeno carbonáceo (DBOUC). En condiciones normales de laboratorio, esta demanda se cuantifica a 20 °C, el ensayo estándar se realiza a cinco días de incubación y se conoce convencionalmente como DBO, con valores numéricos expresados en mg/L O₂ (Romero, 2004)

La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras (Romero, 2004).

La mayor parte de las aguas usadas para acueductos contiene DBO estándar menor de 7 mg/L. Es un parámetro necesario en la evaluación de aguas residuales, de los procesos de tratamiento y de los 10 efectos de contaminación. No se usa como parámetro de control en aguas potables (Romero, 2004).

La demanda química de oxígeno (DQO) se usa para medir el oxígeno equivalente para oxidar la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente oxidante fuerte, por lo general bicromato de potasio, en un medio ácido y a alta temperatura. Para la oxidación de ciertos compuestos orgánicos resistentes se requiere la ayuda de un catalizador como el sulfato de plata (Romero, 2002). Compuestos inorgánicos que interfieren con el ensayo, como los cloruros pueden causar resultados erróneos de DQO. La interferencia de mercurio se elimina agregando sulfato mercúrico para formar HgCl₂ (Romero, 2004).

Según Romero (2004), "El Nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento de protistas y plantas. Las formas de interés en aguas residuales

son las de nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitrógeno en forma de nitritos y nitratos. Todas son formas interconvertibles bioquímicamente y componentes del ciclo del nitrógeno”. Se nombra NTK nitrógeno total Kendal, al nitrógeno orgánico más el nitrógeno amoniacal. Los datos del nitrógeno son importantes para realizar la evaluación de la trazabilidad de las aguas residuales por tratamientos biológicos; un agua residual insuficiente de 11 nitrógenos puede necesitar de la adición de nitrógeno para su conveniente descomposición. En otros casos, cuando se exige control de eutrofización de las fuentes receptoras, la remoción de nitrógeno en el agua residual, puede ser una condición del tratamiento.

Gas de baja solubilidad en el agua, requerido para la vida acuática aerobia. La solubilidad del oxígeno atmosférico en el agua dulce oscila entre 7 mg/L a 35 °C y 14,6 mg/L a 0 °C para presión de una atmósfera. La baja disponibilidad de oxígeno disuelto (OD) limita la capacidad auto purificadora de los cuerpos de agua y hace necesario el tratamiento de las aguas residuales para su disposición en ríos y embalses, La concentración de saturación de OD es función de la temperatura, de la presión atmosférica y de la salinidad del agua. La determinación de OD es el fundamento del cálculo de la DBO y de la valoración de las condiciones de aerobividad de un agua.

En general, todo proceso aerobio requiere una 13 concentración de OD mayor de 0,5 mg/L. El suministro de oxígeno y la concentración de OD en tratamientos biológicos aerobios y aguas receptoras de aguas residuales son aspectos de mayor importancia en el diseño, operación y evaluación de plantas de tratamiento de aguas residuales. La cantidad de oxígeno que se transfiere al agua residual, en un tanque de aireación de un proceso de lodos activados, debe ser suficiente para satisfacer la demanda microbiana existente en el sistema de tratamiento y mantener un residual de OD generalmente del orden de 2 mg/L. En aguas naturales, para evitar efectos perjudiciales sobre la vida acuática se recomienda emplear concentraciones mayores de 4 mg/L (Romero, 2004).

Medida de la concentración de ion hidrógeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar del ion hidrógeno. Aguas

residuales en concentraciones adversas del ion hidrógeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos. Aguas con pH menor de seis, en tratamiento biológico favorecen el crecimiento de hongos sobre las bacterias. A pH bajo el poder bactericida del cloro es mayor, porque predomina el HOCl; a pH alto la forma predominante del nitrógeno amoniacal es la forma gaseosa no iónica (NH₃), la cual es toxica, pero también removible mediante arrastre con aire, especialmente a pH de 10,5 a 11,5.

El valor de pH adecuado para diferentes procesos de tratamiento y para la existencia de la mayoría de la vida biológica puede ser muy restrictivo y crítico, pero generalmente es de 6,5 a 8,5. Para descarga de efluentes de tratamiento secundario se estipula un pH de 6,0 a 9,0; para procesos biológicos de nitrificación se recomiendan valores de pH de 7,2 a 9,0 y para desnitrificación de 6,5 a 7,5 (Romero, 2004).

El grupo coliforme incluye las bacterias de forma bacilar, aeróbicas y facultativas anaeróbicas, Gram-negativas, no formadoras de esporas, las cuales fermentan la lactosa con formación de gas en un período de 48 horas a 35 °C (o 37 °C). El número de organismos coliformes en los excrementos humanos es muy grande; la secreción diaria por habitante varía entre 125x 10⁹ y 400 x 10⁹. Su presencia en el agua se considera un índice ocurrente de la ocurrencia de polución fecal y por lo tanto, de contaminación con microorganismos patógenos.

Afirma Romero (2002) que “en aguas residuales la relación de organismos coliformes con organismos entéricos patógenos es muy grande, del orden de 10⁶ /1. La Escherichiacoli es la bacteria indicadora por excelencia del grupo coliforme fecal, debido a su presencia permanente en la flora intestinal del hombre y de los animales de sangre caliente; es gram negativa, facultativa anaerobia, de forma bacilar, de 0,5 a 2 µm de 15 tamaños. La mayoría de los miembros de la especie E. coli son comensalitas inocuos, pero algunas cepas son patógenas. La E. Coli patógena causa diarrea, especialmente en niños y en viajeros”.

Existe una gran presión sobre los recursos hídricos a nivel mundial. Según la UNESCO el 69% del agua dulce disponible en el planeta se destina a la agricultura, representa el 23% a la industria y el 8% al consumo doméstico. Diversos aspectos como la mala distribución temporal y espacial o la degradación determinan la actual situación que se resume en un gran desequilibrio entre la oferta existente y la creciente demanda de agua.

En países en desarrollo como el nuestro, enfrentaremos una mayor competencia por el acceso al agua en las próximas décadas, debido al crecimiento demográfico, nuevos hábitos de vida y el desarrollo urbano e industrial sin una adecuada planificación. Es decir que se prevé un aumento en la demanda hacia las limitadas fuentes de agua. Así, la búsqueda de fuentes alternativas de agua, sobre todo para la agricultura, sector que demanda un mayor porcentaje, resulta de gran importancia. UNESCO (2003).

Se pueden definir según (Rodríguez A., Letón P., Rosal R., Dorado M., Villar S. y Sanz J., 2006) distintos tipos de agua residual como aguas residuales urbanas las cuales se les denomina las aguas residuales domésticas, o la mezcla de estas con aguas residuales industriales o con aguas de escorrentía pluvial, aguas residuales domésticas a las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas(Rodríguez A., et al., 2006) y aguas residuales industriales a todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domesticas ni aguas de escorrentía pluvial(Rodríguez A., et al., 2006).

Por otra parte, la disposición final de las aguas residuales producidas por las diferentes actividades humanas (principalmente usos domésticos e industriales) representa un problema cuya magnitud está en constante incremento y que se ve agravado cuando se trata de grandes urbes. Encarar este problema plantea un dilema crucial, ya que por un lado, el agua residual se constituye en una fuente alternativa importante para el riego de los cultivos, pero por otro lado, su uso para este fin, sin un adecuado tratamiento, puede constituirse a su vez en un problema mayor, por todos los riesgos que esto supone. En efecto, se han registrado a nivel mundial, muchos casos de brotes

de enfermedades, casos de intoxicaciones masivas y se ha propiciado la degradación de diversos cuerpos de agua. (UNESCO, 2003).

En 2002, las enfermedades diarreicas y el paludismo acabaron con la vida de 3.100.000 seres humanos aproximadamente. 90% de los fallecidos eran niños menores de cinco años. La UNESCO (2014) publicó “se ha estimado que cada año se podría salvar la vida de 1.600.000 personas, si se les ofreciera la posibilidad de acceder a abastecimientos de agua potable e instalaciones sanitarias e higiénicas”

Una de las principales causas de la contaminación de los diferentes cuerpos de agua es la cantidad de nutrientes y materia orgánica que son vertidos en ellos como resultado de las diferentes actividades antropogénicas. El exceso de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo, genera un deterioro del recurso hídrico y en general de los ecosistemas acuáticos debido a la afectación de la calidad fisicoquímica del agua. (Sandoval J., Peña M., 2007).

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) ha priorizado las acciones la fiscalización ambiental en el manejo de aguas residuales a nivel nacional, situación que involucra principalmente a los gobiernos locales (provinciales y distritales) competentes en dicha materia, debido a la problemática ambiental generada por un déficit en la cobertura y calidad de los servicios de manejo de aguas residuales a nivel nacional. Uno de los principales problemas en el manejo de aguas residuales es la insuficiente cobertura del servicio de alcantarillado. Así, 50 empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS) cubren solo al 69,6% de la población urbana en el Perú. Además, existe un déficit en el tratamiento de estas aguas, una práctica vital para evitar la contaminación de ecosistemas y la generación de focos infecciosos que afecten la salud de las personas.

Dicha contaminación es generada principalmente por las aguas residuales que no reciben un tratamiento adecuado dado que en la mayoría de los casos se necesitan sistemas de tratamiento eficientes para el manejo de las aguas residuales que requieren inversiones sustanciales de capital que las comunidades no están en capacidad de pagar.

La investigación y desarrollo en el campo de los humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales ha sido llevada a cabo principalmente en países con estaciones como Europa y estados unidos. En países tropicales como Colombia, la selección y aplicación de parámetros de diseño de humedales construidos se ha efectuado sin tomar en cuenta las particularidades medioambientales de la región y la caracterización misma del tipo de residuos a tratar (Sandoval J., y Peña M., 2007).

