UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

TEMA:

"Propuesta para la implementación de un sistema terciario en la planta de tratamiento de aguas residuales del relleno sanitario de la ciudad del Puyo"

AUTOR: CANDO ARIAS DIANA ABIGAIL

DIRECTOR: DR. BRAVO SÁNCHEZ LUIS RAMÓN

PUYO – ECUADOR

2020

DECLARATORIA DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Diana Abigail Cando Arias, con cédula de identidad No. 0503500613, declaro que las actividades realizadas para la elaboración y culminación del presente proyecto de investigación y desarrollo, que tiene como tema: **"PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA TERCIARIO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DEL PUYO",** el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Dr. Bravo Sánchez Luis Ramón. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.



_____

DIANA ABIGAIL CANDO ARIAS
CI. 0503500613

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El Tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de investigación y desarrollo con el tema: **"PROPUESTA PARA LA REESTRUCTURACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DEL PUYO."**



Dr. Ricardo Abril

Presidente del tribunal



Ing. Pedro Peñafiel Msc.

Miembro del tribunal



Ing. Rubén Ledesma Msc

Miembro del tribunal

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO

Por medio del presente Dr. Bravo Sánchez Luis Ramón con cédula de identidad No. 1757041452, certifica que el proyecto de investigación y desarrollo con el tema: **"PROPUESTA PARA LA REESTRUCTURACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DEL PUYO."** ha sido examinado a través del sistema Antiplagio URKUND y presenta un porcentaje de similitud del 4 %.

En el cantón Pastaza, a los 10 días del mes de septiembre del 2020.



Dr. BRAVO SANCHÉZ LUIS RAMÓN
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza y apoyo en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento al director de tesis Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez, por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito. Le doy gracias a mis padres por apoyarme en todo momento y ser los principales promotores de mis sueños y anhelos deseados, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado. También quiero agradecer a la Universidad Estatal Amazónica, a la Facultad Ciencias de la vida y a mis docentes, que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional.

DEDICATORIA

Este presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a Dios quién ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy. Con todo mi amor y cariño en memoria de mi padre Juan Cando, quién siempre me supo dar todo su apoyo y amor incondicional durante el transcurso de mi carrera para poder llegar a cumplir uno de mis sueños más deseados, gracias papá por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de poder salir adelante a pesar de los obstáculos que la vida nos presente. A mi madre Elvia Arias que estuvo siempre a mi lado brindándome su mano amiga dándome a cada instante una palabra de aliento para llegar a culminar mi profesión, a mis hermanos que fueron mi fuente de luz, Juan y Andrés, ya que me han brindado su cariño y apoyo incondicional. Para ustedes mis pequeños y queridos sobrinos quienes con su inocencia de la niñez me han dado hermosos momentos a pesar de la distancia, Dylan y Andrés.

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza la valoración técnica de la eficiencia que pueden tener los lechos filtrantes de origen natural: bagazo de *Saccharum officinarum* L. (caña de azúcar) y ceniza de cascarilla de *Oryza sativa* L (arroz), con respecto a la depuración de la carga contaminante existente en los lixiviados que provienen del Relleno sanitario de la ciudad de Puyo. Para esto se realizó la revisión técnica del proyecto de titulación: "Depuración de lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de Puyo, perteneciente al cantón Pastaza, provincia de Pastaza, utilizando métodos alternativos Biomasa Residual", además del análisis realizado a la información suministrada por el GADM de Pastaza y de numerosos reportes bibliográficos actualizados. A partir de estos análisis se obtuvo una mejor orientación en cuanto a la funcionalidad de la planta de tratamiento, y sobre todo al manejo de lixiviados, para lo cual se valoró la aplicación de controles sistemáticos que mejoren la eficiencia del trabajo de la planta, tales como la determinación de los parámetro físicos, químicos y microbiológicos de los lixiviados, de forma comparativa antes y después de su paso a través de lechos filtrantes de bagazo de caña y ceniza de cascarilla de arroz, de esta manera se puede contar con un sistema de filtración que funcione como etapa terciaria de la planta de tratamiento. Se ofrece un diseño mejorado de la planta y una estimación presupuestaria acerca del coste total que la institución encargada debería invertir para aplicar la metodología propuesta. Como aspecto sobresaliente se llegó a considerar que el mejor sistema para el manejo adecuado de lixiviados sería un sistema de filtración que pueda servir para el presente sistema de flujo intermitente (lixiviados provenientes del relleno sanitario), el que trabaje de forma combinada, es decir, que opere con dos unidades con un lecho diferente en cada una de ellas y que pueda mejorar de alguna manera el trabajo que se lleva ejecutando actualmente, en donde se reduzcan las concentraciones de parámetros contaminantes y solvente los problemas ambientales que afectan al río Chilcayacu.

