



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“RECUPERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES GRISES MEDIANTE BIOFILTROS”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniera en Medio Ambiente.

Autora:

Nagua Caiminagua Glenda Carlota

Tutor:

Córdova Yanchapanta Vicente De La Dolorosa, PhD

Latacunga - Ecuador

Agosto 2016

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Yo, Nagua Caiminagua Glenda Carlota declaro ser autora del presente proyecto de investigación: Recuperación de aguas residuales grises mediante biofiltros, siendo Córdova Yanchapanta Vicente de la Dolorosa tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....

Nagua Caiminagua Glenda Carlota

C.I 0705712941

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte NAGUA CAIMINAGUA GLENDA CARLOTA, identificada con C.C. N°0705712941, de estado civil soltero y con domicilio en la calle dos de Mayo y Guayaquil sector, La Matriz, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado Proyecto de Investigación la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Unidad Académica según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. - Abril 2011-Agosto 2016

Aprobación HCA.- 07 de Diciembre 2015

Tutor.- PhD. Vicente Córdova

Tema: **RECUPERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE BIOFILTROS**

CLÁUSULA SEGUNDA.- LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA.- Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA.- OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los

siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA.- El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA.- El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA.- CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.- Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA.- El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA.- En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA.- Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 4 días del mes de Agosto del 2016.

.....

Glenda Carlota Nagua
EL CEDENTE

.....

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez
EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“Recuperación de aguas residuales grises mediante Biofiltros”, de Nagua Caiminagua Glenda Carlota, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Agosto, 2016

..

Córdova Yanchapanta Vicente de la Dolorosa

C.I 1801634922

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Nagua Caiminagua Glenda Carlota con el título de Proyecto de Investigación: **“RECUPERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES GRISES MEDIANTE BIOFILTROS”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Agosto, 2016

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ms.C Clavijo Cevallos Patricio

CC: 050144458-2

Lector 2 (opositor)

Ing. Lara Landázuri Renán

CC: 0400488011

Lector 3 (secretario)

Ing. Rivera Moreno Marco

CC: 0501518955

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por la señorita Egresada de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: **NAGUA CAIMINAGUA GLENDA CARLOTA**, cuyo título versa “**RECUPERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES GRISES MEDIANTE BIOFILTROS**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Agosto de 2016

Atentamente,

Lcda. Mg. Emma Jackeline Herrera Lasluisa

DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

C.C. 050227703-1

AGRADECIMIENTO

El esfuerzo y dedicación de estos años se ve reflejado en este proyecto investigativo, agradeciendo infinitamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrir las puertas de la excelencia a cada uno de los estudiantes a cumplir nuestras metas.

A mi tutor PhD. Vicente Córdova, gracias por el apoyo, conocimiento y paciencia para lograr mi objetivo.

DEDICATORIA

A Dios

Por crear momentos perfectos en situaciones equivocadas.

A mi padre

Por apoyar y respetar mis decisiones aunque no hayan sido siempre las correctas.

A mis hermanas

Verónica y Tania, esta es la respuesta a muchas interrogantes que me han hecho durante años:

GRACIAS POR TODO.

Con amor

Glenda.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITULO: "RECUPERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES GRISES MEDIANTE BIOFILTROS"

Autora: Glenda Carlota Nagua Caiminagua

RESUMEN

El proyecto de investigación "Recuperación de aguas residuales grises mediante bio-filtros", se desarrolló en la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (UA-CAREN), en el bloque académico (11). Con el objetivo de mejorar la gestión de las aguas residuales, se evaluó el modelo vigente realizando un levantamiento de información de aguas grises de los lavabos, baños y cocina del bar. Se utilizó como metodología el aforo volumétrico para determinar el caudal de agua, el levantamiento de información del área de estudio, y el análisis de agua residual, dichas actividades permitieron implementar el prototipo del sistema de tratamiento. Los resultados establecieron que se genera 14.90 m³ de agua residual gris diaria que emite el bloque académico durante sus diez horas laborables, las que son descargadas al pozo séptico. Con un tratamiento previo pueden ser reutilizadas. La calidad de agua se determinó mediante el análisis de laboratorio el cual indicó que existe una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) alta, siendo el resultado de 1027.2 mg/L al igual que la demanda química de oxígeno (DQO) de 2670 mg/L que en comparación con la normativa vigente del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) sobrepasan los niveles permisibles. Debido a que son aguas jabonosas los tensoactivos sobrepasaron los niveles permisibles arrojando un resultado de 21.79 mg/L sobrepasando al igual los niveles máximos permisibles. Con este análisis de aguas se pudo determinar el tratamiento a utilizar para recuperar el agua gris. El sistema de recuperación de aguas que se diseñó fue un biofiltro adaptado a las condiciones del campus. Sus componentes un lecho de grava, con el propósito de retener la mayor cantidad de sólidos suspendidos del agua, un lecho de tierra para la siembra de plantas y un lecho de arena y grava al final para minimizar el DBO del agua al momento de salir del sistema. Las especies que se utilizaron para el biofiltro fueron: totora y junco, ideales en la función de absorber, almacenar y purificar aguas con nitrógeno, fósforo y tensoactivos. El resultado final fue el proceso de implementación del prototipo. Con la ejecución del sistema se buscó generar interés por solucionar problemas presentes en la universidad y proyectar la importancia de la reutilización de aguas, la funcionalidad del prototipo aplicará una vez que las plantas estén crecidas y adaptadas al lugar.

Descriptor: aguas grises, reutilización, prototipo, biofiltro, plantas.

ABSTRACT

The research project "Recovery of gray waste water by means of bio filters ". It was developed in the Agricultural Sciences and Natural Resources Academic Unit (UA-CAREN), in the academic block (11). With the aim to improve the management of the waste water, the current model was evaluated carrying out a raising of information about the gray waters in the bar's wash basins, baths and kitchen. The methodology that was applied was the volumetric appraisal for determining the flow of water; the raising of information of the area of study, and the analysis of residual water, both allowed to implement the prototype of the system of treatment. The results established that 14.90 m³ of residual gray daily water is generated by the academic block during its 10 working hours which are unloaded to the septic well. With a previous treatment it can be re-used. The water quality was determined by the laboratory analysis which indicated that exists a high biochemical demand of oxygen (DBO), being the result of 1027.2 mg/L as the chemical demand of oxygen (DQO) of 2670 mg/L that in comparison with the in force regulation of the Text Unified of Environmental Secondary Legislation of the Department of the Environment (TULSMA) exceed the permissible levels. Due to the fact that it is soapy water, the uptight actives exceeded the permissible levels throwing a result of 21.79 mg/L exceeding to the equal one the maximum permissible levels. With this analysis of waters it was possible to determine the treatment to use to recover the gray water. The system of water recovery that was designed was a bio filter adapted to the conditions of the campus. Its components a bed of gravel, with the intention of retaining the major quantity of solid suspended from the water, a bed of land for the sowing of plants and a bed of sand and it burdens ultimately to minimize the DBO of the water to the moment to go out of the system. The species that were used for the bio filter were: cattail and rush, ideal in the function to absorb, to store and to purify waters with nitrogen, phosphorus and uptight actives. The final result was to implement the prototype. With the execution of the system one sought to generate interest to solve present problems in the university and to project the importance of the water reutilization, the functionality of the prototype will apply as soon as the plants are large and adapted to the place.

Describers: gray waters, reutilization, prototype, bio-filter, plants.

INDICE

CARATULA	I
DECLARACION DE AUTORÍA	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	III
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACION	VI
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	VII
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	VIII
AGRADECIMIENTO.....	IX
DEDICATORIA	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
1.1 TÍTULO DEL PROYECTO:.....	1
1.2 FECHA DE INICIO:	1
1.3 FECHA DE FINALIZACIÓN:	1
1.4 LUGAR DE EJECUCIÓN:	1
1.5 UNIDAD ACADÉMICA QUE AUSPICIA	1
1.6 CARRERA QUE AUSPICIA:	1
1.7 PROYECTO DE INVESTIGACIÓN VINCULADO:	1
1.8 EQUIPO DE TRABAJO:.....	1
1.9 ÁREA DE CONOCIMIENTO:	1
1.10 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:	1
1.11 SUB LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA:	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....	5
6. OBJETIVOS	6
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	7
8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	9
8.1 CONCEPTUALIZACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	9
8.2 COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	10
8.3 REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES	14

8.4	TRATAMIENTOS NO CONVENCIONALES PARA AGUAS RESIDUALES GRISES.....	14
8.5	EFICIENCIA E IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE.....	22
9.	PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS:.....	23
9.1	HIPÓTESIS ALTERNATIVA:.....	23
9.2	HIPÓTESIS NULA:.....	23
10.	METODOLOGÍA:.....	23
10.1	UNIDAD DE ESTUDIO.....	23
10.2	PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	23
8.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:.....	34
11.1	EVALUACIÓN DEL MODELO ACTUAL DE GESTIÓN DE AGUAS GRISES EN EL CAMPUS.....	34
11.2	DISEÑO DE ALTERNATIVAS ECOLÓGICAS PARA LA GESTIÓN DE AGUAS GRISES DEL COMEDOR Y SERVICIOS HIGIÉNICOS DEL BLOQUE ACADÉMICO.....	41
11.3	IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE BIOFILTROS EN EL BLOQUE ACADÉMICO UA-CAREN.....	50
9.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	59
10.	PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:.....	61
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
12.	BIBLIOGRAFIA.....	64
13.	ANEXOS.....	69

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Título del Proyecto:

RECUPERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES GRISES MEDIANTE BIOFILTROS.

1.2 Fecha de inicio:

Septiembre 2015

1.3 Fecha de finalización:

Agosto 2016

1.4 Lugar de ejecución:

Barrio Salache Bajo-Parroquia Eloy Alfaro- Latacunga-Cotopaxi- Zona 3-UTC.

1.5 Unidad Académica que auspicia

Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

1.6 Carrera que auspicia:

Ingeniería de Medio Ambiente

1.7 Proyecto de investigación vinculado:

Recuperación ecológica del campus Ceypsa.

1.8 Equipo de Trabajo:

Vicente de la Dolorosa Córdova Yanchapanta

Marco Antonio Rivera Moreno

Glenda Carlota Nagua Caiminagua

1.9 Área de Conocimiento:

Ciencias y sub área: ciencias de la vida.

1.10 Línea de investigación:

Línea 5. Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental

1.11 Sub líneas de investigación de la Carrera:

Sublínea: Impactos ambientales

2. RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto de investigación “Recuperación de aguas residuales grises mediante biofiltros”, se desarrolló en la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (UA-CAREN), en el bloque académico (11). Con el objetivo de mejorar la gestión de las aguas residuales, se evaluó el modelo vigente realizando un levantamiento de información de aguas grises de los lavabos, baños y cocina del bar. Se utilizó como metodología el aforo volumétrico para determinar el caudal de agua, el levantamiento de información del área de estudio y el análisis de agua residual, dichas actividades permitieron implementar el prototipo del sistema de tratamiento. Los resultados establecieron que se genera 14.90 m³ de agua residual gris diaria que emite el bloque académico durante sus diez horas laborables, las que son descargadas al pozo séptico. Con un tratamiento previo pueden ser reutilizadas. La calidad de agua se determinó mediante el análisis de laboratorio el cual indicó que existe una Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO) alta, siendo el resultado de 1027.2 mg/L al igual que la Demanda Química De Oxígeno (DQO) de 2670 mg/L que en comparación con la normativa vigente del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) sobrepasan los niveles permisibles. Debido a que son aguas jabonosas los tenso activos excedieron los niveles permisibles, arrojando un resultado de 21.79 mg/L sobrepasando al igual los niveles máximos permisibles. Con este análisis de aguas se pudo determinar el tratamiento a utilizar para recuperar el agua gris. El sistema de recuperación de aguas que se diseñó fue un biofiltro adaptado a las condiciones del campus. Sus componentes un lecho de grava, con el propósito de retener la mayor cantidad de sólidos suspendidos del agua, un lecho de tierra para la siembra de plantas y un lecho de arena y grava al final para minimizar el DBO del agua al momento de salir del sistema. Las especies que se utilizaron para el biofiltro fueron: totora y junco, ideales en la función de absorber, almacenar y purificar aguas con nitrógeno, fósforo y tenso activos. El resultado final fue el proceso de implementación del prototipo. Con la ejecución del sistema se buscó generar interés por solucionar problemas presentes en la universidad y proyectar la importancia de la reutilización de aguas, la funcionalidad del prototipo aplicará una vez que las plantas estén crecidas y adaptadas al lugar.

Descriptor: aguas grises, reutilización, prototipo, biofiltro, plantas.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El agua es un elemento indispensable para la vida de todo ser humano y de la cual hacemos uso en nuestras actividades diarias. La demanda de este recurso por la creciente población ha causado problemas con su residualidad. En la actualidad el "...70% de las aguas residuales de la región no son tratadas. Sacamos el agua, la usamos y la devolvemos a los ríos completamente contaminada" (Yee-Batista, 2013).

La utilización del agua no es optimizada de una manera amigable con el ambiente, teniendo en cuenta que el sistema convencional actual que posee la universidad no es apto para las necesidades que presenta la misma, debido a la existencia de un pasivo ambiental de agua residual, Por lo tanto existe la factibilidad de la creación de este modelo sustentable que contribuirá a mejorar las condiciones ambientales del bloque, al construir el ecosistema artificial éste traerá variaciones al entorno biótico y abiótico de manera positiva mejorando la sostenibilidad ecológica de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (UA-CAREN).

El presente proyecto tiene una vital importancia debido a que con la implementación del biofiltro se podrá recuperar agua residual gris del bloque académico y darle un mejor uso a la misma.

El propósito general es implementar el sistema de depuración "biofiltros" construidos con materiales accesibles de bajo presupuesto y con enfoque de sostenibilidad socio ecológico de manera que cuando se envíe el agua residual gris determine la eficiencia y eficacia del proyecto.

Esta tecnología ha sido implementada en otros países como Nicaragua en donde se han obtenido buenos resultados en la remoción de contaminantes de aguas residuales grises. (Centro de Estudios y Promoción para el Habitar, 2010). La eficiencia y vida útil de este sistema tiene una proyección de cinco años considerando los materiales de construcción y el mantenimiento de la obra.

Como resultado final del proyecto se espera que el agua gris que sale de las descargas del bloque académico tenga una utilidad como agua de riego para las plantas de pantano que se sembró en el biofiltro y a la vez dichas plantas purifiquen el recurso para su reintegración al ecosistema.

Los beneficiarios incluyen estudiantes, docentes, personal administrativo y autoridades del campus. Un beneficiario activo serán los estudiantes de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente, para quienes se dará apertura nuevos temas de investigación relacionados en biorremediación de suelo y agua.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

La tasa de crecimiento de la población estudiantil anual es del 4.9 % por lo cual los beneficiarios van en aumento con los años, consecuentemente se programó este proyecto con cinco años de vida útil.

Tabla 1: Beneficiarios del proyecto Biofiltros 2016

DIRECTOS	NÚMERO DE BENEFICIARIOS (Hab)
Estudiantes de UA-CAREN	1617
Docentes de la UA-CAREN	79
Autoridades de UA-CAREN	7
Trabajadores	25
Total De Beneficiarios Directos	1728
INDIRECTOS	NÚMERO DE BENEFICIARIOS (Hab)
Barrio Salache Bajo	1215
Total De Beneficiarios Indirectos	1215

Fuente: (Secretaría Académica Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN), 2016)& (Dirección de agua potable y alcantarillado de Latacunga (DAPAL), 2011)

Tabla 2. Beneficiarios directos del proyecto Biofiltros-Estimación cinco años. (Véase anexo B tabla 1)

DIRECTOS	NÚMERO DE BENEFICIARIOS (Hab)
	Tasa de crecimiento estudiantil 4.9%
Total De Beneficiarios Directos	2054

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

El Ecuador es un país rico en recursos hídricos. Según el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (Consejo Nacional de Recursos Hídricos, 2002-2006), existe a nivel nacional una esorrentía media total de 432.000 Hm³ por año, con una esorrentía específica de 1600 mm / año muy superior a la media mundial que es del orden de 300 mm/año, lo que supone 43.500 m³ por habitante al año, igualmente superior a la media mundial de 10.800 m³.

Sin embargo a pesar de ser un país que no posee escasez de agua, la mala distribución de la misma, así como la contaminación con las diversas actividades humanas y la falta de sistemas de tratamiento para aguas servidas a la población, contribuyen a la contaminación del agua en el país.

En la provincia de Cotopaxi, específicamente en la ciudad de Latacunga existe una problemática con el uso inadecuado del recurso, por cuanto las aguas servidas residuales grises, son descargadas conjuntamente con las aguas negras a la red de alcantarillado para luego ser vertidas al río Cutuchi generando contaminación e impactos negativos como la pérdida de su calidad. (Gutiérrez A., 2010)

Las aguas grises poseen un alto número de nutrientes y materia orgánica que al sedimentarse sus aguas generan malos olores y problemas al entorno, al no existir un manejo adecuado, éstas aguas pueden derivar focos de contaminación en el aire, suelo y agua.

La Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, al no poseer un sistema de red alcantarillado, ha optado por la confinación de sus aguas servidas a pozos sépticos. Considerando que la universidad se encuentra en un ecosistema en proceso de erosión, (Véase Anexo A, Mapa 1), la optimización del agua debe ser considerada primordial.

La infraestructura actual no considera dicha optimización por cuanto las aguas residuales grises que salen del comedor y de los lavabos son descargados conjuntamente con las aguas negras de los servicios sanitarios al pozo séptico, incrementado el caudal de descarga que en diversas ocasiones ha provocado desbordamientos de aguas, dando lugar a la proliferación de vectores de enfermedades y malos olores en el campus.

Por las razones mencionadas, el modelo y las condiciones existentes no son adecuados para el entorno, advirtiendo la necesidad de recuperar las aguas grises mediante un sistema no convencional y sostenible de tratamiento.

Para efecto del presente estudio se planteó el problema como la “Conducción y descarga inadecuada de las aguas grises de los servicios sanitarios y comedor en el bloque académico CAREN”.

6. OBJETIVOS

General

Mejoramiento de la infraestructura y modelos de gestión de las aguas residuales grises en el bloque académico de la UA-CAREN

Específicos

Evaluación del modelo actual de gestión de aguas grises en el campus.

Diseño de alternativas ecológicas para la gestión de aguas grises del comedor y servicios higiénicos del bloque académico.

Implementar un prototipo de biofiltros en el bloque académico de la UA-CAREN

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Objetivos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Medios de Verificación
Evaluar el modelo actual de gestión de aguas grises en el bloque académico de la UA-CAREN	Identificación y referenciación de fuentes y destinos de aguas grises.	Levantamiento de información inicial y referenciación geográfica de las fuentes y destinos de aguas grises. Se determinó caudales de agua gris mediante aforo y tomando en cuenta caudales comerciales.	Registro fotográfico Hoja de registro de caudales
	Caracterización de las aguas grises	Se aplicó la técnica de muestreo para la recolección de muestras de agua aplicando las normas técnicas aplicables: NTE INEN 2176:98, que redacta las técnicas de muestreo. NTE INEN 2169:98 que detalla el agua, calidad del agua, Muestreo, Manejo y conservación de muestras.	Registro fotográfico. Análisis de agua
	Evaluar la infraestructura y el efluente total actual.	Determinación de caudales de descarga de agua residual negra proveniente de sanitarios mediante el caudal comercial que viene estipulado. Aforo volumétrico al efluente del pozo séptico que	Registro de caudal comercial Registro de aforo del caudal de agua residual del efluente. Registro fotográfico

		descarga en el área de los pinos (bloque 12) Evaluación de infraestructura sanitaria del campus a partir de la información obtenida.	
Diseñar alternativas ecológicas para la gestión de aguas grises del comedor y servicios higiénicos del bloque académico UA-CAREN	Recopilación de modelos ecológicos funcionales.	Información bibliográfica referente del estado del arte. Documentos escritos	Libros Revistas científicas Tesis ya realizadas
	Caracterización del entorno social, ecológico y económico del campus	Se caracterizó al campus mediante una encuesta a los estudiantes para conocer las molestias, opiniones y sugerencias sobre el entorno estudiantil y el sistema de gestión ambiental de la universidad.	Encuestas Tablas de tabulación
	Selección del modelo de gestión de aguas grises	Con la recopilación bibliográfica, encuestas a los estudiantes y el análisis del laboratorio del agua gris, se adaptó un sistema de tratamiento: biofiltro apropiado a las necesidades del bloque académico.	Cuadro de ventajas y desventajas del modelo de biofiltro a implementarse. Análisis de agua.
Implementar un prototipo de biofiltros en el bloque académico UA-CAREN	Identificar y caracterizar el área a implementar el prototipo biofiltro.	Se referenció con el GPS y adaptó el área al requerimiento de suelo adecuado necesario.	Registro fotográfico
	Diseño del prototipo a ejecutar	Caudal de diseño con proyección de cinco años Cálculos de diseño del pretratamiento (trampa de	Diseño de trampa de grasa Diseño del reservorio de agua

		grasa) aplicando criterios de diseño de Lozano Rivas (2012) Cálculo de diseño del reservorio circular Cálculo de diseño del biofiltro aplicando criterios de diseño de Crites and Tchobanoglous, 1998.	Diseño de biofiltro Selección de plantas a sembrar
	Construcción del prototipo a ejecutar	Nivelación de suelo Excavación de lecho Cernido de arena y grava Colocación de plástico en el lecho. Siembra de plantas. Especificaciones técnicas para el mantenimiento del biofiltro.	Registro fotográfico Plano de construcción Registro de asistencia de grupo de colaboración en la construcción. Plantas Prototipo

8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 Conceptualización Científico Técnica

8.1.1 Aguas Residuales

De acuerdo con (Espigares García & Pérez López, 1985), “Las aguas residuales se pueden definir como aquellas que por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos”

8.1.2 Aguas blancas

Aguas de arroyos o ríos que acarrear grandes cantidades de sedimentos y depósitos ricos en barros aluviales. Se originan en áreas de suelos fértiles y son completamente opacas y generalmente marrón pálido. (Barla Galván, 2012).