En el Perú, el sector saneamiento, pertenece al sector público. La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, SUNASS, es la encargada de regular, supervisar y fiscalizar el mercado de servicios de agua potable. El Estado promueve la participación del sector privado mediante procesos de concesión a nivel nacional, enmarcado en la Ley General de Servicios de Saneamiento, Ley N° 26338 y su Reglamento.

En el Perú la sobrecarga de aguas residuales en las plantas de tratamiento cuya infraestructura es insuficiente, lo cual origina que los efluentes tratados excedan los límites máximos permisibles (LMP), y no se cumplan con los estándares de calidad ambiental (ECA). Esto genera problemas ambientales como la contaminación de los cuerpos de agua y la generación de malos olores que causan conflictos con la población.

La disposición de aguas residuales sin tratamiento alguno y las aguas residuales tratadas inadecuadamente contaminan los cuerpos de agua natural. A su vez, por infiltración en el subsuelo contaminan las aguas subterráneas, por lo que se convierten en focos infecciosos para la salud de las poblaciones, así como para la flora y fauna del lugar (OEFA, 2014).

Actualmente, de los 2.2 millones de metros cúbicos (m³) de aguas residuales diarias que pasan por las redes de alcantarillado en el Perú, solo el 32% reciben tratamiento antes de ser vertido a los cuerpos de agua natural (mar, ríos, lagos, quebradas). En el caso de Lima, que genera 1.2 millones de m³ de aguas residuales en los sistemas de alcantarillado, solo el 20% recibe tratamiento. Las aguas hervidas, son altamente dañosas para las personas se encuentran rodeadas de las mismas, más aun si se trata de menores.

Como se sabe, todo territorio contiene un fin socio-económico, el cual busca un beneficio dentro de la sociedad en su conjunto, esto justifica la explotación de los recursos dentro de los territorios de cada Estado. Las zonas rurales, suelen encontrarse áreas sin utilizar, y la mayoría de los casos se les da un uso agrícola, para esto, nivelan de a pocos el territorio que utilizan, dejando pequeños montículos de tierra en la zona menos provechosa del mismo territorio que están empleando, a las que llaman “huacas”. Estas huacas, son empleadas para construir casas, colegios, y así se van convirtiendo en centros poblados hasta convertirse en grandes ciudades.

Diez minutos antes de llegar a la ciudad de Motupe, se encuentra el cerro La Vieja, frente a este, es decir, cruzando la pista, está ubicada la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa cerro la vieja – Motupe, dentro del mismo distrito, y brinda educación a los diferentes caseríos de la zona cercana al cerro La Vieja.

Sin embargo, esta zona, no cuenta con servicio de agua potable por gravedad, existe un pozo que brinda agua al colegio.

Esta situación, genera que las aguas se filtren nuevamente al interior de la corteza terrestre, originando tal vez, la filtración en alguna beta de agua, la cual puede ser la beta de consumo de agua de los pobladores de la misma zona, que cuentan con un pozo al mismo nivel para su agua potable.

La gestión de residuos generados en zonas rurales, no está sujeta a una legislación medioambiental. Las aguas no se escapan a esta realidad. Depurar estas aguas ya sea para su vertido o para su reutilización es un imperativo para mejorar la calidad de vida del campesino.

1.1. Problema

¿Es posible que la implementación de un Biofiltro con Eneas (*Typha ssp*), permita el tratamiento de las aguas residuales de la institución educativa Virgen De La Medalla Milagrosa Cerro La Vieja – Motupe?

1.2. Hipótesis

La implementación de un Biofiltro con Eneas (*Typha ssp*) permite el tratamiento de aguas residuales en la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa Cerro la Vieja – Motupe

1.3. Objetivos

Objetivo General

Demostrar que un Biofiltro con Eneas, permitirá el tratamiento de aguas residuales de la institución educativa Virgen De La Medalla Milagrosa, Cerro La Vieja – Motupe.

Objetivos Específicos

Identificar mediante un pre análisis biológico, físico y químico las condiciones del agua residual producida en la I. E. Virgen de la Medalla Milagrosa, Cerro La Vieja – Motupe.

Diseñar e implementar un Biofiltro con eneas para el tratamiento de agua residual domestica generada en la institución educativa Virgen de la Medalla Milagrosa, Cerro La Vieja – Motupe.

Verificar mediante un post – análisis si el Biofiltro con eneas permite el tratamiento de aguas residuales en la I. E. Virgen de la Medalla Milagrosa, Cerro La Vieja – Motupe.

Reutilizar las aguas tratadas para el regadío de un biohuertos en la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa Cerro La Vieja – Motupe.

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Variables

Variable independiente: Biofiltro con Eneas (*Typhaspp.*)

Variable dependiente: Tratamiento de aguas residuales

2.2. Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Biofiltro con Eneas	Los Biofiltros son sistemas de Fito depuración de aguas residuales. el sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado.(Fernández, 2004)	Son filtros que utilizaran materiales orgánicos como eneas, donde el efluente, aguas servidas o residuos líquidos orgánicos, es rociado en la superficie del biofiltro y escurre por el medio filtrante quedando retenida la materia orgánica, la cual es consumida por la actividad microbológica, oxidándola y degradándola a través de proceso de remoción físicos, Químicos y biológicos	Estructura del sistema	<p>Considera estrategias:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ recogida / recolección ✓ tratamiento ✓ evacuación de las aguas residuales <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fijan físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica ✓ Logran niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y poco mantenimiento 	<p>Guía de observación</p> <hr/> <p>juicio de expertos</p>

<p>Tratamiento de Aguas Residuales Tratadas</p>	<p>El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano.</p>	<p>Los tratamientos biológicos de aguas residuales constituyen una serie de importantes procesos de tratamiento que tienen en común la utilización de microorganismos (entre los que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de componentes indeseables del agua, aprovechando la actividad metabólica de los mismos sobre esos componentes.</p>	<p>Físico-Químico</p> <hr/> <p>Microbiológico</p>	<p>Medición de temperatura</p> <hr/> <p>Medición de pH</p> <hr/> <p>Medición de sólidos totales en suspensión.</p> <hr/> <p>Medición de demanda química de oxígeno (DQO)</p> <hr/> <p>Medición de demanda bioquímica de oxígeno (DBO)</p> <hr/> <p>Presencia de Coliformes termotolerantes</p>	<p>Ficha de recolección de datos ficha LMP</p> <p>Análisis de DBO y DQO</p>
---	--	--	---	--	--

2.3. Metodología

2.4. Tipos de Estudio

La investigación será aplicada, es decir, el propósito es la resolución de dificultades prácticas inmediatas en orden a transformar las condiciones del acto productivo y a elevar la calidad del producto (Hernández Sampieri, Roberto & Fernández Collado, Carlos & Baptista Lucio, Pilar, 2010).

2.5. Diseño

El presente trabajo de investigación se caracteriza por poseer un diseño No experimental, según Hernández, Fernandez y Baptista (2014)“son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos” y la investigación es longitudinal porque recolectan datos en distintos momentos o periodos para realizar inferencias respecto al cambio, sus determinantes y derivaciones.

El presente estudio es No experimental–Longitudinal

2.6. Población, muestra, muestreo

Población:La población de estudio está conformada por 1500 litros de agua residual generada en la institución educativa Virgen De La Medalla Milagrosa – Motupe.

Muestra: Constituida por 750 litros de agua residual la cual será tratada por el Biofiltro y los 750 litros los cuales serán almacenados en una poza para previo tratamiento.

Muestreo: Para la selección de la muestra de estudio se empleará la técnica no probabilística por conveniencia, debido a que se eligen las muestras que se van a analizar al inicio del tratamiento y al final.

2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica del análisis documental:

Análisis de documentos utilizados para acopiar y procesar información necesaria en fichas resumen relacionado al tema que se investiga.

La técnica de la Observación de campo: Por medio de la cual, se observará y analizará el desarrollo.

Fichaje:

- ✓ Fichas de registro o localización (Bibliográficas, Hemerográficas e internet)
- ✓ Fichas de documentación (textuales, resumen, comentario)

Guía de observación:

La observación puede utilizarse como un instrumento en diversas circunstancias, la cual consiste en el registro sistemático, válido y confiable del comportamiento o conducta manifiesta.

Método de análisis:

Se utilizará una estadística descriptiva en el cual se utilizó el software Excel 2013 de Microsoft Office para realizar el análisis estadístico de ajuste de los datos a un modelo matemático que pronostico los parámetros de contaminación a través del tiempo utilizando el Eneas como método de tratamiento de aguas residuales.

RESULTADOS

Tabla N° 1.



ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.

"TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE LA MEJOR CALIDAD, CUÍDELA NO LA DESPERDICIE"

RESULTADOS DE LABORATORIO EPSEL S.A

Análisis biológico y físico-químico realizados para la evaluación del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja - Motupe, 2015.

Parámetros	Unidad	Métodos	Pre	LMP
Coliformes	NMP/10	Filtración por membranas	10485,3	10000
Termotolerantes	0mL			
DBO	mg/L	Volumétrico	845,3	100
DQO	mg/L	Volumétrico	1325,1	200
Ph	Unidad	pH-método electrónico	7,38	6,5-8,5
Sólidos totales en Suspensión	mL/L	Cono IMHOFF	3,3	150
Temperatura	°C	Electrométrico	27,8	35

Fuente: Epsel S.A



En la tabla N° 1 se puede evidenciar que el agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa tiene alto contenido de contaminantes que sobrepasan los Límites Máximos Permisibles (LMP) encontrados dentro del Decreto supremo, presentado por el MINAM, sin embargo, se aprecia que la temperatura (T°), los Sólidos totales por suspensión y el pH se encuentran dentro del rango permitido, porque lo que no es un factor determinante en su disminución.