PALABRAS CLAVES: Sistema terciario, lixiviados, bagazo de caña, ceniza de cascarilla de arroz, filtración, monitoreo, carga contaminante, y eficiencia.

ABSTRACT

In the present work, technical evaluation of the efficiency that the filter beds of natural origin can have: bagasse of *Saccharum officinarum* L. (sugar cane) and husk ash of *Oryza sativa* L (rice), with respect to the purification of the existing pollutant load in the leachates that come from the Sanitary Landfill of Puyo city is carried out. For this, a technical review of the previous project: "Treatment of leachates from the sanitary landfill of the city of Puyo, belonging to the Pastaza canton, Pastaza province, using alternative methods Residual Biomass", was carried out, in addition to the analysis performed on the information provided by the Pastaza GADM and numerous updated bibliographic reports. From these analyzes, a better orientation was obtained regarding the functionality of the treatment plant, and especially the management of leachates, for which the application of systematic controls that improve the efficiency of the plant's work was valued, such as the determination of the physical, chemical and microbiological parameters of the leachates, in a comparative way before and after their passage through filter beds of sugarcane bagasse and rice husk ash, in this way a system of filtration that functions as a tertiary stage of the treatment plant. An improved plant design and a budget estimate of the total cost that the commissioning institution would have to invest to apply the proposed methodology is provided. As an outstanding aspect, it was considered that the best system for the proper management of leachates would be a filtration system that can be used for the present intermittent flow system (leachates from the sanitary landfill), which works in a combined way, that is, that it operates with two units with a different bed in each one of them and that it can improve in some way the work that is currently being carried out, where the concentrations of polluting parameters are reduced and the environmental problems that affect the Chilcayacu river are solved.

KEYWORDS: Tertiary system, leachate, sugarcane bagasse, rice husk ash, filtration, monitoring, pollutant load, and efficiency.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS i

