



**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**

**RECURSOS NATURALES**

**CARRERA DE INGENIERIA DE MEDIO AMBIENTE**

**“DISEÑAR UN MODELO SOSTENIBLE DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA FACULTAD CAREN”**

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

Autora:

Pamela del Rosario Chimba Manguashca

Tutor:

Córdova Yanchapanta Vicente De La Dolorosa, PhD

Latacunga - Ecuador

Julio 2017

## **DECLARACION DE AUTORIA**

“Yo Pamela del Rosario Chimba Maiguashca declaro ser autora del presente proyecto de investigación Diseñar un modelo sostenible de tratamiento de aguas residuales en la facultad Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, 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.

.....

Chimba Maiguashca Pamela del Rosario

C.I.: 050388814-1

## CONTRATO DE CESION NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte CHIMBA MAIGUASHCA PAMELA DEL ROSARIO, identificada con C.C. N°050388814-1, de estado civil soltero y con domicilio en la Av. Roosevelt y Manuela Cañizares, Ignacio Flores, 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: CLAUSULA 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. - Octubre 2011-Agosto 2017

Aprobación HCA.- 26 Octubre 2016

Tutor.- PhD. Vicente Córdova

**Tema: DISEÑAR UN MODELO SOSTENIBLE DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA FACULTAD CAREN**

**CLAUSULA 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.

**CLAUSULA 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.

**CLAUSULA 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.

**CLAUSULA 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.

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

**CLAUSULA SEPTIMA.- CLAUSULA 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.

**CLAUSULA 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.

**CLAUSULA 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.

**CLAUSULA DECIMA.-** 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.

**CLAUSULA UNDECIMA.-** 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.

.....

.....

Pamela del Rosario Chimba

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

**EL CEDENTE**

**EL CESIONARIO**

## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACION**

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

**“Diseñar un modelo sostenible de tratamiento de aguas residuales en la facultad CAREN”**, de Chimba Manguashca Pamela del Rosario de la Carrera de Ingeniería de 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 Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio del 2017

.....  
Córdova Yanchapanta Vicente de la Dolorosa

C.I 1801634922

## **APROBACION DEL TRIBUNAL DE TITULACION**

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 Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Pamela del Rosario Chimba Maiguashca con el título de Proyecto de Investigación: “**Diseñar un modelo sostenible de tratamiento de aguas residuales en la facultad CAREN**” 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, Julio 2017

Para constancia firman:

---

**Lector 1 (Presidente)**

**Ing. Rivera Moreno Marco**

**CC: 0501518955**

---

**Lector 2 Ing. Lara Landázuri Renán**

**CC: 0400488011**

---

**Lector 3**

**Ing. Chasi Vizuete Wilman**

**0502409725**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios y con él a mi familia quienes siempre me apoyaron durante toda mi vida y en todas mis decisiones.

A mis maestros por otorgarme un conocimiento de alto nivel académico para poder desenvolverme profesionalmente en un futuro.

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



## **DEDICATORIA**

### **A Dios**

Por enseñarme a crear momentos perfectos en las situaciones equivocadas y hacer de mí una persona luchadora.

### **A mis padres y hermanos**

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

### **A mi hija**

Lorelayn Mercedes por ser mi pilar fundamental para seguir adelante sin decaer y ser fuerte cada día.

Con amor Pamela

**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TITULO: “DISEÑAR UN MODELO SOSTENIBLE DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
NEGRAS EN LA FACULTAD CAREN”**

**Autora:** Pamela del Rosario Chimba Manguashca

**RESUMEN**

El proyecto de investigación “Diseñar un modelo sostenible de tratamiento de aguas negras”, se desarrolló en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN), en el bloque académico 11. Su objetivo es el de mejorar la gestión de las aguas residuales de los lavamanos, baños y cocina del bar. Se realizó el aforo volumétrico para así determinar el caudal de efluente. El levantamiento de información del área de estudio, conjuntamente con el análisis de agua residual, dichas actividades permitieron implementar el prototipo del sistema de tratamiento. En el área de estudio se genera  $0,478\text{m}^3$  de agua residual diaria que emite el bloque académico durante sus diez horas laborables, las que son descargadas a un pozo séptico. La calidad del agua efluente se determinó que existe es de  $102\text{ mg/L}$  de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) alta, al igual que  $227\text{ mg/L}$  la demanda química de oxígeno (DQO) que al comparar con la normativa vigente del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) sobrepasa el límite permisible. El diseño del biodigestor para el tratamiento de aguas residuales fue adaptado a las condiciones del campus, se incluyó una trampa de grasa con el propósito de retener las grasa y aceites emanados por el agua utilizada en el bar. El diseño sugiere la construcción de un biodigestor de Policloruro de Vinilo (PVC) biobolsa de  $7\text{m}$  de largo por  $2\text{m}$  de diámetro. Se espera una digestión anaerobia y producción en poca cantidad de biogás. Para lo cual el efluente ingresara al biodigestor y permanecerá por 15 días al concluir la digestión se obtendrá el biol que será utilizado con fines de producción agrícola.

**Descriptor:** aguas grises, reutilización, prototipo, biodigestor

## ABSTRACT

The research project for "Designing a sustainable model for treatment of black water" was developed in the Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources (CAREN), in the academic block (11). Its objective is to improve the wastewater management of the sinks, bathrooms and bar kitchen. The volumetric capacity was made to determine the effluent flow rate. The collection of information from the study area, together with the analysis of residual water, allowed these activities to implement the prototype of the treatment system. In the study area, 0,478m<sup>3</sup> of daily wastewater is generated that emits the academic block during its ten working hours, which are discharged to a septic tank. The effluent water quality determined that there is a 102 mg/L high biochemical oxygen demand (BOD), 227 mg/L as well as the chemical oxygen demand (COD) that exceed the allowable limits. The design of the biodigester for wastewater treatment was adapted to campus conditions. A grease trap was included in order to retain grease and oils emanated from the water used in the bar. The design suggests the construction of a PVC biodigester (biobolsa) 7m long by 2m in diameter. Anaerobic digestion and low biogas production are expected. For which the effluent will enter the biodigester and will remain for 15 days at the end of the digestion will obtain the biol that will be used for agricultural production purposes.

Describers: gray waters, reutilization, prototype, biodigester.

## Índice

<b>DECLARACION DE AUTORIA .....</b>	<b>ii</b>
<b>CONTRATO DE CESION NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....</b>	<b>iii</b>
<b>CLAUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- LA CESIONARIA.....</b>	<b>iv</b>
<b>AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACION.....</b>	<b>vi</b>
<b>APROBACION DEL TRIBUNAL DE TITULACION .....</b>	<b>vii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>viii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xi</b>
<b>1. INFORMACION GENERAL .....</b>	<b>14</b>
1.1 Título del Proyecto: .....	14
1.2 Fecha de inicio: .....	14
1.3 Fecha de finalización:.....	14
1.4 Lugar de ejecución: .....	14
1.5 Facultad que auspicia .....	14
1.6 Carrera que auspicia: .....	14
1.7 Proyecto de investigación vinculado: .....	14
1.8 Equipo de Trabajo: .....	14
1.9 Área de Conocimiento:.....	14
1.10 Línea de investigación:.....	14
1.11 Sub líneas de investigación de la Carrera: .....	14
<b>2. DESCRIPCION DEL PROYECTO.....</b>	<b>15</b>
<b>3. JUSTIFICACION DEL PROYECTO .....</b>	<b>16</b>
<b>4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....</b>	<b>17</b>
<b>5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION.....</b>	<b>18</b>
<b>6. OBJETIVOS:.....</b>	<b>19</b>
<b>Las actividades y sistema de tareas en relación con los objetivos son los siguientes: .....</b>	<b>19</b>
<b>8. FUNDAMENTACION CIENTIFICO TECNICA .....</b>	<b>21</b>
8.1 Conceptualización científico técnica .....	21
8.2 Composición de las aguas residuales.....	22
8.3 ¿Qué es un biodigestor? .....	29
8.4 Construcción Del Biodigestor .....	36

<b>9. PREGUNTA CIENTIFICA O HIPOTESIS.....</b>	<b>40</b>
9.1 Pregunta científica.....	40
<b>10. METODOLOGIA .....</b>	<b>40</b>
10.1 Unidad de estudio.....	40
10.2 Plan de recolección de la información.....	41
<b>11. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
11.2. Definición de un modelo sostenible .....	66
11.3 Diseño y prototipado .....	69
<b>12. IMPACTOS (TECNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONOMICOS).....</b>	<b>77</b>
<b>13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....</b>	<b>79</b>
<b>14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>80</b>
14.1 CONCLUSIONES .....	80
14.2 RECOMENDACIONES .....	80
<b>15. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>81</b>
<b>16. ANEXOS .....</b>	<b>84</b>

## **1. INFORMACION GENERAL**

### **1.1 Título del Proyecto:**

Diseñar un modelo sostenible de tratamiento de aguas negras en la facultad CAREN.

### **1.2 Fecha de inicio:**

Octubre 2016

### **1.3 Fecha de finalización:**

Julio 2017

### **1.4 Lugar de ejecución:**

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

### **1.5 Facultad que auspicia**

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

### **1.6 Carrera que auspicia:**

Ingeniería en Medio Ambiente

### **1.7 Proyecto de investigación vinculado:**

Análisis y desarrollo de estrategias para mitigar la contaminación ambiental.

### **1.8 Equipo de Trabajo:**

Vicente de la Dolorosa Córdova Yanchapanta

Chimba Manguashca Pamela del Rosario (Investigador)

Mg. Renán Lara

### **1.9 Área de Conocimiento:**

Ciencia y sub área: ciencias de la vida

### **1.10 Línea de investigación:**

Ambiente

### **1.11 Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Gestión Ambiental y Ordenamiento Territorial para el Desarrollo Sostenible

## **2. RESUMEN DEL PROYECTO**

Actualmente en el Ecuador las aguas negras han sido uno de los principales problemas medio ambientales, afectando la mayor parte de vertientes, esteros, lagunas y ríos. Estos sufren un gran cambio en la calidad del agua, por la descarga de aguas negras sin ningún tratamiento. Esta situación produce impactos negativos ya que traen problemas ambientales por ende a la salud debido a que contienen gran cantidad de materia orgánica, microorganismos patógenos, metales pesados, sólidos en suspensión, sólidos volátiles y otros que sin su debido tratamiento pueden agravar al ecosistema y a la vida en sí. (Cajiao, Katty 2012)

Cotopaxi es una provincia situada en el centro del país conocida como región interandina o sierra. Es una de las principales provincias del comercio, la ganadería, la industria y la agricultura la provincia de Cotopaxi cuenta con una gran extensión poblacional urbana, la cual es mayor que la zona rural. La cobertura de saneamiento en la provincia es del 45% y lo restante de porcentaje no cuenta con ningún tratamiento de las aguas negras. Además en las zonas urbanas se cuenta con otras formas de desalojo de aguas negras que son: descargadas a ríos y en algunos casos en pozos sépticos, que perjudican la salud de los habitantes. Por esto que los desechos domésticos que produce el ser humano en su diario vivir, necesitan ser evacuados debidamente y llevados a un sistema de depuración y así disminuir la presencia de distintas enfermedades en los seres humanos y salvaguardar los recursos de la naturaleza (Martinez.C.2006).

La extensión Salache en sus inicios conto tan solo con 108 estudiantes los cuales en sus principios no causaban gran impacto ambiental, por lo expuesto debido al crecimiento acelerado de la población y al uso de los inodoros en la Universidad Técnica de Cotopaxi en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Barrio Salache Bajo, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, persiste el problema de evacuación de aguas negras en la facultad CAREN debido a que el alcantarillado no funciona ni existe tratamiento adecuado de descarga, provocando una situación de riesgo de contaminación ambiental y contaminación para los estudiantes y docentes.

Actualmente las descargas de aguas negras se vierten de forma libre, por lo cual es apropiado realizar un biodigestor de flujo continuo para el tratamiento de aguas negras de la

facultad motivo por el cual se requiere hacer un estudio técnico para comprobar si la operación de este biodigestor es eficaz sin tener repercusiones en la descarga.

Esto ha motivado a realizar una investigación para buscar soluciones sencillas de bajo costo que involucran a toda la unidad académica en la planificación, diseño, construcción del prototipo del biodigestor para el tratamiento de aguas negras. Una rápida y segura recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas negras garantizarán la calidad de vida de los estudiantes y docentes.

### **3. JUSTIFICACION 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 Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN).

El presente proyecto de un prototipo de un Diseñar un modelo sostenible de tratamiento de aguas negras en la facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN). Será una herramienta de enseñanzas e investigación de mucha utilidad para alumnos, técnicos y profesionales dedicados a la investigación e implementación de biodigestores para contribuir con la descontaminación ambiental.

Los desechos orgánicos en especial los residuos fecales son una fuente de contaminación del suelo y el agua, si no se tratan antes de ser liberados al ambiente. El uso de biodigestores ayuda a reducir el impacto ambiental.



Con el desarrollo del diseño del biodigestor se facilitara la implementación del mismo contribuyendo así a disminuir la dependencia tecnológica y económica en cuanto a la construcción y el mantenimiento del mismo. Con la construcción del prototipo se ayudara a la investigación para la optimización en la producción del biogás en el biodigestor de flujo continuo.

A la vez el prototipo aportara con una solución sobre la optimización del diseño y planificación del biodigestor evitando así tener dimensiones inexactas y gastos innecesarios.

#### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

El presente proyecto investigativo tendrá como beneficiarios directos a los estudiantes, docentes y trabajadores de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN).

**Tabla.1** Beneficiarios directos en indirectos

N <sup>a</sup>	Dependencia	N <sup>a</sup> de personal
01	Estudiantes	1785
02	Docentes	18
03	Autoridades	7
07	Trabajadores	6
<b>Total beneficiarios indirectos</b>		<b>1816</b>
<b>INDIRECTOS</b>		<b>NUMERO DE BENEFICIARIOS</b>
Barrio Salache Bajo		1215
<b>Total de beneficiarios directos</b>		<b>1215</b>

**Fuente:** (Secretaría Académica Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN), 2017)& (Dirección de agua potable y alcantarillado de Latacunga (DAPAL), 2011)

## **5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION**

El principal problema en la comunidad universitaria es el elevado impacto socio ecológico de la gestión actual de las aguas negras en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. En la actualidad se da un excesivo consumo de agua para arrastrar los desechos humanos que son producidos a diario en la facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, lo que ha ocasionado la liberación de aguas negras sin tratamiento al ambiente. Esto ha provocado gran contaminación e impacto ambiental al entorno donde se desarrolla las actividades por lo que se ha elevado el riesgo sanitario para la comunidad universitaria.

La disfuncionalidad del sistema convencional de gestión de aguas negras ha generado problemas en cómo gestionar las aguas que causan gran contaminación ambiental. La falta de un sistema sostenible de gestión de desechos local, ha provocado que se produzca contaminación ambiental, alta dependencia tecnológica y financiera para la aplicación de soluciones de ingeniería sanitaria convencional.

En la Universidad Técnica de Cotopaxi la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales perteneciente al barrio Salache Bajo Parroquia Eloy Alfaro Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi cuenta con un sistema entubado que dota de agua a las diferentes instalaciones para su uso pertinente pero a la vez no cuenta con un buen sistema de alcantarillado lo que ocasiona que exista contaminación ambiental provocando malestares a los estudiantes, docentes y trabajadores que se encuentran en las instalaciones realizando sus labores diarias.

La población actual de 1816 habitantes va en aumento, incrementa a la vez la generación de residuos sólidos y líquidos que al no tener un adecuado tratamiento provoca un foco de alto nivel contaminante y antiestético tanto para el ser humano como para el sector.

Hay que tener presente que las condiciones ambientales y de salubridad, especialmente el estado de salud de sus pobladores y la estética de la universidad, son regulares, siendo necesidad vital conservar y mejorar el entorno de vida de los habitantes del sector.

## 6. OBJETIVOS:

### General

Diseñar un modelo sostenible de tratamiento de aguas negras en la facultad CAREN.

### Específicos

- Analizar el impacto socio ambiental del sistema de gestión actual de aguas negras de la facultad CAREN.
- Definir un modelo sostenible de tratamiento de aguas negras.
- Construir un prototipo del modelo sostenible identificado.