Tabla N° 2: Análisis biológico y físico-químico en el Día 1, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

Parámetros	Unidades	Métodos	Día 1	LMP
DBO	mg/L	Volumétrico	801,4	100
DQO	mg/L	Volumétrico	1210,40	200
Sólidos totales en Suspensión	mL/L	Cono IMHOFF	3,1	150
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	Filtración por membranas	9024,33	10000
PH	Unidad	pH-método electrométrico	7,31	6.5- 8.5
Temperatura	°C	Electrométrico	27,01	35

Tabla N° 3: Análisis biológico y físico-químico en el día 2, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

Parámetros	Unidades	Métodos	Día 2	LMP
DBO	mg/L	Volumétrico	604,3	100
DQO	mg/L	Volumétrico	1001,30	200
Sólidos totales en Suspensión	mL/L	Cono IMHOFF	3,01	150
ColiformesTermotolerantes	NMP/100mL	Filtración por membranas	8001,10	10000
pH	Unidad	pH-método electrométrico	7,30	6.5- 8.5
Temperatura	°C	Electrométrico	26,01	35

Tabla N° 4: Análisis biológico y físico-químico en el día 3, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

Parámetros	Unidades	Métodos	Día 3	LMP
DBO	mg/L	Volumétrico	601,2	100
DQO	mg/L	Volumétrico	805,900	200
Sólidos totales en Suspensión	mL/L	Cono IMHOFF	3	150
ColiformesTermotolerantes	NMP/100mL	Filtración por membranas	6851,81	10000
pH	Unidad	pH-método electrométrico	7,27	6.5- 8.5

Temperatura	°C	Electrométrico	26	35
--------------------	----	----------------	----	-----------

Tabla N° 5: Análisis biológico y físico-químico en el día 4, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

Parámetros	Unidades	Métodos	Día 4	LMP
DBO	mg/L	Volumétrico	580,3	100
DQO	mg/L	Volumétrico	780,001	200
Sólidos totales en Suspensión	mL/L	Cono IMHOFF	2,3	150
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	Filtración por membranas	6202,00	10000
pH	Unidad	pH-método electrométrico	7,27	6.5- 8.5
Temperatura	°C	Electrométrico	25,30	35

Tabla N° 6: Análisis biológico y físico-químico en el día 5, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

Parámetros	Unidades	Métodos	Día 5	LMP
DBO	mg/L	Volumétrico	509,4	100
DQO	mg/L	Volumétrico	569,231	200
Sólidos totales en Suspensión	mL/L	Cono IMHOFF	2,02	150

Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	Filtración por membranas	5931,1	10000
pH	Unidad	pH-método electrométrico	7,25	6.5-8.5
Temperatura	°C	Electrométrico	25,11	35

Tabla N° 7: Análisis biológico y físico-químico en el día 6, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

Parámetros	Unidades	Métodos	Día 6	LMP
DBO	mg/L	Volumétrico	401,1	100
DQO	mg/L	Volumétrico	487,124	200
Sólidos totales en Suspensión	mL/L	Cono IMHOFF	2	150
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	Filtración por membranas	5022,001	10000
pH	Unidad	pH-método electrométrico	7,25	6.5-8.5
Temperatura	°C	Electrométrico	25,01	35

Tabla N° 8: Análisis biológico y físico-químico en la Día 7, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

Parámetros	Unidades	Métodos	Día 7	LMP
-------------------	-----------------	----------------	--------------	------------

DBO	mg/L	Volumétrico	302,9	100
DQO	mg/L	Volumétrico	320,206	200
Sólidos totales en Suspensión	mL/L	Cono IMHOFF	1	150
ColiformesTermotolerantes	NMP/100mL	Filtración por membranas	4,020.20	10000
pH	Unidad	pH-método electrométrico	7,25	6.5-8.5
Temperatura	°C	Electrométrico	25	35

Tabla N° 9: Análisis biológico y físico-químico en el día 8, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

Parámetros	Unidades	Métodos	Día 8	LMP
DBO	mg/L	Volumétrico	201,1	100
DQO	mg/L	Volumétrico	286,109	200
Sólidos totales en Suspensión	mL/L	Cono IMHOFF	0	150
ColiformesTermotolerantes	NMP/100mL	Filtración por membranas	3,999.30	10000
pH	Unidad	pH-método electrométrico	7,23	6.5-8.5
Temperatura	°C	Electrométrico	25	35

Tabla N° 10: Análisis biológico y físico-químico en el día 9, del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

Parámetros	Unidades	Métodos	Día 9	LMP
DBO	mg/L	Volumétrico	122,3	100
DQO	mg/L	Volumétrico	196,001	200
Sólidos totales en Suspensión	mL/L	Cono IMHOFF	0	150
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	Filtración por membranas	2,001.23	10000
pH	Unidad	pH-método electrométrico	7,20	6.5- 8.5
Temperatura	°C	Electrométrico	25	35

Tabla N° 11:



**ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS
DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.**

**"TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE
LA MEJOR CALIDAD, CÚDELA NO LA DESPERDICIE"**

RESULTADOS DE LABORATORIO EPSEL S.A



Análisis biológico y físico-químico en el día 10, del sistema de agua residual de la Instrucción Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja - Motupe, 2015.

Parámetros	Unidades	Métodos	dia	L.MP
DBO	mg/L	Volumétrico	10	100
DQO	mg/L	Volumétrico	99,825	200
Sólidos totales en Suspensión	mL/L	Cono IMHOFF	0	150
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	Filtración por membranas	1.831.30	10000
pH	Unidad	pH-método electrométrico	7,14	6,5-8,5
Temperatura	°C	Electrométrico	25	35

Fuente: Epsel S.A



Tabla N° 12:



**ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS
DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.**

**"TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE
LA MEJOR CALIDAD, CUIDELA NO LA DESPERDICIE"**

RESULTADOS DE LABORATORIO EPSEL S.A

Análisis biológico y físico-químico del DBO, en los 10 días del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

DIAS	DBO (mg/L)	LMP (mg/L)
1	801.4	100
2	604.3	100
3	601.2	100
4	580.3	100
5	509.4	100
6	401.1	100
7	302.9	100
8	201.1	100
9	122.3	100
10	90.9	100



OFICINAS: Av. Sáenz Peña N° 1860 (Planta de Agua Potable) Chiclayo - Telef. 253479 - 252291 - Telefax 253520
Gerencia Operacional - Telef. 254132
Gerencia Comercial - Av. Miguel Grau N°451 - Telef. 273609 - 235757
Emergencias: Telf. 238363 - 0-800-27-092
Pág. Web: www.epsel.com.pe

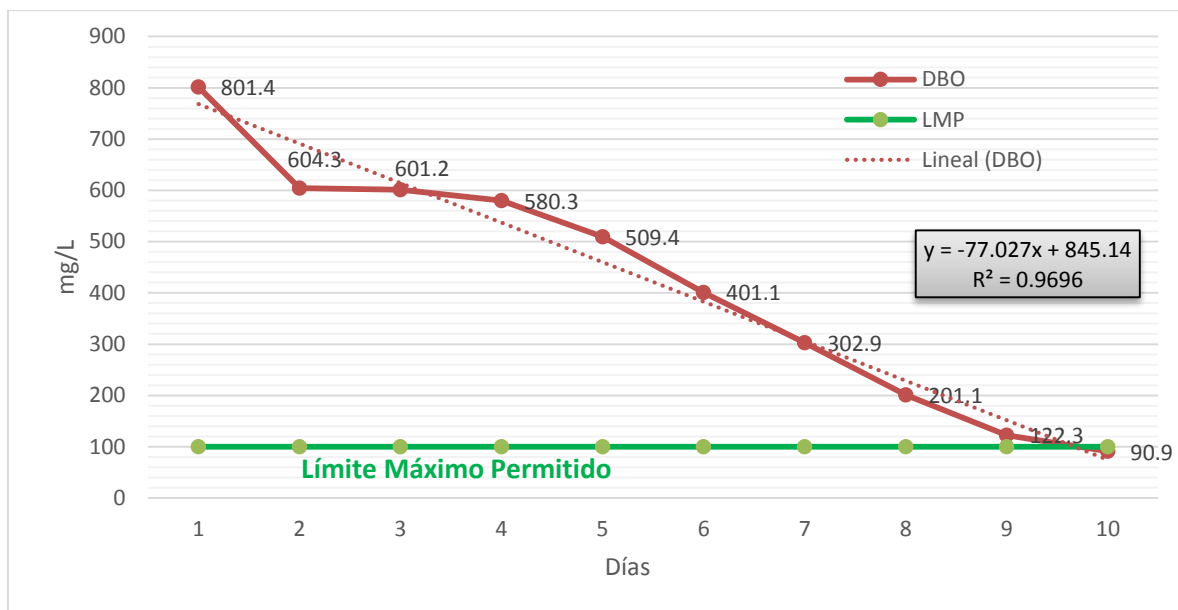


Figura N° 3: Evolución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015

En el figura N° 3, se observa la disminución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L, en el transcurso de los 10 días, llegando a 90,9 mg/L, por debajo del Límite Máximo Permitido por el MINAM que es de 100 mg/L. El modelo estadístico de mejor ajuste para estimar la DBO es una recta lineal de pendiente negativa: $Y = -77,027X + 845,14$ ($R^2 = 0,9696$), que nos asegura que después de la 10 días de tratamiento del agua residual ya podemos tener la DBO dentro de los límites permitidos para el uso de regadío.