8.1.3 Aguas residuales industriales

Son todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para efectuar cualquier actividad comercial o industrial que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial. (Bureau Veritas Formación, 2008, pág. 220).

8.1.4 Aguas residuales agrícolas

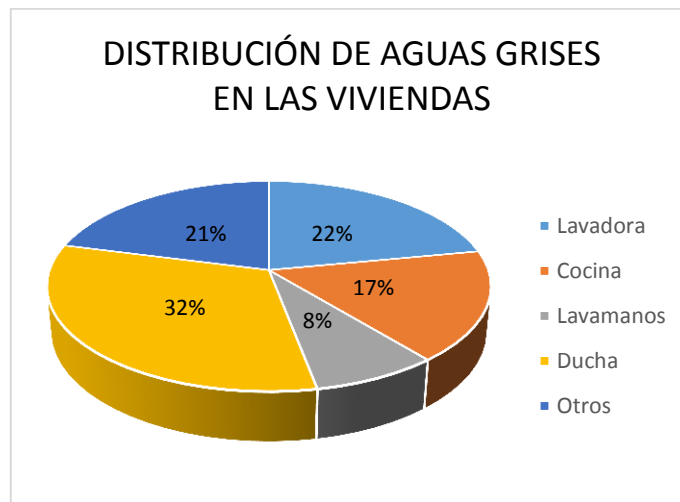
Como su nombre lo indica son aguas resultantes de tareas agrícolas en las zonas rurales. Muchas veces el origen de sus aguas provienen de las aguas urbanas con o sin tratamiento alguno. (Espigares García & Pérez López, 1985).

8.1.5 Aguas grises o residuales domésticas

Sobre aguas grises, (Quintana Piña, 2013) define a las aguas domésticas residuales a las aguas originadas de la cocina, cuarto de baño, agua de los fregaderos y de los lavadero.

“El agua gris es toda el agua usada, en el baño, en la cocina y en la lavadora; es decir toda el agua utilizada en la vivienda, excepto la del aseo. Esto equivale a unos 350 litros diarios por persona” (Bridgewater & Bridgewater, 2009, págs. 186-187).

Gráfico 1. Distribución de aguas grises por fuente en una vivienda



Fuente: Adaptado Niño Rodríguez E. & Martínez Medina N

8.2 Composición de las aguas residuales

8.2.1 Calidad de las aguas residuales domésticas

Los componentes de las aguas residuales domésticas o también denominadas aguas grises presentan diversas variaciones con el pasar de las horas, en donde sus características físicas, químicas y biológicas van a modificarse gradualmente.

8.2.1.1 Características Físicas

8.2.1.1.1 Temperatura

Varía de un lugar a otro y durante las horas del día y épocas del año. En el trópico puede variar entre 15° a 26° para desechos domésticos. (Cubillos, 1980)

Cabe recalcar que esta temperatura varía en las diversas horas del día, su mayor índice de temperatura será en las horas de las comidas. La temperatura alta llega a ser perjudicial debido a que su acción contribuye el agotamiento del oxígeno. (Espigares García & Pérez López, 1985)

8.2.1.1.2 Turbidez

Reducción de la transparencia de un líquido causada por la presencia de materia sin disolver. (Metas & Metrólogos Asociados., 2010)

La turbidez de las aguas residuales domésticas se debe a la materia orgánica y microorganismos que vienen en sus aguas en forma de materias en suspensión, afectando el ingreso de la luz a sus aguas a causa de su turbidez. (Espigares García & Pérez López, 1985)

8.2.1.1.3 Sólidos suspendidos totales

Varían entre 100 y 2.500 mg/L, donde los altos valores se generan en las zonas de lavandería y cocinas. Cabe recalcar que las aguas provenientes del lavadero también pueden contener partículas de arena y arcilla, al igual que las aguas grises provenientes de cocinas producto del lavado de frutas y verduras. (Homsí Auchen , 2010)

8.2.1.1.4 El olor

En aguas residuales grises es tolerable al ser descargada inmediatamente, sin embargo al pasar el tiempo y el agotamiento del oxígeno su olor va a cambiar, entrando en función los microorganismos anaerobios que reducen los sulfatos y sulfitos a sulfuros, produciendo gas al fermentarse. (Espigares García & Pérez López, 1985)

8.2.1.2 Características Químicas

8.2.1.2.1 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La demanda bioquímica es el parámetro mas importante en el control de la contaminación del agua. Este dato se utiliza como una medida de la contaminación orgánica, como una base para

estimar el oxígeno necesario para los procesos biológicos y como un indicador del rendimiento de los procesos. (Henry & Heinke, 1999, pág. 425)

“La DBO se define como la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica presente en el agua residual mediante la acción de las bacterias en condiciones aerobias” (Orozco Jaramillo, 2005, pág. 17)

Tabla 3. Concentraciones DQO y DBO según fuente de aguas residuales grises

Fuente	DQO (mg/l)	DBO(mg/l)
Baño	184-633	76-300
Lavandería	725-1.815	48-472
Cocina	26-1.380	5-1.460

Fuente: (Homsí Auchen , 2010)

8.2.1.2.2 Demanda química en oxígeno (DQO)

Según, (Sánchez, 2007), es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica. Se utiliza para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales. (pág. 124)

8.2.1.2.3 Nitrógeno

Su concentración en aguas residuales grises (1,0 – 75 mg/l), es menor que la de las aguas residuales domésticas (20 – 80 mg/l), esto manifiesta que en aguas residuales domésticas, la fuente de nitrógeno es la orina y élla no está presente en las aguas grises, deduciendo así la baja concentración de nitrógeno en dichas aguas.

Sin embargo los niveles de nitrógeno que existen en las aguas residuales grises provienen de la cocina de los cuales los niveles de amonio son del orden de 0,05 – 25 mg/l. (Homsí Auchen , 2010)

8.2.1.2.4 Ácido sulfhídrico

“Es un gas que se forma en un medio anaerobio por la descomposición de ciertas sustancias orgánicas e inorgánicas que contienen azufre. Su presencia se manifiesta fundamentalmente por el olor repulsivo característico que produce.” (Martín García, y otros, 2006, pág. 24)

8.2.1.2.5 pH

Para que exista una buena actividad biológica y no existan efectos significativos el pH debe estar entre los valores de 5 a 9. En el caso de las aguas urbanas su pH suelen estar próximo al neutro. Un pH agresivo puede atacar a los materiales. (Espigares García & Pérez López, 1985)

8.2.1.2.6 Fósforo

La fuente primaria para la formación de fosfatos en las aguas grises son los detergentes encontrándose altas concentraciones de Fósforo total en el orden de 6 – 23 mg/l, mientras que las concentraciones encontradas en áreas donde se ha reducido el uso de éstos detergentes están en el orden de 4 – 14 mg/l. derivando que la mayoría de los fosfatos proviene de lavanderías (0,1 – 57 mg/l) son generalmente más altas que las provenientes de duchas y lavamanos (0,1 – 2,0 mg/l). (Homsí Auchén , 2010)

8.2.1.2.7 Oxígeno disuelto

Es fundamental para la respiración de los organismos aerobios presentes en el agua residual. El control de este gas a lo largo del tiempo, suministra una serie de datos fundamentales para el conocimiento del estado del agua residual. La cantidad presente en el agua depende de muchos factores, principalmente relacionados con la temperatura y actividades químicas y biológicas, entre otros (Martín García, y otros, 2006)

8.2.1.2.8 Características biológicas

Las características de las aguas residuales urbanas obedece a una gran variedad de organismos vivos de alta capacidad metabólica, gran potencial de descomposición y degradación. Los componentes del agua residual son un medio que permite la vida de los microorganismos que cierran los ciclos biogeoquímicos de elementos como el carbono, el nitrógeno, el fósforo o el azufre. Los organismos que principalmente se encuentran en las aguas residuales urbanas son algas, mohos, bacterias, virus, flagelados, ciliados, rotíferos, nemátodos, anélidos, larvas, etc., (Martín García, y otros, 2006). No presentan ningún mal olor las aguas grises siempre y cuando se descarguen rápidamente, si se llega a almacenar dichas aguas, éstas utilizarán su oxígeno generando un ambiente anaeróbico. Las aguas grises forman una masa que se hunde o flota dependiendo de su contenido en gases y densidad. Para poderlas utilizar en un tratamiento se debe proceder antes de que alcancen el estado anaeróbico (Homsí Auchén , 2010)

8.3 Reutilización de aguas grises

El reutilizar el agua gris de una manera eficaz contribuye a reducir el consumo de agua potable y a minimizar el impacto de los contaminantes en el ambiente.

La liviana composición de dichas aguas permite reutilizarlas para el inodoro, reduciendo un 30 % del consumo de agua en el hogar, en el riego de césped en campos universitarios, campos deportivos, cementerios, parques y campos de golf, así como en los jardines domésticos. (Homsí Auchén, 2010)

Tabla 4. Sustancias y productos contenidos en cada una de las fuentes de aguas grises y negras en una vivienda.

Origen	Contenido	Observaciones
Ducha/tina	Jabón, shampoo, algunas grasas y bacterias	--
Fregadero/lavaplatos	Materia orgánica, nutrientes, sólidos, detergentes y altos niveles de grasa y aceite	Normalmente necesita pre-tratamiento
Lavadero/Lavadora	Altas concentraciones de detergentes y regulares de químicos como cloro, además de pelusa.	El lavado de pañales puede elevar drásticamente los niveles de patógenos.
Lavamanos	Jabones, pasta de dientes y otros productos de higiene	--
Sanitario	Altas concentraciones de patógenos y materia orgánica	No debe integrarse a un sistema de aguas grises

Fuente: (Niño Rodríguez & Martínez Medina, 2013)

8.4 Tratamientos no convencionales para aguas residuales grises

En la actualidad el cuidado y protección del ambiente y el buen vivir de una población a implicado que mejoremos la calidad de vida. El agua es un recurso indispensable que es propenso a contaminación diaria, lo cual a generado preocupación en la sociedad. Hoy en día, debido a este problema existe una gama de alternativas de tratamiento aplicables para obtener calidad y cantidad de agua limpia a partir de aguas grises.

Existen diversos sistemas de tratamiento entre ellos están los ecológicos los cuales son eficazmente funcionales, accesibles en todos los sectores y los costos de operación y mantenimiento mínimos.

El objetivo de un sistema de tratamiento de aguas residuales es producir agua limpia o reutilizable, éste tratamiento consiste en una serie de procesos biológicos, físicos y químicos que buscan eliminar los contaminantes del agua. (Homsí Auchén , 2010)

8.4.1 Que es un biofiltro

Según la (Water and sanitation program , 2006), el biofiltro es un sistema diseñado en forma de pila en donde se siembran plantas pantanosas, generando una imitación de humedal artificial, depurando aguas residuales mediante procesos naturales.

Según (Centro de Estudios y Promoción para el Habitar, 2010), un biofiltro es construido para tratar las aguas grises mediante biofiltración, que elimina una cantidad significativa de contaminantes de las aguas grises antes de llegar al agua subterránea, río o humedal natural.

La definición de los autores (Ortiz Moreno, Masera Cerutti, & Fuentes Gutiérrez , 2014) concluyen:

Los biofiltros de aguas grises (aguas provenientes de la cocina, lavadero, lavabo y regadera) también son llamados “bio jardineras” o “lavaderos ecológicos” y por lo general consisten en una trampa de grasas y un filtro anaeróbico donde los microorganismos junto con plantas acuáticas degradan los contaminantes orgánicos. (pág. 64)

8.4.2 Tipos de Bio-filtros

8.4.2.1 Flujo horizontal (BFH)

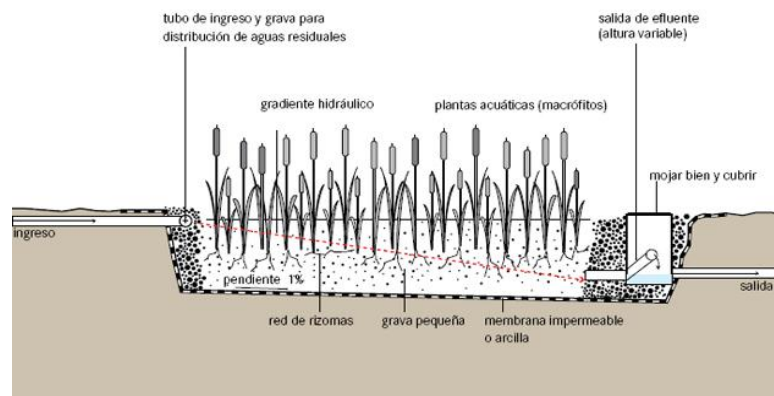
Un bio-filtro de flujo horizontal se construye en forma de pila rectangular con profundidad oscilante entre 0.6 y 1m, rellenos con grava o piedras volcánicas y sembradas con plantas de pantano. El agua residual en este sistema fluye lentamente, desde su distribución a la entrada, a través del lecho filtrante en forma horizontal hasta llegar a la zona de recolección final y la salida del efluente. A lo largo de este recorrido, el agua residual se pone en contacto con zonas aerobias que se encuentran ubicadas en las raíces de las plantas y zonas anaerobias donde las bacterias anaerobias usan las piedras del lecho filtrantes como base para el desarrollo de la película bacteriana (Salgado V & Quintana M, 2005)

8.4.2.1.1 Características principales del bio-filtro de flujo horizontal

El oxígeno transportado por las hojas y tallos de las especies es un factor importante para la descomposición aeróbica en la rizósfera, dándose la nitrificación solo a niveles bajos.

Las raíces de las macrófitas crecen vertical y horizontalmente, abriendo así una vía o ruta hidráulica a través de la cual fluye el agua. Los sistemas de este tipo varían dependiendo de las siguientes condiciones: topografía y pendiente del terreno donde se construye el sistema de tratamiento. El tiempo de retención oscila en el rango de 3 a 7 días, en dependencia del grado deseado de remoción de microorganismos patógenos. (Salgado V & Quintana M, 2005).

Gráfico 2 Esquema de un Biofiltro de flujo horizontal utilizado en Nicaragua



Fuente: (Niño Rodríguez & Martínez Medina, 2013)

8.4.2.1.2 Flujo vertical (BFV)

Los humedales de flujo vertical (HFV) son más adecuados que los de flujo horizontal (HFH) cuando hay una restricción de espacio, ya que tienen una mayor eficiencia de tratamiento. (Hoffmann, Platzer, Winker, & Von Muench, 2011)

En los HFV las aguas residuales pre-tratadas son bombeadas de forma intermitente a la superficie y luego percoladas verticalmente hacia abajo a través de la capa filtrante hacia un sistema de drenaje en la parte inferior. El proceso de tratamiento se caracteriza por intervalos intermitentes de carga de corta duración (de 4 a 12 dosis por día) y largos períodos de descanso durante los cuales el agua residual se filtra a través del substrato saturado y la superficie se seca. (Hoffmann, Platzer, Winker, & Von Muench, 2011)

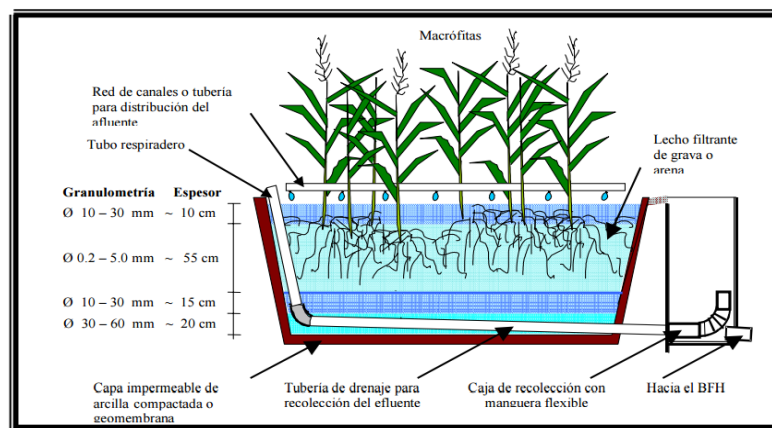
En los humedales artificiales de flujo sub-superficial vertical las aguas a tratar circulan de arriba abajo a través de un material filtrante, en el que se fija la vegetación. En el fondo de los

humedales una red de drenaje permite la recogida de los efluentes depurados. (Observatorio del Agua. El Salvador, 2015)

A esta red de drenaje se conectan chimeneas, que sobresalen de la capa de áridos, al objeto de incrementar la oxigenación del sustrato filtrante por ventilación.

La alimentación se efectúa de forma intermitente, para lo que se recurre al empleo de bombes (comandados por temporizadores o boyas de nivel) y, cuando la topografía lo permite (desniveles de al menos 1,5 m), al uso de sifones de descarga controlada (Observatorio del Agua. El Salvador, 2015)

Gráfico 3. Esquema de un Bio-filtro de flujo vertical



Fuente: (Gauss, Cáceres A., & Fong J., 2006)

8.4.3 Etapas de un sistema de biofiltro

La residualidad de las aguas grises contiene sólidos gruesos como plásticos, arena, tierra, y otros contaminantes disueltos como jabones, detergentes y grasas. Para su eliminación el biofiltro abarca cuatro etapas:

1. Tratamiento primario

En la primera etapa se separa la mayor cantidad de sólidos flotantes y pesados para lo cual se necesitará de un tanque que funcione como decantador de las aguas y como trampa de grasas cuando ingresan. Se necesitará un segundo tanque característicamente similar al primero que su función permita separar los sólidos pesados que puedan haberse filtrado del primer reservorio y las grasas de los detergentes. (Centro de Estudios y Promoción para el Habitar, 2010)

2. Tratamiento secundario o tratamiento biológico

Este está conformado por un biofiltro horizontal o vertical que cumple la función de absorber los nutrientes como fósforo y nitrógeno (que provienen de los detergentes y jabones). Estos nutrientes son tomados por las plantas para su desarrollo (Centro de Estudios y Promoción para el Habitar, 2010)

Según (Rojas, CEPIS, & OMS, 2006) “se puede reutilizar hasta un 70% del agua que ingresa al filtro, el 30% restante es utilizado por la planta para su crecimiento y también se pierde en la evaporación.”

3. Pila de secado de lodos

Los lodos generados en la trampa de grasa y el sedimentador son recolectados y trasladados a una pila confinada para que se estabilicen. (Water and sanitation program , 2006)

4. Disposición final de las aguas (vertido o aprovechamiento)

El destino de las aguas tratadas, las cuales representa ausencia de la mayoría de material orgánico y por ser clara y sin turbidez, permite ser reutilizada como agua de riego recargada a un cuerpo de agua natural. (Centro de Estudios y Promoción para el Habitar, 2010)

8.4.4 Componentes de un biofiltro

8.4.4.1 Las plantas de pantano

La (Organización Panamericana de la Salud (PAHO), 2010), detalla que las raíces de plantas de pantano proporcionan una vía o ruta hidráulica, llamada rizósfera y a la vez ayudan en el tratamiento aeróbico en la rizósfera y anaeróbico en el suelo circundante.