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

<b>Las actividades y sistema de tareas en relación con los objetivos son los siguientes:</b>			
<b>Objetivos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Resultado de actividades</b>	<b>Descripción de la metodología por actividades</b>
Analizar el impacto socio ambiental del sistema de gestión de aguas negras de la facultad CAREN.	Descripción física. Diseño del sistema convencional. Cuantificación de efluentes	Coordenadas de ubicación. Características de la materia orgánica a procesar. Red de baños y desagües Red de recolección.	Levantamiento de información inicial referenciamiento geográfica de las fuentes y destinos de aguas residuales.  Muestra compuesta de agua tomando en cuenta los principales parámetros a ser analizados. 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. Determinación de caudales de aguas grises mediante un aforo y

			tomando en cuenta caudales comerciales de lavamanos e inodoros.
Definir un modelo sostenible de tratamiento de aguas negras.	Evaluación de modelos de tratamiento.  Selección del tratamiento adecuado.	Tipos de tratamiento.  Principios utilizables para la selección.  Volumen de desecho.	Investigación científica y bibliográfica de los diferentes tipos de tratamientos de aguas residuales.  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 descarga en el área de los pinos (bloque 12)
Construir un prototipo del modelo sostenible identificado.	Diseño del modelo de tratamiento.  Prototipado de un módulo biodigestor.	Operación de la planta de tratamiento.	Se referenció con el GPS y adaptó el área al requerimiento de suelo adecuado necesario.  Nivelación de suelo  Excavación de pozo  Colocación de la biobolsa  Acople de la tubería necesaria para el funcionamiento del biodigestor.  Especificaciones técnicas para el mantenimiento del biodigestor.

## **8. FUNDAMENTACION CIENTIFICO TECNICA**

### **8.1 Conceptualización científico técnica**

#### **8.1.1 AGUAS RESIDUALES.**

De acuerdo con Espigares García y Pérez López (2005), “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” (p. 2)

El hombre ha utilizado el agua no solo para su consumo, sino, con el paso del tiempo, para el desarrollo de sus actividades y su confort, haciendo del agua un vehículo de desechos, de aquí surge la denominación de aguas residuales (Espigares García Pérez López, 198)

El término agua servidas define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de salud en la población. (Mansoncc, 2013)

#### **8.1.2 CLASES DE AGUAS RESIDUALES:**

##### **8.1.2.1 Domésticas**

Son las aguas residuales producidas por las actividades humanas relacionadas con el consumo de agua potable: lavado de platos, duchas, lavatorios, servicios sanitarios y similares. Sobre aguas grises Quintana Piña define a las aguas domésticas residuales a las aguas originadas de la cocina, cuarto de baño, agua de los fregaderos y de los lavaderos.

“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, pp. 186-187).

##### **8.1.2.2 Industriales**

Estas son habitualmente salen de los procesos de las industrias o fábricas sus componentes suelen ser aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal, el grado de composición de estos productos depende de la actividad de la empresa. (Espigares García & Pérez López, 2005)

### **8.1.2.3 Agrarias**

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, 2005)

### **8.1.2.4 Infiltración y caudal adicionales**

Las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc. Hay también aguas pluviales, que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenajes y colectores de aguas de lluvias.

### **8.1.2.5 Pluviales**

Son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

Cada persona genera 1.8 litros de material fecal diariamente, correspondiendo a 113.5 gramos de sólidos secos, incluidos 90 gramos de materia orgánica, 20 gramos de nitrógeno, más otros nutrientes, principalmente fósforo y potasio. (Ingvera, 2007)

## **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**

##### **8.2.1.1.2 Temperatura**

El agua procedente de las tareas domésticas siempre tendrá una temperatura diferente al agua del aseo puesto que los aportes de agua caliente que tienden a utilizarse en la cocina su temperatura oscila entre 10 °C y 21 °C, con un valor medio de 15 °C, aproximadamente. (Espigares & Pérez, 2005)

Cabe recalcar que esta temperatura varía en las diversas horas del día, su mayor índice de temperatura sera en las horas de las comidas. La temperatura alta llega a ser perjudicial debido a que su acción contribuye el agotamiento del oxígeno. (Espigares & Pérez, 2005)

#### **8.2.1.1.2 Turbidez**

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 & Pérez, 2005)

Espigares & Pérez (2005), manifiesta que color “suele ser gris o pardo, pero debido a los procesos biológicos anóxicos el color puede pasar a ser negro”. (p. 10)

#### **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 & Pérez, 2005)

### **8.2.1.2 Características Químicas**

#### **8.2.1.2.1 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

La demanda bioquímica es el parámetro más 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 2.** Concentraciones DQO y DBO según fuente de aguas residuales grises

Fuente	DQO	DBO
	(mg/l)	(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 ella 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 a 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 Auchen , 2010)

#### **8.2.1.2.9 Características Bacteriológicas.**

Una de las razones más importantes para tratar las aguas servidas es la eliminación de todos los agentes patógenos de origen humano presentes en las excretas, con el propósito de cortar el ciclo epidemiológico de transmisión. Estos son:

- Coliformes totales.
- Coliformes fecales.
- Salmonellas.
- Virus. (Galvín, R. M.2003)

#### **8.2.1.2.10 Materia En Suspensión y Materia Disuelta.**

A efectos del tratamiento, la gran división es entre materia en suspensión y materia disuelta.

La materia en suspensión se separa por tratamientos fisicoquímicos, variantes de la sedimentación y filtración. En el caso de la materia suspendida sólida se trata de separaciones sólido - líquido por gravedad o medios filtrantes y, en el caso de la materia aceitosa, se emplea la separación por flotación. (Coral, K.2013).

La materia disuelta puede ser orgánica, en cuyo caso el método más extendido es su insolubilización como material celular o inorgánica, en cuyo caso se deben emplear caros tratamientos fisicoquímicos como la ósmosis inversa.

Los diferentes métodos de tratamiento atienden al tipo de contaminación, para la materia en suspensión, tanto orgánica como inorgánica, se emplea la sedimentación y la filtración en todas sus variantes. Para la materia disuelta se emplean los tratamientos biológicos si es orgánica, o los métodos de membranas, como la ósmosis, si es inorgánica.(Mansoncc,2013)

#### **8.2.1.2.11 Reutilización de aguas residuales**

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

La liviana composición de dichas aguas permite reutilizarla 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 Auchen, 2010)

**Tabla 3.** Sustancias y productos contenidos en cada una de las fuentes de aguas grises y negras en una vivienda.

Origen	Contenido	Observaciones
Ducha/tina	<i>Jabón, shampoo, algunas grasas y bacterias</i>	-
Fregadero/lavaplatos	<i>Materia orgánica, nutrientes, sólidos, detergente y altos niveles de grasa y aceite.</i>	<i>Normalmente necesita pre-tratamiento.</i>
Lavadero/lavadora	<i>Altas concentraciones de detergentes y regulares de químicos como cloro, además de pelusa.</i>	<i>El lavado de pañales puede elevar drásticamente los niveles de patógenos</i>
Lavamanos	<i>Jabones, pasta de dientes y otros productos de higiene.</i>	-
Sanitario	<i>Altas cantidades de patógenos y materia orgánica.</i>	<b>NO DEBE INTEGRARSE A UN SISTEMA DE AGUAS GRISES!</b>

**Fuente:** Rodríguez, Argentina (2008)

#### 8.2.1.2.12 Importancia del tratamiento de las aguas residuales

Durante mucho tiempo la naturaleza purificó las aguas diluyendo los desperdicios recibidos, pero con el crecimiento demográfico constante y el desarrollo industrial, generó la diversificación de sus actividades socioeconómicas, produciendo a su vez un aumento inevitable de las aguas negras descargadas en cuerpos receptores sin previo tratamiento, contaminándolos seriamente con el paso del tiempo debido a la insuficiencia de llevar a cabo la auto purificación de los desechos líquidos acumulados.

Esto dio lugar a la modificación de sus características propias como; aglomeración de sólidos en el fondo de los cauces, proliferación de microorganismos patógenos, aumento de compuestos tóxicos, eutrofización, muerte de flora/fauna, eliminación de oxígeno disuelto y producción de olores desagradables por la descomposición de materia orgánica, dando origen a condiciones insalubres que ocasionan enfermedades graves e incluso la muerte. Por tal motivo, es de vital importancia tomar cartas en el asunto y contribuir al saneamiento

ambiental, mediante sistemas que permitan afrontar el problema en sus propias y actuales dimensiones.

De acuerdo con la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes que rige en el Ecuador, se pueden comparar los análisis de aguas residuales con los límites permisibles para la descarga a un cuerpo de agua dulce, permitiendo de esta manera regirnos bajo normas y leyes Ecuatorianas.

#### **8.2.1.2.13 Sistemas alternativos para el tratamiento de aguas residuales**

De acuerdo con Peña (1998), en países desarrollados el número de alternativas factibles para el tratamiento de aguas residuales puede estar limitado debido a una regulación ambiental más estricta. Contrariamente sucede con los países subdesarrollados, debido a la existencia de diversos estándares de calidad. Estos factores son críticos al seleccionar preliminarmente los sistemas más adecuados para un contexto particular.

#### **8.2.1.2.14 Pre - tratamiento**

Este proceso consiste en eliminar los constituyentes del agua residual que puedan ocasionar problemas de mantenimiento y funcionamiento a posteriores tratamientos. Entre ellos se pueden citar; rejillas de desbaste para reducir sólidos gruesos, flotación para la eliminación de grasas/aceites y desarenado para el retiro de material en suspensión que pueda provocar obstrucciones o desgaste de los equipos.

#### **8.2.1.2.15 Tratamiento primario**

Mediante este tipo de tratamiento se elimina 60% de sólidos suspendidos y 30% materia orgánica, generalmente se emplea coagulación y sedimentadores.

#### **8.2.1.2.16 Tratamiento secundario**

Su objetivo principal es eliminar la materia orgánica (DBO) y sólidos suspendidos que no fueron eliminados en el tratamiento primario. Utiliza procesos físico-químicos (precipitación, coagulación y floculación) y biológicos donde las bacterias, son el principal agente purificador en forma de biomasa.

#### **8.2.1.2.17 Tratamiento terciario o avanzado**

Proceso posterior al tratamiento secundario, reside en la eliminación de nutrientes, compuestos tóxicos, excesos de materia orgánica y sólidos en suspensión, mediante la

filtración, coagulación, nitrificación, desnitrificación, absorción por carbón, intercambio iónico, ósmosis inversa y desinfección.

#### **8.2.1.2.18 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.

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 Auchen, 2010)

### **8.3 ¿Qué es un biodigestor?**

Según la fundación hábitat de Colombia el biodigestor es una forma barata y fácil de obtención de energía que tiene gran potencial para ser desarrollada y utilizada ampliamente.

#### **8.3.1 Criterios para considerar en el diseño de un biodigestor**

Los siguientes son los aspectos a tener en cuenta en el diseño, planificación y construcción de un biodigestor:

##### **Factores humanos**

- Idiosincrasia
- Necesidad, la cual puede ser sanitaria, energía y de fertilizantes.
- Recursos disponibles de tipo económicos, materiales de construcción, mano de obra, utilización del producto, área disponible.
- Disponibilidad de materia prima, si se cuentan con desechos agrícolas, desechos pecuarios, desechos domésticos, desechos urbanos, desechos industriales.

##### **Factores biológicos**

- Enfermedades y plagas tanto humanas como pecuarias y agrícolas

### **Factores físicos**

- Localización, la ubicación si es en zona urbana, rural o semi-urbana y la geografía aspectos como la latitud, longitud y altitud.
- Climáticos dentro de estos aspectos están las temperaturas máximas y mínimas, la precipitación pluvial, la humedad ambiental, la intensidad solar, los vientos su intensidad y dirección.
- Vías de acceso.
- Topografía, teniendo en cuenta el declive del suelo: si es plano, ondulado, o quebrado.
- Suelos con sus características como la textura, estructura, nivel freático y capacidad agrológica.

### **Factores de construcción**

- Técnicas de construcción si es de tierra compactada, cal y canto o ladrillo (barro cocido, suelo-cemento, silico-calcáreo), planchas prefabricadas, ferrocemento, concreto, módulos prefabricados.

### **Factores utilitarios**

- Función principal, si se construye de manera experimental, demostrativa o productiva.
- Usos, si el uso es de tipo sanitario, energético, fertilizante, integral.
- Organizativo si el biodigestor se va a construir a escala domestica, para grupo familiar, comunitario o empresas.
- Capacidad, si es pequeño de 3 a 12 m<sup>3</sup> / digestor; si es mediano de 12 a 45 m<sup>3</sup> digestor y si es grande de 45 a 100 m<sup>3</sup> / digestor.
- Operación de la instalación contemplando aspectos como el funcionamiento del pretratamiento, la mezcla, la carga, y controles de PH, obstrucciones de líquidos, sólidos y gases: las descargas de efluentes tanto liquidas como gaseosas y de lodos; el almacenamiento de los líquidos, sólidos y gases; la aplicación de líquidos por bombeo, por tanques regadores o arrastre por riego; los sólidos que están disueltos en el agua y los sólidos en masa y por ultimo los gases utilizados para la cocción, iluminación e indirectamente en los motores.

### **8.3.2 Tipos De Biodigestores**

Hay muchos tipos de plantas del biogas pero los más comunes son el dosel flotante (indio) y el domo fijo (chino). La aceptabilidad pobre de muchos de estos biodigestores ha sido principalmente debida a los costos altos, la dificultad de instalación y problemas en la consecución de las partes y repuestos.

Con el objetivo de disminuir el tamaño de los digestores se han utilizado los productos orgánicos que brindan mayor cantidad de biogás por unidad de volumen; algunos de ellos son: la excreta animal, la cachaza de la caña de azúcar, los residuales de mataderos, destilerías y fábricas de levadura, la pulpa y la cáscara del café, así como la materia seca vegetal.

### **8.3.3 Fosa Séptica**

Donald Cameron construyó el primer tanque séptico en la ciudad de Exeter, Inglaterra (1895), al saber de la producción de gas combustible a partir de la licuación de sólidos suspendidos, el cual utilizó para alumbrar los alrededores de una planta. Se considera como un digestor convencional a escala reducida, su principal función se limita a la hidrólisis de la materia orgánica en suspensión donde las condiciones anaerobias estrictas no se cumplen, por lo que es necesario que la fosa evacue a un sistema de zanjas de absorción colocadas en el suelo, para realizar la estabilización de los compuestos orgánicos y lograr una buena eficiencia que se lleva a cabo aproximadamente en 2 a 10 días.

Presentan ciertas desventajas, pues en la unidad de digestión la septicidad no se puede confinar únicamente al lado biológico, por tanto el efluente es privado de su frescura; en la unidad de sedimentación los sólidos son levantados por el gas formando una nata o costra desagradable, donde la digestión es lenta y rara vez completa. Debido a esto, su uso se ha limitado a tratar aguas negras de casas, escuelas y hospitales en zonas rurales donde no existe el servicio de drenaje. (García M, Rodríguez B, 2006)

### **8.3.4 Digestor del Domo Flotante (Indio)**

La planta con domo flotante se compone de un digestor en forma de bóveda esférica (o cilíndrica) y un depósito de gas móvil en forma de campana flotante. La campana puede flotar directamente en la masa de fermentación o en un anillo de agua cilíndrico.

El gas se acumula en la campana, haciéndola subir y luego vuelve a bajar cuando se extrae el gas a través de un tubo instalado en la campana misma. Para evitar que la campana se ladee, se construye un soporte de hierro como guía. (Canales García M et.al, 2010)

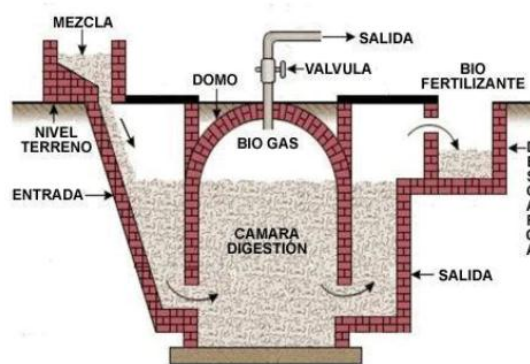


Figura 2 Biodigestor Hindú

### 8.3.5 Digestor de Domo Fijo (Chino)

Este reactor consiste en una cámara de gas-firme construida de ladrillos, piedra u hormigón. La cima y " fondos son hemisféricos y son unidos por lados rectos. La superficie interior es sellada por muchas capas delgadas de mortero para hacerlo firme. La tubería de la entrada es recta y extremos nivelados. Hay un tapón de la inspección a la cima del digestor que facilita el limpiado. Se guarda el gas producido durante la digestión bajo el domo y cambia de sitio algunos de los volúmenes del digestor en la cámara del efluente, con presiones en el domo entre 1 y 1.5 m de agua. Esto crea fuerzas estructurales bastante altas y es la razón para la cima hemisférica y el fondo. Se necesitan materiales de alta calidad y recursos humanos costosos para construir este tipo de biodigestor. Esta instalación tienen como ventaja su elevada vida útil (pueden llegar como promedio a 20 años), siempre que se realice un mantenimiento sistemático.