Tabla N° 13:



**ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS
DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.**

**"TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE
LA MEJOR CALIDAD, CUIDELA NO LA DESPERDICIE"**

RESULTADOS DE LABORATORIO EPSEL S.A

Análisis biológico y físico-químico de la Demanda Química del Oxígeno (DQO), en los 10 días del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa, Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

DIAS	DQO	LMP
1	1210.4	200
2	1001.3	200
3	805.9	200
4	780.0	200
5	569.2	200
6	487.1	200
7	320.2	200
8	286.1	200
9	196.0	200
10	99.8	200



OFICINAS: Av. Sáenz Peña N° 1860 (Planta de Agua Potable) Chiclayo - Telef. 253479 - 252291 - Telefax 253520
Gerencia Operacional - Telef. 254132
Gerencia Comercial - Av. Miguel Grau N°451 - Telef. 273609 - 235757
Emergencias: Telf. 238363 - 0-800-27-092
Pág. Web: www.epsel.com.pe

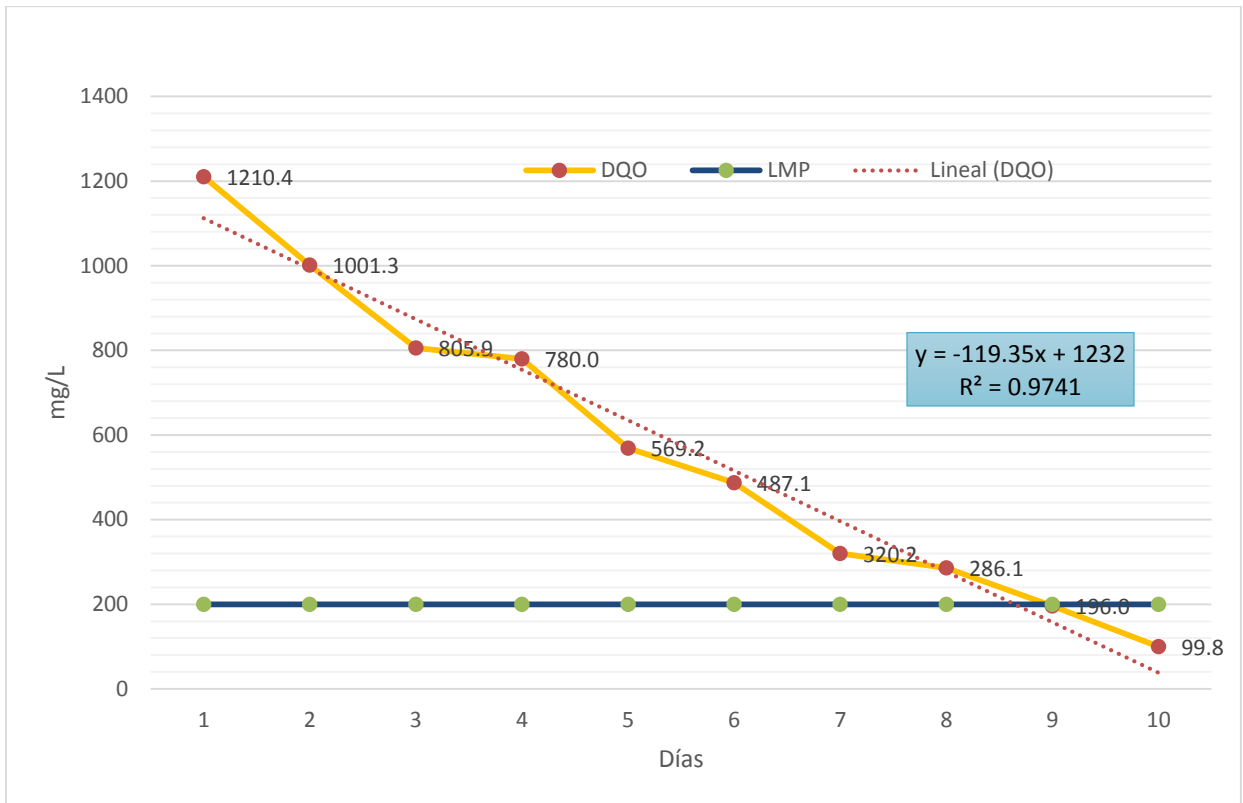


Figura N° 4: Evolución de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015

En la figura N° 4, se aprecia la disminución de la Demanda Química de Oxígeno en mg/L, en el transcurso de las 10 días, llegando a 99,8 mg/L, por debajo del Límite Máximo Permitido por el MINAM que es de 200 mg/L. El modelo estadístico de mejor ajuste para estimar la DQO es una recta lineal de pendiente negativa: $Y = -119,35X + 1232$ ($R^2 = 0,9741$), que nos asevera que después de la 9ª semana de tratamiento del agua residual ya podemos tener la DQO dentro de los límites permitidos para el uso de riego.

Tabla N° 14: Análisis biológico y físico-químico de Sólidos Totales en Suspensión (SST), en las 10 días del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

DÍAS	SST	LMP
1	3.1	150
2	3.01	150
3	3	150
4	2.3	150
5	2.02	150
6	2	150
7	1	150
8	0	150
9	0	150
10	0	150



Figura N° 5: Evolución de Sólidos Totales en Suspensión (SST), en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

En el figura N° 5, se evalúa la disminución de Sólidos Totales en Suspensión en ml/L, a pesar que el agua residual que inicia con 3,2 ml/L está muy por debajo del Límite Máximo Permitido por el MINAM que es de 150 ml/L. El modelo estadístico de mejor ajuste para estimar la disminución de los SST es una recta lineal de pendiente negativa: $Y = -0,4115X + 3.906$ ($R^2 = 0,9283$).

Tabla N° 15: Análisis biológico y físico-químico de Coliformes Termotolerantes (CTT), en las 10 Días del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

DÍAS	CTT	LMP
1	90,243	10000
2	80,011	10000
3	68,518	10000
4	62,020	10000
5	5,931	10000
6	5,022	10000
7	4,020	10000
8	3,999	10000
9	2,001	10000
10	1,831	10000

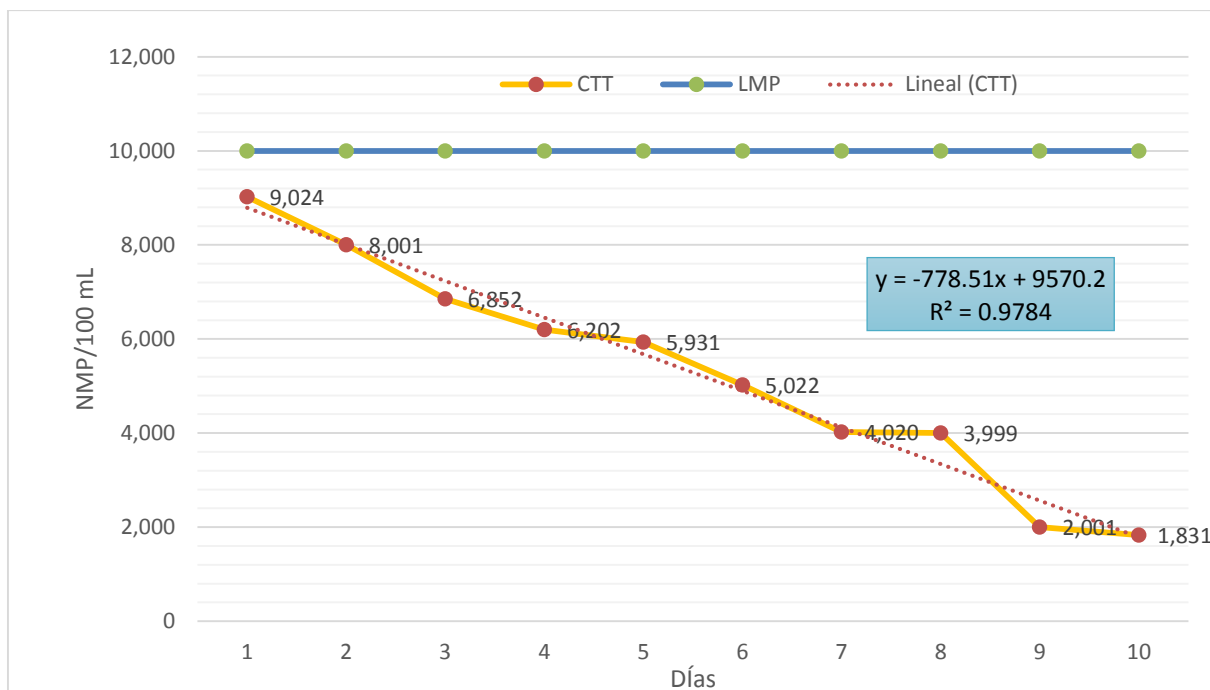


Figura N° 6: Evolución de Coliformes Termotolerantes (CTT), en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

En el figura N° 6, se observa la disminución de Coliformes Termotolerantes (CTT) en NMP/100 ml, a pesar que el agua residual que inicia con 9024 ml/L está ya por debajo del Límite Máximo Permitido por el MINAM que es de 10000 NMP/100 ml. El modelo estadístico de mejor ajuste para estimar la disminución de los CTT es una recta lineal de pendiente negativa: $Y = -778,51X + 9570,2$ ($R^2 = 0,9784$).