8.4.4.2 El lecho filtrante

Cumple con la función de eliminar los sólidos de aguas ya tratadas. PAHO (2010) establece que el lecho filtrante se constituye de una “Alta superficie de contacto para bacterias y adecuada capacidad de filtración, posee alta resistencia física y química contra el desgaste”.

8.4.4.3 Microorganismos

Existe más de dos mil diferentes tipos de microorganismos presentes en el lecho filtrante y son los principales responsables de la degradación aeróbica y anaeróbica de la materia orgánica (Organización Panamericana de la Salud (PAHO), 2010)

8.4.5 Condiciones para la adopción de un biofiltro

Para adoptar el sistema de biofiltro en el tratamiento de aguas residuales, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos para saber si su construcción tiene sentido práctico. Relación entre la generación de aguas residuales y disponibilidad de agua potable. Poseer un abastecimiento de agua es un factor determinante, puesto que dependiendo la cantidad de agua que se utilice se generara aguas residuales (WSP, (2006))

Los materiales que se utilicen deben ser de fácil acceso, que existan en el lugar o reciclables. El material del relleno que se utilizará en el lecho filtrante es uno de los más importantes en la construcción del biofiltro debido a que se utilizará en mayor cantidad, por esta razón deberá existir un lugar de donde se pueda abastecer fácilmente. (WSP, (2006))

Espacio suficiente para construir un sistema integral se requiera construir un sistema de biofiltro se va tener la necesidad de poseer un lugar amplio con suficiente espacio para su construcción con un cierto desnivel para permitir el flujo por gravedad de sus componentes. Sin embargo el sistema en sí, debe estar en un terreno estable, protegido de las aguas pluviales que puedan escurrirse por el lugar. (WSP, 2006)

8.4.6 Como funciona un biofiltro

De acuerdo con (Buenfil, 2004), el agua gris inicial pasará por una trampa de grasa paralela la que cumplirá la función de retener las grasas en forma de nata en el espejo del agua y sedimentar los sólidos que se asienten en el fondo en figura de lodo, protegiendo el filtro evitándose que este se tape.

Las aguas residuales pre-tratadas fluyen lentamente desde la zona de distribución en la entrada de la pila, con una trayectoria horizontal a través del lecho filtrante, hasta llegar a la zona de recolección del efluente. Durante este recorrido que dura de tres a cinco días, el agua residual entra en contacto con zonas aeróbicas (con presencia de oxígeno) y anaeróbicas (sin presencia de oxígeno), ubicadas las primeras alrededor de las raíces de las plantas, y las segundas en las áreas lejanas a las raíces. (WSP, (2006))

En la sección de las plantas el agua fluirá lentamente debido a la arena y es en donde los sólidos más pequeños se atrapan, por lo tanto el tiempo de retención del filtro aumentará. Este factor es muy importante ya que entre más tiempo pase el agua dentro del filtro, mayor será su tratamiento. (Buenfil, 2004).

Debido a que el agua gris contiene nutrientes como nitrógeno y fósforo (que vienen principalmente de los detergentes y jabones). Las plantas de pantano se pueden “alimentar” de estos nutrientes, por lo que los toman del agua y los aprovechan para su crecimiento. (Buenfil, 2004)

8.4.7 Condiciones para el diseño de biofiltros.

De acuerdo con (Tapia & Villavicencio, 2007) para realizar el diseño del biofiltro se tiene en cuenta la relación entre la vegetación y el tipo de agua que se va controlar, la selección de especies apropiadas, y el establecimiento del sistema.

8.4.7.1 Selección de especies apropiadas

Las plantas a sembrar se pueden seleccionar en base al tipo de contaminante que se desea reducir en las aguas residuales. (Gauss, Cáceres, & Fong, 2004). Dependiendo el problema que se quiera solucionar se puede utilizar tres tipos de vegetación, ya sea pastos, arbustos y árboles. (Tapia & Villavicencio, 2007, pág. 20).

(Lara B., 1999), manifiesta que la vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la adsorción de los constituyentes del agua residual.

En el marco del proyecto “Determinación de eficiencia de especies vegetales: totora - achira implementadas en biofiltros para agua de riego en Punín 2013”, ejecutado por (Duchicela G & Toledo V, 2014), se evaluó en laboratorio y campo la eficiencia de remoción de elementos en aguas grises determinando la eficiencia de la totora

Tabla 5. Eficiencia de remoción especie Totora

EFICIENCIA DE REMOSION: ESPECIE TOTORA			
Parámetro	Unidad	Comunidad	Laboratorio
DBO	mg/L	10.99	42.28
NO ³	mg/L	38.89	22.22
PO ⁴	mg/L	30.67	19.31

Fuente: (Duchicela G & Toledo V, 2014)

La totora es una planta purificadora que se puede crecer en el laboratorio o al aire libre, sin embargo su capacidad de absorción de nitratos, fosfatos y minimización de DBO variará según las condiciones del lugar.

Tabla 6. Taxonomía y descripción botánica de la “Totora”

Familia	Cyperaceae
Género	Schoenoplectus
Especie	<i>Schoenoplectus californicus</i> (C. A. Mey.) Soják
Nombre común	"Totora"

Fuente: (Pérez, 2015)

Para determinar algunas características de la totora, (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010, pág. 22) citan a Fernández (2004), al indicar que la totora tiene una epidermis muy delgada a fin de reducir la resistencia al paso de gases, agua, nutrientes y tejidos; grandes espacios intercelulares que forman una red de conductos huecos en los que se almacena o circula aire con oxígeno. Esto permite la transferencia de oxígeno desde el aire y órganos fotosintéticos, y desde ahí hasta las raíces.

En base al proyecto para la recuperación de aguas residuales grises se escogió juncos para la remoción de los contaminantes. Según (Lara B., 1999), los juncos *Schoenoplectus tabernaemontani* son capaces de crecer bien en agua desde 5 cm a 3 m de profundidad. Las temperaturas deseables son de 16° a 27° C, creciendo en un pH de 4-9.

Tabla 7. Taxonomía y descripción botánica del “Junco”

Familia	Cyperaceae
Género	Schoenoplectus
Especie	<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>
Nombre común	"Junco"

Fuente: (Lara B., 1999)

De acuerdo con (Reed Business Information Spain, 2004) los juncos son plantas de tipo macrófita emergentes que poseen una gran capacidad de depuración, actuando como verdaderos filtros para eliminar la contaminación. Sistema natural que en sus raíces viven abundante flora microbiana que degrada la materia orgánica. (pág. 105).

La mayoría de las especies tienen un crecimiento moderado y pueden lograr un buen cubrimiento en alrededor de un año con separaciones de ≈ 0.3 m. Penetra gravas aproximadamente de ≈ 0.6 m. siendo usadas bastante en humedales subsuperficiales. (Lara B., 1999)

8.4.7.2 Acondicionamiento para determinar el ancho mínimo del bio-filtro

El ancho de un biofiltro está condicionado al nivel de descontaminación que se espera de los contaminantes más restrictivo, respecto a las normas vigentes y por un bajo costo. (Tapia & Villavicencio, 2007).

8.4.8 Determinar los principales problemas del lugar donde se va construir el biofiltro.

Se debe determinar las restricciones ambientales que enfrenta el lugar donde se construirá, dependiendo de su sistema productivo, para priorizar en función de su importancia y así definir un diseño apropiado a las necesidades. Algunas restricciones pueden ser el alto grado de erosión del suelo, arrastre de sedimentos, altos niveles de fertilizantes y plaguicidas aplicados o arrastrados por aguas de riego, exceso de turbidez del agua. (Tapia & Villavicencio, 2007).

8.5 Eficiencia e impacto en el medio ambiente

El impacto en el medio ambiente de la descarga de aguas después del tratamiento con el biofiltro será menor con el pasar de los meses a medida que el sistema de tratamiento vaya madurando y volviéndose más eficiente. La reintegración del efluente de agua que se realice no poseerá ningún tipo de riesgo, por cuanto al ser vertido al ambiente no poseerá un impacto negativo ni alterará el ecosistema. (Water and sanitation program , 2006).

La eficiencia del sistema de tratamiento dependerá de las condiciones climáticas sobre todo temperatura del aire y el grado de contaminación del agua residual, así como del material que se utilice para el lecho y los tipos de plantas que se utilicen para la remoción de los elementos. (Water and sanitation program , 2006).

9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS:

9.1 Hipótesis alternativa:

La implementación de un sistema de biofiltro para aguas grises sí mejoraría la calidad de agua residual.

9.2 Hipótesis Nula:

La implementación de un sistema de biofiltro para aguas grises no mejoraría la calidad de agua residual.

10. METODOLOGÍA:

10.1 Unidad de estudio

La unidad de estudio fue las aguas residuales grises generadas en el bloque académico de la UA-CAREN, (Véase Anexo A, mapa 2) procedentes de las actividades diarias del bar y lavabos de las baterías sanitarias, el área delimitada por la investigación fue 17,438.51 m²

10.2 Plan de recolección de la información

10.2.1 Caracterización de las aguas grises

Para caracterizar las aguas grises se identificó los puntos de referencia con el GPS de las fuentes y los destinos, determinando la localización de las descargas como puntos de recolección para la toma de muestras al laboratorio.

10.2.1.1 Aforo de caudal de agua gris en el bloque académico UA-CAREN:

10.2.1.1.1 Cálculo de caudal de agua gris de la cocina del bar de la universidad.

Para determinar el caudal de agua gris que genera la cocina del bar, se procedió a realizar un aforo volumétrico en la caja de revisión donde desemboca el agua utilizada.

$$Q = v/t \quad (1)$$

Q= caudal de agua

v= volumen de agua en m³/s

t=tiempo en segundos

Se registraron tres datos diarios en horarios distintos de mayor consumo de agua, a las 8 a.m, 13.00 p.m, 16.00 p.m. durante cinco días laborables. Se estableció el caudal de agua tomando en cuenta el evento extremo de utilización, generando un resultado de que el evento máximo de utilización se dio en el horario de las 16:00 horas, por cuanto en esa hora se lava la vajilla del día y se realiza la limpieza del bar. El horario de atención del bar es de diez horas. Durante el seguimiento se utilizó una hoja de registro para el aforo. (Véase Anexo D, Matriz 1).

Tabla 8. Actividades en las que más utilizan agua en el bar.

Cocción de alimentos
Lavado de vajilla
Limpieza del bar

Elaborado: Glenda Nagua

10.2.1.1.2 Cálculo de caudal de agua gris de los lavabos de las baterías sanitarias.

Para determinar el caudal de descarga consumido en cada lavada de manos, se utilizó el caudal comercial que viene estipulado para los grifos automáticos. Este caudal se aplicó tanto para los lavabos de la planta alta y baja.

10.2.1.1.3 Sumatoria de los caudales totales de aguas grises

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (2)$$

Q_t = Caudal total

Q_1 = Caudal de la cocina del bar

Q_2 = Caudal de los lavabos de los baños 1

Q_3 = Caudal de los lavabos de los baños 2

10.2.2 Caracterización de las aguas residuales totales de la UA-CAREN.

10.2.2.1 Aforo de consumo de agua residual total en el bloque académico:

Para conocer el caudal total de descarga de agua residual que va hacia el pozo séptico se procedió a determinar el caudal de agua que emite los sanitarios sumado el agua gris de los lavabos y de la cocina del bar.

10.2.2.1.1 Cálculo de caudal de agua residual de los sanitarios 1 y 2

Para determinar el caudal de descarga de agua residual de los sanitarios de la planta alta y baja del bloque académico, se utilizó el caudal comercial que viene estipulado por el fabricante.

10.2.2.1.2 Cálculo del caudal de desagüe que se almacena en el bloque 12 (área de pinos)

El agua residual total es almacenada en el pozo séptico ubicado en las coordenadas 764529,6 E; 9889378,6 N.

Este pozo séptico emana continuamente un residuo de agua al bloque 12 (Área de pinos) ubicado en las coordenadas 764580E; 9889494 N, para conocer el caudal de este residuo se realizó un aforo canalizando con un tubo PVC utilizando una jarra de litro como medida para determinar el caudal en un tiempo establecido.

$$Q = v/t \quad (3)$$

Q= caudal de agua

v= volumen de agua en m³/s

t=tiempo en segundos

10.2.3 Procedimiento de muestreo del agua para los análisis físico-químicos y microbiológicos para determinar los niveles de contaminación previa al tratamiento.

Las muestras para el laboratorio fueron tomadas in situ, siguiendo el protocolo NTE INEN 2176 (1998) Agua, calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo.

Los resultados de los análisis químicos y microbiológicos de aguas grises se realizaron en el laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional, Centro de Investigaciones y Control Ambiental (CICAM) en Quito, laboratorio con certificación OAE. (Organismo de Acreditación Ecuatoriano).

10.2.3.1 Puntos de muestreo

Los puntos de muestreo se establecieron en dos puntos de descargas de agua gris, puntos donde terminan su sistema de conducción unitario y se une al agua residual total de todo el bloque.

10.2.3.1.1 Características de los puntos de muestreo

10.2.3.1.1.1 Punto de muestreo N° 1, descarga del agua de la cocina del bar

Esta agua presentó variaciones en su color debido a que eran descargas domésticas jabonosas, cambiantes de temperatura y sin olor. Se realizó el punto de muestreo en las coordenadas 764497 E; 9889332 N, a una altura de 2731 m.s.n.m. Se tomó una muestra adicional de dos litros de agua para análisis de aceites y grasas.

10.2.3.1.1.2 Punto de muestreo N° 2, Agua residual del lavabo del baño

La recolección de la muestra se dio en las coordenadas 764513 E; 9889374 N, a una altura de 2752 m.s.n.m, el agua no presento color ni olor alguno, sin presencia de jabones ni detergentes.

10.2.3.1.2 Muestra compuesta

Se tomó una muestra compuesta única de cinco litros en los dos puntos de recolección de aguas para el respectivo análisis.

10.2.3.1.3 Procedimiento para recolección de las muestras para el laboratorio

La toma de muestras se dio siguiendo la norma NTE INEN 2176 (1998) Agua, calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo y se siguió el protocolo de transporte con la norma NTE INEN 2169 (1998): Agua, calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.

10.2.3.1.3.1 Consideraciones

Cantidad requerida mínima: 5 litros

Tipo de envase: plástico

Refrigeración: 4 a 10° C cuando se transporta.

Para aceites y grasa utilizar envase de vidrio 2 L

10.2.3.1.3.2 Llenado de los recipientes

El procedimiento fue de la siguiente manera:

La muestra para el análisis físico, químico microbiológico se recogió en un envase plástico, lavado tres veces con el agua residual gris antes de tomar la muestra original, una vez tomado la muestra se tapó inmediatamente para evitar alteraciones en la misma. Dejando un espacio considerable para introducir la otra parte de la muestra, mezclando al final homogéneamente.

Se recolectó dos litros de agua adicional en un envase de vidrio para el análisis de aceites y grasas, esta muestra no fue compuesta, puesto que solo se tomó del conducto de la cocina del bar.

10.2.3.1.3.3 Identificación y registro de las muestras

Las muestras se registraron de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98

10.2.3.1.3.4 Identificación de las muestras de agua residual gris

Para la identificación de las muestras de agua que se transportaron al laboratorio se tomó en cuenta los siguientes datos:

10.4.3.1.4.1 Muestra compuesta para análisis físico-químico y microbiológico

Ubicación: Bloque académico de la UA-CAREN

Procedencia de agua: Agua residual doméstica

Fecha de la toma de muestra: 18 de Mayo del 2016

Tipo de muestra: Compuesta

Hora: 8:40 a.m.

Responsable de la toma: Glenda Nagua

Temperatura: 10°C

10.4.3.1.4.2 Muestra simple para análisis de grasas y aceites

Ubicación: Bloque académico de la UA-CAREN

Procedencia de agua: Agua residual doméstica

Fecha de la toma de muestra: 18 de Mayo del 2016

Tipo de muestra: Simple

Hora: 8:54 a.m.

Responsable de la toma: Glenda Nagua

Temperatura: 10°C

10.2.3.1.3.5 Conservación de la muestra

Las muestras se registraron de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, del manejo y conservación de muestras.

La muestra previamente etiquetada se procedió al resguardo en un cooler para mantener la temperatura y evitar alteración en su resultado. El agua de la muestra se trasladó al laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional, Centro de Investigaciones y Control Ambiental, (CICAM) para su análisis.

10.2.3.1.3.6 Materiales y equipos

10.2.3.1.3.6.1 Materiales

Libreta de campo y esferos

Envase de plástico 5 L

Envases de vidrio 2 L

Cooler grande

10.2.3.1.3.6.2 Equipo de protección personal (EPP):

Cofia

Mandil

Mascarilla

Guantes quirúrgicos

Botas de caucho

Termómetro

10.2.3.1.3.7 Parámetros considerados para el análisis de las muestras.

Los parámetros que se enviaron a analizar fueron con respecto a la capacidad de fijación de nutrientes de las plantas que se utilizó para el biofiltro.

Tabla. 9. Parámetros considerados para el análisis de laboratorio

PARÁMETRO	UNIDAD
Aceites y grasas	mg/l
Coliformes totales	Nmp /100ml
Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/l
Demanda química de oxígeno DQO	mg/l
Fósforo total	mg/l
Nitrógeno total	mg/l
Sólidos sedimentables	mg/l*h
Sólidos suspendidos	mg/l
Tenso activos (detergentes aniónicos)	mg/l

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

10.2.4 Procesamiento de la información para caracterizar el entorno social, ecológico y económico del campus.

Se realizó una encuesta alcanzando los resultados mediante datos estadísticos utilizando el programa Excel, obteniendo porcentajes y gráficos que ayudaron a interpretar los resultados.

Para determinar la muestra poblacional se aplicó el método probabilístico mediante un muestreo aleatorio simple para realizar la encuesta. (Véase Anexo B, tabla 2).

$$n = \frac{Z^2 p q N}{NE^2 + Z^2 pq}$$

Donde

n es el tamaño de la muestra;

Z es el nivel de confianza;

p es la variabilidad positiva;

q es la variabilidad negativa;

N es el tamaño de la población;

E es la precisión o el error.

La encuesta se realizó a todas las carreras con la finalidad de conocer las diferentes opiniones de los estudiantes.

10.2.5 Metodología de diseño para la implementación de prototipo de biofiltros.

Con la caracterización de las aguas grises en el bloque académico de la universidad se pudo determinar el caudal de descarga diario proyectando el diseño para cinco años.

10.2.5.1 Diseño de pre-tratamiento

Se realizó un pre-tratamiento de aguas grises, pese a que los análisis no sobrepasaban los límites permisibles, según (Centro de Estudios y Promoción para el Habitar, 2010) ésta etapa es primordial para el buen funcionamiento del sistema, ya que evita que partículas mayores lleguen al biofiltro evitando la obstrucción del sistema.

10.2.5.1.1 Trampa de grasa

10.2.5.1.1.1 Criterios de diseño

Para realizar el cálculo de las dimensiones del pre-tratamiento para la retención de aceites y grasas se tomó en cuenta los criterios de diseño de Lozano Rivas (2012)

Tabla 10. Criterios de diseño de Lozano Rivas (2012)

Característica	Valor o rango
Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)	24 minutos
Relación Largo: Ancho	Entre 2:1 y 3:2
Profundidad útil:	Mínima: 0,8 m Máxima: 2,0 m
Dispositivos de ingreso y salida	Tee de 90° y mínimo de 3 pulgadas de diámetro
Sugerencia del codo de entrada	Mínimo 0,15 m respecto del nivel de salida
Borde libre	0,30 m (mínimo)

Fuente: (Lozano Rivas, 2012)

10.2.5.2 Reservorio temporal de agua

10.2.5.2.1 Diseño del reservorio

10.2.5.2.1.1 Especificaciones

Se utilizó el caudal de diseño por hora para calcular el almacenamiento de agua en el reservorio. El diseño de construcción se realizó tomando en cuenta medidas de tanques

plásticos ya fabricados, puesto que si se llega a implementar el reservorio se lo adaptará en dichos tanques para evitar construcciones civiles. Debido a que las plantas del biofiltro están en la fase de crecimiento y adaptación de las especies sembradas, no se implementará el reservorio.