### 8.3.6 Biodigestor de Estructura Flexible (Polietileno)

La inversión alta que exigía construir el biodigestor de estructura fija resultaba una limitante para el bajo ingreso de los pequeños granjeros. Esto motivó a ingenieros en la Provincia de Taiwán en los años sesenta (FAO, 1992) a hacer biodigestores de materiales flexibles más baratos. Inicialmente se usaron nylon y neopreno pero ellos demostraron ser relativamente costoso. Un desarrollo mayor en los años setenta era combinar PVC con el residuo de las refinerías de aluminio producto llamado "el barro rojo PVC."



Esto fue reemplazado después por polietileno menos costoso que es ahora el material más comúnmente usado en América Latina, Asia y África. Desde 1986, el Centro para la Investigación en Sistemas Sustentables de Producción Agrícola (CIPAV), ha estado recomendando biodigestores de plástico económico como la tecnología apropiada por hacer mejor uso de excrementos del ganado, reduciendo la presión así en otros recursos naturales. En este digestor el gas se acumula en la parte superior de la bolsa, parcialmente llena con Biomasa en fermentación; la bolsa se va inflando lentamente con una presión de operación baja, pues no se puede exceder la presión de trabajo de la misma. (Canales García,M.et al. 2010).



*Figura 4 Biodigestor de ESTRUCTURA FLEXIBLE*

**Este biodigestor presenta los siguientes componentes:**

#### **8.3.6.1 Tubo de admisión**

Es un tubo de plástico de 20 a 30 cm de diámetro, que debe usarse para la admisión de desechos y debe sumergirse en los residuos al menos a 15 cm de profundidad, lo cual previene el escape del metano, es necesario utilizar un pozo para limpiar le material celulítico antes de ingresar al biodigestor, porque este puede obstruir con facilidad la entrada de este.

#### **8.3.6.2 Fermentador y bolsa de almacenamiento**

Este es el principal componente del biodigestor y la bolsa de almacenamiento esta en la parte superior del biodigestor. El tamaño del fermentador depende de la cantidad de desechos a fermentar por  $0.3 \text{ m}^3$ , pero este no debe ser muy grande, si la cantidad de

desechos a tratar en elevada se pueden conectar cámaras múltiples por medio del tubo plástico este sistema posee una mayor área superficial es muy eficiente, su limitante es que puede resultar muy costoso. Es deseable que el biodigestor este aislado y cuente con un dispositivo de calentamiento y de agitación. Un mecanismo bueno seria la construcción de una pared de tierra en la parte norte del biodigestor para prevenir el enfriamiento a causa de los vientos, en el lado sur un colector solar simple para la calefacción esto con el fin de mantener la temperatura del fermentador constante. La bolsa de almacenamiento de gas puede incorporarse al digestor o estar independiente y puede instalarse cerca de la cocina.

#### **8.3.6.3 Tubo del afluente**

El diámetro del tubo debe ser de 4 a 6 pulgadas de material de plástico, este se localiza por debajo del tubo de entrada en el lado opuesto del digestor, el tubo del afluente también debe ser sumergido a 15 cm de profundidad del fermentador para prevenir el escape del gas, se debe mantener el flujo constante.

#### **8.3.6.4 Tubo de metano**

Este tubo se ubica en la parte de la bolsa de almacenamiento de metano, este tubo debe tener 2 pulgadas de diámetro y se usa para transportar el biogás a su lugar de uso, el tubo posee una salida que está sumergida en agua y que drena la humedad condensada.

#### **8.3.6.5 Dispositivo de seguridad**

Este se utiliza para prevenir la ruptura del fermentador debido a presiones altas de la fermentación anaeróbica de los desechos. Consiste en una botella de al menos 10 cm de profundidad insertada la tubo de salida, cuando la presión del digestor es mayor a la del agua, se libera el biogás.

#### **8.3.6.6 Tubo de limpieza**

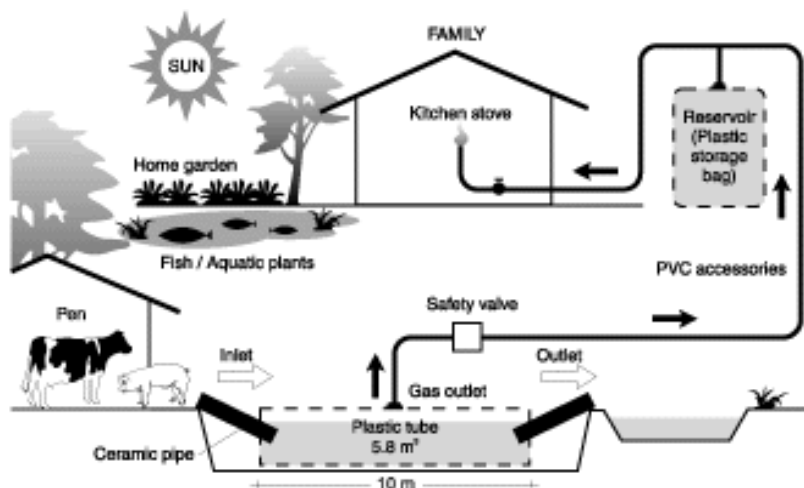
El lodo que se sedimenta en el fondo del biodigestor debe ser removido cada dos años, la tubería sirve para evacuar estos lodos por mecanismos como bombeo, se pueden disponer cuando el biodigestor es muy largo de un tubo en un extremo del biodigestor y otro tubo en la mitad del mismo.

### 8.3.6.7 Instalación

Lo primero que se debe hacer es preparar un foso que debe ser un poco más grande que el biodigestor, luego se procede a instalar el biodigestor y los tubos de admisión y de afluentes. Después de tres o cuatro días se llena el foso con agua, se descargan los desechos de animales, el agua que rodea el digestor puede ayudarle a expandirse completamente y disminuye la tensión que ejerce en los tubos de entrada y de salida. Dependiendo de la época del año en la que se haga la instalación el proceso de fermentación se hace más rápido en verano y más lento en invierno.

### 8.3.6.8 Mantenimiento

Estos biodigestores pueden tener una durabilidad de 20 años, en el caso de presentarse rupturas de este pueden ser fácilmente reparadas del mismo material del biodigestor usando un adhesivo fuerte, la parte reparada debe permanecer seca hasta su endurecimiento por completo. Cuando se necesita el metano solo se ejerce una pequeña presión sobre la bolsa de almacenamiento moviendo de esta forma el biogás a donde se necesita.



Biodigestor de plástico de bajo costo

### 8.3.2 Ventajas de los biodigestores de plástico económicos:

- Este tipo de digestor es muy económico y fácil de transportar por su bajo peso, en especial en aquellos sitios de difícil acceso.
- Al ser hermético se reducen las pérdidas

Las plantas del biogas pueden ofrecer varias ventajas a las comunidades rurales, incluyendo,

- Una reducción del trabajo físico, sobre todo de las mujeres
- Una reducción de la presión en los recursos naturales como combustible y carbón de leña
- Producción de energía barata
- Mejora el sistema de cultivo reciclando estiércol a través del biodigestores, producción de gas para cocinar y fertilizante (una vez el estiércol ha atravesado un biodigestor se vuelve un fertilizante orgánico excelente).
- Reducción de la polución, sobre todo en áreas urbanas.

Entre las desventajas del biodigestor de plástico se halla su bajo tiempo de vida útil, lo que hace necesario montar una nueva instalación cada tres años. También es muy vulnerable a sufrir roturas por condiciones climáticas adversas, por las acciones del hombre y los animales.

#### **8.4 Construcción Del Biodigestor**



Materiales para el biodigestor de plástico de bajo costo

El polietileno tubular se produce en la mayoría de los países. La opción de montajes suplementarios y materiales relacionados se ha limitado a los disponibles localmente en granjas o en mercados rurales; los materiales requeridos para el biodigestor.

#### **8.4.1 Biodigestor.**

- Polietileno tubular transparente. El diámetro variará según la capacidad de las plantas productoras locales, normalmente en el rango de 80 a 125 cm (equivalente a una circunferencia de 2.5 a 4 m). El calibre (espesor) debe estar entre 800 y 1 000 (200 a 250 micras). La longitud del tubo es determinada por el tamaño del biodigestor. El material más apropiado es el usado en los invernaderos que normalmente contienen filtro ultravioleta (UV) que ayuda a prolongar la vida del plástico cuando se expone totalmente al sol.
- Dos tubos cerámicos, 75 a 100 cm con un diámetro interior de 15 cm.
- Plástico (PVC) de 12.5 mm de diámetro (la longitud depende de la distancia a la cocina).
- Dos adaptadores de PVC (varón y hembra) de 12.5 mm. de diámetro
- Dos lavanderas de caucho (de los tubos internos de automóviles) de 7 cm. de diámetro y 1 mm espesor, con un diámetro de 12.5 mm de agujero central.
- Dos plásticos rígidos (perspex) lavanderas de 10 cm de diámetro y un agujero central de 12.5 mm. Aunque el perspex es mejor, ellos también pueden reemplazarse con plásticos viejos o otros artículos hechos del plástico fuerte.
- 2 m de tubería de PVC de 12.5 mm. de diámetro
- Cuatro neumáticos (de las bicicletas, motocicletas o automóviles) cortados en tiras anchas de 5 cm.
- Una botella de plástico transparente (capacidad 1.5 litros).
- Un codo de PVC de 12.5 mm. de diámetro
- Tres "T" de PVC de 12.5 mm. de diámetro
- Un tubo de cemento de PVC.

Depósito de almacenamiento del Gas: Una mejora importante a la tecnología del biodigestor era la instalación de un depósito, hecha del mismo plástico tubular como el digestor, para guardar el gas en proximidad a la cocina. Esto ha superado el problema de proporciones bajas de flujo de gas cuando el digestor se localiza a larga distancia de la cocina y cuando el tubo de gas que los une tiene un diámetro estrecho.

### **8.4.2 Funcionamiento de Digestor**

Es posible usar cualquier tipo de excreta, pero la producción de gas es más alta con estiércol de cerdo y mezclas de excrementos de pollos y ganado. La cantidad requerida depende de la longitud del digestor, pero generalmente es aproximadamente 5 kg de estiércol fresco (1 kg la materia sólida) para cada 1 m. A esto deben agregarse 15 litros de agua para que el volumen de los sólidos represente 5 por ciento aproximadamente. No es aconsejable usar menos agua, esto puede llevar a la formación de escoria sólida en la superficie del material. Cuatro a cinco cerdos (peso vivo supuesto de 70 kg) proporcionará bastante estiércol para producir el gas requerido para una familia de cuatro a cinco personas. Se ha experimentado este biodigestor con excrementos humanos siendo una manera eficaz de reducir transmisión de enfermedades y dar otro uso a las letrinas.

### **8.4.3 Mantenimiento:**

- Los digestores deben cercarse para evitar averías en el sistema.
- Debe proporcionarse un tejado para prevenir el daño al plástico por la radiación ultravioleta. Cualquier tipo de cobertura en material tradicionalmente usado en la granja es conveniente.
- Para aumentar la presión de gas al cocinar, se puede atar un objeto pesado (ladrillo o piedra) al fondo del depósito o apretar un cordón alrededor del medio.
- La lluvia no debe entrar en el digestor, porque puede causar dilución excesiva.
- El nivel de agua en la válvula de seguridad debe verificarse semanalmente.
- Se debe cubrir el digestor diariamente y asegurarse que el tubo de la salida no este bloqueado.

### **8.4.4. Ventajas de los biodigestores**

1. Permite disminuir la tala de los bosques al no ser necesario el uso de la leña paracocinar.
2. Humaniza el trabajo de los campesinos, que antes debían buscar la leña en lugares cada vez más lejanos.
3. Diversidad de usos (alumbrado, cocción de alimentos, producción de energía eléctrica, transporte automotor y otros).

4. Produce biofertilizante rico en nitrógeno, fósforo y potasio, capaz de competir con los fertilizantes químicos, que son más caros y dañan el medio ambiente.
5. Elimina los desechos orgánicos, por ejemplo, la excreta animal, contaminante del medio ambiente y fuente de enfermedades para el hombre y los animales.

La utilización de los biodigestores además de permitir la producción de biogas ofrece enormes ventajas para la transformación de desechos:

- Mejora la capacidad fertilizante del estiércol. Todos los nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio así como los elementos menores son conservados en el efluente.
- El efluente es mucho menos oloroso que el afluente.
- Control de patógenos. Aunque el nivel de destrucción de patógenos variará de acuerdo a factores como temperatura y tiempo de retención, se ha demostrado experimentalmente que alrededor del 85% de los patógenos no sobreviven el proceso de biodigestión. En condiciones de laboratorio, con temperaturas de 35 oC los coliformes fecales fueron reducidos en 50 – 70% y los hongos en 95% en 24 horas.

#### **8.4.5 Dificultades técnicas de los biodigestores:**

La construcción de biodigestores conlleva una serie de dificultades técnicas:

- El digester debe encontrarse cercano a la zona donde se recoge el sustrato de partida y a la zona de consumo.
- Debe mantenerse una temperatura constante y cercana a los 35°C. Esto puede encarecer el proceso de obtención en climas fríos.
- Es posible que, como subproducto, se obtenga SH<sub>2</sub>, el cual es tóxico y corrosivo, dependiendo del sustrato de partida y de la presencia o no de bacterias sulfatorreductoras.
- Necesita acumular los desechos orgánicos cerca del biodigestor.
- Riesgo de explosión, en caso de no cumplirse las normas de seguridad para gases combustibles

## 9. PREGUNTA CIENTIFICA O HIPOTESIS

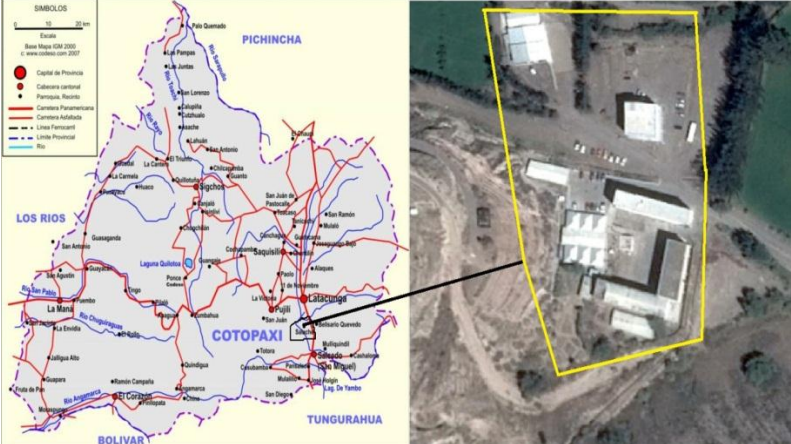
### 9.1 Pregunta científica

¿Se podrá diseñar un modelo sostenible de tratamiento de aguas negras en la facultad CAREN?

## 10. METODOLOGIA

### 10.1 Unidad de estudio

La unidad de estudio fue las aguas residuales generadas en el bloque académico de la facultad CAREN procedentes de las actividades diarias de la utilización de baterías sanitarias, lavabos y bar, el área delimitada de estudio fue de 17,438.60m<sup>2</sup>

DATOS GENERALES	
<b>Parroquia</b>	Eloy Alfaro
<b>Temperatura media anual</b>	(Latacunga) 13°C
<b>Clima</b>	Templado y Frio
<b>Población</b>	1816
<b>Latitud</b>	1.01111S
<b>Longitud</b>	78.6230°
<b>Altitud</b>	2739 m.s.n.m
<b>Ubicación</b>	 <p>The 'Ubicación' cell contains two images. On the left is a map of the Cotacachi province in Ecuador, showing its boundaries with neighboring provinces: Pichincha to the north, Los Rios to the west, Bolívar to the south, and Tungurahua to the east. The map includes a legend with symbols for the capital (Cotacachi), cantons, and various types of roads. On the right is an aerial photograph of the CAREN facility, with a yellow rectangular box highlighting the specific area of study. A black arrow points from the map to the aerial view, indicating the location of the facility within the province.</p>



## **10.2 Plan de recolección de la información**

### **10.2.1 Caracterización de aguas residuales de la UA-CAREN.**

Para caracterizar las aguas residuales se realizó una descripción física del lugar con referencias GPS de las fuentes y destinos, identificando la localización de las descargas como puntos de recolección para la toma de muestras que serán analizadas en el laboratorio.

#### **10.2.1 Aforo de consumos de agua residual total en el bloque académico UA-CAREN:**

Para conocer el caudal total de descarga al pozo séptico se procedió a realizar un cálculo empírico de los volúmenes gastados de todas las descargas de agua que existen en el bloque académico.