Tabla N° 16: Análisis biológico y físico-químico de pH, en los 10 días del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

DÍAS	PH	LÍMITE MINIMO PERMITIDO	LIMITE MAXIMO PERMITIDO
1	7.31	6.5	8.5
2	7.3	6.5	8.5
3	7.27	6.5	8.5
4	7.27	6.5	8.5
5	7.25	6.5	8.5
6	7.25	6.5	8.5
7	7.25	6.5	8.5
8	7.23	6.5	8.5
9	7.2	6.5	8.5
10	7.14	6.5	8.5

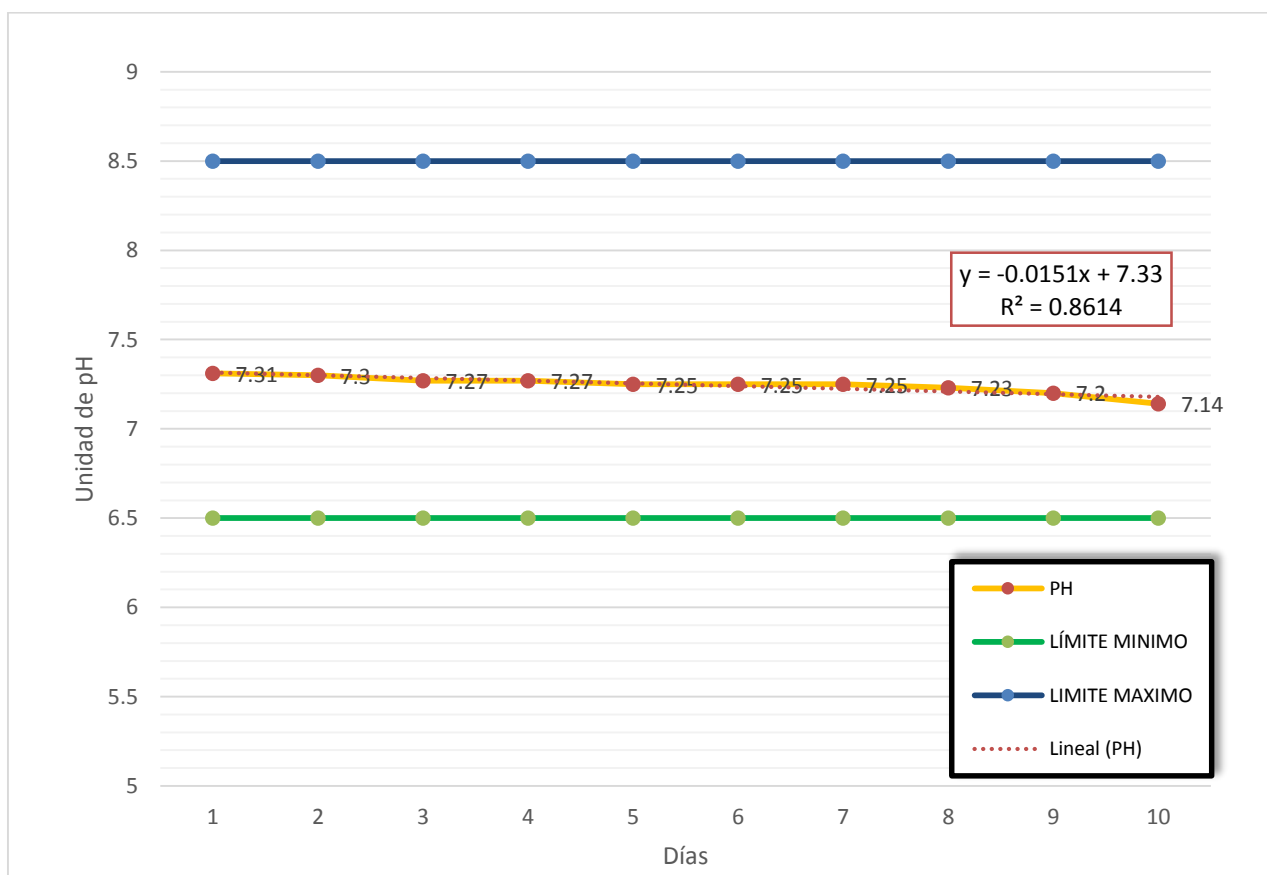


Figura N° 7: Evolución de pH, en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

En el figura N° 7, se registra una disminución casi imperceptible de PH en unidades el agua residual que inicia con 7,31 unidades está ya por debajo dentro de los Límites Permitidos por el MINAM que son de 6,5 a 7,5 unidades. El modelo estadístico de mejor ajuste para estimar la disminución del PH es una recta lineal de pendiente negativa muy tenue: $Y = -0,0151X + 7,33$ ($R^2 = 0,8614$).

Tabla N° 17: Análisis de la temperatura, en las 10 días del sistema de agua residual de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

DÍAS	TEMPERATURA	LMP
1	27.01	35
2	26.01	35
3	26	35
4	25.3	35
5	25.11	35
6	25.01	35
7	25	35
8	25	35
9	25	35
10	25	35

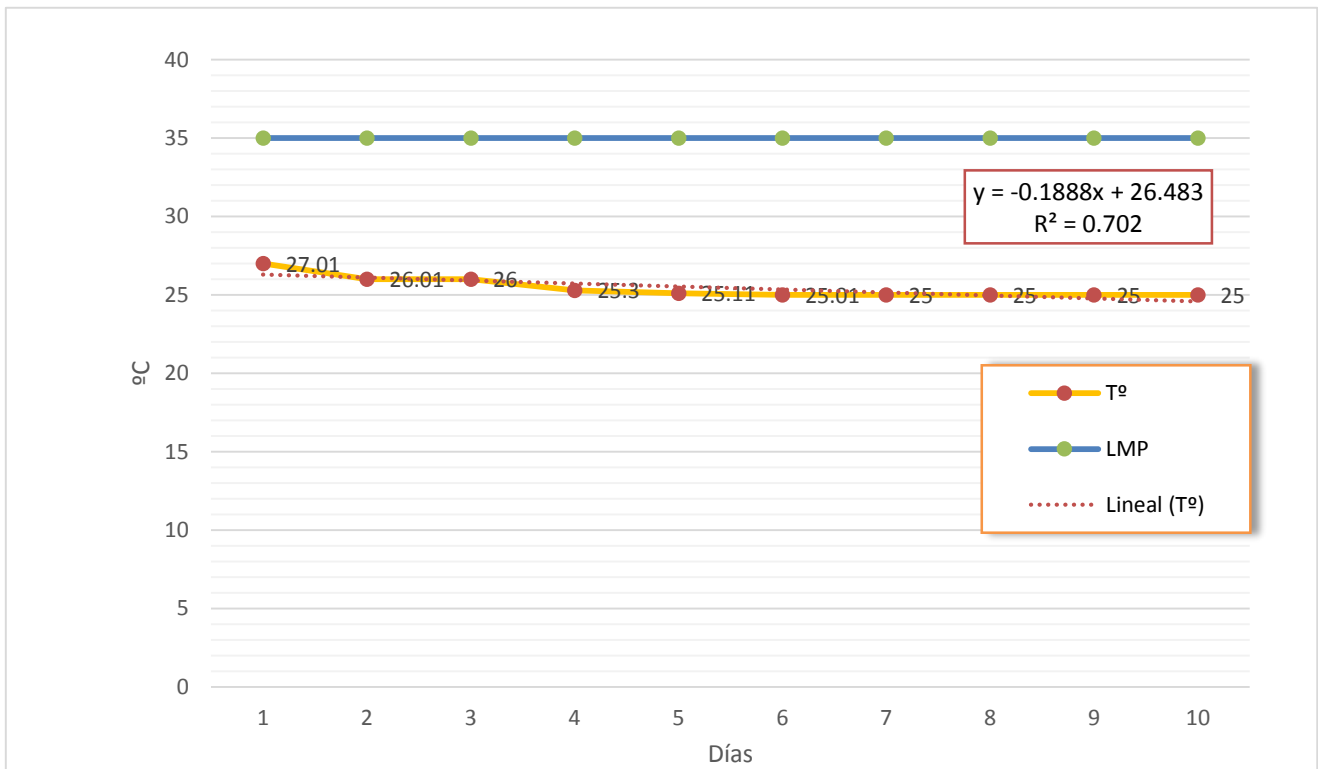
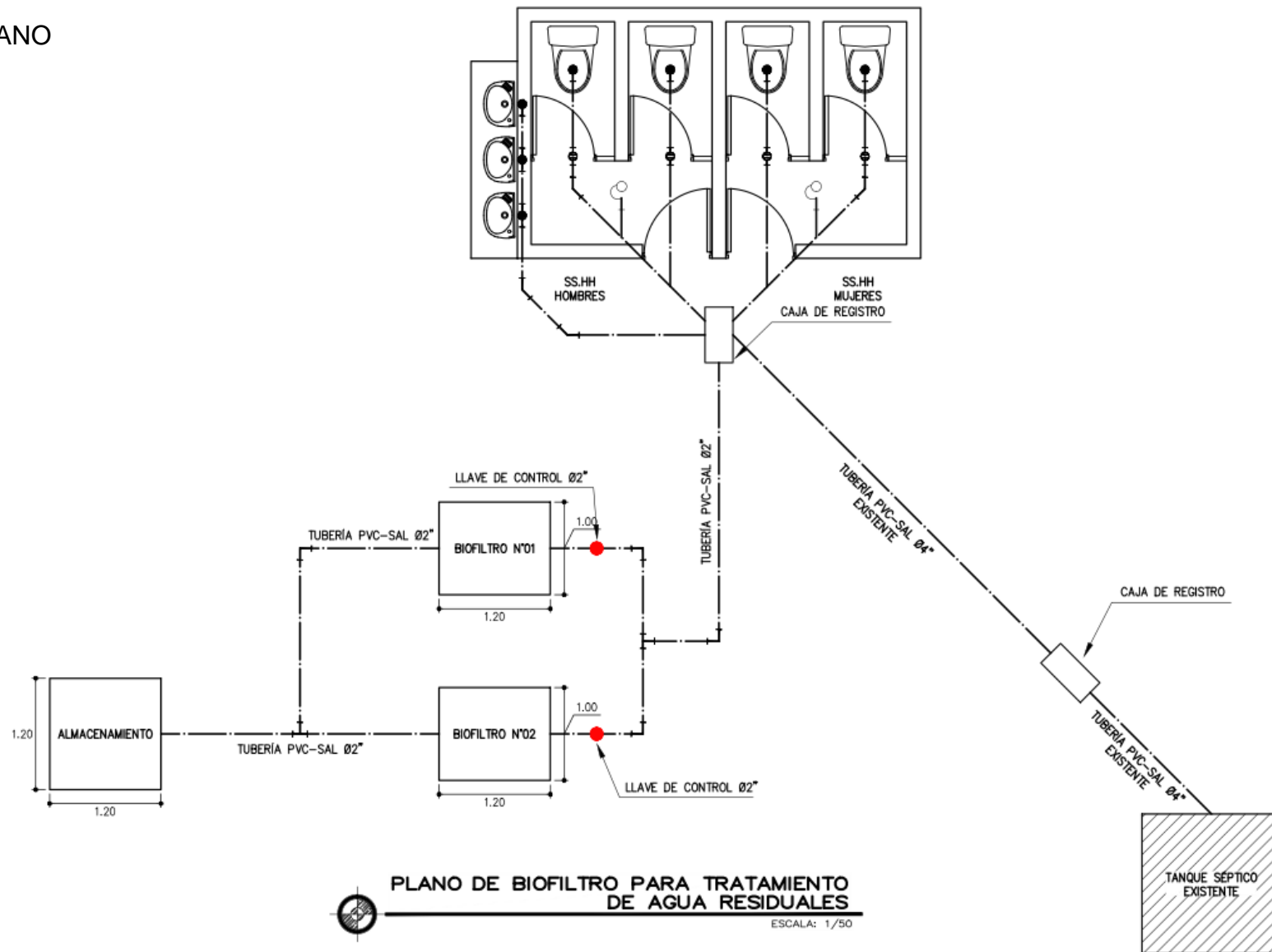


Figura N° 8: Evolución de la Temperatura, en 10 días del agua residual con Eneas en la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa. Cerro La Vieja – Motupe, 2015.