10.2.5.3 Biofiltro

10.2.5.3.1 Especificaciones

La disponibilidad de agua debe ser constante para mantener las plantas vivas. Las aguas grises deben fluir vía gravedad o naturalmente. El agua debe quedarse en el sistema como promedio de 2-10 días (Jenkins, 2005); (Crites & Tchobanoglous, 1998), para permitir el tratamiento por plantas.

10.2.5.3.2 Criterios de diseño

El diseño se realizó en función de la remoción de los contaminantes y el requerimiento hidráulico. Se aplicó criterios de diseño propuestos a continuación:

10.4.5.3.2.1 Requerimiento hidráulico

Tabla 11. Criterios típicos para el diseño de los humedales con flujo subsuperficial y la calidad de los efluentes esperados

Parámetro de diseño	Unidad	Valor
Tiempo de retención	d	2-4
Velocidad de carga orgánica	Kg/ha.d	<110
Velocidad de carga de SST que entran	Kg/m ² .d	0,04
Profundidad del agua	m	0,3-0,61
Profundidad del medio	m	0,46-0,76
Control de mosquitos		No se requiere
Esquema de cosecha		No se requiere
Calidad esperada para los efluentes		
DBO5	mg/L	<20
SST	mg/L	<20
NT	mg/L	<10
PT	mg/L	<5

Fuente: (Crites & Tchobanoglous, 1998)

10.4.5.3.2.1.1 Granulometría del grano

Tabla 12. Valores típicos de sustratos de humedales construidos (Crites and Tchobanoglous 1998).

Los valores típicos de sustratos de humedales construidos (Crites and Tchobanoglous 1998). *d10 es el diámetro de una partícula en una distribución del peso de las partículas que es más pequeña que todo salvo 10% de las partículas		
Sustrato	tamaño efectivo d10*, mm d10*, mm	Porosidad efectiva η
Arena media	1	0,3
Arena (grueso)	2	0,32
Arena con grava	8	0,35
Grava (media)	32	0,4
Grava (grueso)	128	0,45

Fuente: (Crites & Tchobanoglous, 1998)

10.4.5.3.3 Construcción del biofiltro

Se realizó una nivelación del suelo donde se implementó el sistema con una pendiente de 1%, se compactó con tierra las paredes y se colocó un plástico en la base del biofiltro para evitar filtración al suelo.

La tubería de salida fue única de 3 pulgadas colocada al final del biofiltro a 10 cm de la base del lecho. Se dividió en tres secciones el biofiltro, la primera fue de arena con grava de diámetro 8 mm al inicio del biofiltro, la segunda sección fue de tierra del lugar y la tercera sección de 70% de arena media de 1mm y 30% de grava media de 32 mm. Una vez construido el sistema se procedió a la siembra de las especies de plantas.

10.4.5.3.3.1 Materiales

El sistema de biofiltros se construyó en tierra y los materiales que se utilizó en la construcción fueron:

Tubo PVC para la salida de agua

Arena 1 mm

Grava de 8 mm y 32 mm

Tierra propia del lugar (franco arenosa con porosidad al 46.4 %)

Vegetación (de un humedal natural local)

Cascarilla de arroz para estimular el crecimiento de las plantas

Flexómetro

Malla para cernir arena

Plástico de 2 metros de largo, negro

Pala

Barreta

Pico

Manguera para regar las plantas

10.4.5.3.3.2 Vegetación

Se utilizó dos especies de plantas de pantano que tienen características remediadoras:

Totora (*Schoenoplectus californicus*), especie con alta eficiencia de remoción de DBO y DQO, así como en la fijación de metales pesados y moderada a alta eficiencia en la eliminación de coliformes fecales. (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

Juncos (*Schoenoplectus tabernaemontani*), 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 (Yocum, 2011).

10.4.5.3.4 Mantenimiento del biofiltro.

No es necesario la cosecha de las plantas, si crecen muy alto las totoras pueden ser podadas a modo de estética mas no ser cortadas totalmente, en caso de que los juncos observen marchitas o amarillentas se deberán replantar nuevas plantas, esto se puede dar por una sobrecarga de contaminantes y debe ser reemplazadas.

La limpieza del lugar de plantas invasivas en el biofiltro debe ser periódica para prevenir su obstrucción. La calidad de agua que salga del biofiltro deberá ser monitoreada para verificar

la efectividad del sistema de tratamiento y realizar el seguimiento de la minimización del DBO del agua una vez que se ponga en funcionamiento el tratamiento.

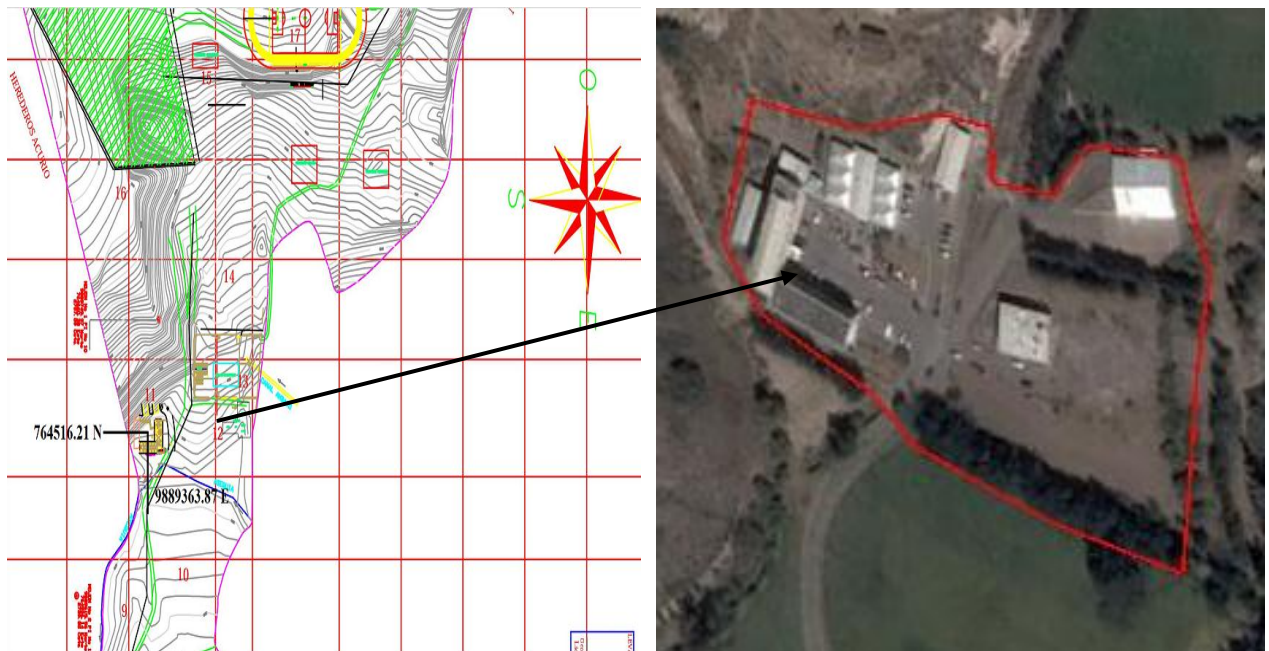
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:

11.1 Evaluación del Modelo Actual de Gestión de Aguas Grises en el campus.

11.1.1 Ubicación de la Investigación

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el bloque académico de aulas de la UA-CAREN, las coordenadas geográficas y las condiciones ambientales del punto de ubicación se detallan a continuación.

Fotografía 1. Lugar de la investigación- Bloque académico de UA-CAREN



Fuente: Administración UA-CAREN, Google Earth

Tabla 13. Datos del bloque académico UA-CAREN

Norte	9889363.87 S
Este	764516.21 E
Altitud	2739 m.s.n.m
Temperatura	14° C
Área	17,438.51 m ²

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

11.1.2 Identificar y Referenciar Fuentes y Destinos de Aguas Grises

11.1.2.1 Fuentes De Aguas Grises

Fotografía 2. Área delimitada para identificar fuentes de aguas grises



Fuente: Google Earth

La referenciación con el GPS identificó tres fuentes de agua gris en el bloque académico de la UA-CAREN. Cabe recalcar que existe una cuarta fuente de agua gris en el bloque de agroindustrias, la cual no fue tomada en cuenta debido a que posee su propio pozo séptico el cual no está al alcance del área delimitada por esta investigación.

Las fuentes identificadas fueron: un lavaplatos de la cocina del bar y 15 lavabos de las baterías sanitarias. El área delimitada fue de 4880.63 m²

Tabla 14. Fuentes de aguas grises en el bloque académico UA-CAREN

NOMBRE FUENTE FIJA	ESTE_X	NORTE_Y	ALTURA
Cocina	764497,00	9889332,00	2731,00
Baño Planta Alta	764489,00	9889361,00	2738,00
Baño Planta Baja	764513,00	9889374,00	2752,00

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

11.1.2.2 Destinos de Aguas Grises

Se identificó como destino el pozo séptico en donde desembocan las tres fuentes de agua gris. A su vez en este pozo se almacena también las aguas negras provenientes de los sanitarios, el agua de lluvias tiene su propia canal de desagüe.

El problema de este pozo séptico es que genera un pasivo ambiental puesto que se encuentra al lado del bloque de aulas, presentando malos olores al acercarse al área.

A este destino de agua se da mantenimiento cada seis meses cuando se llena, un porcentaje de agua no representativa en grandes cantidades pero si constante es almacenada en fosas sépticas a cielo abierto que se encuentran en la zona de pinos en el bloque 12 del campus.

Grafico 4. Ruta de destino de las aguas grises del bloque académico UA-CAREN



Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 15. Ubicación del destino de aguas grises

Fuentes de aguas grises	Nombre Destino Aguas	ESTE_X	NORTE_Y	ALTURA
Cocina	Pozo séptico Fosa séptica final	0764529,6	9889378,6	2724,4
Baño Planta Alta				
Baño Planta Baja				
		764565,0	9889465,0	2732,0

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

11.1.3 Resultados de caudal del agua gris

11.1.3.1 Área comedor

Se encuentra ubicada en la parte posterior del bloque académico, en esta área existe solo una fuente de agua gris: el lavaplatos de la cocina.

$$Q = v/t \quad (1)$$

$$Q = 1L/3.86s$$

$$Q = 0.26L/s$$

Tabla 16. Caudal de agua gris de la cocina del bar

Caudal de agua gris, cocina del bar	
Caudal evento extremo:	0.26 L/s
Tiempo de consumo:	10 horas
Volumen de consumo:	1 L/ 3.86 s

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

11.1.3.2 Caudal comercial, lavamanos de baterías sanitarias 1 y 2

Tabla 17. Caudal de agua gris de los lavamanos.

Caudal comercial, lavamanos de baterías sanitarias 1 y 2	
Caudal de lavamanos 1 :	0.033 L/s
Caudal de lavamanos 2 :	0.033 L/s
Cierre automático:	10 segundos
Volumen de consumo:	0.33 Litros

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

11.1.3.3 Caudal total de aguas grises

$$Q_t = Q_{\text{lavabos1}} + Q_{\text{lavabos2}} + Q_{\text{cocina}} \quad (2)$$

$$Q_t = 0.033 \text{ L/s} + 0.033 \text{ L/s} + 0.26 \text{ L/s}$$

$$Q_{\text{total}} = 0.326 \text{ L/s}$$

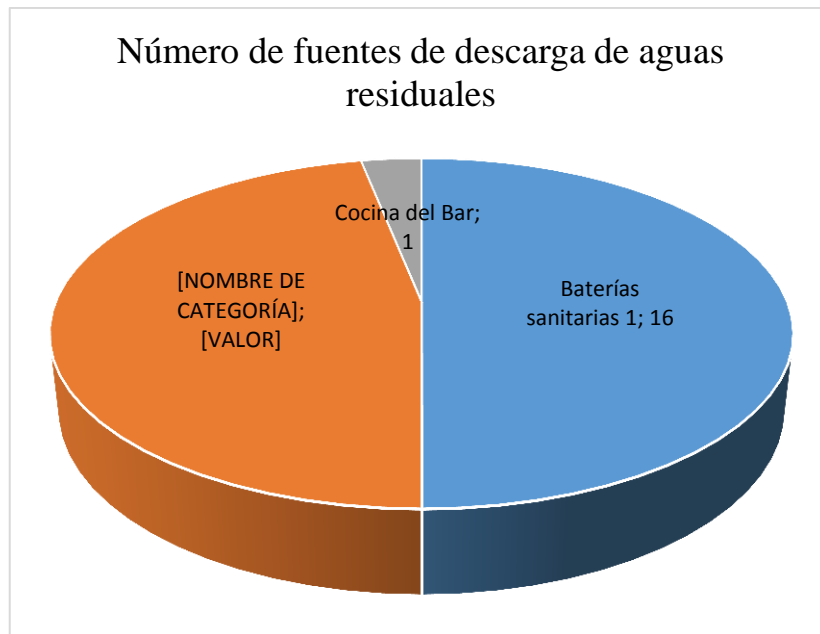
$$Q_{\text{total}} = 0.000326 \text{ m}^3/\text{s}$$

11.1.4 Evaluación de la infraestructura y el efluente total actual.

11.1.4.1 Identificación de la fuente total de agua residual

Con la caracterización de las aguas residuales se tomó en cuenta todas las descargas de agua residual del bloque académico detallándose en el siguiente cuadro. (Véase Anexo B, tabla 3)

Gráfico 5. Descripción de las fuentes de descarga de aguas residuales del bloque académico.



Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

11.1.5 Resultados del caudal total de agua residual

11.1.5.1 Caudal comercial de descarga de los sanitarios

Tabla 18. Caudal comercial, baños 1 y 2

Caudal comercial de descarga de los baños	
Caudal de descarga baños 1 :	1.5 L/s
Caudal de descarga baños 2 :	1.5 L/s
Cierre automático:	4 segundos
Volumen de consumo:	6 Litros

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 19. Resultados del caudal de agua residual total

Caudal total de agua residual	
Caudal comercial de descarga sanitarios (aguas negras)	3 L/s
Caudal total de agua gris	0.326 L/s
Caudal total de aguas residuales	3.33 L/s

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

11.1.5.2 Aforo del efluente de agua total que es almacenado en el área de los Pinos.

$$Q = v/t \quad (3)$$

$$Q = 1L/3.84s$$

$$Q = 0.26L/s$$

Tabla 20. Resultados del aforo caudal de agua (bloque 12).

Caudal aforado área de pinos	
Caudal aforado :	0.26 l/s
Volumen	1 L
tiempo	3.84 segundos

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 21. Resultados del caudal de agua residual (bloque 12, área pinos)

Caudal total de agua residual	L/s
Caudal total de agua residual	3.33
Caudal efluente aforado, área de pinos	0.26
Caudal que almacena el pozo séptico	3.07

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

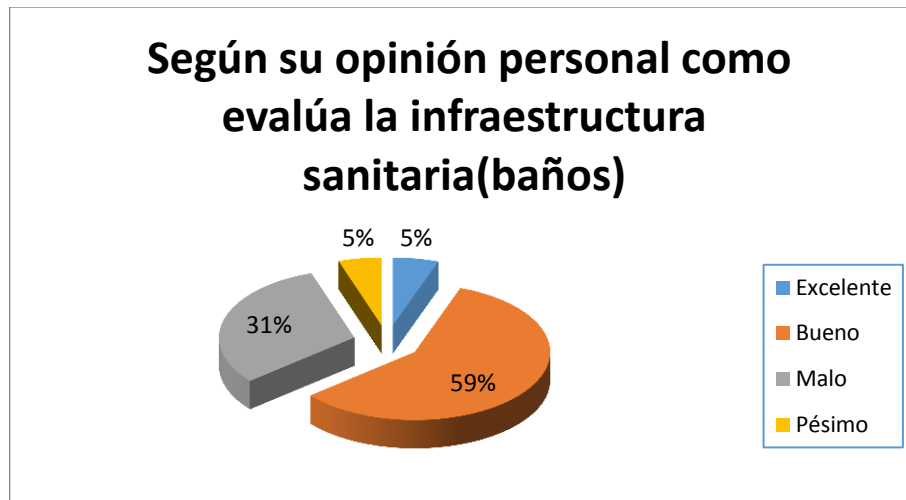
11.1.6 Evaluación de la infraestructura sanitaria del campus**11.1.6.1 Características de la infraestructura**

El caudal de descarga total de aguas residuales diario es de 3.33 L/s almacenándose 0.26 L/s en fosas sépticas en el bloque 12, considerándose un pasivo ambiental causante de malos olores y contaminación al suelo. El caudal restante de 3.07 L/s se almacena en el pozo séptico del bloque académico.

11.1.6.2 Evaluación de la infraestructura sanitaria

En base a la identificación y caracterización de la descarga total de aguas residuales se procedió a evaluar la infraestructura sanitaria del bloque académico, tomando la opinión de los estudiantes que se pronunciaron mediante una encuesta.

Gráfico 6. Aprobación universitaria respecto a infraestructura sanitaria.



Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Como indica en la gráfica 8, el 59% de estudiantes opina la infraestructura sanitaria que es buena, debido a que sus paredes están bien pintadas, existe sanitarios nuevos, lavamanos en buen estado y existe un 31% de opiniones negativas; un 10% dividido entre pésima y excelente. El porcentaje de opinión negativa no evalúa en sí solo la infraestructura sino también el mantenimiento sanitario. Tomándolo no como una opinión negativa, sino como sugerencias de mejora.

11.1.6.2.1 Área de recolección:

La infraestructura y el área de recolección de las aguas residuales es buena, como lo indica el cuadro evaluativo, posee una excelente infraestructura, ubicación, y tubería de conducción de descarga para evacuar aguas residuales, esto especifica que el sistema de conducción de las aguas es bueno, mas no que si existe o no agua para evacuar.

11.1.6.2.2 Área de descarga:

Es indebida porque no posee un adecuado sistema de gestión sostenible de desechos. El único tratamiento de descarga según el (Ing. Vargas Vicente, 2016) del departamento de planificación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, “el almacenamiento del agua residual desemboca en un pozo séptico, que se llena cada seis meses”.

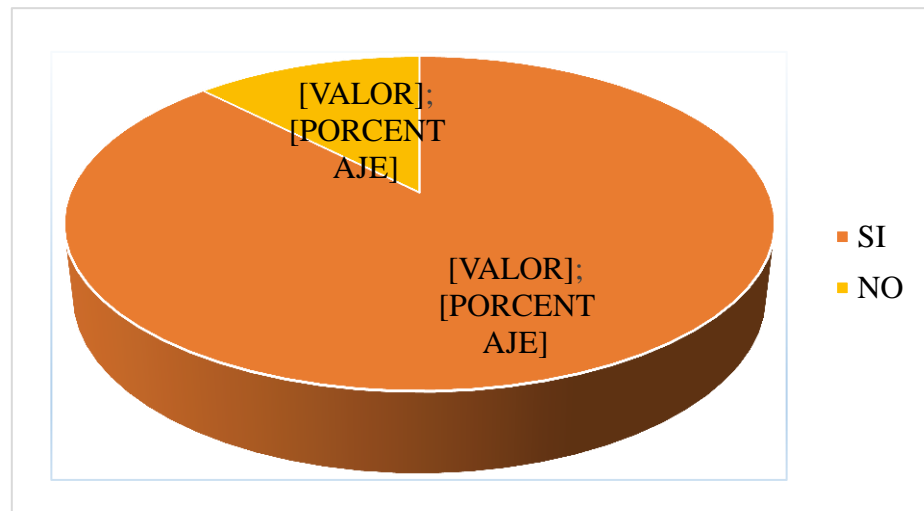
Esto obliga a realizar el mantenimiento continuo, una parte de sus aguas se dirige a tres pozos a cielo abierto que existen en el área de pinos provocando con el viento la proliferación de malos olores al bloque académico, desembocando finalmente a la Quebrada Seca S/N.

11.2 Diseño de alternativas ecológicas para la gestión de aguas grises del comedor y servicios higiénicos del bloque académico.

Se tomó una muestra de 311 estudiantes de la población total para realizar las encuestas con el objetivo de conocer sus opiniones con respecto al proyecto.

11.2.1 Encuesta a los estudiantes de la UA-CAREN sobre las condiciones de los baños.

Gráfico 7. ¿Conoce de algún tipo de inconformidad con las condiciones de los baños del bloque académico de la universidad?