##### **10.2.1.1 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.

$$Q= v/t$$

Q= caudal de agua m<sup>3</sup>/seg

v= volumen de agua en m<sup>3</sup>

t=tiempo en segundos

Se registraron tres datos diarios en horarios distintos de mayor consumo de agua, a las 9 Horas, 12.00 Horas, 16.00 Horas. 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 tomando en cuenta las actividades del Bar.

**Tabla 3.** Actividades del Bar tomadas en cuenta para determinar los volúmenes de gasto de agua.

Cocción de alimentos
Lavado de vajilla
Utilización de agua para jugos
Limpieza del bar
Otras actividades

**Elaborado:** Pamela Chimba

#### **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 y utilización de los inodoros se utilizó el caudal comercial que viene estipulado para los grifos automáticos y los inodoros. Este caudal se aplicó tanto para las baterías sanitarias de la planta alta y baja.

#### **10.2.1.1.3 Sumatoria de los caudales totales de aguas residual**

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$Q_t$  = Caudal total  $m^3/seg$

$Q_1$  = 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.

$$Q= v/t$$

Q= caudal de agua

v= volumen de agua en m<sup>3</sup>/s

t=tiempo en segundos

#### **10.2.3 Procedimiento de muestreo del agua para los análisis físico – químico y microbiológico para identificar los niveles de contaminación.**

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, físicos y microbiológicos se realizaron en el laboratorio de la ciudad de Ambato LAQUIFARVA.

##### **10.2.3.1 Punto de muestreo**

El punto de muestreo se estableció en el pozo séptico donde se encuentran las aguas residuales de todo el bloque académico de la facultad.

### **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 dos 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 enviar al 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: 2 litro

Tipo de envase: plástico esterilizado

Refrigeración: 4 a 10° C cuando se transporta.

##### **10.2.3.1.3.2 Llenado de los recipientes**

El procedimiento fue de la siguiente manera.

La muestra para el análisis físico químico y 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.

#### **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:

Ubicación: UA-CAREN bloque académico

Procedencia de agua: Agua residual doméstica

Fecha de la toma de muestra: 5 de mayo del 2017

Tipo de muestra: compuesta

Hora: 10:18 Horas

Temperatura: 12°C

Responsable de la toma: Pamela Chimba

#### **10.2.3.1.4.2 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: 8 de Mayo del 2017

Tipo de muestra: Simple

Hora: 8:54 Horas

Temperatura: 10°C

Responsable de la toma: Pamela Chimba

#### **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 fue trasladada al laboratorio de la ciudad de Ambato LAQUIFARVA.

#### **10.2.3.1.3.6 Materiales y equipos**

##### **10.2.3.1.3.6.1 Materiales Libreta de campo y esferos**

Libreta de campo y esferos

2 Envase de plástico 1L

1 Envase de vidrio 1L

Cooler pequeño

##### **10.2.3.1.3.6.2 Equipos de protección personal**

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 del biodigestor.

**Tabla 4.** Parámetros considerados para el análisis de laboratorio

PARAMETRO	UNIDAD
Aceites y grasas	mg/l
Carbono total	mg/l

Coliformes totales	Nmp /100ml
Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/l
Demanda química de oxígeno DQO	mg/l
Densidad	Kg/L
Nitratos	mg/l
Nitritos	mg/l
Oxígeno disuelto	m/l
pH	
Sólidos disueltos	mg/l
Sólidos suspendidos	mg/l
Turbidez	NTU

**Elaborado por:** (Pamela Chimba,2017)

#### **10.2.4 Caracterización del entorno social, ecológico y económico del campus.**

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

Para determinar una muestra poblacional se aplicó el método probabilístico mediante un muestreo aleatorio simple para realizar la encuesta.

$$n = \frac{Z^2 pqN}{E^2 + Z^2 pq}$$

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.

### **10.2.5 Diseño y prototipado del biodigestor de flujo continuo.**

Con la caracterización de las aguas grises en el bloque académico de la universidad se pudo determinar el volumen y el caudal diario de descarga proyectando el diseño para 2 años.

#### **10.2.5.1 Diseño de pre-tratamiento**

##### **10.2.5.1.1 Trampa de grasa**

###### **10.2.5.1.1.1 Criterios de diseño**

Se utilizó para el tratamiento primario una trampa de grasa que consiste en retener aceites y grasas las cuales por diferencia de pesos específicos flotarán en la parte superior del tanque.

Se tomó en cuenta los criterios de diseño de Lozano Rivas (2012) para la realización del cálculo tomando el caudal de diseño como referente.

**TABLA 5.** 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 Biodigestor**

### **10.2.5.2.1 Especificaciones**

- ✓ La disponibilidad de agua debe ser constante para el llenado de las boibolsas.
- ✓ En casos de que exista lluvias torrenciales se debe desaguar los flujos de agua del biodigestor para evitar el colapso de la biobolsa.
- ✓ El agua debe quedarse en el sistema como promedio de 2-15 días (Jenkins 2005; Crites and Tchobanoglous 1998).
- ✓ Las aguas grises no deben estancarse (para evitar el crecimiento de mosquitos)
- ✓ La tierra debe ser compactada, cal y canto o ladrillo(barro cocido, suelo-cemento, silicio . calcáreo)

### **10.2.5.2.2 Criterios de diseño**

El diseño se realizó en función de los diferentes factores.

### **10.2.5.2.3 Factores humanos**

- Idiosincrasia
- Necesidad, la cual puede ser sanitaria, energía y de fertilizantes.
- Recursos disponibles de tipo económicos, materiales de construcción, mano de obra, utilización del producto, área disponible.
- Disponibilidad de materia prima, si se cuentan con desechos agrícolas, desechos pecuarios, desechos domésticos, desechos urbanos, desechos industriales.

### **10.2.5.2.4 Factores biológicos**

- Enfermedades y plagas tanto humanas como pecuarias y agrícolas

### **10.2.5.2.5 Factores físicos**

- Localización, la ubicación si es en zona urbana, rural o semi-urbana y la geografía aspectos como la latitud, longitud y altitud.
- Climáticos dentro de estos aspectos están las temperaturas máximas y mínimas, la precipitación pluvial, la humedad ambiental, la intensidad solar, los vientos su intensidad y dirección.

- Vías de acceso.
- Topografía, teniendo en cuenta el declive del suelo: si es plano, ondulado, o quebrado.
- Suelos con sus características como la textura, estructura, nivel freático y capacidad agrológica.

#### **10.2.5.2.6 Mantenimiento**

- Los digestores deben cercarse para evitar averías en el sistema.
- Debe proporcionarse un tejado para prevenir el daño al plástico por la radiación ultravioleta. Cualquier tipo de cobertura en material tradicionalmente usado en la granja es conveniente.
- Para aumentar la presión de gas al cocinar, se puede atar un objeto pesado (ladrillo o piedra) al fondo del depósito o apretar un cordón alrededor del medio.
- La lluvia no debe entrar en el digestor, porque puede causar dilución excesiva.
- El nivel de agua en la válvula de seguridad debe verificarse semanalmente.
- Se debe cubrir el digestor diariamente y asegurarse que el tubo de la salida no este bloqueado.

#### **10.4.5.3.3 Construcción del biodigestor**

Se realizó una excavación de una zanja con las medidas necesarias para las medidas correspondientes de la biobolsa y nivelación del suelo donde se debe excavar 10,20 m de largo por 1,20 m de ancho se compactó con tierra las paredes se compactaron con bloque y cemento a partir de 0,60 m de alto cabe recalcar que la parte inferior del suelo excavado no debe ser cubierto por ningún material solo debe ser compactada con agua dando dureza y firmeza.

La tubería de entrada y salida del biodigestor de 4 pulgadas están colocadas en la parte media de la biobolsa al final y al principio también existe una salida colocad a lo largo de la biobolsa por donde saldrá el biogás.

##### **10.4.5.3.3.1 Materiales**

Biobolsa

Dos salidas de PVC de 4 pulgadas en los extremos

Conducto de gas inicial (tubo PVC 2")

Abrazaderas para manguera

Tramo de cint negra auto adherible para reparaciones de geomembrana

Dos piezas Y de PVC de 4"

Dos codos PVC de 4"

Trampa de agua

Tina Biol

Flexometro

Pala

Tubos PVC

Puntales

Tanques de agua

Piola

#### **10.4.5.3.3.2 Mantenimiento**

- Los digestores deben cercarse para evitar averías en el sistema.
- Debe proporcionarse un tejado para prevenir el daño al plástico por la radiación ultravioleta. Cualquier tipo de cobertura en material tradicionalmente usado en la granja es conveniente.
- Para aumentar la presión de gas al cocinar, se puede atar un objeto pesado (ladrillo o piedra) al fondo del depósito o apretar un cordón alrededor del medio.
- La lluvia no debe entrar en el digestor, porque puede causar dilución excesiva.
- El nivel de agua en la válvula de seguridad debe verificarse semanalmente.
- Se debe cubrir el digestor diariamente y asegurarse que el tubo de la salida no este bloqueado.

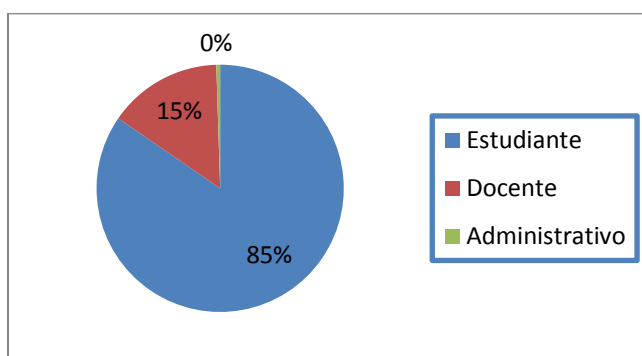
## 11. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

### 11.1 Impacto socio ambiental del sistema de gestión de aguas residuales de la facultad CAREN.

#### 11.1.1 Evaluación socio ambiental del sistema convencional

##### 11.1.1.1 Encuesta a los estudiantes de la facultad CAREN sobre las condiciones de los baños

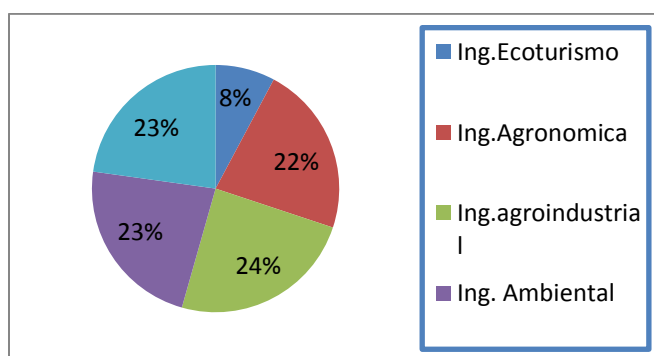
**Grafica 1.** ¿Cuál es su rol en la universidad?



**Fuente:** (El autor, 2017)

Como lo indica la gráfica el 85% de las personas encuestadas son estudiantes, el 15% son docentes y un 0% que representa el mínimo de las personas encuestadas.

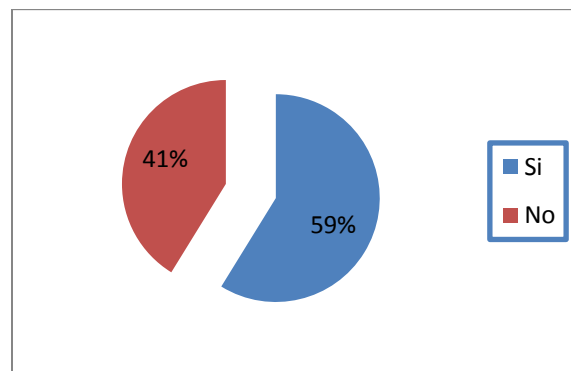
**Grafica 2.** ¿A qué carrera pertenece?



**Fuente:** (El autor, 2017)

Los estudiantes encuestados fueron de todas las carreras perteneciente a la facultad de CAREN dándonos así un total de un 24% que pertenece a la carrera de Ingeniería Agroindustrial, 23% a la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente, 23% a la carrera de Medicina Veterinaria, 22% de la carrera de Ingeniería Agronómica y el 8% de la carrera de Ingeniería Ecoturismo, tomando en cuenta que para realizar la encuesta se tomó una muestra de toda la población estudiantil.

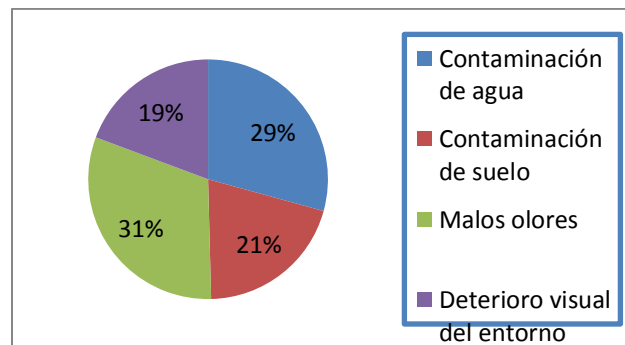
**Grafica 3.** ¿Conoce usted acerca del impacto ambiental que causa la gestión de desechos humanos en el campus Salache?



**Fuente:** (El autor, 2017)

De las personas encuestadas el 59% tiene el conocimiento acerca del impacto ambiental que causa la gestión de desechos humanos en el Campus Salache y el 41 % no tiene conocimiento del tipo de gestión que se da dentro de la facultad al efluente.

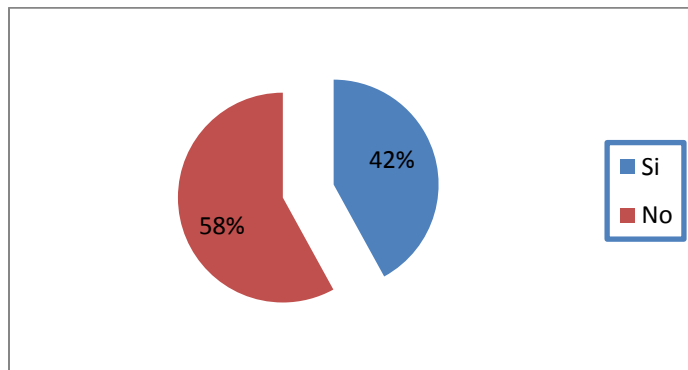
**Grafica 4.** ¿Qué impactos ambientales puede Identificar?



**Fuente:** (El autor, 2017)

Del análisis del gráfico se concluye que el 31% de estudiantes identifica como contaminación ambiental a los malos olores que son producidos por el agua residual emanada diariamente, el 29% opinan que el impacto ambiental es la contaminación del agua, un 21% tiene conocimiento que el impacto ambiental es la contaminación del suelo y un 19% cree que el impacto ambiental es el deterioro visual del entorno.

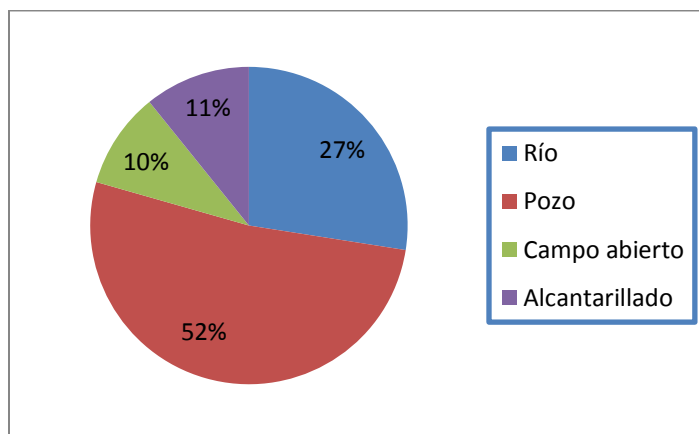
**Grafica 5.** ¿Conoce a donde se desfogan los desechos humanos en el campus Salache?



**Fuente:** (El autor, 2017)

De los datos de la encuesta el 58% de estudiantes desconocen el lugar de desfogue de los desechos humanos y el 42% tiene el conocimiento del lugar en donde se desfogan los desechos humanos.

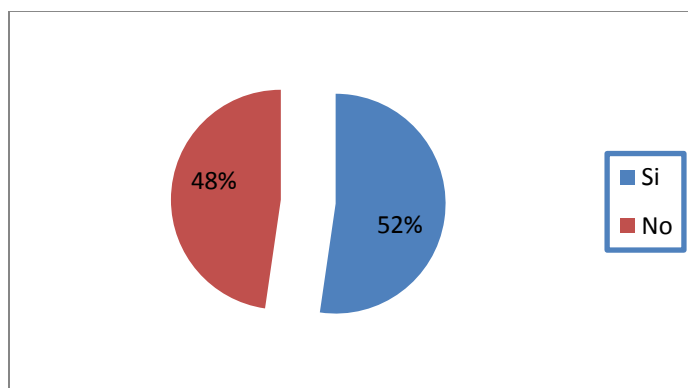
**Grafica 6.** Si conoce, indique el destino de los desechos.