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN ii

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO iii

AGRADECIMIENTO iv

DEDICATORIA v

RESUMEN vi

ABSTRACT vii

CAPÍTULO I 1

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2

1.2. OBJETIVOS 2

1.2.1. Objetivo general 2

1.2.2. Objetivos específicos 2

1.3. JUSTIFICACIÓN 2

CAPÍTULO II 4

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 4

2.1. Gestión Ambiental 4

2.1.1. Ambiente 4

2.1.2. Impacto ambiental 4

2.1.3. Recursos Naturales 4

2.1.4. Tipos de recursos naturales 4

2.2. Recurso hídrico 5

2.3. Sistema Ecológico 5

2.4. Relleno Sanitario 6

2.4.1. Tipos de “Rellenos Sanitarios” 6

2.4.1.1. Relleno Sanitario Tipo Área 7

2.4.2. Ventajas y desventajas del Relleno Sanitario 8

2.5. Lixiviados 9

2.5.1. Tratamiento de los lixiviados 9

2.5.2. Composición de los lixiviados 11

2.5.3. Variaciones en la composición de los lixiviados. 12
2.6. Normativa Vigente 12
2.7. Fundamentación Legal 15
2.7.1. Constitución de la República del Ecuador. 15
2.7.2. Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD). 15
2.7.3. Código orgánico ambiental (COA). 16
2.7.4. Acuerdo Ministerial No. 097-A de 06 de noviembre de 2015. 16
2.8. Lechos Filtrantes 16
2.8.1. Caracterización del bagazo de caña de azúcar y la ceniza de cascarilla de arroz. 17
CAPÍTULO III 19
3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN 19
3.1. Localización 19
3.1.1. Ubicación del área del estudio. 19
3.1.2. Relleno sanitario de la ciudad de Puyo 19
3.2. Tipo de investigación 21
3.3. Métodos de investigación 22
3.3.1. Identificación de las características de los lixiviados generados en el Relleno Sanitario del cantón Pastaza. 22
3.3.2. Sistema de tratamientos para lixiviados 26
3.3.3. Diseño experimental para el sistema de filtración del Relleno Sanitario. 27
3.3.4. Análisis de presupuesto referencial 31
CAPÍTULO IV 32
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 32
4.1. DATOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS 32
4.1.1. Caudal de los lixiviados. 32
4.1.2. Caracterización y valorización del contenido contaminante de los lixiviados. 33
4.2. Proceso de filtrado de los lixiviados por el sustrato. 35
4.2.1. Análisis de lixiviados después de pasar por el filtro. 35
4.3. Comparación de eficiencia y costo de la materia prima 43
4.3.1. Eficiencia 43
4.3.2. Valor referencial 43
4.4. Sistema terciario – unidades de filtración. 44
4.5. Discusión. 45

4.5.1. Evaluación de los lechos filtrantes, bagazo de caña (Saccharum officinarum) y ceniza de cascarilla de arroz (Oryza sativa) para la depuración del lixiviado. 45
4.5.2. Comparación del estándar económico para la selección de lecho filtrante. .. 45
4.5.3. Uso de un sistema terciario como medio de apoyo para la planta de tratamiento del relleno sanitario de la ciudad de Puyo. 46
CAPÍTULO V 47
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 47
5.1. Conclusiones 47
5.2. Recomendaciones 48
CAPÍTULO VI 50
BIBLIOGRAFÍA 50
CAPÍTULO VII 57
ANEXOS 57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición de los lixiviados. 11
Tabla 2: A.M 097-A, (Tabla 9) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. 12
Tabla 3. Composición química del bagazo de caña de azúcar 17
Tabla 4: Composición química de la ceniza de cascarilla de arroz. 18
Tabla 5: Coordenadas geográfícas del relleno sanitario del cantón Pastaza. 19
Tabla 6: Coordenadas del punto de muestreo al ingreso a la PTAR. 19
Tabla 7: Coordenadas del punto de muestreo a la salida de la PTAR. 20
Tabla 8: Parámetros de análisis de los lixiviados del GAD municipal del cantón Pastaza 22
Tabla 9: Análisis del punto de muestreo - relleno sanitario lixiviados celda actual operativa - fecha de análisis: 13/12/2019 – 23/12/2019 23
Tabla 10: Análisis del punto de muestreo estero s/n receptor – fecha de análisis: 13/12/2019 – 23/12/2019 24
Tabla 11: Análisis del punto de muestreo de aguas arriba rio Chilcayacu – fecha de análisis: 13/12/2019 - 23/12/2019 25
Tabla 12: Análisis del punto de muestreo aguas abajo río Chilcayacu - fecha de análisis: 13/12/2019 - 23/12/2019 26
Tabla 13: Presupuesto referencial estimado para el sistema terciario. 31
Tabla 14: Valoración del Caudal en L/s 32
Tabla 15: Valoración del Caudal en m^3/s 32
Tabla 16: Antes de ingreso a la planta de tratamiento. 33
Tabla 17: Salida de la planta de tratamiento. 34
Tabla 18: Porcentaje de eficiencia en el uso del bagazo de caña 36
Tabla 19: Filtración con el uso de bagazo de caña 36
Tabla 20: Porcentaje de eficiencia en el uso de la ceniza de cascarilla de arroz 38
Tabla 21: Filtración con el uso de ceniza de cascarilla de arroz 39
Tabla 23: Estimación de uso de un sistema combinado de filtración 41
Tabla 24: Presupuesto referencial del Bagazo de caña de azúcar. 43
Tabla 27: Medidas de las unidades del Sistema terciario. 44
Tabla 28: Estándar granulométricas del Sistema Terciario 45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Relleno Tipo Área 7
Figura 2: Relleno Tipo Zanja o Trinchera 7
Figura 3: Relleno Tipo Zanja o Trinchera 8
Figura 4: Mapa de ubicación del Relleno Sanitario. 20
Figura 5: Sistema terciario-unidades de Filtración. 41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Filtro vista superior 57
Anexo 2: Filtros conectados 57
Anexo 3: Sistema de filtración vista lateral 58
Anexo 4: Oficio de solicitud al Director de Servicios Municipales y Sociales 59
Anexo 5: Oficio de solicitud a la máxima autoridad del cantón Pastaza 60
Anexo 6: Hoja de Ruta para la delegación de atención 61