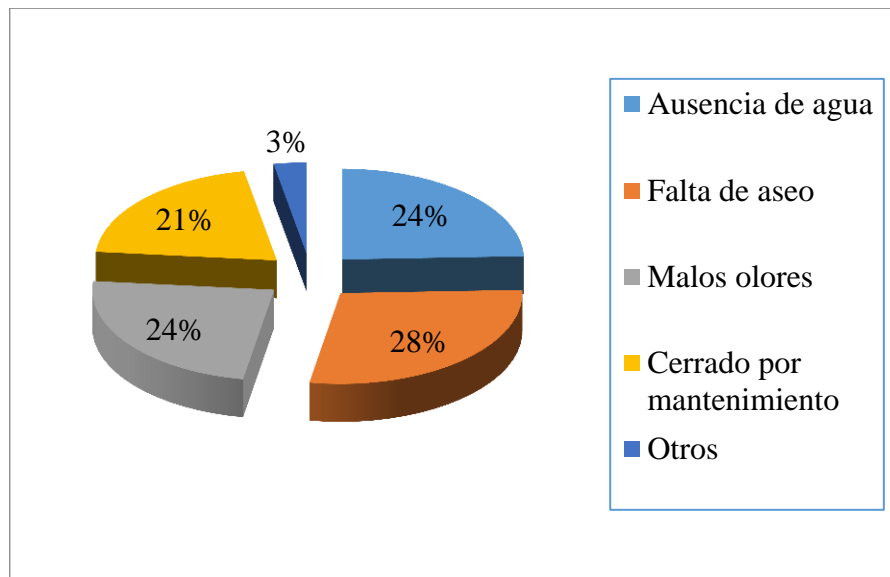
Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

La mayoría de los estudiantes encuestados presentan algún tipo de inconformidad con respecto a las condiciones de los baños existiendo un 88% de respuestas negativas por inconformidad y un 12% de conformidad estudiantil.

Entre las principales molestias de los estudiantes esta la falta de aseo de los sanitarios y la ausencia de agua en los mismos.

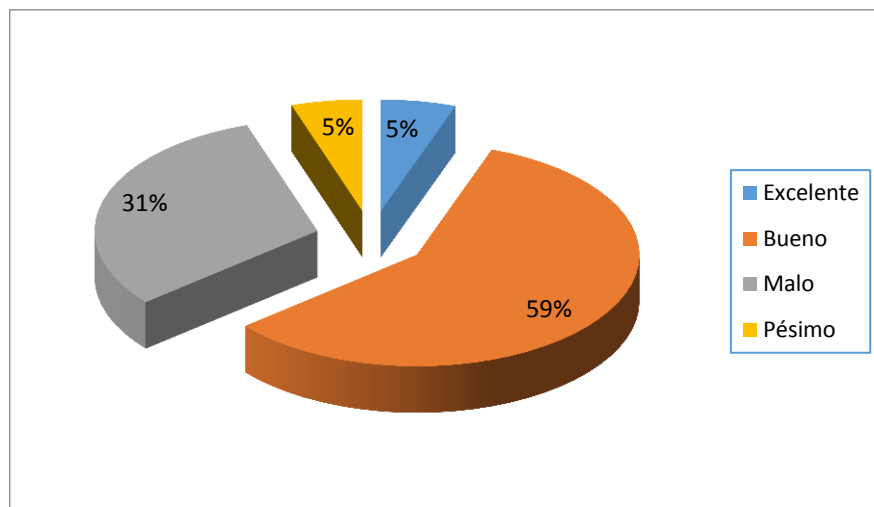
Existen un porcentaje de estudiantes que sugiere que debe existir una implementación de servicios extras como papel higiénico, toallas sanitarias, secadores de manos, jabón líquido, indicando esto como inconformidad del servicio.

Gráfico 8. Tipos de inconformidades de los baños del bloque académico de la universidad



Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

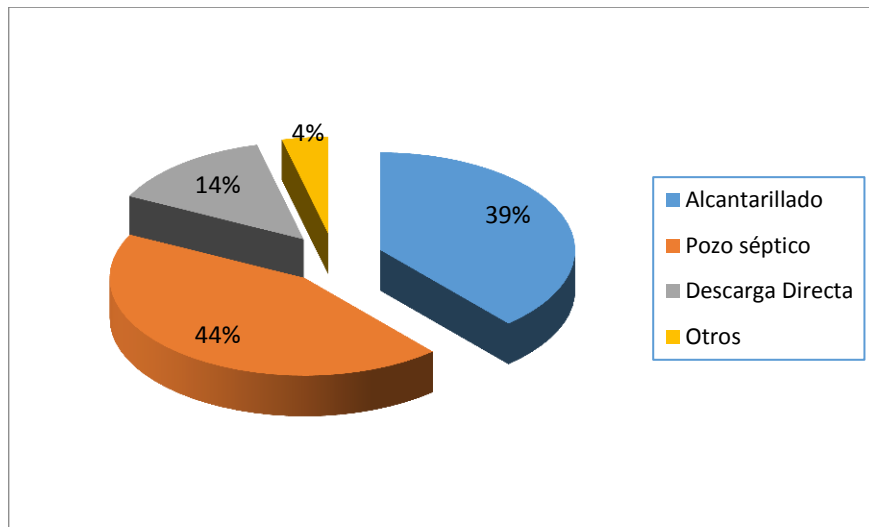
Gráfico. 9 Según su opinión personal como evalúa la infraestructura sanitaria (baños)



Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Del análisis del gráfico se concluye que el 5% de estudiantes tienen una excelente opinión sobre la infraestructura sanitaria, el 59 % tiene una buena opinión, un 31% opina que es malo y existe un 5 % que opina que es pésimo la infraestructura. La infraestructura sanitaria engloba una buena instalación de agua, sanitarios y lavabos en buen estado, paredes enlucidas, pintadas y presentables.

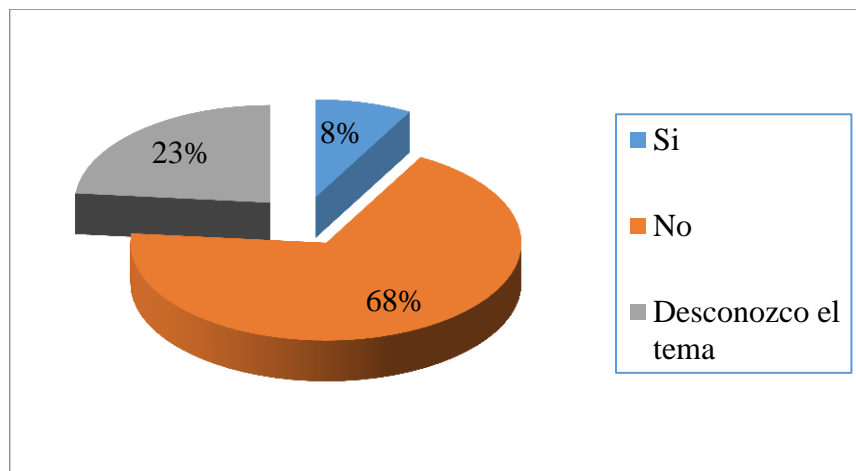
Gráfico. 10 ¿Cuál cree Ud. que es la forma de descarga de aguas residuales del bloque académico de la UA-CAREN?



Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

De los datos de la encuesta, el 44% de estudiantes señalan que la descarga de aguas residuales es al pozo séptico, el 39% a una red de alcantarillado, el 14% cree que se descarga directamente a un cuerpo de agua y 4% desconoce donde se descarga el agua. Dando lugar a la veracidad de esta encuesta estudiantil ya que según (Ing. Vargas Vicente, 2016) manifestó que en el campus de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (UA-CAREN) específicamente en el bloque académico, existe dos pozos sépticos uno en el área de agroindustrias y otro en el bloque de aulas, considerando así, que la mayoría de los estudiantes conoce la forma de descarga de aguas residuales de la UA-CAREN.

Gráfico.11 ¿Conoce Ud., Si en la universidad realizan algún tipo de tratamiento a las aguas residuales?

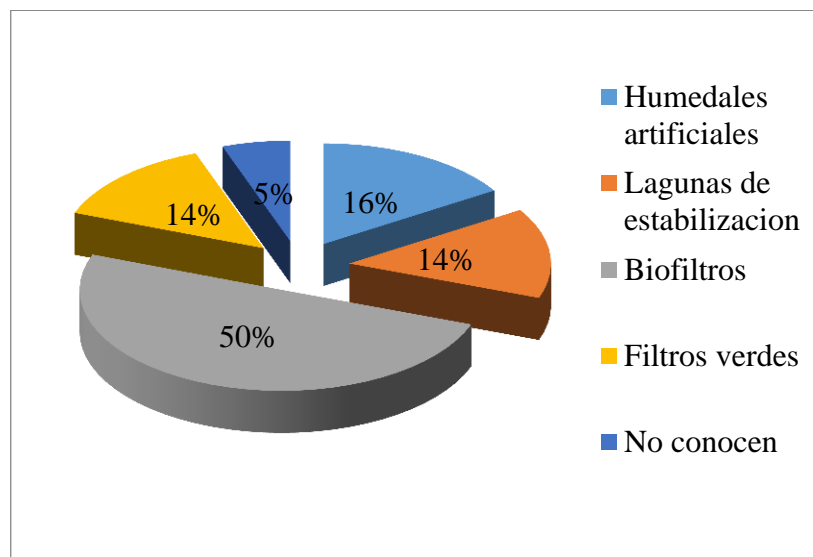


Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Mediante la encuesta que se realizó a los estudiantes sobre la forma de descarga de las aguas residuales, manifestaron que el 68% no conoce tratamiento alguno, el 23% desconoce del tema y existe un 8% que opina que si conoce pero al preguntarle sobre el tipo de tratamiento no responden a la pregunta.

Cabe indicar que el sistema de descarga de aguas residuales de la UA-CAREN no posee un previo tratamiento antes de descargar sus aguas, indicando así que la mayoría de la población estudiantil esta consiente de dicha ineficiencia del sistema.

Gráfico 12 ¿Conoce Ud. acerca las eco-tecnologías o tratamientos no convencionales para la recuperación de aguas residuales? Indique cuáles.

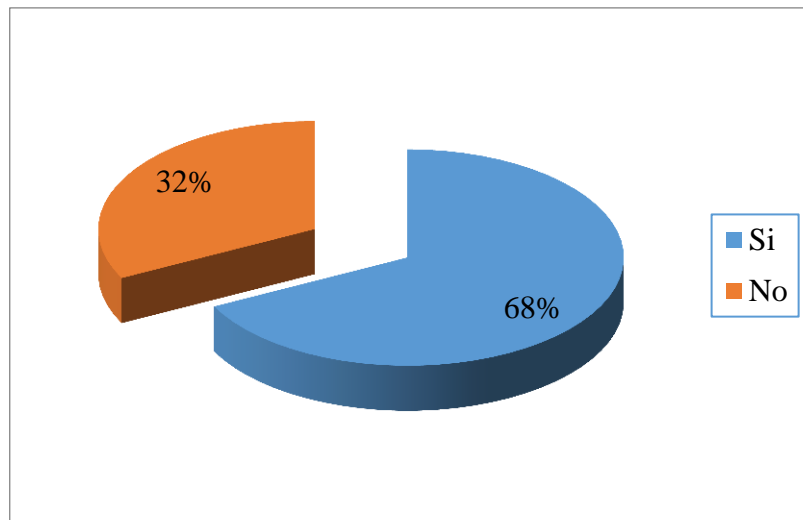


Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Con relación al conocimiento de los estudiantes sobre eco tecnologías (tratamientos no convencionales), el mayor porcentaje de la respuestas sostienen que: el 50% conocen sobre biofiltros, 16% humedales artificiales, 14% lagunas de estabilización, 14% filtros verdes y existe un 5 % que no conocen del tema.

Se debe destacar que la encuesta fue realizada a cuatro carreras distintas de las cuales las que mayor desconocimiento del tema tenían eran de veterinaria y agroindustrias, puesto que son carreras con otro perfil de conocimiento.

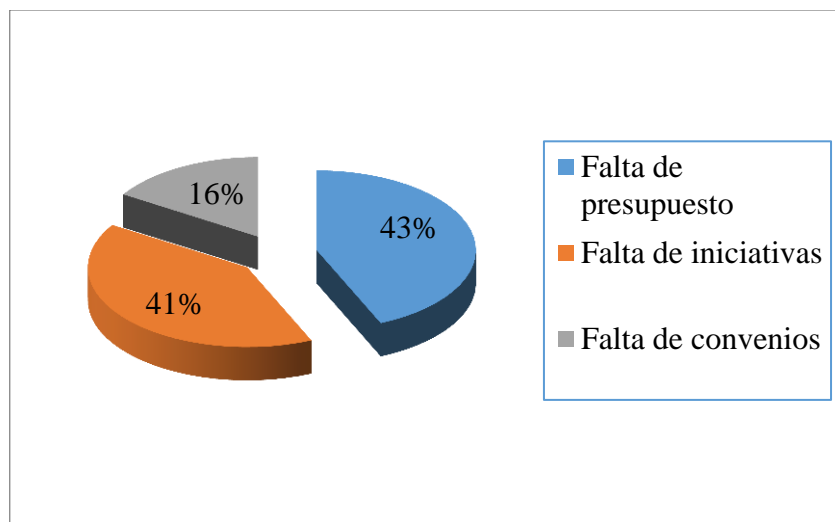
Gráfico 13. ¿Si se plantea un sistema ecológico sostenible de recuperación de aguas como el BIOFILTRO en el bloque académico Ud. apoyaría el proyecto?



Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

El 68% de los estudiantes manifestaron que si apoyarían si se plantea un sistema de recuperación de aguas en la universidad, mientras que el 32 % dijo que no, por cuanto es un sistema nuevo y no creen que haya condiciones suficientes para adaptar el sistema ni la suficiente conciencia ecológica estudiantil como para implementarse.

Gráfico 14. ¿Qué deficiencias cree Ud. ¿Que posee el bloque académico en gestión de descarga de aguas residuales?



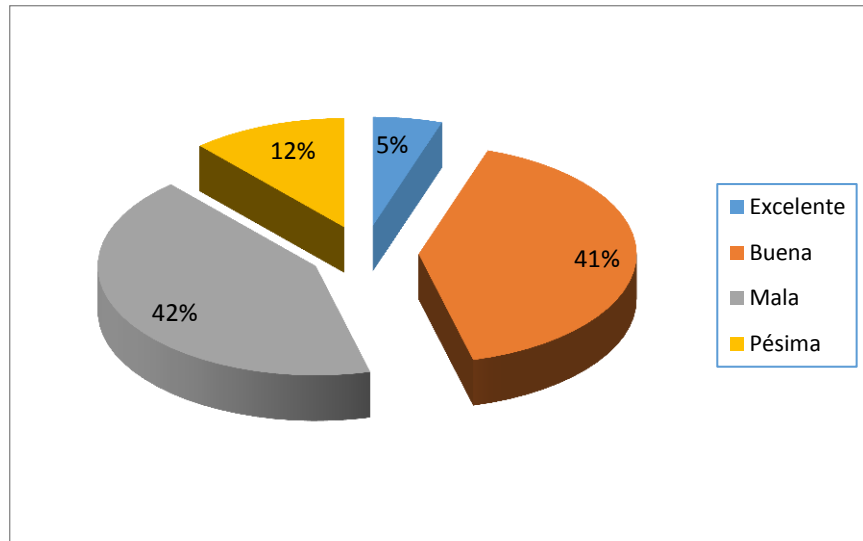
Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Según la encuesta existe opiniones estudiantiles casi iguales en torno a la deficiencia de gestión, indicando que un 43% de los estudiantes opinan que es por falta de presupuesto, un

41% por falta de iniciativas y un 16% dice que es por falta de convenios de la universidad con otras entidades que puedan financiar proyectos en gestión ambiental.

Las alternativas de los sistemas ecológicos sostenibles son de bajo presupuesto en comparación a los sistemas convencionales, y pueden ser aplicados en la universidad.

Gráfico 15. ¿Cómo calificaría Ud. el sistema de gestión de descarga de aguas residuales de la Universidad?



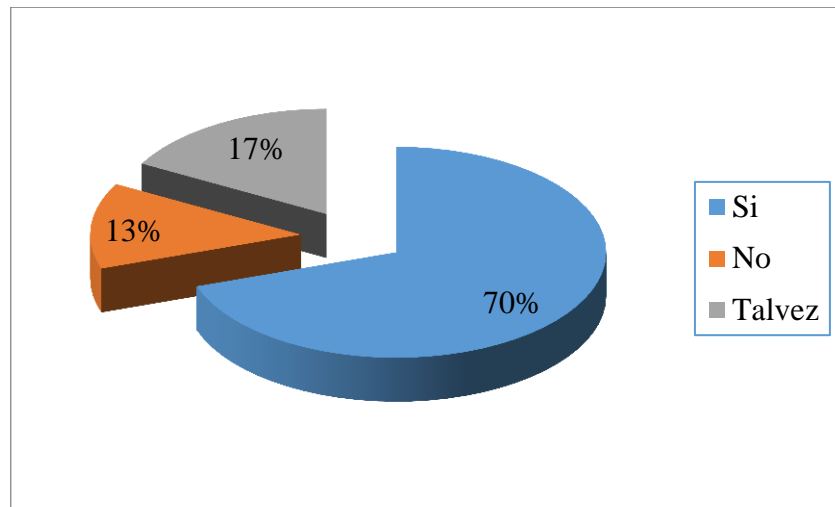
Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

El sistema de gestión de descarga de aguas residuales incluye la modalidad de conducción y tratamiento de aguas servidas, el adecuado mantenimiento de las baterías sanitarias, y la implementación de materiales de aseo dentro de los baños.

Mediante la encuesta realizada se estableció que el 42 % de la población estudiantil considera malo el sistema de gestión actual, haciendo un contraste con el 41% que opino que si es bueno el sistema, mientras que un 12 % pronuncio que era pésima la gestión, y solo un 5% de estudiantes expresó que era excelente.

Esta calificación se dio en base a la falta de implementos de aseo dentro de los baños tales como: jabones líquidos, papel higiénico, dispensadores de toallas sanitarias las cuales existen pero no están en funcionamiento y la falta de aseo en las baterías

Gráfico 16. ¿Cree Ud. que el campus debería transformarse en un campus ecológico en cuanto a gestión de desechos?



Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

La última pregunta se relaciona en que si debemos hacer algo para que haya más proyectos ecológicos dentro de la universidad determinando que un 70 % de estudiantes están de acuerdo que debe transformarse la UA-CAREN en un campus ecológico, mientras que un 17% todavía tiene dudas y un 13% opina negativamente.

11.2.2 Resultados de laboratorio de las aguas grises

Tabla. 22 Tabla de resultados del análisis de agua gris del bloque académico

			Límites máximos permisibles		Verificación de cumplimiento descarga cuerpo de agua dulce.
Parámetro	Unidad	Resultado	Descarga al alcantarilla do publico	Descarga a un cuerpo de agua dulce	
Aceites y grasas	mg/L	29.6	70.0	30.0	SI CUMPLE
Coliformes totales	NMP/100mg/ L	93x10 ⁹			
Demanda bioquímica de oxígeno, DBO5	mg/L	1027.2	250	100	NO CUMPLE
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	2670	500	200	NO CUMPLE
Fosforo total (P)	mg/L	8.6	15.0	10.0	SI CUMPLE
Nitrógeno total (N)	mg/L	34.0		15.0	SI CUMPLE
Sólidos sedimentables	mg/L*h	23	20	1.0	NO CUMPLE
Sólidos suspendidos	mg/L	528	220	130	NO CUMPLE
Tensoactivos (detergentes anionicos)	mg/L	21.79	2.0	0.5	NO CUMPLE

Fuente: Centro de investigaciones y control ambiental (CICAM), 2016

El resultado de los análisis de las aguas grises demostró que existe una alta cantidad de sólidos suspendidos al igual que el DBO Y DQO, es decir existe alta cantidad de materia orgánica presente. Los tensoactivos también se presentaron en altas cantidades debido a que son aguas domésticas que contienen jabones y detergentes sobrepasando los niveles permisibles. (Véase anexo B, tabla 4)

Los niveles de grasa se encuentran dentro de los parámetros aun así se debe incluir un tratamiento previo cuando se requiere realizar un tratamiento de aguas como medida preventiva.