**Fuente:** (El autor, 2017)

Mediante la encuesta que se realizó a los estudiantes sobre el destino de los desechos, el 52% manifestaron que los desechos humanos son desalojados en el pozo séptico pero no tienen conocimiento del lugar en donde desembocan los efluentes dirimente, el 27% que son desalojados en el río, el 11% piensan que son desalojados en el alcantarillado sin tomar en cuenta que el alcantarillado no se encuentra en funcionamiento y el 10% cree que son desalojados a campo abierto.

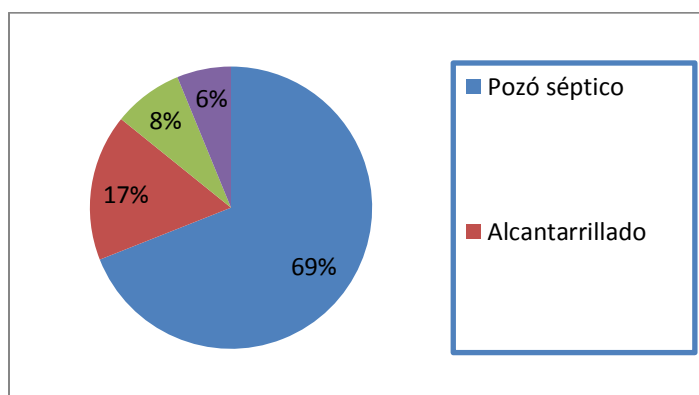
**Grafica 7.** ¿Conoce que tipo de infraestructura sanitaria existe en el campus Salache?



**Fuente:** (El autor, 2017)

Con la encuesta realizada se identificó que el 52% si conoce de algún tipo de infraestructura sanitaria del campus Salache y el 48% desconocen de la infraestructura sanitaria.

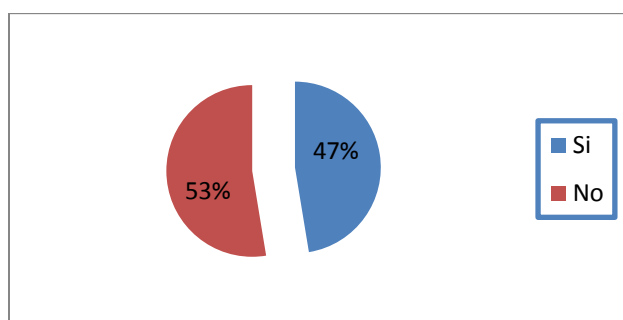
**Grafica 8.** Si conoce el tipo de infraestructura por favor identifíquela



**Fuente:** (El autor, 2017)

Con la encuesta realizada se determinó que el 69% conocen como infraestructura sanitaria es el pozo séptico, un 17% opina que la infraestructura sanitaria es el alcantarillado desconociendo que no se encuentra en funcionamiento el Ing. Vargas del departamento de construcción y planificación de la Universidad supo manifestar que tampoco existe un tratamiento adecuado para el agua residual, el 8% conoce que la descarga a campo abierto es la infraestructura sanitaria dentro del campus Salache y el 6% cree que existe un gestor externo (servicio de remoción de desechos como infraestructura sanitaria).

**Grafica 9.** ¿Ha escuchado sobre ecosaneamiento?

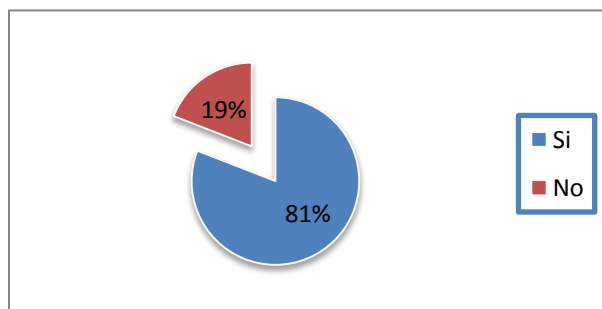


**Fuente:** (El autor, 2017)

Con relación al conocimiento de los estudiantes sobre el ecosaneamiento, el mayor porcentaje sostiene que el 53% no han escuchado sobre el tema y el 47% si tiene conocimiento de lo que es el ecosaneamiento.

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.

**Grafica 10.** ¿Cree que se debe implementar ecosaneamiento en el campus Salache?

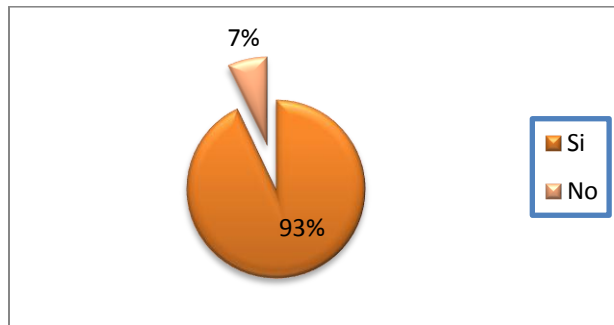


**Fuente:** (El autor, 2017)



La pregunta se relaciona en que si debemos hacer algo para que haya más proyectos ecológicos dentro de la universidad determinando que un 81% de estudiantes creen que se puede implementar un sistema de ecosaneamiento, mientras que un 19% opina negativamente.

**Grafica 11.** ¿Apoyaría una iniciativa de ecosaneamiento en el campus Salache?



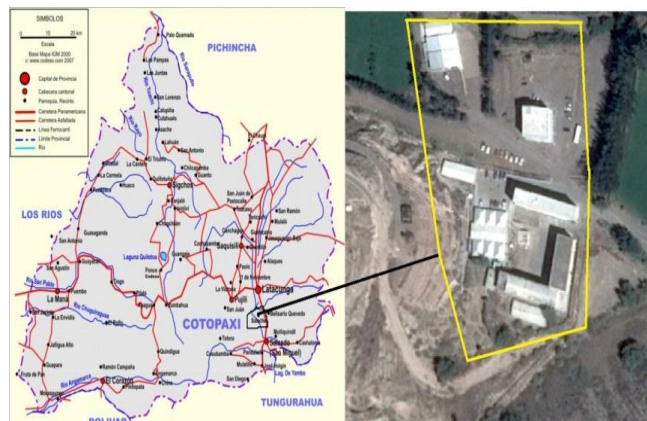
**Fuente:** (El autor, 2017)

En el análisis de la encuesta un 93% de los estudiantes si apoyarían a un modelo de ecosaneamiento, mientras que un 7% no estaría de acuerdo.

### 11.1.2 Descripción física

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

**Gráfico 1.** Lugar de la investigación – bloque académico de la Facultad CAREN



**Fuente:** Google Earth

**Tabla 6.** Datos del bloque académico UA-CAREN

Latitud	101111,00S
Longitud	786230,00O
Altitud	2739 m.s.n.m

**Elaborado:** (Pamela Chimba ,2017)

**Gráfico 2.** Área delimitada para identificar fuentes de aguas residuales



**Fuente:** Google Earth

Con la referenciación del GPS se identificó tres fuentes de aguas grises en la facultad de CAREN, debemos resaltar que existe una cuarta fuente de agua residual la planta de agroindustrias, la cual no fue tomada en cuenta ya que posee su propio pozo séptico y se encuentra fuera del área de investigación.

Las fuentes identificadas fueron: un lavaplatos de la cocina del bar y 18 inodoros de las baterías sanitarias.

**Tabla 7.** Fuentes de aguas residuales en la facultad –CAREN

<b>NOMBRE FUENTE FIJA</b>	<b>ESTE_X</b>	<b>NORTE_Y</b>	<b>ALTURA</b>
Bar	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:** (Pamela Chimba, 2017)

### **11.1.3 Diseño del sistema convencional**

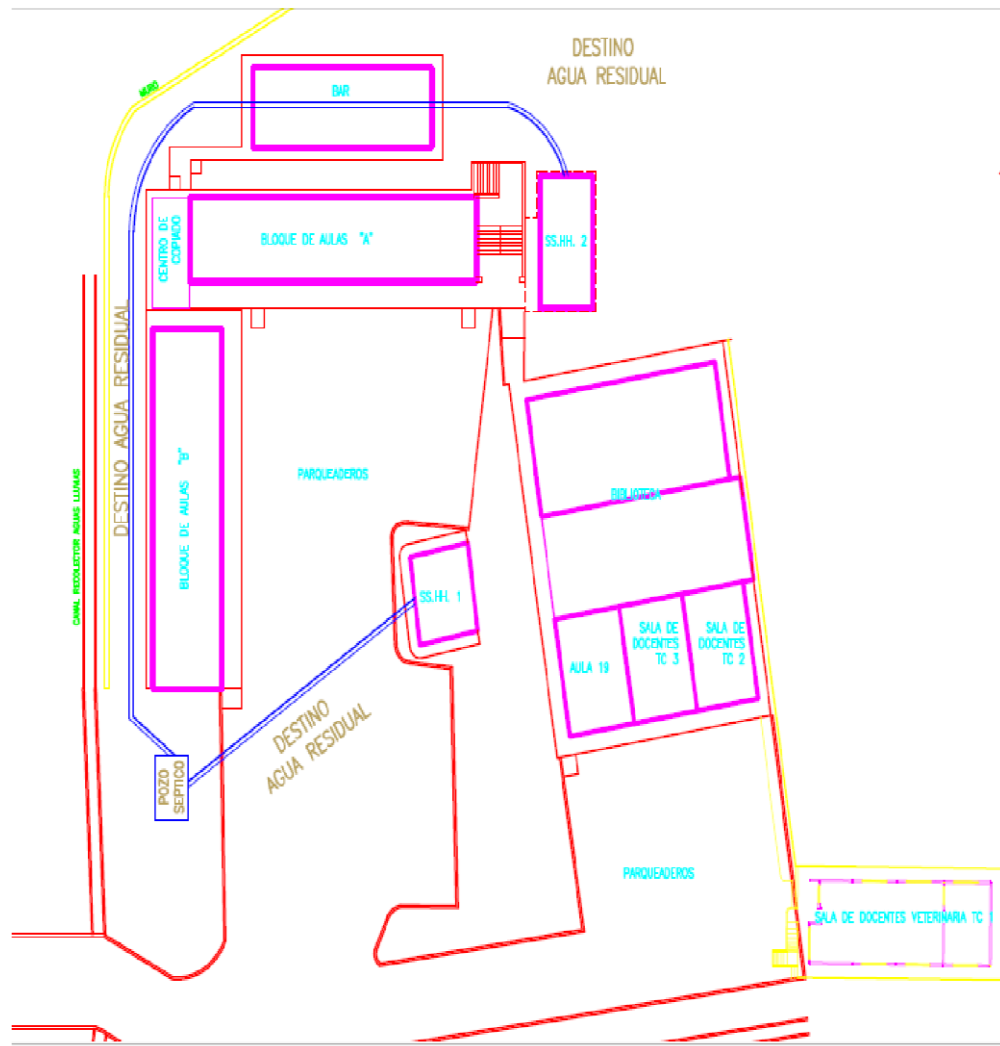
Se identificó un destino primario de las tres fuentes de agua residual, las cuales desembocan en un pozo séptico.

En el pozo séptico se descarga aguas negras y grises almacenando la mayor cantidad de agua y residuos sólidos del bloque de la facultad, el agua de lluvias tiene su propia canal de desagüe.

La característica principal del pozo séptico es que se encuentra al lado del bloque de aulas, presentan 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 pozos sépticos a cielo abierto que se encuentran en la zona de pinos en el bloque 12 del campus.

**Gráfico3.** Ruta de destino de las aguas residuales del bloque de la facultad CAREN



**Fuente:** Departamento de planificación construcción y mantenimiento UTC

En la ruta del destino de las aguas residuales tenemos que el agua emanada del Baño de la Planta Alta se une con el agua del Bar con una distancia de 128m, la unión de estas dos descargas llegan al pozo séptico con una distancia de 65.80m y el agua emanada de los Baños de la Planta Baja se une al pozo séptico con una distancia de 32.90m.

El agua del pozo séptico es desembocada en la fosa séptica abierta que se encuentra a 82.30m de distancias del pozo séptico ubicado en el bloque académico 11.

**Tabla 8.** Ubicación del destino de aguas residuales

Fuentes de aguas grises	Nombre Destino Aguas	ESTE_X	NORTE_Y	ALTURA
Bar	Pozo séptico	0764528,6	9889377,6	2724,3
Baño Planta Alta		764564,1	9889463,0	
Baño Planta Baja				

**Elaborado por:** (Pamela Chimba, 2017)

#### 1.1.4 Cuantificación de Efluentes

##### 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.

$$Q= v/t$$

$$Q= 1L/3.86s$$

$$Q= 0.26L/s$$

**Tabla 9.** Caudal de agua gris de la cocina del bar

Caudal de agua gris, cocina del bar	
Caudal evento extremo:	0.26 L/s
Tiempo:	3,86seg
Volumen:	1 L

**Elaborado:** (Pamela Chimba, 2017)

### Caudal comercial del lavamanos de los baños de la planta alta y baja

**Tabla 10.** Caudal de agua gris de los lavabos

<b>Caudal del lavamanos de baterías sanitarias 1 y 2</b>	
<b>Caudal del lavamanos planta alta</b>	0.033 L/s
<b>Caudal de lavamanos planta baja</b>	0.033 L/s
<b>Cierre automático</b>	9 Segundos
<b>Volumen de consumo</b>	0.033 Litros

**Elaborado por:** Pamela Chimba

### Caudal total de aguas residuales

$$Q_t = Q_{\text{lavabos1}} + Q_{\text{lavabos2}} + Q_{\text{cocina}}$$

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

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

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

### 11.1.4 Caudal comercial de los inodoros de los baños de la planta y baja

**Tabla 11.** Caudal de los inodoros de los baños de la planta alta y baja.

<b>Caudal de los inodoros de las baterías sanitarias 1y 2</b>	
<b>Caudal del inodoros planta alta</b>	1.5 L/s
<b>Caudal del inodoro planta baja</b>	1.5 L/s
<b>Cierre automático</b>	4 Segundos
<b>Volumen de consumo</b>	6.00 Litros

**Elaborado por:** Pamela Chimba

### Caudal total aguas residuales

$$Q_t = Q_{\text{inodoro1}} \text{ L/s} + Q_{\text{inodoro2}} \text{ L/s}$$

$$Q_t = 1.5 \text{ L/s} + 1.5 \text{ L/s}$$

$$Q_t = 3.00 \text{ L/s}$$

$$Q_t = 0.003 \text{ L/s}$$

**Caudal total de agua residuales**

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{total lavabos L/s}} + Q_{\text{total inodoro L/s}}$$

$$Q_{\text{total}} = 0.35 \text{ L/s} + 3.00 \text{ L/s}$$

$$Q_{\text{total}} = 3.35 \text{ L/s}$$

$$Q_{\text{total}} = 0.00335 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Tabla 12.** Resultados del caudal de agua residual

<b>Caudal de agua residual</b>	
Caudal comercial de descarga de los sanitarios	3L/s
Caudal total de agua gris ( Lavabos y bar)	0.346 L/s
Caudal total de aguas residuales	3.35

**Elaborado por:** Pamela Chimba

**Aforo del efluente de agua residual almacenada en el área de los pinos**

$$Q = v/t$$

$$Q = 1\text{L}/3.23\text{s}$$

$$Q = 0.30\text{L/s}$$

**Tabla13.** Resultados del aforo caudal de agua residual del área de pinos

<b>Caudal aforado en el área de los pinos</b>	
Caudal aforado evento extremo	0.30L/s
Volumen	1L
Tiempo	3.23 segundos

**Elaborado por:** Pamela Chimba

**Tabla 14.** Resultado del caudal de agua residual del área de los pinos

Caudal total de agua residual	L/s
Caudal total de residual	3.35
Caudal efluente aforado en el área de los pinos	0.30
Caudal que almacena el pozo séptico	3.09

**Elaborado por:** Pamela Chimba

### **Características de la infraestructura**

El caudal total de descarga diaria es de 3.35 L/s almacenándose 0.30L/s en fosa séptica del área de los pinos considerado un pasivo ambiental la cual es causante de la contaminación del suelo y malos olores. El caudal restante de 3.09 L/s se almacena en el pozo séptico del bloque académico.

### **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 de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, tomando en cuenta la opinión de los estudiantes que se pronunciaron mediante una encuesta.