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial uno de los mejores sistemas para el manejo de los residuos sólidos provenientes de las ciudades o zonas urbanas es llevarlos a centros de recolección y compactación de basura, los cuales son llamados rellenos sanitarios, estos acogen capas inmensurables de basura dentro de un territorio previamente adecuado y con suelo impermeabilizado, con el fin de evitar cualquier tipo de contaminación de acuíferos. Pese a ser una de las soluciones ambientales más consideradas en la actualidad como medio de disposición final de residuos, una mala planificación y construcción de estos centros pueden conllevar a que se presenten factores negativos que ocasionen diversos impactos ambientales en las zonas naturales en donde se halla funcionando.

Uno de los principales problemas dentro de los rellenos sanitarios y en el cual se basa el presente estudio de investigación, es la propuesta de un sistema de tratamiento para mitigar los líquidos generados por la descomposición de materia orgánica, los cuales llevan la denominación de lixiviados, estos son caracterizados como una sustancia acuosa que tiene dentro de sus principales constituyentes contaminantes, metales pesados, compuestos orgánicos xenobióticos, macrocomponentes inorgánicos y restos disueltos de materia orgánica.

En el Ecuador se puede apreciar cómo el tratamiento de lixiviados tiene muy poca importancia al momento de su control, puesto que muchos rellenos sanitarios no cuentan con fondos suficientes para establecer procesos adecuados para la disposición final de los mismos, lo que puede ocasionar impactos ambientales en el entorno ecológico donde estén asentados. Estos problemas son ocasionados principalmente por el crecimiento acelerado de la población, lo que conlleva a la producción excesiva de residuos sólidos, los mismos que al contener diferentes tipos de contaminantes producen grandes cantidades de lixiviados.

Actualmente, el relleno sanitario de la ciudad del Puyo no cuenta con un adecuado sistema de tratamiento de lixiviados, esto de acuerdo al análisis técnico realizado del documento bibliográfico “Depuración de lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de Puyo, perteneciente al cantón Pastaza, provincia de Pastaza, utilizando métodos alternativos “Biomasa Residual”, además de la valoración de los informes de impacto ambiental y resultados de análisis de agua emitidos por la entidad encargada: el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pastaza.

Esta investigación es llevada a cabo con el fin de presentar una propuesta técnica para la implementación de un adecuado sistema de tratamiento de lixiviados a partir de los lechos de origen biológico (biomasa muerta): bagazo de *Saccharum officinarum* L. (caña de azúcar) y ceniza de cascarilla de *Oryza sativa* L. (arroz), en donde se valora la viabilidad técnica y económica de los dos sustratos en mención.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la planta de tratamiento de aguas residuales que se encuentra en funcionamiento en el relleno sanitario de la ciudad del Puyo no cuenta con un sistema terciario, por lo que los lixiviados generados son arrojados directamente a los cuerpos hídricos más cercanos.

Por tal razón, se plantea el presente estudio técnico con el fin de llevar a cabo la propuesta de la incorporación de un sistema terciario, mediante la comparación de dos lechos filtrantes de origen orgánico: bagazo de caña y ceniza de cascarilla de arroz.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Presentar una propuesta técnica para la reestructuración de la planta de tratamiento de aguas residuales del Relleno Sanitario de la ciudad del Puyo mediante la inclusión de un tratamiento terciario con los lechos de origen biológico: bagazo de *Saccharum officinarum* L. (caña de azúcar) y ceniza de cascarilla de *Oryza sativa* L. (arroz).