Con los resultados obtenidos del análisis y la caracterización del campus se visualizó las deficiencias del sistema de gestión actual de residuos del campus y las sugerencias del alumnado que emitieron al realizar las encuestas se proyectó la posible solución mediante un modelo ecológico funcional. Se tomó en cuenta como principal objetivo la minimización del DBO y sólidos totales presente en el agua.

11.2.3 Recopilación de modelos ecológicos funcionales.

A partir del análisis de agua y los resultados de las encuestas realizadas a los estudiantes que se realizó, se procedió a buscar información de un modelo ecológico de filtración que se adapte a las características de la zona y del agua a tratar. Se investigó dos alternativas de biofiltros subsuperficiales con procedimientos de diseño y función distinta del cual se escogió el modelo de biofiltro de flujo horizontal.

11.2.4 Selección del modelo de gestión de aguas grises

Después de la revisión bibliográfica de los diferentes tipos de biofiltros subsuperficiales se seleccionó el modelo Biofiltro subsuperficial de flujo horizontal, debido a que:

Tabla 23. Ventajas e inconvenientes de la implementación de un biofiltro subsuperficial de flujo horizontal.

Ventajas	Desventajas
Se alimenta de agua continua, pero no intermitente, ideal en la adaptación al bloque académico de la universidad puesto que el uso diario de su agua varia en todo el día y su utilidad es solo 10 horas diarias.	Se debe realizar un tratamiento primario o llamado pre-tratamiento para evitar la obstrucción del filtro.
El agua que ingresa recorre horizontalmente el biofiltro, purificándose gracias a los microorganismos y a las raíces de las plantas.	El crecimiento y adaptación de las plantas en el biofiltro será de aproximadamente seis meses antes de enviar el agua a tratar.
Sistema apto para caudales pequeños.	Si el caudal crece con los años se debe

	rediseñar el modelo del biofiltro para adaptarlo al nuevo caudal, por eso es viable la construcción con una proyección a algunos años.
El agua purificada puede ser reutilizada en riego o reintegrada al ecosistema.	
El sistema no permitirá almacenamiento de lodos en la superficie por el pre-tratamiento (trampa de grasa)	
Ubicar el nivel del agua bajo la superficie previene malos olores, propagación de mosquitos y contacto de la población circundante con el tratamiento.	

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

11.3 Implementación del prototipo de biofiltros en el bloque académico UA-CAREN

11.3.1 Identificación y caracterización el área a implementar el prototipo biofiltro.

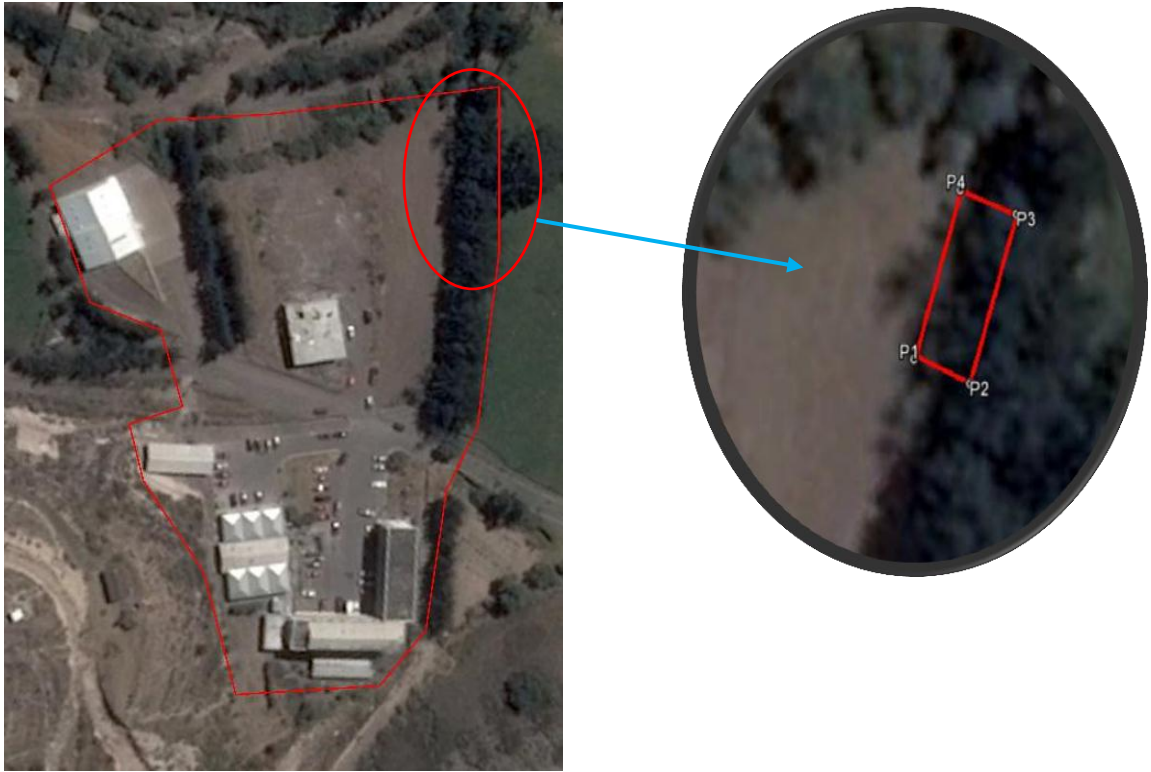
La construcción del proyecto se realizó en el área del bloque 12 de la UA-CAREN, específicamente en el área de los pinos.

Tabla 24. Datos del bloque académico UA-CAREN

Ubicación del proyecto		
	X	Y
P1	764575.00 E	9889480.00 S
P2	764581.00 E	9889478.00 S
P3	764586.00 E	9889492.00 S
P4	764580.00 E	9889494.00 S

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Fotografía 3. Área de implementación del biofiltro



Fuente: Google earth, 2016

11.3.2 Diseño del biofiltro subsuperficial horizontal para aguas residuales grises

11.3.2.1 Partes del sistema de tratamiento

En base a los análisis físico-químicos y microbiológicos y el caudal de diseño, se propuso las siguientes operaciones unitarias:

11.3.2.1.1 Pre-tratamiento

Trampa de grasa

11.3.2.1.2 Tratamiento primario

Reservorio de agua (sedimentador)

11.3.2.1.3 Tratamiento secundario

Biofiltro subsuperficial horizontal

11.3.3 Cálculo del caudal de diseño para aguas grises con proyección a cinco años.

Para diseñar el sistema de tratamiento se tomó en cuenta el número de estudiantes que existen en la actualidad y la proyección del diseño a cinco años.

Tabla 25. Cálculo del caudal real

CAUDAL (Q) REAL	
Q= Caudal t= Tiempo (10 horas) equivale a un día Q= 11.74m ³ /10h	$Q = 0.33 \text{ L/s} = 0.000326 \text{ m}^3/\text{s}$

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 26. Cálculo del caudal de diseño, proyección cinco años

CAUDAL (Q) DISEÑO	
Fórmulas de proyección	$P_n = P^o(1 + r)^n$
T= Tiempo (10 horas) r= Tasa de crecimiento estudiantil 4.9% P ^o = población inicial (1617) P _n = población en años n= vida útil del proyecto (5 años)	$P_5 = 1617(1 + 0.049)^5$ <p>$P_5 = 2054$ población en cinco años</p> <p>1617 estudiantes → 11.74 m³/10h 2054 estudiantes ← x</p> <p>X = 14.91m³ /día Caudal de diseño</p>

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

11.3.4 Pre-tratamiento

11.3.4.1 Trampa de grasa

La trampa de grasa se diseñó por cuanto se está utilizando aguas domésticas, que recoge aceites y grasas de la cocina del bar.

11.3.4.2 Cálculos del diseño

El diseño se realizó con una proyección de cinco años. (Véase Anexo E, diseño 1)

Tabla 27. Medidas de la trampa de grasa (pre-tratamiento)

MEDIDAS DE LA TRAMPA DE GRASA	
Largo de la trampa de grasa: 1.20 m	Tubería de 3"
Ancho: 0.60 m	Codos y Tee 90°
Altura mínima: 0.80 m	Tapa incluida
Altura total: 1.10 m	Volumen: 0.47 m ³
Bordes 0.10 m	

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 28. Cálculo del volumen de la trampa de grasa

VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO DE LA TRAMPA DE GRASA	
Fórmulas	$Vol = Q \times Tr$
Vol= Volumen Q= caudal Tr= Tiempo de retención	$Vol = 0.00041 \text{ m}^3/s \times 1440 \text{ s}$ $Vol = 0.59 \text{ m}^3$

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 29. Cálculo de las dimensiones de la trampa de grasa

DIMENSIONAMIENTO LARGO-ANCHO DE LA TRAMPA DE GRASA	
Fórmulas	$Vol = L \times B \times H$ $L = \frac{V}{B \times H}$
Vol= Volumen L= Largo de la trampa B=Ancho de la trampa H= Altura mínima	$L = \frac{0.59 \text{ m}^3}{0.60 \text{ m} \times 0.80 \text{ m}}$ $L = 1.20 \text{ m}$

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

11.3.5 Tratamiento primario

11.3.5.1 Reservorio de agua

Se diseñó tres reservorios de 510 litros de capacidad máxima para un caudal de 1.49 m³/h, tomando como referencia medidas similares de reservorios que se pueden adquirir en el mercado. Estos reservorios almacenarán el agua que descargará el bloque académico cada hora. (Véase Anexo E, diseño 2)

11.3.5.2 Cálculos de diseño

Tabla 30. Medidas del reservorio de agua

MEDIDAS DEL RESERVORIO DE AGUA	
Tipo de reservorio: circular	Tubería de 3"
Radio: 0.44 m	Codos 90°
Altura mínima: 0.80 m	Tapa incluida
Altura total: 1.00 (tapa incluida)	Volumen: 0.60 m ³
Borde circular: 0.10 m	Caudal diseño: 1.49 m ³ /h

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 31. Cálculo del volumen de almacenamiento del reservorio

VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO DEL RESERVORIO		
Fórmulas	$A = \gamma 2. \pi$	$V = A \times H$
Qh=1.49 m ³ /h A= área γ = radio π = pi V= volumen de almacenamiento H= altura máxima	$A = (0.44 \text{ m})^2 \times 3.1416$ $A = 0.60 \text{ m}^2$	$V \text{ almc} = 0.60 \text{ m}^2 \times 0.85 \text{ m}$ $V \text{ almc} = 0.51 \text{ m}^3$ $V \text{ almc} = 510 \text{ L}$

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

11.3.6 Tratamiento secundario

11.3.6.1 Biofiltro

11.3.6.2 Cálculos de diseño

Tabla 32. Medidas del biofiltro

MEDIDAS DEL BIOFILTRO	
Temperatura media de UA-CAREN= 14°C	Área= 89.40 m ²
Tiempo de retención= 2.3 días	Dimensión L:A L: 13.36 m A: 6.68 m
Concentración de DBO que quiero minimizar= 200 mg/L	Tubería de 2" pulgadas al final del bio-filtro.
Volumen de agua= 71.52 m ³	Q= 14.90 m ³ /10 h
Pendiente= 1% (0.14 m)	Lecho filtrante Arena media= 1mm Arena con grava = 8mm Arena con grava= 32mm Tierra= Franco-arenosa
Bordes: 0.10 m (cada lado)	

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 33. Cálculo de la velocidad de reacción

CÁLCULO EN FUNCIÓN DE LA REMOSIÓN DE LOS CONTAMINANTES (Ecuación de Arrhenius)	
Fórmulas	$Kr = k_{20}(1.06^{(T-20)})$
T° = 14° C Kr= constante de reacción	$Kr = k_{20}(1.06^{(14-20)})$ $K_{14} = 0.70$

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 34. Cálculo del tiempo de retención de agua

CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN	
Formulas	$t = \frac{-\ln\left(\frac{C}{C^{\circ}}\right)}{Kr}$
Kr= constante de reacción C= concentración deseada C°= concentración de DBO5 In= Logaritmo natural t= tiempo	$t = \frac{-\ln\left(\frac{200 \text{ mg/l}}{1027.2 \text{ mg/L}}\right)}{0.70}$ $t = 2,3 \text{ días}$

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 35. Cálculo de la velocidad de carga orgánica

CÁLCULO DE VELOCIDAD DE CARGA ORGÁNICA	
Formulas	$v = \frac{C * dw * n}{t}$
T= tiempo de retención C= concentración de DBO5 Dw= profundidad del sustrato n= porosidad del lecho	$v = \frac{1027.2 \frac{\text{gr}}{\text{m}^3} * 0.80\text{m} * 0.464}{5}$ $= 76. \frac{25\text{mg}}{\text{m}^2} * \text{día}$

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 36. Cálculo del volumen del bio-filtro

CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL BIOFILTRO	
Fórmulas	$Q = \frac{V}{t}$
V= Volumen Q=Caudal t= Tiempo de retención (2.3 días)	$V = 14.90 \frac{\text{m}^3}{10\text{h}} * 48\text{h}$ $V = 71.52\text{m}^3$

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 37. Cálculo del área del bio-filtro

CÁLCULO DEL AREA DEL BIOFILTRO	
Fórmulas	$V = A * h$ $A = \frac{V}{h}$
V= Volumen A= área h= altura del bio-filtro	$A = \frac{71.52 \text{ m}^3}{0.80 \text{ m}} = 89.40 \text{ m}^2$

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 38. Dimensiones del bio-filtro

DIMENSIONES DEL LARGO: ANCHO	
Fórmulas	$Largo: ancho \ 2: 1$ $\text{Área} = 2x * x$
A= área L= largo 13.36 m x= ancho 6.68 m	$A = 2x^2$ $x^2 = \frac{A}{2}$ $x^2 = \frac{89.4 \text{ m}^2}{2}$ $x = \sqrt{44.7 \text{ m}^2}$ $x = 6.68 \text{ m}$

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

11.3.7 Diseño del sistema de tratamiento bio-filtro

11.3.7.1 Diseño con medidas reales

El diseño se realizó en base a los cálculos propuestos. (Véase Anexo E, diseño 3)

11.3.7.2 Diseño del prototipo a escala

El diseño se realizó con las medidas de implementación. (Véase Anexo E, diseño 4)

11.3.8 Construcción del prototipo de bio-filtro

11.3.8.1 Consideraciones de construcción

Se consideró las medidas a escala para la implementación del prototipo, dejando la altura del sistema con su medida real. Estas medidas incluyen los bordes adicionales del diseño real.

Tabla 39. Medidas del prototipo de biofiltro a escala 1: 6,61

Largo	2.05 m
Ancho	1.04 m
Profundidad (altura)	0.80 m

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

11.3.8.1.1 Nivelación del suelo

Se procedió a medir el lugar a ocupar, se colocó cuatro estacas en los extremos de cada punto medido, como distintivo para poder nivelar el suelo.

11.3.8.1.2 Excavación de la tierra

Con la nivelación del suelo, se procedió a excavar 0.80 m de profundidad que necesita la planta para desarrollar sus raíces al crecer. Se compactó la base del biofiltro con la misma tierra y se impermeabilizó con un plástico negro de forma que evite la mayor filtración posible. Se niveló el lecho tomando en cuenta el 1% de caída que debe tener el biofiltro.

11.3.8.1.3 Cernido de arena y grava

La tierra que se extrajo de la excavación sirvió para cernir la grava y la arena ya que poseía bastante material pétreo.

11.3.8.1.4 Implementación de la estructura del biofiltro

Se dividió en tres partes el biofiltro, al inicio se colocó la grava pequeña en el espacio intermedio se ubicó la tierra que se retiró en un principio cuando se compactó la base del biofiltro. La tercera división se realizó de arena y grava grande, se instaló la grava al final para que el agua salga sin arrastrar la arena. Al final se colocó un tubo para la salida del agua a 0.10 m de la base del prototipo.

11.3.8.1.5 Siembra de plantas de pantano

Las plantas fueron traídas de un humedal natural se sembró en el espacio intermedio del biofiltro comenzando por los juncos y terminando con las totoras.

11.3.8.1.6 Mantenimiento del bio-filtro

El prototipo no podrá ser utilizado mientras no crezcan y se adapten lo suficiente las plantas, el crecimiento de las plantas tardará aproximadamente seis meses, por cuanto el mantenimiento continuo se dará a las plantas mediante el riego constante con agua limpia y el desbroce de malezas.

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

Tabla 40. Impactos generados con la implementación del biofiltro

	POSITIVOS	NEGATIVOS
IMPACTOS TÉCNICOS		Ocupará un espacio, el cual no se podrá hacer uso para ninguna otra actividad. Debe existir agua constante para que el biofiltro funcione y las plantas puedan crecer.
IMPACTOS SOCIALES	Los estudiantes de la carrera de ingeniería ambiental podrán realizar monitoreo de agua, seguimientos y mejoras al proyecto implementado.	El proyecto está limitado a la carrera ambiental a pesar de que beneficie a todos los estudiantes, debido a que es un proyecto ecológico enfocado a las buenas prácticas ambientales.
IMPACTOS AMBIENTALES	Modificación del suelo donde se sembró las plantas del biofiltro, de manera que recuperará las condiciones	

	<p>edáficas del mismo, puesto que son suelos áridos.</p> <p>Recuperación del agua residual gris de manera que se podrá hacer uso de ella para una actividad agrícola o simplemente para ser reintegrada al ecosistema.</p> <p>El proyecto no posee estructura civil de concreto, lo que ayuda a que el proyecto sea ecologista.</p> <p>Diversidad faunística aumentara progresivamente en el campus debido al florecimiento del junco.</p>	
<p>IMPACTOS ECONÓMICOS</p>	<p>El gasto es único, una vez implementado el proyecto no se debe realizar más obras constructivas, el mantenimiento es continuo y no genera gastos.</p>	<p>Para que el biofiltro este en mantenimiento continuo se deberá asignar un grupo de personas que se encarguen semanalmente de realizar las limpiezas pertinentes, este grupo podría ser estudiantes de la carrera, se deberá contar con el apoyo estudiantil.</p>

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:

Tabla 41. Presupuesto para la elaboración de un biofiltro en la UA-CAREN

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACION DE UN BIOFILTRO EN LA UA-CAREN*				
Resultados/Actividades	Primer año			
	1er Trimestre	2do trimestre	3er trimestre	4to trimestre
Identificar y referenciar fuentes y destinos de aguas grises.	\$ 47,20			
Caracterización de las aguas grises	\$ 200,25			
Recopilación de modelos ecológicos funcionales.	\$ 46,00			
Caracterización del entorno social, ecológico y económico del campus		\$ 23,00		
Diseño del prototipo a ejecutar*		\$ 15,00		
Construcción del prototipo a ejecutar		\$ 124,50		
TOTAL		\$ 455,95		
Imprevistos al 10%		\$ 45,60		
Total		\$ 501,55		
* Detalle de las actividades en anexos (Véase Anexo B, tabla 14)				

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1 CONCLUSIONES

El bloque académico genera un caudal de $11.74 \text{ m}^3/10\text{horas}$ de agua residual gris que son depositadas en el pozo séptico.

Los resultados del análisis de laboratorio determinaron que existe una alta concentración de DBO (1027.2 mg/L), DQO (2670 mg/L) que en comparación con la normativa vigente TULSMA el DBO máximo permisible (100mg/L) y DQO (200 mg/L) sobrepasan los niveles para ser descargados en un cuerpo de agua dulce, al igual que los sólidos sedimentables ($23\text{mg/L}\cdot\text{h}$) y suspendidos (528 mg/L).

Se determinó que el bloque 11 presente deficiencias en el modelo actual de gestión sanitaria generando molestias e inconvenientes en los estudiantes.

Con la evaluación del sistema actual se implementó un prototipo de sistema de tratamiento: biofiltros. Para mayor efectividad de minimización de DBO del agua se colocó grava y arena al inicio del biofiltro. Las plantas totora y junco se adaptaron rápidamente al lugar aunque se deberá esperar hasta que se sus raíces se profundicen para realizar el tratamiento. Los sistemas de tratamiento ecológicos son factibles siempre y cuando se tengan mantenimiento continuo y espacios suficientes para su implementación.

14.2 RECOMENDACIONES

La nivelación de suelo deberá tener una pendiente de 1% para evitar lagunas de agua y se obstruya el sistema.