### **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.

### **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, 2017) 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

### Resultados de las aguas negras

**Tabla 15.** Resultados de análisis de agua negras del bloque académico

			Límites máximos permisibles	Verificación de cumplimiento descarga cuerpo de agua dulce
Parámetro	Unidad	Resultado	Descarga a un cuerpo de agua dulce	
Aceites y grasas	mg/L	25.6	30.0	SI CUMPLE
Carbono ( C )	mg/L	2.3		
Coliformes totales	NMP/100mg/ L	83x10 <sup>9</sup>		
Demanda bioquímica de oxígeno, DBO5	mg/L	102	100	NO CUMPLE
Demanda química de oxígeno DQO	mg/L	227	200	NO CUMPLE
Nitrógeno total (N)	mg/L	15.8	15.0	NO CUMPLE
Oxígeno	mg/L	0.6		
pH		8.6	7	NO CUMPLE

Solidos sedimentados	mg/L*h	23	1.0	
Solidos suspendidos	mg/L	532	130	<b>NO CUMPLE</b>

**Elaborado:** Pamela Chimba

El resultado de los análisis de las aguas residuales demostró que existe una alta cantidad de solidos suspendidos al igual que el DBO y DQO que al momento de comparar con la normativa vigente del Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULSMA) indico que sobrepasan los límites permisibles, es decir existe alta cantidad de materia orgánica presente.

Los niveles de grasa se encuentran dentro de los límites permisibles pero 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.

## 11.2. Definición de un modelo sostenible

### 11.2.1 Evaluación de modelo de tratamiento

<b>Ventajas</b>	<b>Biodigestor</b>	<b>Fosa Séptica</b>
Eficiencia de tratamiento	36 %-50%	28%-32%
Facilidad de desazolve	Si	No
Fácil instalación	Si ya que prefabricado y es ligero	No ya que se debe realizar para construcción completa
Consto de instalación	Bajo	Alto

Consto de mantenimiento	Bajo y simple	Alto y complicado
Resistencia de fisuras	Si, ya que es fabricado de una sola pieza con polietileno de alta densidad.	No. Ya que debido a los movimientos de la tierra, el concreto se agrieta.
Resistencia de corrosión	Alta	Baja
Minimiza la contaminación del medio ambiente	Si ya que las aguas negras pasan por 3 procesos de tratamiento, el último proceso es un filtro.	No minimiza la contaminación ya que separa los sólidos de los líquidos. En un solo proceso.
Control de riesgos de enfermedades gastrointestinales	Si porque en combinación con el WC y sus 3 procesos de tratamiento, minimiza el riesgo microbiológico.	No ya que n tiene proceso de tratamiento de agua.

**Fuente:** (García M y Auchen J, 2010)

### 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 descontaminación que se adapte a las características de la zona y del agua a tratar. Se investigó una alternativa de biodigestor de flujo continuo.

### 11.2.2 Selección del modelo de gestión de aguas grises

Después de la revisión bibliográfica de los diferentes tipos de biodigestores se seleccionó el modelo de un biodigestor de flujo continuo, debido a que:

Ventajas	Desventajas
Permite disminuir la tala de los bosques al no ser necesario el uso de la leña para cocinar.	El digestor debe encontrarse cercano a la zona donde se recoge el sustrato de partida y a la zona de consumo.

Este tipo de digestor es muy económico y fácil de transportar por su bajo peso, en especial en aquellos sitios de difícil acceso.	
Produce biofertilizante rico en nitrógeno, fósforo y potasio, capaz de competir con los fertilizantes químicos, que son más caros y dañan el medio ambiente.	Debe mantenerse una temperatura constante y cercana a los 35°C. Esto puede encarecer el proceso de obtención en climas fríos.
Al ser hermético se reducen las pérdidas	
Elimina los desechos orgánicos, por ejemplo, la excreta animal, contaminante del medio ambiente y fuente de enfermedades para el hombre y los animales	Es posible que, como subproducto, se obtenga SH <sub>2</sub> , el cual es tóxico y corrosivo, dependiendo del sustrato de partida y de la presencia o no de bacterias sulfatorreductoras. La presencia de SH <sub>2</sub> hace que se genere menos CH <sub>4</sub> , disminuyendo la capacidad calorífica del biogás y encarece el proceso por la necesidad de depurarlo.
Mejora la capacidad fertilizante del estiércol. Todos los nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio así como los elementos menores son conservados en el efluente. En el caso del nitrógeno, buena parte del mismo, presente en el estiércol en forma de macromoléculas es convertido a formas más simples como amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), las cuales pueden ser aprovechadas directamente por la planta. Debe notarse que en los casos en que el estiércol es secado al medio ambiente, se pierde alrededor de un 50% del nitrógeno.	Necesita acumular los desechos orgánicos cerca del biodigestor.
El efluente es mucho menos oloroso que el afluente.	Riesgo de explosión, en caso de no cumplirse las normas de seguridad para gases combustibles

Control de patógenos. Aunque el nivel de destrucción de patógenos variará de acuerdo a factores como temperatura y tiempo de retención, se ha demostrado experimentalmente que alrededor del 85% de los patógenos no sobreviven el proceso de biodigestión. En condiciones de laboratorio, con temperaturas de 35 oC los coliformes fecales fueron reducidos en 50 – 70% y los hongos en 95% en 24 horas	
--	--

**Elaborado:** (Pamela Chimba, 2017)

### 11.3 Diseño y prototipado

#### 11.3.1 Identificación y caracterización el área a implementar el prototipo biodigestor.

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

**Tabla.** 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:**( Pamela Chimba, 2017)

#### 11.3.2 Diseño del biodigestor de flujo continuo para aguas residuales

##### 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 secundario

Biodigestor de flujo continuo

### 11.3.3 Cálculo del caudal de diseño para aguas residuales con proyección a dos 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 dos años.

**Tabla.** Caudal real

Caudal real	
Q = caudal	$Q = \frac{V}{t}$
V = volumen	$Q = \frac{1\text{Litro}}{3,23\text{seg}}$
t= tiempo	$Q = 0,31\text{L/seg}$

**Tabla 16.** Caudal unitario por estudiante

Caudal unitario por estudiante	
Q = caudal	$Q_{unitario} = \frac{Q}{n}$
n= número actual de estudiantes	$Q_{unitario} = \frac{0,31\text{L/seg}}{1816}$
	$Q = 0,000171 \text{ L/seg}$
	$Q = 0,000000171 \text{ m}^3/\text{seg}$

**Elaborado:** (Pamela Chimba, 2017)

**Tabla 17.** Caudal diseño, proyección a dos años

<b>Población real</b>	
Po= población inicial	
r= tasa de crecimiento 3,4 estudiantil	$Pn = Po(1 + r)^n$
Pn= población en años	$Pn = 1816(1 + 0,034)^2$
n= vida útil del proyecto (2años)	$Pn = 1942$
	$\left( \begin{matrix} 1 \text{ estudiante} & \rightarrow & 0,000000171 \text{ m}^3/\text{seg} \\ 1942 & \rightarrow & x \end{matrix} \right)$
	<b>X= 0,000332m<sup>3</sup>/seg Caudal de diseño</b>

**Elaborado:** (Pamela Chimba, 2017)

### 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.

#### Cálculos del diseño

El diseño se realizó con una proyección de dos años.

**Tabla 18.** Medidas de la trampa de grasa (pre-tratamiento)

<b>MEDIDAS DE LA TRAMPA DE GRASA</b>	
Largo de la trampa de grasa: 1.20 m	Tubería de 3"
Ancho: 0.55m	Codos y Tee 90°
Altura mínima: 0.80 m	Tapa incluida
Altura total: 1.10 m	Volumen: 0.47 m <sup>3</sup>
Bordes 0.10 m	

**Elaborado:** (Pamela Chimba, 2017)

**Tabla 19 .** Volumen de almacenamiento de la trampa de grasa

VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO DE LA TRAMPA DE GRASA	
Fórmulas	$V = Q \times TRH$
V= Volumen Q= caudal TRH= 24 min Tiempo retención hidráulico (1440seg)	$Vol = 0,00332 \frac{m^3}{seg} \times 1440 \text{ seg}$ $Vol = 0,478m^3$

**Elaborado:** (Pamela Chimba, 2017)

**Tabla 20.** Dimensionamiento de la trampa de grasa

DIMENSIONAMIENTO DE LA TRAMPA DE GRASA	
Fórmulas	$V = A \times h$
V= Volumen A = área h= altura h mínima = 0,80m x = ancho	$0,478m^3 = A \times 0,80m$ $A = \frac{0,478m^3}{0,80m}$ $A = 0,598m^2$ $A = 0,60 m^2$ <p>X = Ancho</p> $A = 2x \cdot x$ $A = 2x^2$ $\frac{0,598m^2}{2} = 2x^2$



	$0,299m^2 = x^2$ $\sqrt{x^2} = \sqrt{0,299 m^2}$ $x = 0,546 m$ $x = 0,55 m$ <p>Largo</p> $2x = 2(0,546m)$ $2x = 1,092m$ $2x = 1,10 m$ <p><b>Resultado:</b></p> <p>Altura h = 0,80m</p> <p>Ancho x = 0,55m</p> <p>Largo l = 1,10 m</p>
--	---

**Elaborado:** (Pamela Chimba, 2017)

### 11.3.5 Tratamiento secundario

#### 11.3.5.1 Biodigestor

##### Cálculos de diseño

**Tabla 21.** Medidas del biodigestor

MEDIDAS DEL BIODEGESTOR
Temperatura media de la Facultad CAREN=
14°C

Tiempo de retención= 15 días	Dimensión L:A
	L: 7 m A: 2 m
	Tubería de 4" pulgadas al principio y al final del biodigestor.
Volumen de agua= 0.47 m <sup>3</sup>	Vd= 7.05m <sup>3</sup>
Bordes: 0.10 m (cada lado)	

**Elaborado:** ( Pamela Chimba,2017)

**Tabla 22.** Volumen del digestor

Volumen del biodigestor	
TR= 15 días	$Vd = Q \times TR$
Vd= volumen biodigestor (m <sup>3</sup> )	$Vd = 0,478 \frac{m^3}{día} \times 15 \text{ días}$
	$Vd = 7.17m^3$

**Elaborado:** (Pamela Chimba, 2017)

**Tabla 23 .** Diámetro pozo para colocar la biobolsa.

Diámetro pozo para colocar la biobolsa	
d=profundidad	$V = \frac{(\pi \cdot d^2)}{4} \times h$
h= profundidad	
v= volumen	$d = \sqrt[3]{\frac{V \times 4}{\pi}}$
	$d = \sqrt[3]{\frac{V \times 4}{\pi}}$

	$d = \sqrt[3]{\frac{0,478 \times 4}{\pi}}$ $d = 0,85m$ $d = 1,00m$
--	---

**Elaborado:** (Pamela Chimba, 2017)

**Tabla 24.** Profundidad del pozo para colocar la biobolsa.

<b>Profundidad pozo para colocar la biobolsa</b>	
d=profundidad	$h = \frac{V \times 4}{\pi \times d^2}$
h= profundidad	$h = \frac{0,478 \times 4}{\pi \times 0,85^2}$
v= volumen	$h = 0,83 m$
	$h = 1,00m$

**Elaborado:** (Pamela Chimba, 2017)

### 11.3.6 Diseño del sistema de tratamiento biodigestor

#### 11.3.6.1 Diseño con medidas reales

El diseño se realizó en base a los cálculos propuestos.

#### 11.3.6.2 Diseño del prototipo a escala

El diseño se realizó con las medidas de implementación.

### 11.3.7 Construcción del biodigestor

### 11.3.7.1 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 25.** Medidas del prototipo del digestor

Largo	7 m
Ancho	1.00 m
Profundidad (altura)	1.00 m

**Elaborado:** (Pamela Chimba, 2017)

#### 11.3.7.1.1 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.

#### 11.3.7.1.2 Excavación de la tierra

Con la nivelación del suelo, se procedió a excavar 1,10 m de profundidad que necesita la biobolsa para el ingreso del agua. Se compactó la base del digestor con la misma tierra tomando en cuenta de a los 0,50 m de alto se reforzara las paredes con bloque y cemento.

#### 11.3.7.1.3 Implementación de la estructura del biodigestor

Lo primero que se debe hacer es preparar un foso que debe ser un poco más grande que el biodigestor, luego se procede a instalar el biodigestor y los tubos de admisión y de afluentes. Después de tres o cuatro días se llena el foso con agua, se descargan los desechos de animales, el agua que rodea el digestor puede ayudarlo a expandirse completamente y disminuye la tensión que ejerce en los tubos de entrada y de salida. Dependiendo de la época del año en la que se haga la instalación el proceso de fermentación se hace más rápido en verano y más lento en invierno.

#### 11.3.7.1.4 Mantenimiento del biodigestor

Estos biodigestores pueden tener una durabilidad de 20 años, en el caso de presentarse rupturas de este pueden ser fácilmente reparadas del mismo material del biodigestor usando

un adhesivo fuerte, la parte reparada debe permanecer seca hasta su endurecimiento por completo. Cuando se necesita el metano solo se ejerce una pequeña presión sobre la bolsa de almacenamiento moviendo de esta forma el biogás a donde se necesita.

## 12. IMPACTOS (TECNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONOMICOS)

**Tabla 26.** Impactos generados con la implementación del biodigestor

	POSITIVO	NEGATIVO
IMPACTOS TECNICOS	Los estudiantes de la carrera de ingeniería ambiental y agronómica podrán realizar monitoreo de agua, seguimientos y mejoras al proyecto implementado.	Ocupará un espacio, el cual no se podrá hacer uso para ninguna otra actividad.  Debe existir flujo constante de efluente para que el biodigestor funcione.
IMPACTOS SOCIALES	Modelo alternativo que se encuentra a disposición de todas las personas de la comunidad.  Puede ser replicado por diferentes comunidades del cantón.	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 y agronómicas.
IMPACTOS AMBIENTALES	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.	Modificación del suelo donde se colocó el biodigestor, de manera que no recuperará las condiciones edáficas del mismo, puesto que son suelos áridos.  El proyecto posee

		<p>estructura civil de concreto causando alteración del lugar.</p> <p>Diversidad faunística disminuirá en el lugar en donde estará instalado el biodigestor.</p>
<p>IMPACTOS ECONOMICOS</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>Elimina el gasto de la maquinaria que es utilizada para vaciar el pozo séptico a los 6 meses que se encuentra completamente lleno.</p>	<p>Para que el biodigestor este en mantenimiento continuo se deberá asignar un grupo de personas que se encarguen mensualmente de realizar las limpiezas pertinentes, este grupo podría ser estudiantes de la carrera, se deberá contar con el apoyo estudiantil y docente.</p>

**Elaborado:** (Pamela Chimba, 2017)

### 13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

**Tabla 27.** Presupuesto para la elaboración de un biodigestor en la facultad CAREN

<b>PRESUPUESTO PARA LA ELABORACION DE UN BIOFILTRO EN LA FACULTAD CAREN</b>				
	Primer año			
Resultados/Actividades	1er	2do	3er	4to
	Trimestre	trimestre	trimestre	trimestre
Identificar y referenciar fuentes y destinos de aguas grises.	\$ 52,20			
Caracterización de las aguas grises	\$ 100,87			
Recopilación de modelos ecológicos funcionales.	\$ 46,00			
Caracterización del entorno social, ecológico y económico del campus		\$ 20,00		
Diseño del prototipo a ejecutar*		\$ 20,00		
Construcción del prototipo a ejecutar		\$ 600,50		
<b>TOTAL</b>		863,20		
Imprevistos al 10%		\$ 45,60		
<b>Total</b>		<b>\$873,95</b>		
* Detalle de las actividades en anexos (Véase Anexo B, tabla 18)				

## **14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **14.1 CONCLUSIONES**

- Se determinó que el bloque 11 de la facultad de CAREN presenta deficiencias en el modelo actual de gestión sanitaria generando molestias e inconvenientes en los estudiantes, docentes y personas que visitan las instalaciones.
- Los resultados del análisis de laboratorio determinaron que existe una alta concentración de DBO (102 mg/L), DQO (227 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.
- La percepción con los resultados obtenidos en la encuesta nos dieron a conocer que la mayoría de los estudiantes apoyan a que se construya un modelo de ecosaneamiento dentro de la facultad.
- Con la evaluación del sistema actual se implementó un prototipo de sistema de tratamiento: biodigestor. Para tratar el agua residual con la finalidad de que al fermentarse dentro de la biobolsa el efluente sirva como fertilizante. Los sistemas de tratamiento ecológicos son factibles siempre y cuando se tengan mantenimiento continuo y espacios suficientes para su implementación.
- En el dimensionamiento del biodigestor se debe tomar en cuenta el volumen diario de efluente, la temperatura y el número de años de vida útil del mismo.
- La utilización del biodigestor ofrece grandes ventajas para el tratamiento de aguas ya que disminuye la carga contaminante de los mismos.