En el figura N° 8, se explora la variación de la temperatura en °C el agua residual que inicia con 27,01 °C ya se encuentra debajo del Límite Permitido por el MINAM que es de 35 °C. El modelo estadístico de mejor ajuste para estimar la temperatura semanal es una recta lineal de pendiente negativa muy tenue: $Y = -0,1888X + 7,326,4833$ ($R^2 = 0,0702$).

PLANO



3.DISCUSIONES

Del mismo modo que la investigación de MIRANDA (2000), la presente investigación lleva a la conclusión que los Biofiltros correctamente diseñados y construidos, pueden depurar las aguas municipales, rurales, industriales y las de lluvia, y son especialmente eficaces en la eliminación de contaminantes del agua, como son sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo, hidrocarburos y metales. Son considerados como tecnología efectiva y segura para poder tratar el agua y garantizar la circulación de la misma, esto si se mantienen y operan de manera adecuada.

Así mismo FERNÁNDEZ et al (2005) menciona que desde el punto de vista ecológico, Los humedales tienen un papel importante como depuradoras naturales, ya que contribuyen con el mantenimiento de la calidad de aguas superficiales y subterráneas. Opinándose lo mismo del biofiltro con eneas utilizado en la institución educativa Virgen De La Medalla Milagrosa – Motupe.

Tomando en cuenta la investigación de Ñique (2000) donde afirma que las especies de plantas que se introducen para crear un humedal dependen del tipo de humedal que se desea establecer. En este sentido, el clima, salinidad, profundidad y régimen de uso son los factores que van a definir las especies que serán introducidas. Dentro de estas especies las más utilizadas en los humedales artificiales son las plantas macrófitas emergentes, subemergentes y flotantes, ya que son capaces de soportar variaciones en el nivel de agua y, además, poseen la cualidad de poder reproducirse en condiciones con bajos niveles de oxígeno disuelto. En nuestra investigación se utilizaron las Macrófitas Typhassp (Eneas) las cuales crecen en la localidad y están adaptadas al clima, tipo de suelo, profundidad y cantidades de agua dependiendo el caudal que exista en su hábitat.

El uso de las macrófitas elegidas para la investigación, en este caso las eneas (Typhassp), confirma lo realizado por ROSTON et al. (2001) Quienes estudiaron el comportamiento de las macrófitas Typhassp y Eleocharissp, en un sistema natural de depuración de aguas residuales con evaluación del sistema

de tratamiento de aguas residuales domesticas mediante humedales artificiales mostraron en los dos primeros años de funcionamiento una reducción entre el 90% a 97% de SS y entre 60% a 85% de DQO, para unos caudales de 200 l/d. Cuando el caudal fue aumentando a 400 l/d hubo una reducción entre el 73 al 97% de SS y entre 67 a 97% en DQO, demostrándose en ambas investigaciones que estas plantas son efectivas para la remoción de materia orgánica y contaminantes del agua residual.

Teniendo en cuenta la investigación de Mara (2000), las aguas residuales son las que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población. Después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, son recogidas por una red de alcantarillado que las conducirá hacia el humedal, en este caso. Los Contaminantes a evaluar son los que se contempla en el DS 003-2010 que aprueba los límites máximos permisibles (LMP). Se empleó en nuestra investigación una red de alcantarillado para conducir las aguas residuales hacia el humedal así mismo los decretos supremos que aprueban los LMP.

La disminución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L, en el transcurso de las 10 días, llegó a 90,9 mg/L, por debajo del Límite Máximo Permitido por el MINAM que es de 100 mg/L. La disminución de la Demanda Química de Oxígeno en mg/L, en el transcurso de los 10 días, llegó a 99,8 mg/L, por debajo del Límite Máximo Permitido por el MINAM que es de 200 mg/L. Los demás parámetros que indican la contaminación de las aguas residuales tales como Coliformes termotolerantes, Sólidos totales en suspensión, PH y Temperatura, se mantuvieron siempre dentro de los límites permitidos por el MINAM para uso como agua de regadío.

4.CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la revisión bibliográfica que se realizó, se pudo concluir que una de las mayores dificultades de las pequeñas comunidades es que los gobiernos no tienen como prioridad los tratamientos de aguas residuales en pequeñas comunidades, lo que hace que se presenten problemas de salubridad y enfermedades que afectan la salud pública de la población, en especial la más vulnerable como lo es los niños y los ancianos. Se buscan tratamiento con un elevado costo de mantenimiento que no alcanzan a dar solución a la verdadera problemática de dicha comunidad.

Un Biofiltro con Eneas es una forma de solución limpia y económica para el rehusó de las aguas residuales en la actividad de regadío. Este sistema es de bajo Costo de instalación, operación y mantenimientos bajos. Fácil diseño y construcción.

Los Biofiltros son muy efectivos en la remoción de la DBO, la DQO, los SST, los metales y algunos compuestos orgánicos refractarios de las aguas residuales domésticas. La remoción de nitrógeno y fósforo a bajos niveles es también posible pero se requiere un tiempo de retención mucho mayor.

La Typhassp (eneas) demostró tener una efectividad satisfactoria en el tratamiento del agua residual en la institución educativa Virgen de la Medalla Milagrosa – Motupe. Según los resultados obtenidos y comparados con los Límites Máximos Permisibles se consideran que son significativos.

Los valores obtenidos del tratamiento del agua residual mediante Typhassp (eneas o aneas), son estimaciones realizadas en función a una pequeña planta piloto. Sin embargo, estos datos pueden ser utilizados en futuros proyectos como valores comparativos o de referencia.

Los resultados iniciales y finales producto de los tratamientos fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles, resultando que los valores obtenidos de DBO y DQO para ambos humedales están muy por encima de lo

permitido al inicio y al ser tratados por 10 días con el biofiltro con eneas disminuyen estando por debajo o cerca de los LMP. De todas maneras se concluye que se debe tomar más tiempo para que los resultados puedan ser mucho mejores.

Esta es una técnica viable para las pequeñas comunidades vulnerables las cuales carecen de personal especializado para el mantenimiento de los humedales artificiales.

Después del tratamiento de las aguas residuales por 10 días con un Biofiltro con eneas y un análisis de DBO y DBQ se concluye que es viable para la remoción de contaminación, así como la disminución de DBO Y DQO tomando en cuenta los LMP.

Se reutilizo el agua residual tratada para el regadío de biohuertos en la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa Cerro La Vieja – Motupe.

5.RECOMENDACIONES

Los Biofiltros deben ser evaluados de manera periódica para controlar las condiciones generales del mismo, y así poder notar cambios significativos que puedan ser desfavorables para el tratamiento como la aparición de vegetación indeseable, por lo que la vegetación que se implante debe ser homogénea.

Así mismo tomar en cuenta una característica del medio, es que debe tener la permeabilidad suficiente para permitir el paso del agua a través de él. Esto obliga a utilizar suelos de tipo granular, principalmente grava seleccionada con un diámetro de 5 mm aproximadamente y con pocos finos.

Instalar mallas de protección para reducir o evitar la introducción de materiales sólidos en el biofiltro que está tratando las aguas residuales, de acuerdo al espacio donde ha sido instalado.

Se debe tener en cuenta la disponibilidad del suelo, así como también el ambiente de dicha localidad y que tipo de vegetación podría ser cultivada en los biohuertos.

Para que el proyecto de un Biofiltro con Eneas para el tratamiento de aguas residuales se desarrolle en forma exitosa, se deberá llevar una inspección para evitar algún problema existente tanto en el desarrollo del sistema así como en un futuro luego de estar instalado el biofiltro con eneas.

Se invita a los gobiernos locales e instituciones privadas, para que realicen esfuerzos para el diseño e implementación de Biofiltros en las zonas vulnerables, teniendo en cuenta factores más importantes como las condiciones climatológicas, tipos de materiales de la misma zona que puedan tomarse en cuenta para el lecho filtrante, las facilidades para que puedan administrar, operar y realizar el mantenimiento de las plantas brindándoles una capacitación para que comprendan los procesos del sistema, los beneficios para la salud de tratar convenientemente las aguas residuales; así como estimar los costos que generan la implementación que a decir, son muy bajos.

6.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ, J y BÉCARES, E. El papel de la vegetación en humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales en Memoria del Encuentro Internacional en Fito depuración, Lorca, 2005.

BENEFIELD, L.D. & RANDALL, C.W. Biological process design for wastewater treatment. Englewood: Prentice – Hall, 1980.

AGÜERO, Pittman. Agua Potable para poblaciones Rurales. Lima: Ser. 2000

ARIAS, O. Estudio de la biodegradación de la materia orgánica en humedales construidos de flujo subsuperficial. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria Hidràulica, 2004.