La trampa de grasa se debe adaptar en material plástico resistente con las medidas y criterios propuestos del diseño cuando se llegue a implementar. Se la colocará semienterrada a nivel de la tapa del reservorio. Su mantenimiento deberá ser cada 15 días, dependiendo la cantidad de grasas que se acumulen en la trampa. Las grasas que se sacaran de la trampa serán confinadas en una fosa y tapadas con tierra.

Al momento de implementar el reservorio para el agua gris, este deberá adaptarse al diseño, salvo que este tenga alguna inconformidad u no se encuentre el reservorio para la capacidad citada, la persona que implemente puede modificar el diseño u adaptar un reservorio a las necesidades que se presente. Cuando se implemente el tanque de reservorio este deberá ser enterrado a un metro de profundidad para estabilidad dejando 15cm del área de la tapa libre, por donde pasara también la tubería pertinente.

Las plantas del biofiltro deberán ser regadas todos los días con agua normal hasta que crezcan y se adapten a las condiciones del lugar, es recomendable colocar un sistema de aspersión de riego temporizado. El sistema deberá tener una canaleta de desagüe para que el agua de lluvia no arrastre la película de tierra del biofiltro.

Se debe realizar estudios y seguimiento para separar aguas grises y negras.

Implementar el biofiltro de dimensiones y funcionalidad reales conjuntamente con un modelo de gestión y operación del sistema.

15. BIBLIOGRAFIA

- Espigares García, M., & Pérez López, J. A. (1985). *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada. Obtenido de Universidad de Granada.
- Barla Galván, R. (2012). *Glosario Ecologico*. Obtenido de Un diccionario para la educacion ambiental: http://www.elcastellano.org/glosario_ambiental.pdf
- Bridgewater, A., & Bridgewater, G. (2009). *Energias Alternativas: Handbook*. Paraninfo. Recuperado el 18 de Abril de 2016, de https://books.google.com.ec/books?id=MaFWxhkFHKAC&pg=PA187&dq=que+son+aguas+grises&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjSuKye2sPKAhUjuIMKHQ_sDGk4ChDoAQhCMAc#v=onepage&q=que%20son%20aguas%20grises&f=false
- Buenfil, J. (2004). *Instrumentos Educativos para el Saneamiento Ecológico. Proyecto Piloto TepozEco*. Obtenido de Biofiltro: La jardinera que filtra las aguas grises para reciclarlas: http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/BUENFIL%20La%20Jardinera%20que%20Filtra%20las%20Aguas-SPANISH.pdf
- Bureau Veritas Formación. (2008). *Manual para la formacion en Medio Ambiente: Contaminacion de las aguas* (Vol. I). Valladolid, España: Lex Nova S.A. Recuperado el 14 de Julio de 2016, de https://books.google.com.ec/books?id=J7rMDpW49ZQC&pg=PA220&dq=aguas+residuales+industriales+que+son&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjarbLoo_PNAhWM1h4KHT-qARkQ6AEIYjAJ#v=onepage&q=aguas%20residuales%20industriales%20que%20son&f=false
- Centro de Estudios y Promocion para el Habitar. (2010). *Biofiltros domiciliarios. Filtros biológicos para la remoción de nutrientes de aguas grises*. (H. Delgado, & W. Pérez, Edits.) Obtenido de <http://www.ideassonline.org/public/pdf/BrochureBiofiltro.pdf>
- Consejo Nacional de Recursos Hidricos, (. (Noviembre de 2002-2006). *Gestión de los recursos hídricos del Ecuador, políticas y estrategias*. Obtenido de Resumen Ejecutivo: <https://es.scribd.com/doc/52208701/CNRH-RECURSOS-HIDRICOS>

- Consejo Nacional de Recursos Hídricos, (CNRH). (2003). La contaminación del agua en el Ecuador. Quito.
- Consejo Nacional de Recursos Hídricos, CNRH. (2006 b). Gestión integral de los recursos hídricos del Ecuador: información básica. Quito.
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems. Water Resources and Environmental Engineering*. WCB MCGraw-Hill.
- Cubillos, A. (1980). *Proyecto de desarrollo tecnológico de las instituciones de abastecimiento de agua potable y alcantarillado: Parámetros y características de las aguas residuales*. Lima, Perú. Recuperado el 12 de Mayo de 2016, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/011643/011643-09.pdf>
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L. F., & Andrade, M. (2010). Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Cochabamba, Bolivia.
- Dirección de agua potable y alcantarillado de Latacunga (DAPAL). (2011).
- Duchicela G, N. V., & Toledo V, M. K. (2014). Determinación de eficiencia de especies vegetales: Totorá-Achira implementadas en biofiltros para agua de riego en Punín 2013. (*Tesis inédita de ingeniería*) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Gauss, M., Cáceres A., V., & Fong J., N. (2006). *Uso de la combinación de Bio-filtros para la remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas*. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/gauss.pdf>
- Gauss, M., Cáceres, V., & Fong, N. (2004). Investigaciones y experiencias con biofiltros en Nicaragua y Centroamérica. *Simposio internacional de tecnologías alternativas en agua y saneamiento para pequeñas localidades Lima, Perú*, (pág. 20). Managua.
- Gutiérrez A., C. L. (2010). La Contaminación del Río Cutuchi. (*Tesis inédita de post-gradó en derecho ambiental*). Universidad Particular de Loja. Loja.
- Henry, J. G., & Heinke, G. W. (1999). *Ingeniería Ambiental: Aguas residuales* (Segunda ed.). Mexico: Prentice Hall. Recuperado el 25 de Abril de 2016
- Hoffmann, H., Platzer, C., Winker, M., & Von Muench, E. (2011). *Revisión técnica de humedales artificiales de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas grises y aguas domésticas*. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für.

- Homsí Auchén, J. (2010). *Actualización para reutilización de aguas grises del “Reglamento general de alcantarillados particulares, fosas sépticas, cámaras filtrantes, cámaras de contacto, cámaras absorbentes y letrinas domiciliarias”* Decreto supremo N° 236 de 1926. Informe final. Dirección general de aguas (DGA), Santiago de Chile.
- Jenkins, J. (2005). *Humanure Handbook*. Chelsea Green Publishing.
- Lara B., J. A. (1999). Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales. (tesis inédita de masterado) Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.
- Lozano Rivas, W. A. (2012). *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. Módulo didáctico*. Obtenido de Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_37_trampa_de_grasas.html
- Martín García, I., Betancort Rodríguez, J. R., Salas Rodríguez, J. J., Peñate Suárez, B., Pidre Bocado, J. R., & Sardón Martín, N. (2006). *Guía sobre tratamientos de aguas residuales urbanas para pequeños núcleos de población: Mejora de la calidad de los efluentes*. Instituto Tecnológico de Canarias. Recuperado el 6 de Junio de 2016, de Mejora de la calidad de los efluentes: <http://www.cienciacanaria.es/files/Guia-sobre-tratamientos-de-aguas-residuales-urbanas-para-pequenos-nucleos-de-poblacion.pdf>
- Metas & Metrólogos Asociados. (2010). Medición de turbidez del agua. *La guía metas*, 100, 6.
- Niño Rodríguez, E. D., & Martínez Medina, N. C. (Diciembre de 2013). Estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá. *Pontificia Universidad Javeriana*. Bogotá, Colombia.
- Observatorio del Agua. El Salvador. (Abril de 2015). *Taller aguas 2015*. Obtenido de Humedales: http://agua.marn.gob.sv/Documentos/TallerAguas2015/Humedales_CEDEx_v4.pdf
- Organización Panamericana de la Salud (PAHO). (2010). *De saneamiento rural y salud: Tecnologías para disposición de excretas y aguas residuales*.
- Orozco Jaramillo, A. (2005). *Bioingeniería de Aguas Residuales: Teoría y diseño*. ACODAL.
- Ortiz Moreno, J. A., Masera Cerutti, O. R., & Fuentes Gutiérrez, A. F. (2014). *La ecotecnología en México*. Imagia Comunicación. Recuperado el 9 de Mayo de 2016,

de <http://ecotec.cieco.unam.mx/Ecotec/wp-content/uploads/La-Ecotecnolog--a-en-M--xico-ENE-2015-BR.pdf>

Perez, D. (2015). *wikipedia.org*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Schoenoplectus_californicus

Quintana Piña, R. (Abril de 2013). *Organización y montaje mecánico e hidráulico de instalaciones solares térmicas*. Recuperado el 13 de Julio de 2016, de <https://books.google.com.ec/books?id=xgNiReQHU9AC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Reed Business Information Spain. (2004). Revista de la captación, tratamiento, distribución y depuración del agua y su impacto medioambiental. *Tecnología del agua*, 24(249), 104. Recuperado el 8 de Mayo de 2016, de https://books.google.com.ec/books?id=iGAEAAAAMBAJ&pg=PT95&dq=aguas+residuales+y+juncos&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjV_4Tsl_3NAhWBWh4KHWStDY8Q6AEIWzAJ#v=onepage&q=aguas%20residuales%20y%20juncos&f=false

Rojas, J., CEPIS, C. c., & OMS, O. (2006). *Tratamiento de aguas grises*. Recuperado el 6 de Junio de 2016, de Presentacion taller de tecnologias de saneamiento, poblaciones rurales dispersas.

Salgado V, A. R., & Quintana M, T. V. (Agosto de 2005). Comparación técnica-económica de sistemas de tratamiento de aguas residuales generadas por plantas de alimentos. Managua, Nicaragua.

Sanchez, O. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México: Nociones básicas sobre los parámetros fisicoquímicos*. Instituto Nacional de Ecología. Recuperado el 11 de Mayo de 2016, de https://books.google.com.ec/books?id=uWlrx-r3oC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Tapia , F., & Villavicencio, A. (2007). Uso de biofiltros para mejorar la calidad del agua de riego. Proyecto FONSAG: “Evaluación de biofiltros para reducir la contaminación difusa en aguas de riego de las regiones VI y VII”. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N°170*, 128.

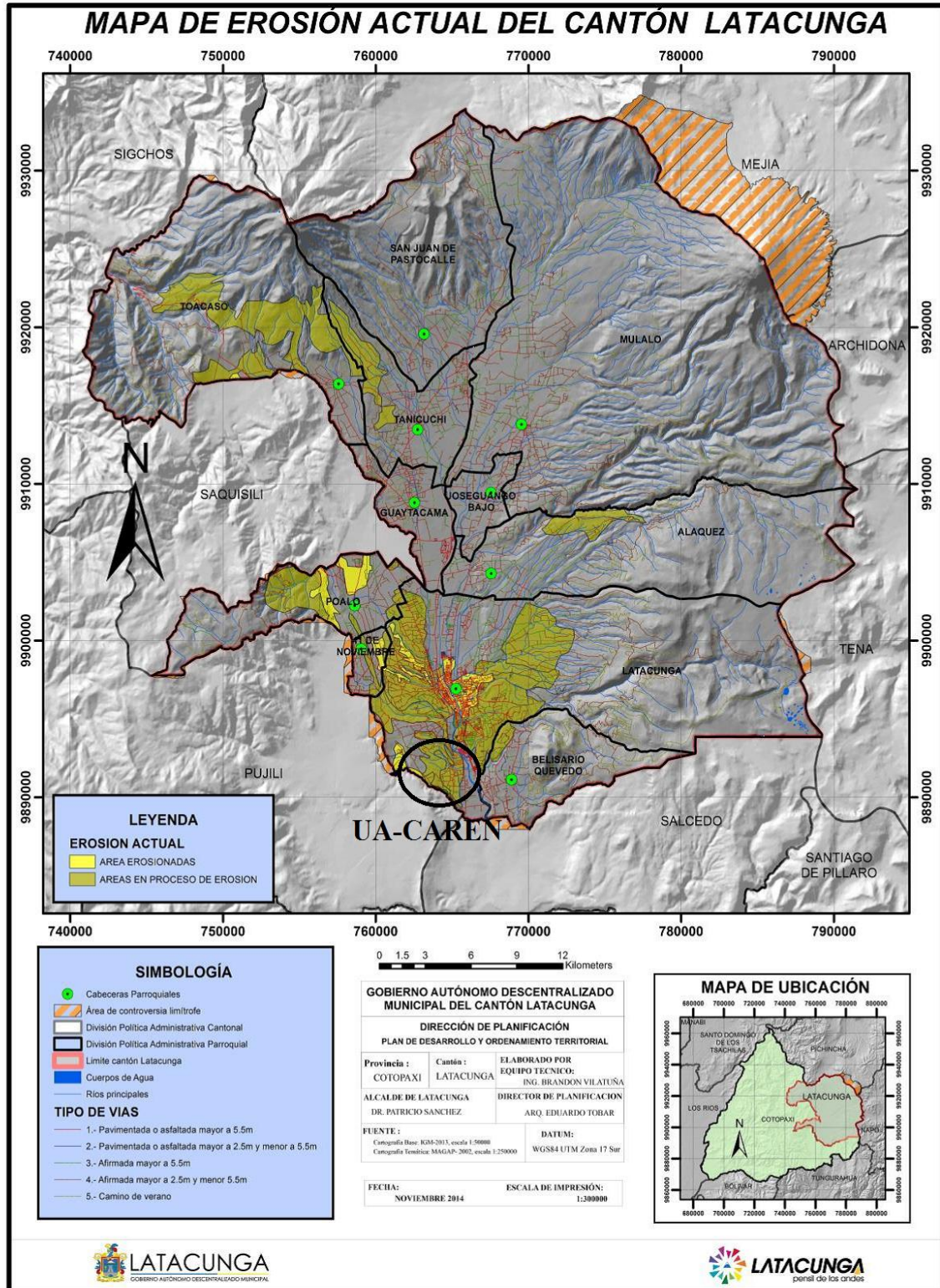
- Water and sanitation program . (Abril de 2006). *Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades*. Recuperado el 6 de Mayo de 2016, de http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2006/05/05/000012009_20060505140210/Rendered/PDF/360810WSP0rev0biofiltro01PUBLIC1.pdf
- Yee-Batista. (31 de 12 de 2013). Ríos de Latinoamérica, entre los más contaminados del mundo. (M. V. Ojea, Entrevistador)
- Yocum, D. (2011). *Manual de Diseño*. Recuperado el 6 de Abril de 2016, de Humedal construido para el tratamiento de las aguas grises por biofiltración: http://www2.bren.ucsb.edu/~keller/courses/GP_reports/Diseno_Humedal_AguasGrises.pdf

16. ANEXOS

ANEXO A

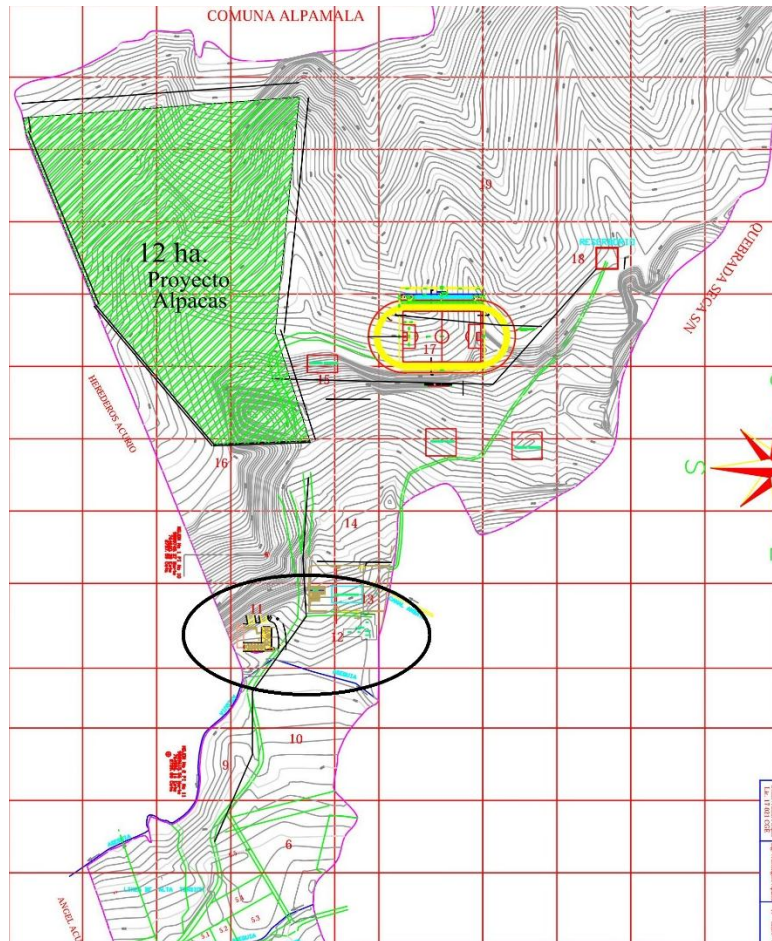
MAPAS

Mapa 1. Mapa de erosión de Latacunga, proceso de erosión UA-CAREN



Fuente: Cartografía Base: IGM-2013, escala 15:0000, cartografía Temática: MAGAP-2002 escala 125:0000

Mapa 2. Ubicación del bloque 12 de la UA-CAREN



Fuente: Administración UA-CAREN, 2016



Bloque 11: Aulas del bloque académico

Bloque 12: Lugar de ejecución del proyecto

ANEXO B
TABLAS

Tabla 1. Estimación de los beneficiarios del proyecto a cinco años.

Estimación de la población futura	
Fórmulas de proyección	$P_n = P^o(1 + r)^n$
r= Tasa de crecimiento estudiantil 4.9%	
P°= población inicial (1617)	$P_5 = 1617(1 + 0.049)^5$
Pn= población en años	$P_5 = 2054$ población en cinco años
n= vida útil del proyecto (10 años)	

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 2. Cálculo de la muestra poblacional para realizar la encuesta

Cálculo de la muestra poblacional para las encuestas	
Fórmulas	$n = \frac{Z^2 p q N}{NE^2 + Z^2 pq}$
n es el tamaño de la muestra;	
Z es el nivel de confianza;	$n = \frac{(1.96)^2 * 0.5 * 0.5 * 1617}{1617 * (0.05^2) + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5}$
p es la variabilidad positiva;	$n = 311$ encuestas
q es la variabilidad negativa;	
N es el tamaño de la población;	
E es la precisión o el error.	

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 3. Numero de fuentes de descarga de agua gris

Descripción de la fuente total	Fuente Total	N° de descarga
Baterías sanitarias 1	Baños	9
	Lavamanos	7
Baterías sanitarias 2	Baños	7
	Lavamanos	8
Cocina del Bar	Lavaplatos	1
Total	5	32

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 4. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100

Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

Fuente: TULSMA, Libro VI, Anexo 1

TABLAS DE ENCUESTA

Tabla 5. Pregunta 1. Conoce de algún tipo de inconformidad con las condiciones de los baños del bloque académico de la universidad?

Conoce de algún tipo de inconformidad con las condiciones de los baños del bloque académico de la universidad?	
SI	272
NO	39

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 6. Pregunta 1. Tabla de resultados sobre la inconformidad de las condiciones de los baños por carreras.

	Agronomía	Veterinaria	Ecoturismo	Ambiente	Agronomía
SI	40	70	31	89	42
	Agronomía	Veterinaria	Ecoturismo	Ambiente	Agronomía
NO	8	10	6	8	7

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 7. Pregunta 2. Tabla de evaluación de la infraestructura sanitaria

Según su opinión personal como evalúa la infraestructura sanitaria(baños)				
PREGUNTA	VALORACION	fi	%	
2	Excelente	5	17	5
	Bueno	4	182	59
	Malo	3	96	31
	Pesimo	2	16	5
	TOTAL		311	100

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 8. Pregunta 3. Tabla de formas de descarga de aguas residuales

Cuál cree Ud. que es la forma de la descarga de aguas residuales del bloque académico de la UA-CAREN				
PREGUNTA	VALORACION		fi	%
3	Alcantarillado	4	120	39
	Pozo septico	3	136	44
	Descarga Directa	2	43	14
	Otros	1	12	4
	TOTAL		311	100

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 9. Pregunta 4. Conoce Ud, si en la universidad realizan algún tipo de tratamiento a las aguas residuales.

Conoce Ud., Si en la universidad realizan algún tipo de tratamiento a las aguas residuales?				
PREGUNTA	VALORACION		fi	%
4	Si	5	25	8
	No	4	213	68
	Desconozco el tema	3	73	23
	TOTAL		311	100

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 10. Pregunta 5. Conoce Ud, acerca de eco-tecnologías o tratamientos no convencionales para la recuperación de aguas residuales?