### **14.2 RECOMENDACIONES**

- 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 entrada del biodigestor. Su mantenimiento deberá ser cada 10 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.



- La biobolsa deberá ser llenada del agua residual a los 4 días de haber instalado todo el sistema del biodigestor esperando que el lugar se encuentre seco, para poder observar alguna fuga y poder repararla.
- Se debe realizar estudios y seguimiento para separar aguas grises y negras.
- Implementar el biodigestor de dimensiones y funcionalidad reales conjuntamente con un modelo de gestión y operación del sistema.

## 15. BIBLIOGRAFIA

- Biogas from waste and renewable, Dieter Deublein y Angélica Steinhauser, 2008 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- 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](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)
- Cajiao, Katty. (2012, 05 11). blog de buenas notas. Retrieved 04 6, 2013,from blog de buenas notas: disponible en: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Dfvef/4282670.html>
- Calvo, M. S. (2005). Depuración de las aguas residuales por tecnológicas ecológicas
- Cánepa, L., Maldonado, V., Barrenechea, A., & Aurazo, M. (2004). control y conservación. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Consejo Nacional de Recursos Hídricos, (CNRH). (2003). La contaminación del agua en el Ecuador. Quito.
- Coral, K. (2013). Control de la contaminación de aguas residuales. Quito: SEK. España: Diaz de Santos, S. A.
- Córdova, I. S. (n.d.). Retrieved marzo 27, 2013, from disponible en: <http://carlos.redes.org.ec/articulo%20estado%20actual%20de%20aguA%20residual%20domesticas%20y%20municipales%20en%20el%20ecuador.htm>

- Dimensionamiento de plantas depuradoras UASB. Dipl. Ing. Sanitario – Ing. Civil Gabriel Moncayo Romero, Ed. Aqualimpia Beratende Ingenieure. Alemania, Enero 2011.
- Dimensionamiento, diseño y construcción de biodigestores y plantas de biogás. Dipl. Ing. Sanitario – Ing. Civil Gabriel Moncayo 104
- Espigares García, M., Pérez López, J. A. 198 . Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada. Obtenido de Universidad de Granada.
- Galvín, R. M. (2003). Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos.
- Hábitat, F. (2005). Biodigestores una alternativa a la autosuficiencia energética y de biofertilizantes. Quimbaya.
- 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.
- Ingiera, (2007, 12 de Marzo), Yahoo en español respuestas Costa Rica, Disponible en: <http://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20071007165558AA0Crk6>, (2013, 13 de mayo)
- 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](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_37_trampa_de_grasas.html)
- Manejo del Sistema de Agua Potable y Aguas Residuales – Biblioteca Municipal de Latacunga.
- Mansoncc (2013, 8 de Mayo), edición de Jkbw, Perú Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Aguas\\_residuales](http://es.wikipedia.org/wiki/Aguas_residuales). [2013,12 de Mayo]
- 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-sobretamientos-de-aguas-residuales-urbanas-para-pequenos-nucleos-de-poblacion.pdf>

- Mejia Mendoza Jorge Humberto, “Diseño, Construcción de un reactor UASB para el tratamiento de aguas residuales”, FCyT – UMMS, Cochabamba - Bolivia, 1999.
- Metcalf & Eddy, “Ingeniería Sanitaria, Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales” 2da edición, Ed. Labor S.A. México, D.F., 1985, 1995, 969 pp.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable (Tercera ed., Vol. 1).
- Pérez C.J., TRATAMIENTO DE AGUAS:SEDIMENTACION.,S.l., s.f., Pp.2,121 Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.com>
- Pérez P.J TRATAMIENTO DE AGUAS: Sedimentación., Facultad de Minas., Universidad Nacional., Quito – Ecuador., s.f., Pp.100 – 103, 112 – 114,121, 124, 125 Disponible en: <https://www.bdigital.unal.edu.com>
- Ponce Abad Ana Paula, “Comportamiento de un reactor anaerobio de lecho fijo en el tratamiento de aguas residuales de una producción de bebidas carbonatadas”. UNAM, México D.F. 2001.
- Prieto, C. (2004). EL Agua: sus formas, efectos, abastecimiento, usos, daños.
- 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>
- Ramalho Sette Rubens. ,“Introduction to wastewater treatment process”, 2da edición Ed. Reverté S.A. Barcelona, España, 1993, 667 pp.
- Ramalho, R. S. (2003). Tratamiento de Aguas Residuales. Barcelona. España: Reverté S.A. Teoría. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Romero Rojas Jairo Alberto., “Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización”, 3ra edición, Ed. Alfaomega., México, D.F, 1999, 281 pp.
- Romero, Ed. Aqualimpia Beratende Ingenieure. Alemania, Diciembre 2011.
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario. Libro VI tabla 12.

## 16. ANEXOS

### **ANEXO A**

### **TABLAS**

**Tabla 1. Obtención de la tasa de crecimiento estudiantil**

<b>Tasa de crecimiento estudiantil</b>	
R= tasa de crecimiento	$r = \frac{\frac{Nt}{No} - 1}{t}$ $r = \frac{\frac{1816}{1597} - 1}{4}$ $r = 0,0343 \times 100 = 3,43\%$
Nt= población de inicio	
No= población final	
T= tiempo	

**Elaborado:** (Pamela Chimba, 2017)

**Tabla2. Estimación de los beneficiarios del proyecto a dos años**

<b>Estimación de la población futura</b>	
Po= población inicial	$Pn = Po(1 + r)^n$ $P_2 = 1816(1 + 0,034)^2$ $P_2 = 1942 \text{ población en dos años}$
r= tasa de crecimiento 3,4 estudiantil	
Pn= población en años	
n= vida útil del proyecto (2años)	

**Elaborado:** (Pamela Chimba, 2017)

**Tabla 3. 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; p es la variabilidad positiva; q es la variabilidad negativa; N es el tamaño de la población; E es la precisión o el error.	$n = \frac{(1.96)^2 * 0.5 * 0.5 * 1816}{1816 * (0.05)^2 + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5}$  $n = 317 \text{ encuestas}$

**Elaborado:** (Pamela Chimba, 2017)

**Tabla 4. Numero de fuentes de descarga de agua residual**

Descripción de la fuente	Fuente	Nº de descarga
Baterías sanitarias planta alta	Baños	9
	Lavamanos	7
Baterías sanitarias planta baja	Baños	6
	Lavamanos	7
Cocina del bar	Lavaplatos	1
Total	5	30

**Elaborado:** (Pamela Chimba, 2017)

**Tabla 5 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce**

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		<sup>1</sup> 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 <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/l	100
<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
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 <sub>4=</sub>	mg/l	1000
Sulfitos	SO <sub>3</sub>	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 6 Pregunta 1 ¿Cuál es su rol en la universidad?**

1.Cuál es su rol en la universidad?		
Opciones	Porcentaje de respuesta	Respuestas
Estudiante	84,5%	164
Docente	14,9%	29
Administrativo	0,5%	1

**Elaborado:** (Autor, 2017)

**Tabla 7 Pregunta 2 ¿A qué carrera pertenece?**

A qué carrera pertenece?		
Opciones	Porcentaje de la respuesta	Respuesta
Ing. Ecoturismo	7,8%	16
Ing. Agronómica	22,3%	46
Medicina Veterinaria	24,3%	50
Ing. Agroindustrial	22,8%	47
Ing. Ambiental	22,8%	47

**Elaborado:** (Autor, 2017)

**Tabla 8 Pregunta 3 ¿Conoce Usted acerca del impacto ambiental que causa la gestión de desechos humanos en el Campus Salache?**

¿Conoce Usted acerca del impacto ambiental que causa la gestión de desechos humanos en el Campus Salache?		
Opciones	Porcentaje de la respuesta	Respuesta
Si	58,8%	117
No	41,2%	82

**Elaborado:** (Autor, 2017)

**Tabla 9. Pregunta 4 ¿Qué impactos ambientales puede identificar?**

¿Qué impactos ambientales puede identificar?		
Opciones	Porcentaje de la respuesta	Respuesta
Contaminación de agua	72,0%	144
Contaminación de suelo	50,0%	100
Malos olores	76,5%	153
Deterioro visual del entorno	47,5%	95
Otro (especifique)		9

**Elaborado:** (Autor, 2017)

**Tabla 10. Pregunta 5 ¿Conoce a donde se desfogan los desechos humanos en el campus Salache?**

¿Conoce a donde se desfogan los desechos humanos en el campus Salache?		
opciones	Porcentaje de la respuesta	Respuesta
Si	42,0%	84
No	58,0%	116

**Elaborado:** (Autor, 2017)

**Tabla 11. Pregunta 6 Si lo conoce, indique el destino de los desechos.**

Si lo conoce, indique el destino de los desechos.		
Opciones	Porcentaje de la respuesta	Respuesta

Río	27,5%	28
Pozo	52,0%	53
Campo abierto	9,8%	10
Alcantarillado	10,8%	11

**Elaborado:** (Autor, 2017)

**Tabla 12. Pregunta 7 ¿Conoce que tipo de infraestructura sanitaria existe en el campus Salache?**

¿Conoce que tipo de infraestructura sanitaria existe en el campus Salache?		
Opciones	Porcentaje de la respuesta	Respuesta
Si	52,3%	104
No	47,7%	95

**Elaborado:** (Autor, 2017)

**Tabla 13. Pregunta 8 Si la conoce el tipo de infraestructura, por favor identifíquela**

Si la conoce el tipo de infraestructura, por favor identifíquela		
Opciones	Porcentaje de la respuesta	Respuesta
Pozo séptico	69,0%	78
Alcantarillado sanitario	16,8%	19
Descarga a campo abierto	8,0%	9
Gestor externo (servicio de remoción de desechos)	6,2%	7

**Elaborado:** (Autor, 2017)

**Tabla 14. Pregunta 9 ¿Ha escuchado sobre ecosaneamiento?**

¿Ha escuchado sobre ecosaneamiento?		
Opciones	Porcentaje de la respuesta	Respuesta
Si	47,4%	82
No	52,6%	91

**Elaborado:** (Autor, 2017)

**Tabla 15. Pregunta 10 ¿Cree que se puede implementar ecosaneamiento en el campus Salache?**

¿Cree que se puede implementar ecosaneamiento en el campus Salache?		
Opciones	Porcentaje de la respuesta	Respuesta
Si	80,9%	140
No	19,1%	33

**Elaborado:** (Autor, 2017)

**Tabla 16. Pregunta 11 El ecosaneamiento reduce el uso de agua en la gestión de desechos humanos y contribuye la sostenibilidad de asentamientos humanos. Apoyaría una iniciativa de ecosaneamiento en el campus Salache?**

El ecosaneamiento reduce el uso de agua en la gestión de desechos humanos y contribuye la sostenibilidad de asentamientos humanos. Apoyaría una iniciativa de ecosaneamiento en el campus Salache?		
Opciones	Porcentaje de la respuesta	Respuesta
Si	92,9%	158
No	7,1%	12

**Elaborado:** (Autor, 2017)

**Tabla 17. Pregunta 12 ¿Le gustaría que se genere y aplique un proyecto piloto de ecosaneamiento en el Campus Salache?**

¿Le gustaría que se genere y aplique un proyecto piloto de ecosaneamiento en el Campus Salache?		
Opciones	Porcentaje de la respuesta	Respuesta
Si	96,0%	166
No	4,0%	7

**Elaborado:** (Autor, 2017)

**Tabla 18. Detalle de presupuesto del proyecto modelo sostenible para el tratamiento de aguas residuales**

<b>PRESUPUESTO INICIAL PARA LA ELABORACION DE UN BIODIGESTOR EN LA FACULTAD CAREN</b>			
OBJETIVO 1: Analizar el impacto socio ambiental del sistema de gestión de aguas negras de la facultad CAREN.			
<b>ACTIVIDADES</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDAD (\$)</b>	<b>TOTAL</b>
ACT 1 :	GPS alquilado por una semana	10	100
	Cuadernos	1,5	1,5
	Esferos	0,35	0,7
	Balde milimetrado	8	8
	caja de guantes	1	2
ACT 2 :	cronometro	0	0

	Camara Fotográfica (alquiler)	10	10
ACT 3 :	Frascos para muestras	2,5	7,5
	marcadores	0,75	0,75
	Analisis de laboratorio de las muestras (1 análisis)	100	100
	Cooler mediano	2	2
OBJETIVO 2. Definir un modelo sostenible de tratamiento de aguas negras.			
ACT 1 :	Copias	0,05	40
	Laminas A3	1	6
	Impresiones	1	1
	copias	7	7
ACT 2 :	Internet	15	15
OBJETIVO 3. Construir un prototipo del modelo sostenible identificado.			
ACT 1	Calculadora	15	15
ACT 2	Talento humano	20	60
	Alimentación	10	30
	Malla para cernir arena	5	5
	Bloques	315	63
	tubería PVC (3metros)	3,5	3,5
	Tubería PVC 4"	4,5	9

	Tubería PVC 2"	3,5	3,5
	palas (Alquilada)	5	5
	pico (Alquilada)	5	5
	barreta (Alquilada)	5	5
	arena**	0	0
	Tanque de 100 L	1	50
	Tanque 200 L	1	75
	Cemento	9	63
	Codo	1	1
	Y PVC	2	6
	Biobolsa	1	160
	Tee	2	3,5
	<b>TOTAL</b>		<b>863,2</b>

**ANEXO B**  
**FOTOGRAFIAS**



**Fotografía 1. Residuos de agua del pozo séptico**



**Fotografía 2. Fosas sépticas**

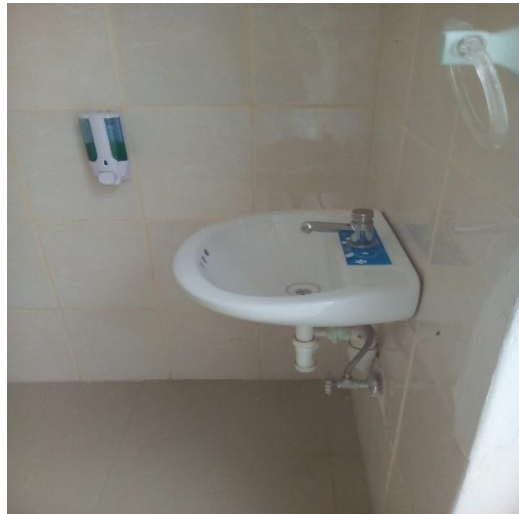


## PROCEDIMIENTO DE LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACION

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



**Fotografía 4. Calculo del caudal comercial de agua mediante el grifo automatico**



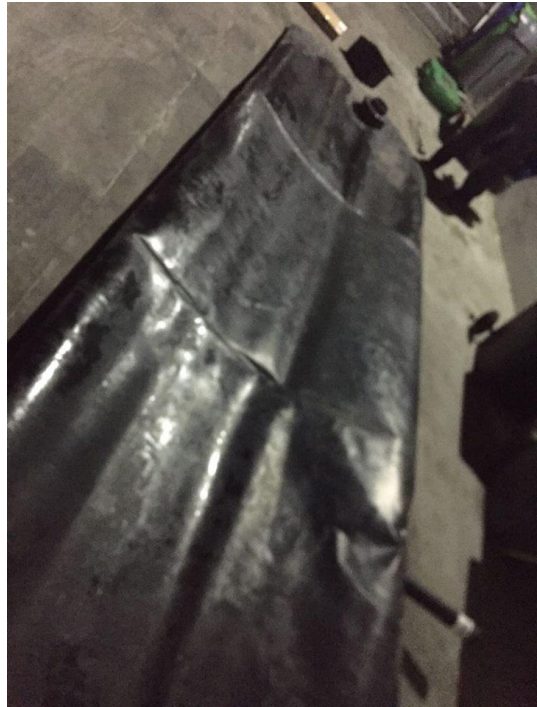
**Fotografía 5. Toma de aguas residuales para el análisis en el laboratorio**