BECARES, E. Función de la vegetación y procesos de diseño de humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal y flujo superficial. En: GARCÍA, J, MORATÓ, J y BAYONA, J. (Ed.), Nuevos criterios para el diseño y operación de humedales construidos (1ª Edición), pp. 51-62. Barcelona, España: CEPET, 2004.

BIOFILTRO, 2010. Obtenido de Biofiltro: <http://www.biofiltro.cl/historia.html> [En Línea] [Fecha de consulta: 16 de Mayo de 2015.]

DICTIONARY, P. -d. (s.f.). Obtenido de <http://www.merriam-webster.com/dictionary/pollution> [En Línea] [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2015.]

FERNANDEZ, J. (2004). Manual de Fitodepuración. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. 2004

FERRER POLO, José & SECO TORRECILLAS, Aurora. Tratamiento biológicos de aguas residuales. Valencia: Alfaomega, 2008.

HAMMER, D & BASTIAN, R. Wetlands ecosystems: natural water purifiers. Chelsea: Lewis Publishers, 1989.

HERNANDEZ, R., FERNANDEZ, C., & BAPTISTA, M. (2014). Metodología de la Investigación. México: McGRAW-HILL.

HUAMAN Zegarra, N. J. Concytec. [En Línea] 2002 [Fecha de consulta: 28 de abril de 2015.] Obtenido de Concytec:

http://www.concytec.gob.pe/portalsinacyt/images/stories/corcytecs/cusco/xx_fency_t_reduccion_de_la_emision_de_gases.pdf.

KADLEC & BASTIACENS, & URBAN. Hydrological design of free water surface treatment wetlands. Chelsea: Lewis, 1993.

LARA B, J. Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales. Barcelona: Instituto Catalan de Tecnología, 1999.

MARSILLI, A. (diciembre de 2005). [En Línea] [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2015.] Tierra amor. Obtenido de Tierra amor: <http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm>

ROLIM, S. Sistemas de Lagunas de estabilización. Cómo utilizar aguas residuales tratadas en sistemas. Bogotá: Mcgraw hill, 2000.

RUSSELL, R. Natural systems for waste management and treatment wetlands. New York: McGraw Hill, 1999.

ARENAS, S. y NUNCIRA A. Evaluación De Humedales Artificiales Para El Tratamiento De Aguas Residuales Del Sector Industrial Avícola. Tesis de especialista de Ingeniería Ambiental no publicada, UIS, Bucaramanga, Colombia, 2010.

ARIAS, S, BETANCUR, F, GÓMEZ, G, SALAZAR, J y HERNÁNDEZ, M. (2010). Fito remediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. Informador Técnico, 74, 12-22. ,2010.

DELGADILLO, O., CAMACHO. A., PÉREZ, L., ANDRADE, M. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Cochabamba, Bolivia, 2010.

ANEXOS

Anexo I. Figuras

Anexo II. Tablas

Anexo III. Normas en Aguas Residuales

ANEXO I FIGURAS

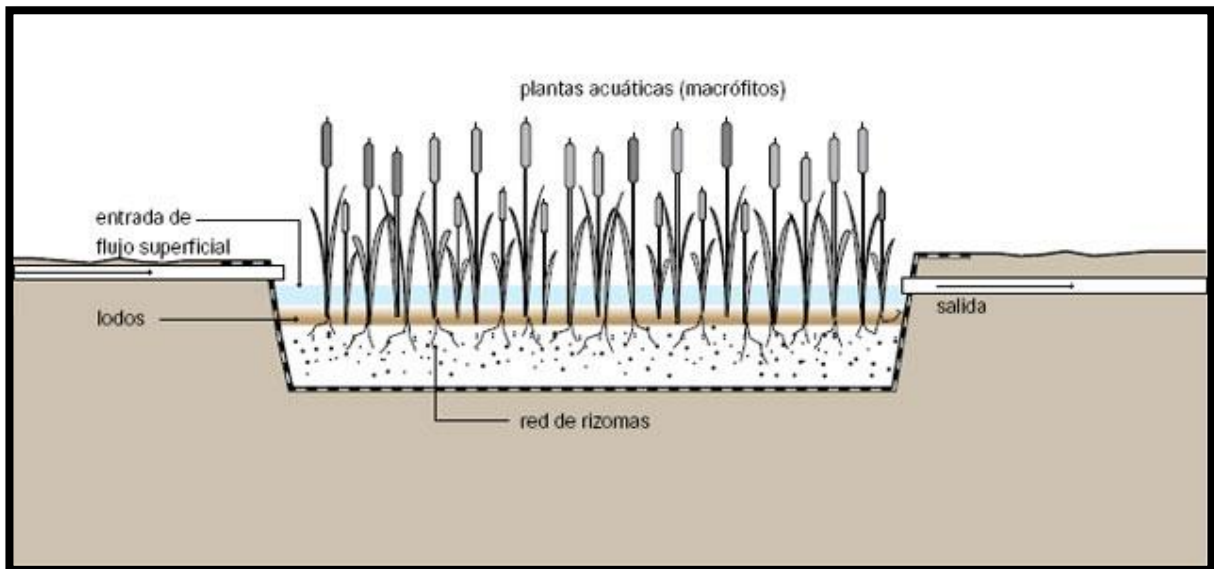
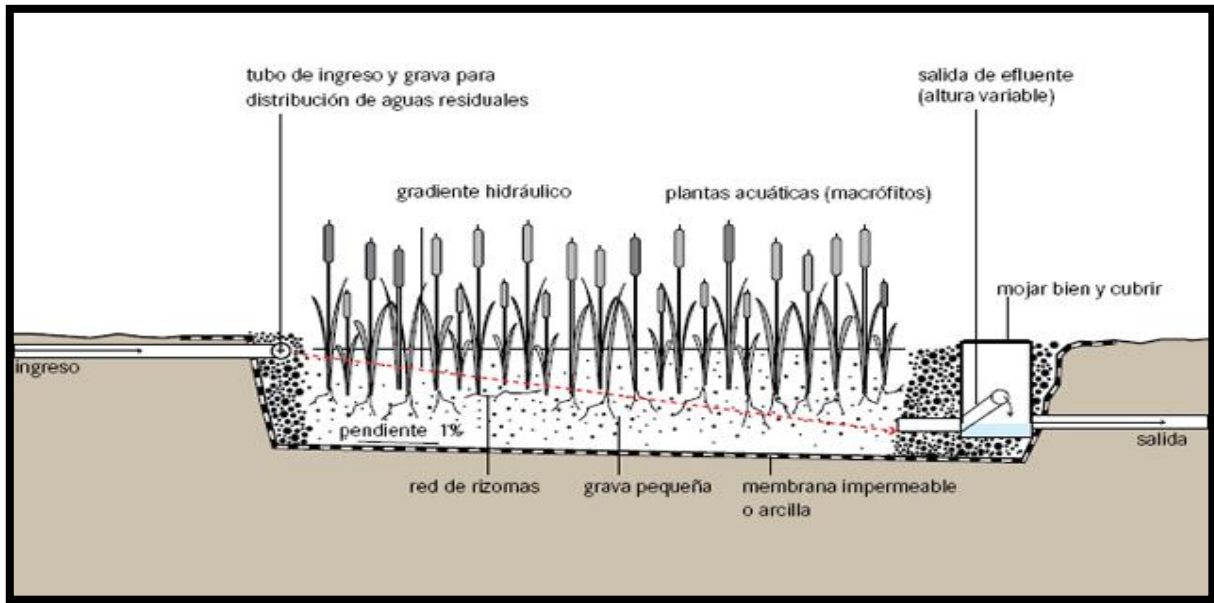