Conoce Ud. Acerca las eco-tecnologías o tratamientos no convencionales para la recuperación de aguas residuales? Indique cuales.				
PREGUNTA	VALORACION		fi	%
5	Humedales artificiales	5	50	16
	Lagunas de estabilizacion	4	45	14
	Biofiltros	3	156	50
	Filtros verdes	2	43	14
	No conocen		17	5
	TOTAL		311	100

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 11. Pregunta 6. Si se plantea un sistema ecológico sostenible de recuperación de aguas como el BIOFILTRO en el bloque académico Ud. apoyaría el proyecto?

Si se plantea un sistema ecológico sostenible de recuperación de aguas como el BIOFILTRO en el bloque académico Ud. apoyaría el proyecto?				
PREGUNTA	VALORACION		fi	%
6	Si	5	210	68
	No	4	101	32
	TOTAL		311	100

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 12. Pregunta 7. Que deficiencias cree Ud. Que posee el bloque académico en gestión de descarga de aguas residuales?

Que deficiencias cree Ud. Que posee el bloque académico en gestión de descarga de aguas residuales?				
PREGUNTA	VALORACION		fi	%
7	Falta de presupuesto	5	135	43
	Falta de iniciativas	4	126	41
	Falta de convenios	3	50	16
	TOTAL		311	100

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 13. Pregunta 8. Cómo calificaría Ud. el sistema de gestión de descarga de aguas residuales de la Universidad?

Cómo calificaría Ud. el sistema de gestión de descarga de aguas residuales de la Universidad?				
PREGUNTA	VALORACION	fi	%	
8	Excelente	5	16	5
	Buena	4	127	41
	Mala	3	132	42
	Pesima	2	36	12
	TOTAL		311	100

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 14. Pregunta 9. Cree Ud. Que el campus debería transformarse en un campus ecológico en cuanto a gestión de desechos?

Cree Ud. Que el campus debería transformarse en un campus ecológico en cuanto a gestión de desechos?				
PREGUNTA	VALORACION	fi	%	
9	Si	5	217	70
	No	4	41	13
	Talvez	3	53	17
	TOTAL		311	100

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

Tabla 15. Detalle de presupuesto del proyecto recuperación de aguas residuales grises.

PRESUPUESTO INICIAL PARA LA ELABORACION DE UN BIOFILTRO EN LA UA-CAREN			
OBJETIVO 1: Evaluación del modelo actual de gestión de aguas grises en el campus CEYPSA.			
ACTIVIDADES	MATERIALES	UNIDAD (\$)	TOTAL
ACT 1 :	GPS alquilado por una semana	5,00	25,00
	Cuadernos	1,5	1,5
	Esferos	0,35	0,7
	Balde milimetrado	8	8
	caja de guantes	1	2

	cronometro	0	0
	Camara Fotográfica (alquiler)	10	10
ACT 2 :	Frascos para muestras	2,5	7,5
	marcadores	0,75	0,75
	Analisis de laboratorio de las muestras (1 análisis)	190	190
	Cooler mediano	2	2
OBJETIVO 2. Diseño de alternativas ecológicas para la gestión de aguas grises en el área de aulas.			
ACT 1 :	Copias	0,05	40
	Laminas A3	1	6
ACT 2 :	Impresiones	1	1
	copias	7	7
ACT 3 :	Internet	15	15
OBJETIVO 3. Implementar un prototipo de biofiltros en el área de aulas Ceypsa.			
ACT 2	Calculadora	15	15
ACT 3	Talento humano	20	60
	Alimentación	10	30
	Malla para cernir arena	5	5
	tuberia PVC (3metros)	3,5	3,5
	palas (Alquilada)	5	5
	pico (Alquilada)	5	5
	barreta (Alquilada)	5	5
	arena**	0	0
	grava**	0	0
	manguera(7 metros)	4	4
	Codo	1	1
	Plastico negro	2	5
	Tee	1	1
TOTAL			

** la grava y arena no se compró debido a que se utilizó grava del propio lugar

ANEXO C
FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Residuos de agua del pozo séptico (pasivo ambiental)



Fotografía 2. Fosas sépticas (pasivo ambiental)

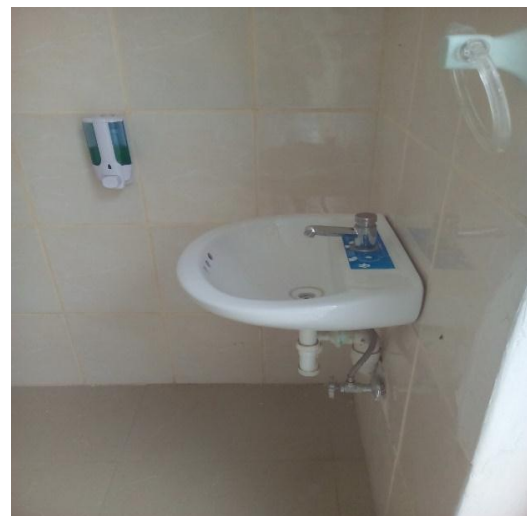


PROCEDIMIENTO DE LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Fotografía 3. Levantamiento de información geográfica en cada una de las fuentes y destinos de aguas grises.



Fotografía 4. Cálculo del caudal comercial de agua mediante el grifo automático



Fotografía 5. Toma de agua gris para análisis en el laboratorio



Fotografía 6. Etiquetado de muestras



Fotografía 8. Resultados de los análisis de laboratorio de las aguas grises



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIONES Y CONTROL AMBIENTAL



Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (00593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (00593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicamepn@gmail.com
Quito - Ecuador

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 30 de mayo de 2016

No. IR16-683

DATOS DE CLIENTE

Ref. ST16-108

Solicitado por: GLENDA NAGUA

Atención:

Teléfono:

Dirección: Latacunga

Identificación de la muestra: ninguna

Origen: descarga doméstica

Fecha de recolección: 18/05/2016

Tipo de muestra: Agua residual

Responsable de toma de muestra: Cliente

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: No

Se utilizó preservante: No

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: M- 683

Fecha de ingreso al Laboratorio: 18/05/2016

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	***Descarga al alcantarillado público	***Descarga a un cuerpo de agua dulce	FECHA DEL ANALISIS	PROCEDIMIENTO
(*) Aceites y grasas	mg/L	29,6	70,0	30,0	20/05/2016	APHA 5520 B, Gravimétrico
(*) Coliformes totales	NMP/100mL	93x10 ⁹			19/05/2016	APHA 9222 C
(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	1027,2	250	100	19/05/2016	PEE/CICAM/06 (APHA 5210 B)
(*) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	2670	500	200	19/05/2016	PEE/CICAM/01 (APHA 5220 D)
(*) Fósforo total (P)	mg/L	8,6	15,0	10,0	20/05/2016	APHA 4500 - P C, Colorimétrico
(*) Nitrógeno total (N)	mg/L	34,0			20/05/2016	Procedimiento interno
(*) Sólidos sedimentables	mL/L *h	23	20		19/05/2016	APHA 2540 F
(*) Sólidos suspendidos	mg/L	528	220	130	25/05/2016	APHA 2540 D
(*) Tensoactivos (detergentes aniónicos)	mg/L	21,79	2,0	0,5	20/05/2016	PEE/CICAM/03 (APHA 5540 C Colorimétrico / Aniónic Surfactants as

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

***Límites máximos permisibles de acuerdo al Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua. Tablas 9 y 10 (Descarga al sistema de alcantarillado público y descarga a un cuerpo de agua dulce)

Incertidumbre (U) del método (matriz acuosa)		
Parametro	Rango de trabajo	U (%)
Tensoactivos (mg/L)	0,025-0,1	17,23
	0,1-1	10,01
	1-10,0	17,89
	10-100 (dilución)	17,64
DBO (mg/L)	2 - 200	17,3
	200 - 500	14,2
DQO (mg/L)	10-100	22,8
	100-1000	4,4
	1000-10000	15,9

Realizado por: Quím. Pablo Saavedra
ANALISTA RESPONSABLE



Revisado por: Ing. Carola Fierro
DIRECTORA DE CALIDAD

Fotografía 9. Implementación del prototipo de Biofiltro, Nivelación de suelo



Fotografía 10. Implementación del prototipo de Biofiltro, excavación de la profundidad adecuada para el biofiltro.



Fotografía 11. . Implementación del prototipo de Biofiltro, impermeabilización del lecho



Fotografía 12. Implementación del prototipo de Biofiltro, Cernido de arena, grava



Fotografía 13. Implementación del prototipo de Biofiltro, colocación de la grava y arena por secciones.



11.4 Fotografía 14. Implementación del prototipo de Biofiltro, Siembra de plantas



ANEXO D
MATRICES DE CAMPO

Tabla 1. Hoja de registro diario de seguimiento para la toma de caudal de agua gris


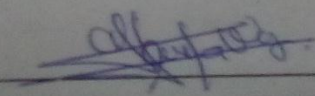


 INGENIERÍA MEDIO AMBIENTE				
RECUPERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES GRISES MEDIANTE BIOFILTROS				
AFORO-MEDICION DE VOLÚMENES				
Fecha de realización seguimiento:		Hora inicial 8:00		Hora final 16:00
Información general				
Dirección:	Blagee académicas, UA-CAREN			
Nombre de la fuente:	Aguas Residuales Grises			
PUNTOS DE RECOLECCIÓN DE AGUAS GRISES				
Días	1 Litro			Q promedio
	8:00	12:00	16:00	
Lunes	7 s	6.8 s	5 s	
Martes	10 s	8.9 s	5.9 s	
Miercoles	14.12 s	8.7 s	6.75 s	
Jueves	7.4 s	10 s	3.86 s	→ Q = 0,26 l/s
Viernes	10 s	8 s	5.01 s	
Observaciones	Se tomó el caudal del acento extremo			
Responsable	Glenda Payer 			

Tabla 2. Encuesta realizada a los estudiantes para caracterizar el campus socio-ecológico de la UA-CAREN.

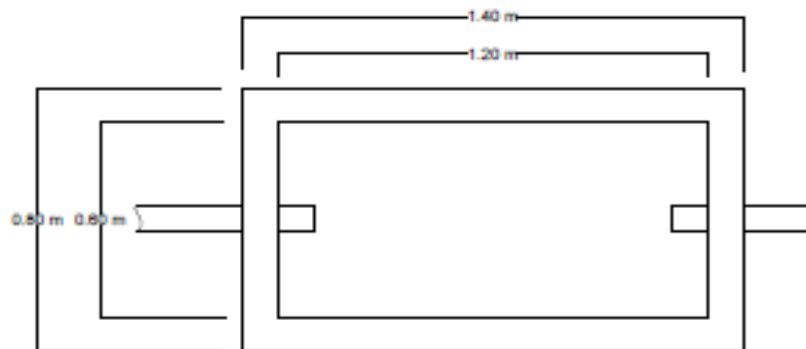
 Universidad Técnica de Cotopaxi		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		 Ingeniería Medio Ambiente	
CARRERA DE INGENIERIA EN MEDIO AMBIENTE					
ENCUESTA PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO SOCIAL, ECOLÓGICO Y ECONÓMICO DEL CAMPUS					
Carrera:					
1.- Conoce de algún tipo de inconformidad con las condiciones de los baños del bloque académico de la universidad?					
SI					<input checked="" type="checkbox"/>
NO					<input type="checkbox"/>
Si su respuesta fue positiva especifique cual?					
Ausencia de agua					<input checked="" type="checkbox"/>
Falta de aseo					<input checked="" type="checkbox"/>
Malos olores					<input checked="" type="checkbox"/>
Cerrado por mantenimiento					<input type="checkbox"/>
Otros, especifique					<input type="checkbox"/>
2.- Según su opinión personal como evalúa la infraestructura sanitaria(baños)					
Excelente					<input type="checkbox"/>
Bueno					<input type="checkbox"/>
Malo					<input type="checkbox"/>
Pésimo, que le falta describa					<input checked="" type="checkbox"/>
3.- Cual cree Ud. que es la forma de la descarga de aguas residuales del bloque académico de la UA-CAREN					
Alcantarillado					<input type="checkbox"/>
Pozo séptico					<input checked="" type="checkbox"/>
Descarga directa a un cuerpo de agua					<input type="checkbox"/>
Otros					<input type="checkbox"/>
4.- Conoce Ud., si en la universidad realizan algún tipo de tratamiento a las aguas residuales?					
Si, especifique					<input type="checkbox"/>
No					<input checked="" type="checkbox"/>
Desconozco del tema					
5.- Conoce Ud. acerca las eco-tecnologías o tratamientos no convencionales para la recuperación de aguas residuales? Indique cuales.					
Humedales artificiales					<input type="checkbox"/>
Lagunas de estabilización					<input type="checkbox"/>
Biofiltros					<input checked="" type="checkbox"/>
Filtros verdes					<input type="checkbox"/>
6.- Si se plantea un sistema ecológico sostenible de recuperación de aguas como el BIOFILTRO en el bloque académico Ud. apoyaría el proyecto?					
Si					<input checked="" type="checkbox"/>
No, ¿porqué?					<input type="checkbox"/>
7.- Que deficiencias posee el bloque académico en gestión de descarga de aguas residuales?					
Falta de presupuesto para proyectos ambiental					<input type="checkbox"/>
Falta de iniciativas de proyectos por parte de la carrera de Ing. en medio ambiente					<input type="checkbox"/>
Falta de convenios con instituciones relacionadas en conservación ambiental.					<input checked="" type="checkbox"/>
8.- como calific- ría Ud. el sistema de gestión de descarga de aguas residuales de la Universidad?					
Excelente					<input type="checkbox"/>
Buena					<input type="checkbox"/>
Mala					<input type="checkbox"/>
Pésima					<input checked="" type="checkbox"/>
9.- Cree Ud. Que el campus debería transformarse en un campus ecológico en cuanto a gestión de desechos?					
SI					<input checked="" type="checkbox"/>
NO					<input type="checkbox"/>
10.-					

Elaborado: (Nagua Glenda, 2016)

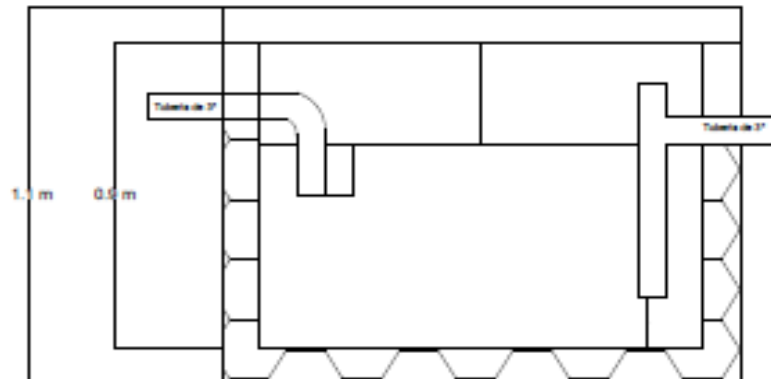
ANEXO E
DISEÑOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Diseño1. Trampa de grasa

Trampa de grasa Vista Planta



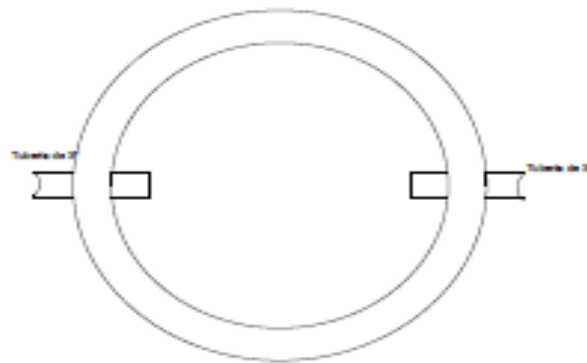
Trampa de grasa Sección transversal



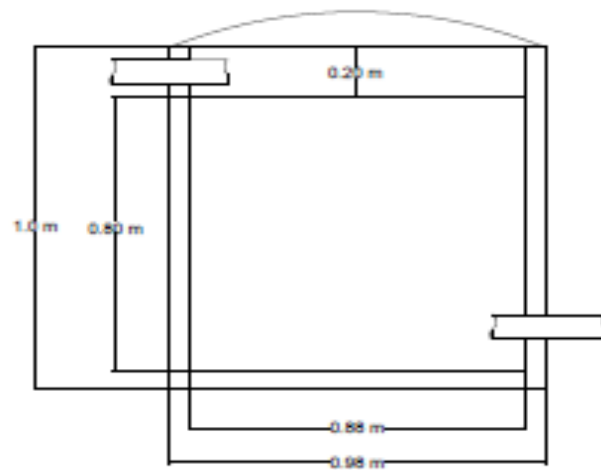
PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES		
PLAN: SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA TRAMPA DE GRASA		
Escala: 1:20		
Fecha: 10/05/2011		
Hoja: 2		

Diseño 2. Reservorio de agua

Reservorio de agua
Vista Planta

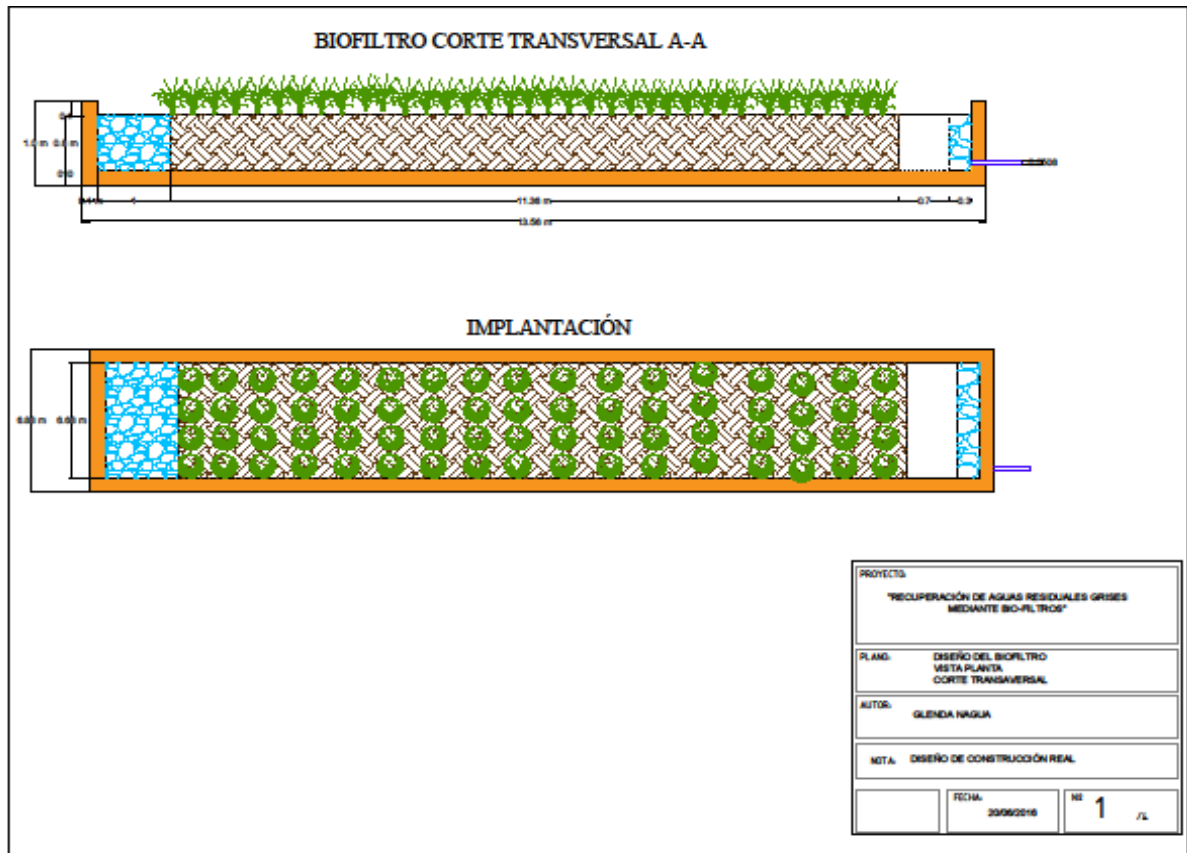


Reservorio de agua
Sección transversal



TÍTULO RESERVORIO DE AGUA		
AUTOR INSTITUCIÓN		
FECHA		
ESCALA	HOJA	DE 1

Diseño3. Biofiltro, medida real



Diseño3. Biofiltro, medida del prototipo