**Fotografía 6. Etiquetado de las muestras**




**Fotografía 8. Elaboración de la biobolsa**



**Fotografía 9. Instalación de los acoples para la tubería**



Fotografía 10. Resultado de los análisis de laboratorio del agua residual

		<b>LAQUIFARVA</b> SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO - INTEGRAL AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS - PREPARACIONES FARMACÉUTICAS	
<b>INFORME DE RESULTADOS</b>		Ambato, Mayo 12 / 2017	
<b>ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUAS</b>			
Informe de Laboratorio		ABA - 773	
Orden de trabajo	No.	773	
Presentación	envase	polietileno	
Contenido	ml.	300	
Identificación	M1	Agua residual de descarga doméstica	
Sitio		Pozo séptico Universidad Técnica de Cotopaxi	
Barrio		Salache Bajo	
Parroquia		Eloy Alfaro	
Cantón- Provincia		Latacunga - Cotopaxi	
Solicita		Srta. Pamela Chimba	
Fecha de muestreo		05-05-17	10h18
Fecha de informe		12-05-17	
<b>RESULTADOS</b>			
Aerobios Mesófilos	ufc/ 100 ml.	3.56 X 10 4	
Colibacilos Totales	"	1.98 x 10 3	
Colibacilos Fecales	"	1.32 X 10 3	
<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>			
		T-incubación	
Aerobios Mesófilos	ufc/ 100 ml.	30 oC	
Colibacilos Totales	"	35 oC	
Colibacilos Fecales	"	44 oC	
ufc/ 100 ml. = Unidades formadoras de colonias / 100 ml			
Referirse a la normativa contenida en el TULAS			
<b>ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO DE AGUAS</b>			
Informe de Laboratorio		FQA - 772	
Orden de trabajo	No.	772	
Presentación	envase	polietileno	
Contenido	litros	2	
Identificación	M1	Agua residual de descarga doméstica	
Sitio		Pozo séptico Universidad Técnica de Cotopaxi	
Barrio		Salache Bajo	
Parroquia		Eloy Alfaro	
Cantón- Provincia		Latacunga - Cotopaxi	
Solicita		Srta. Pamela Chimba	
Fecha de muestreo		05-05-17	10h18
Fecha de informe		12-05-17	
<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>METODO</b>
Potencial Hidrógeno	U. pH	8.62	S.M. 4500-H+ B
Turbiedad	NTU	22.5	S.M. 2130 B
Densidad	g/cm3	0.989	
Sólidos Totales	mg / L	285	S.M. 2540 B
Sólidos Disueltos	"	204	S.M. 2540 C
Sólidos en Suspensión	"	81	S.M. 2540 D
Oxígeno Disuelto	"	0.6	MAM-22/APHA 4500-O C
D.B.O ( 5 )	"	102	MAM- 38/ APHA 5210 B
D.Q.O.	"	227	MAM - 23 A /MERCK 112.28.29.132
Nitritos	"	0.8	S.M. 4500-NO2-B
Nitratos	"	15	S.M. 4500-NO3-B
Carbono	"	2.3	Walkey y Black

**ANEXO C**  
**MATRICES DE CAMPO**



Ingeniería  
Medio Ambiente

**CARRERA DE INGENIERIA DE MEDIO AMBIENTE**  
**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE UN BIODIGESTOR**  
**AFORO MEDICION DE VOLUMENES**

Fecha de realización:

Hora de inicio: 9:00

Hora final: 16:00

Informe

Ubicación: bloque académico de la facultad CAREN

Dirección: pozo séptico

Nombre: Pamela Chimba

Punto de recolección

Días	1litro			Q promedio
	9:00	12:00	16:00	
Lunes	10.5	8.5	5.03.5	
Martes	7.5	6.85	5.5	
Miércoles	7.45	10.5	3.23	$Q = 0.31 \text{ L/s}$
Jueves	10.5	8.85	5.95	
Viernes	14.125	8.75	6.75.5	

Observaciones:

se tomó el caudal del cuento extremo

Responsable:

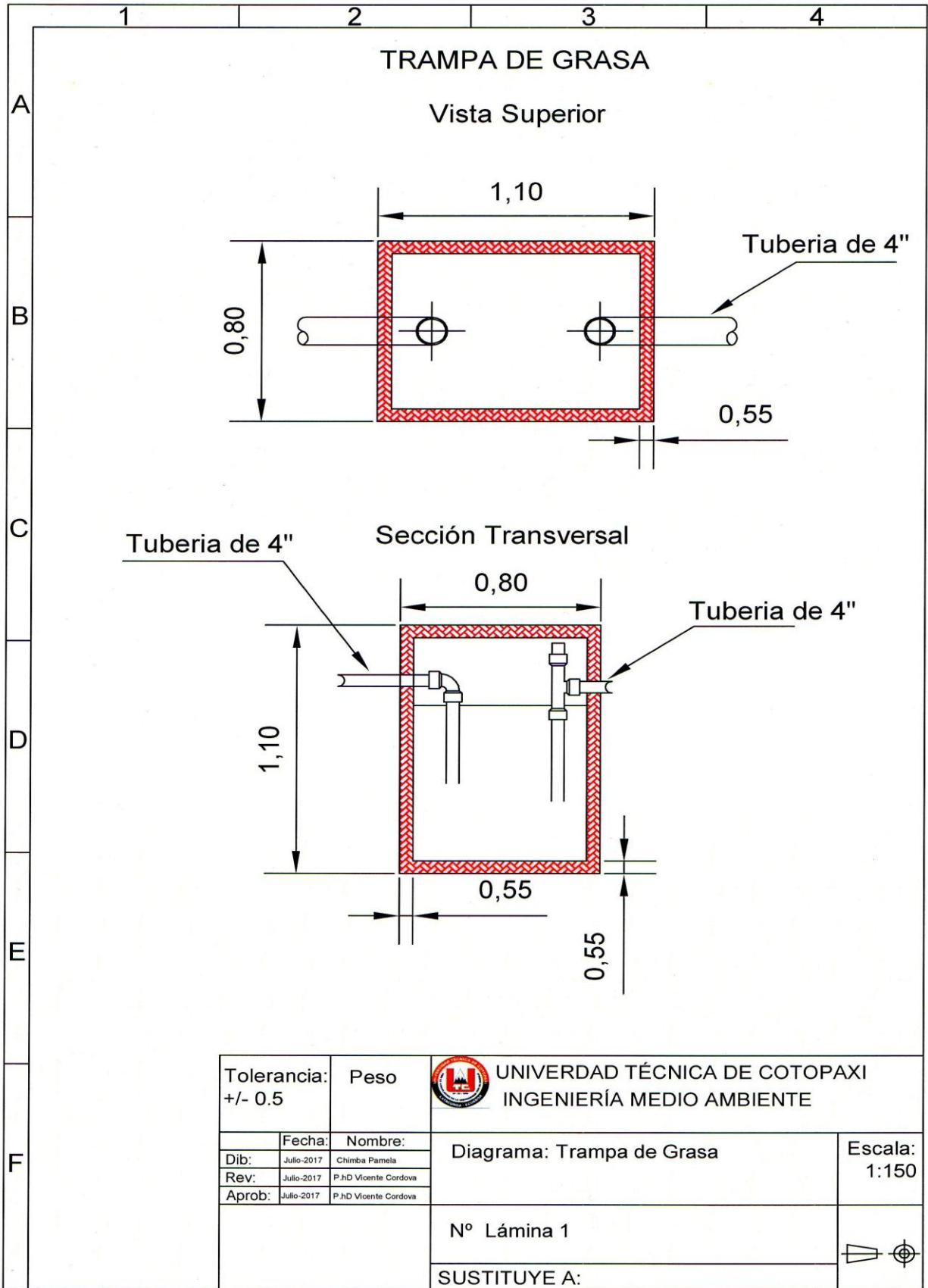
Pamela Chimba

Firma:

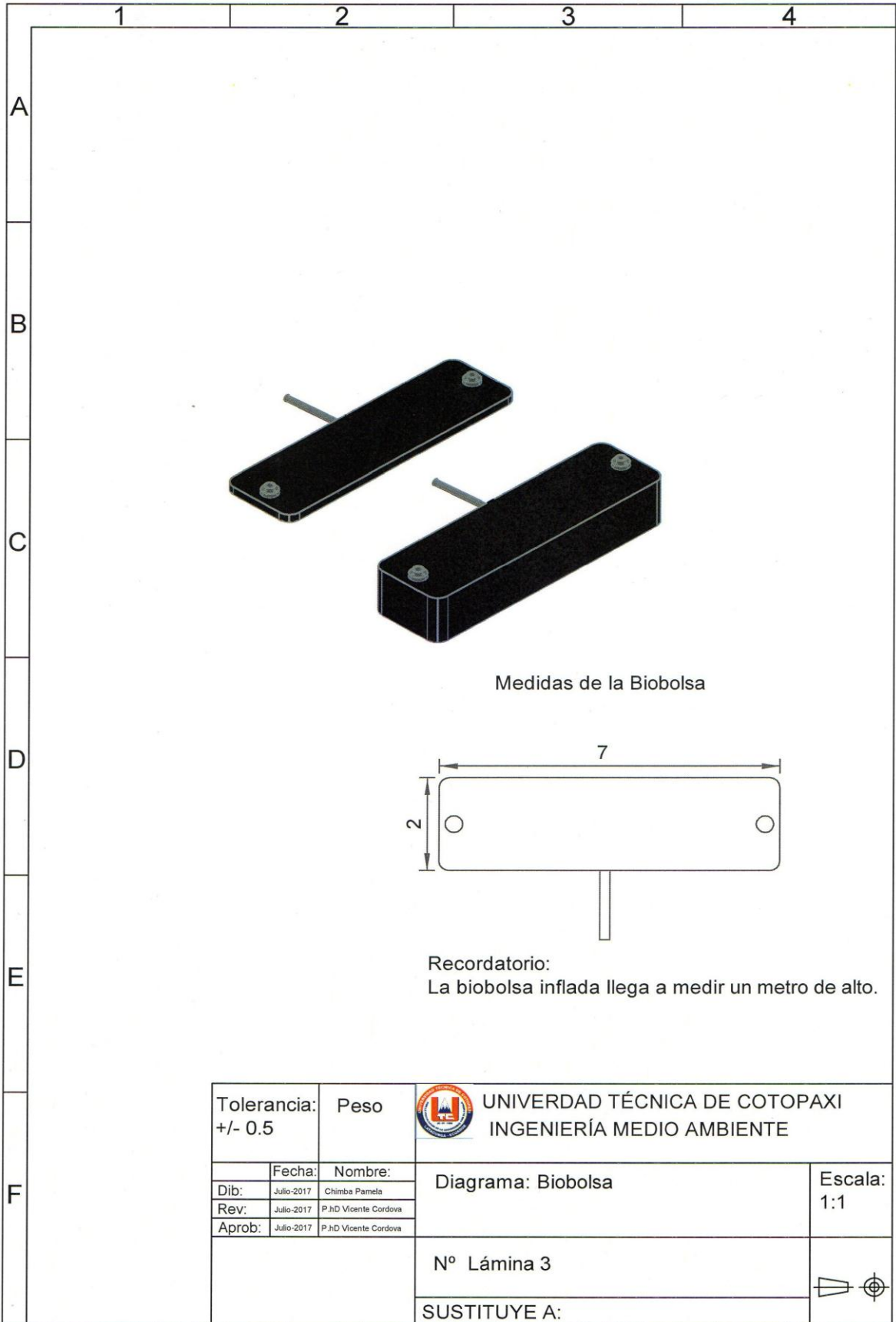
0 11 ✓ 1 litro - a 21 l/

**ANEXO D**  
**DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO**

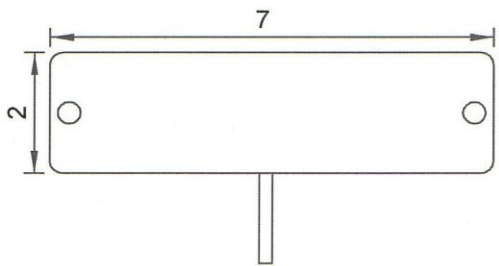




Tolerancia: +/- 0.5		Peso		 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> <b>INGENIERÍA MEDIO AMBIENTE</b>
Fecha:	Nombre:	Diagrama: Trampa de Grasa		
Dib:	Chimba Pamela			
Rev:	P.JD Vicente Cordova			
Aprob:	P.JD Vicente Cordova			
N° Lámina 1				
SUSTITUYE A:				

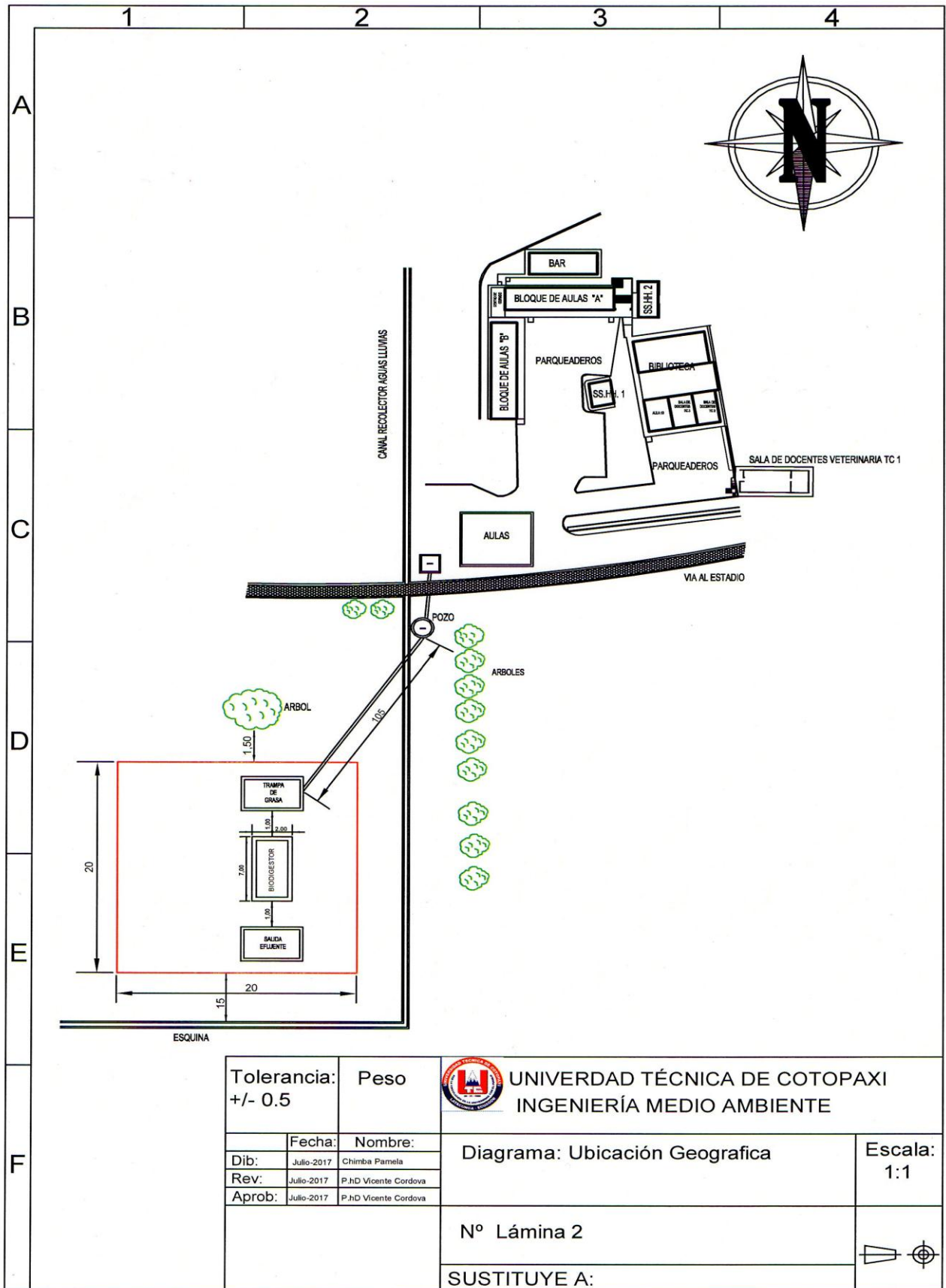



Medidas de la Biobolsa



Recordatorio:  
La biobolsa inflada llega a medir un metro de alto.

Tolerancia: +/- 0.5		Peso		 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI INGENIERÍA MEDIO AMBIENTE	Escala: 1:1
Fecha:	Nombre:	Diagrama: Biobolsa			
Dib:	Julio-2017	Chimba Pamela			
Rev:	Julio-2017	P.HD Vicente Cordova			
Aprob:	Julio-2017	P.HD Vicente Cordova			
Nº Lámina 3				SUSTITUYE A:	



F	Tolerancia: +/- 0.5		Peso	 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> <b>INGENIERÍA MEDIO AMBIENTE</b>		
	Fecha: Julio-2017		Nombre: Chimba Pamela	Diagrama: Ubicación Geografica		Escala: 1:1
	Rev: Julio-2017		P.HD Vicente Cordova			
	Aprob: Julio-2017		P.HD Vicente Cordova	Nº Lámina 2		
SUSTITUYE A:						