Figura N°9 Humedal de Flujo Superficial



Fuente: Alianza por el agua, 2011

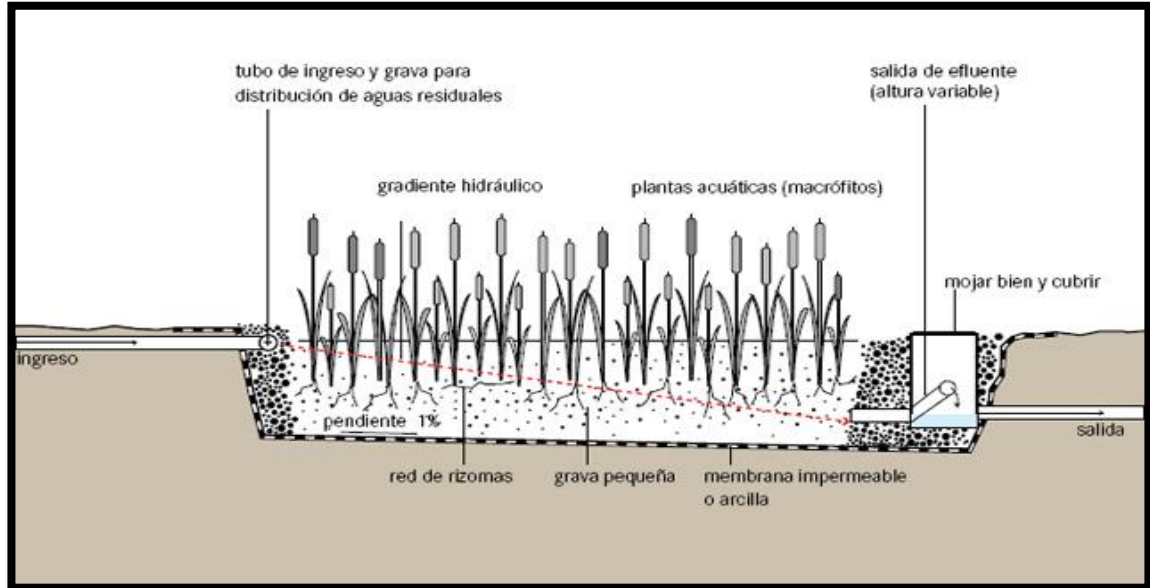


Figura N°10 Humedal Artificial de Flujo Sub Superficial Horizontal

Fuente: Alianza por el agua, 2011

Figura N°11 Humedal de Flujo Sub Superficial Horizontal

Fuente: Alianza por el agua, 2011

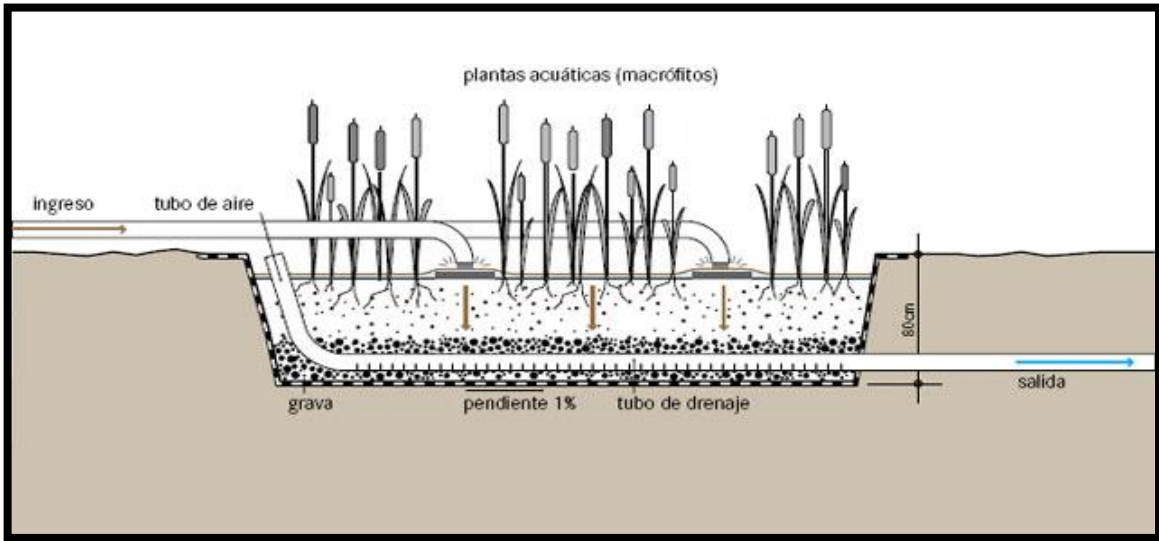


Figura N°12 Humedal de Flujo Sub Superficial Vertical

Fuente: Alianza por el agua, 2011



FIGURA N°13 Institución Educativa Virgen De La Medalla Milagrosa – Motupe, donde se realizó el proyecto de Biofiltro con eneas para el tratamiento de aguas residuales.



FIGURA N°14 Se observa a los alumnos de la institución bebiendo y lavándose con el agua estancada



FIGURA N°15 La disposición del terreno destinado para el proyecto, así también conjuntamente con los alumnos se realizan las medidas respectivas para la instalación de los cilindros.



FIGURA N°16 Colaboración de los alumnos de la institución Educativa



FIGURA N°17 Se observa el corte de los cilindros los cuales serán dos recipientes que serán la base del biofiltro con eneas, para luego implementar los siguientes componentes.



FIGURA N°18 Instalación de tubos y espacios por los cuales se recibirá el agua residual para el tratamiento.



FIGURA N°19 Se observa dos entradas en la parte superior por las cuales ingresará el agua residual sin tratar y así mismo dos salidas por la cual saldrá el agua residual tratada, es una parte de lo que será el biofiltro con eneas para su debida instalación en el terreno.



FIGURA N°20 Se observa la implementación de la grava y eneas las cuales son la principal fuente purificadora de las aguas residuales en la institución.



FIGURA N°21 Se observa el monitoreo realizado por mi persona para el debido funcionamiento del biofiltro con eneas durante los días siguientes, así también se puede ver los cilindros donde se almacenara el agua residual tratada por el biofiltro con eneas para su utilización de áreas verdes.



FIGURA N°22 Se observa a los alumnos comprometidos con el proyecto siempre observando que todo vaya como lo planeado.



FIGURA N°23 Se observa el agua residual ingresando a el biofiltro con eneas para su debido tratamiento.



FIGURA N°24. Terreno disponible para áreas verdes.



FIGURA N°25. Terreno disponible para áreas verdes.



FIGURA N°26 Se observa diferentes espacios de terreno.

**Tabla N°18 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES
DE PTAR**

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10.000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
Ph	Unidad	6.5 – 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: DS 003-2010/MINAM

Normativa en Aguas Residuales

LEY N° 28611 - LEY GENERAL DEL AMBIENTE

(Publicada el 15 de octubre de 2005)

Artículo 121°.- Del vertimiento de aguas residuales.

El Estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo en lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes.

Artículo 122°.- Del tratamiento de residuos líquidos.

122.1 Corresponde a las entidades responsables de los servicios de saneamiento la responsabilidad por el tratamiento de los residuos líquidos domésticos y las aguas pluviales.

122.2 El sector Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la vigilancia y sanción por el incumplimiento de LMP en los residuos líquidos domésticos, en coordinación con las autoridades sectoriales que ejercen funciones relacionadas con la descarga de efluentes en el sistema de alcantarillado público.

122.3 Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los LMP, los ECA y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes.

LEY N° 29338 - LEY DE RECURSOS HÍDRICOS

(Publicada el 23 de marzo del 2009)

Artículo 79°.- Vertimiento de agua residual.

La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP).

Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización. (...)

Artículo 80°.- Autorización de vertimiento.

Todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento, para cuyo efecto debe presentar el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva, el cual debe contemplar los siguientes aspectos respecto de las emisiones:

1. Someter los residuos a los necesarios tratamientos previos. 2. Comprobar que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación. (...)

Artículo 82°.- Reutilización de agua residual La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca, autoriza el reúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma, en coordinación con la autoridad sectorial competente y, cuando corresponda, con la Autoridad Ambiental Nacional.

El titular de una licencia de uso de agua está facultado para reutilizar el agua residual que genere siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgada la licencia.

(...)

REGLAMENTO DE LEY N° 29338 – APROBADO POR DECRETO SUPREMO N°
001-2010-AG

(Aprobado el 14 Enero del 2010)

Artículo 131°.- Aguas residuales y vertimientos

Para efectos del Título V de la Ley se entiende por:

a. Aguas residuales, aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas, tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y que por sus características de calidad requieren de un tratamiento previo. b. Vertimiento de aguas residuales, es la descarga de

aguas residuales previamente tratadas, en un cuerpo natural de agua continental o marítima. Se excluye las provenientes de naves y artefactos navales.

Artículo 147°.- Rehúso de agua residual

Para efectos del Reglamento se entiende por rehúso de agua residual a la utilización, de aguas residuales tratadas resultantes de las actividades antropogénicas.

Artículo 148°.- Autorizaciones de rehusó de aguas residuales tratadas

Podrá autorizarse el rehúso de aguas residuales únicamente cuando se cumplan con todas las condiciones que se detallan a continuación:

a. Sean sometidos a los tratamientos previos y que cumplan con los parámetros de calidad establecidos para los usos sectoriales, cuando corresponda, b. Cuenten con la certificación ambiental otorgada por la autoridad ambiental sectorial competente, que considere específicamente la evaluación ambiental de rehúso de las aguas. c. En ningún caso se autorizara cuando ponga en peligro la salud humana y el normal desarrollo de la flora y fauna o afecte otros usos.

**TEXTO ÚNICO ORDENADO DEL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE
SERVICIOS DE SANEAMIENTO LEY N° 26338, APROBADO POR DECRETO
SUPREMO N° 023-2005-VIVIENDA**

(Publicado el 1 de diciembre de 2005)

Artículo 55°.- La EPS, de acuerdo con la Ley General y el presente reglamento tendrá las siguientes funciones:

a. La producción, distribución y comercialización de agua potable, así como la recolección, tratamiento y disposición final de las aguas servidas, recolección de las aguas pluviales y disposición sanitaria de excretas. (...)

**DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM, DECRETO SUPREMO QUE
APRUEBA LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O
MUNICIPALES**

(Publicado el 17 de marzo del 2010)

Artículo 1°.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)

Aprobar los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

Artículo 2°.- Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (PTAR): Infraestructura y procesos que permitan la depuración de aguas residuales domésticas o municipales.

- Límite máximo permisible (LMP): Es la medida de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos o biológicos, que caracterizan a una emisión, que la ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano o al ambiente. Su Decreto es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental. - Protocolo de monitoreo: Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en función a los programas de monitoreo.

Artículo 3°.- Cumplimiento de los límites máximos permisibles de efluentes de PTAR

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la siguiente norma entrarán en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LPM aprobado por el siguiente Decreto Supremo, no serán aplicados a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3 Los titulares de las PTAR que se encuentran en operación a la dación del presente Decreto Supremo y no cuenten con certificación ambiental, tendrán plazo no mayor de dos años (02), contados a partir de la publicación del siguiente Decreto Supremo, para presentar en el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental, autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de PATR que se encuentran en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenta con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres años (03), contando con la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar en el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

DECRETO SUPREMO N° 002-2008-MINAM, DECRETO SUPREMO QUE
APRUEBA LOS ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD DE AGUA

(Publicado el 31 de julio del 2008)

Artículo 1°.- Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Aprobar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

DECRETO SUPREMO N° 021-2009-VIVIENDA, QUE APRUEBA LOS VALORES
MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA) DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
NO DOMÉSTICAS EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

(Publicado el 20 de noviembre del 2009)

Artículo 3°.- Definición de Valores Máximos Admisibles (VMA)

Entiéndase por Valores Máximos Admisibles como aquel valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido causa daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de las aguas residuales.