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar, a través de resultados de investigaciones anteriores, las características de las aguas residuales generadas en el relleno sanitario del cantón Pastaza.
- Presentar las metodologías aplicativas para el adecuado manejo de lixiviados (tipo de procesos-unidades de tratamientos terciarios).
- Definir un proceso con mejor funcionalidad para la reestructuración de la planta de tratamiento de aguas residuales que incluya el tratamiento terciario que se busca incorporar con lechos de origen biológico.
- Determinar los posibles costos o precios unitarios que pueden alcanzar los diferentes sistemas propuestos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en Ecuador se presenta una problemática considerable y preocupante, referida al manejo y control de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, puesto que estos no

cuentan con una tecnología o procesos totalmente adaptados para la mitigación de contaminantes que se desea tratar; en especial en las zonas rurales, donde se ha producido que el recurso hídrico pierda sus propiedades características y sobre todo su calidad.

En la Región Amazónica, directamente, al hablar de la provincia de Pastaza, se ha denotado una falta de interés por parte de las autoridades con respecto al control y disposición final que tienen las aguas grises que se producen del manejo de residuos del relleno sanitario (lixiviados) las cuales se encuentran afectando a los cuerpos hídricos que atraviesan la zona (principalmente al estero Chilcayacu).

El principal problema que presenta el relleno sanitario de la ciudad de Puyo, es la falta de operatividad que mantienen los sistemas de tratamiento de aguas residuales que están conectadas a las celdas; esto se dio a conocer mediante el análisis realizado al proyecto "Depuración de lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de Puyo, perteneciente al cantón Pastaza, provincia de Pastaza, utilizando métodos alternativos "Biomasa Residual", en donde, se dio a entender a través de los análisis de laboratorio realizados, que las plantas de tratamiento no tienen la suficiente capacidad para tratar agua lluvia así como el hecho de que sus unidades son retrogradas (tecnología de antaño, no mantiene su mismo principio de trabajo), por tal razón es necesario llevar a cabo un estudio ambiental, el cual establezca la propuesta técnica idónea para indicar posibles mejoras para el trabajo correcto de la planta en mención, garantizando el adecuado y completo tratamiento de lixiviados, evitando de esta manera la manifestación de posibles impactos ambientales que pueda generarse sobre los cuerpos de agua dulce que conforman el territorio hídrico de la provincia de Pastaza, por lo tanto, se ha establecido que una de las mejores alternativas para subsanar los problemas antes mencionados es llevar a cabo la formulación de la propuesta para la implementación de un sistema terciario que mitigue los efectos contaminantes que generan los lixiviados provenientes del relleno sanitario de la ciudad de Puyo.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Gestión Ambiental

2.1.1. Ambiente

El ambiente son todos aquellos factores vivientes y no vivientes que rodean y que afectan directamente a los organismos, entre ellos a los humanos. El ambiente de un niño en la ciudad de Veracruz es distinto al de una niña en la ciudad de Oaxaca, aunque compartan algunos factores comunes, como el hecho de que ambos viven en un área urbana, pero tienen diferentes climas y vegetación, e incluso distintas condiciones culturales. Es decir, el ambiente no está constituido solo por factores físico-naturales, sino por factores sociales, económicos, culturales, históricos, etc (González, 1999).

2.1.2. Impacto ambiental

Es la alteración del ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada, en términos simples el impacto ambiental es la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza. Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, disminuyendo la proliferación de diversos agentes caóticos en el medio. (IMTA & UNAM, 1994).

2.1.3. Recursos Naturales

Los recursos naturales son aquellos bienes que pueden obtenerse de la naturaleza sin mediar la intervención de la mano del hombre. Estos tienen una influencia positiva en la economía al ayudar a su desarrollo y satisfacer necesidades de la población (Gutiérrez & Mansilla, 2018).

2.1.4. Tipos de recursos naturales

Los recursos naturales se pueden clasificar en varias categorías, bajo distintos criterios. A continuación, se analizarán tres de ellos:

En cuanto a la fuente de origen, si provienen de materia orgánica o inorgánica, pueden ser:

Bióticos: Aquellos que provienen de la materia orgánica como plantas, animales y sus productos. También se consideran como bióticos aquellos que vienen de la descomposición o modificación de la materia orgánica como, por ejemplo, el carbón que proviene de la descomposición de restos vegetales desde hace millones de años.

Abióticos: No vienen de materia orgánica como, por ejemplo, el suelo, el agua, el aire, los vientos, etc. (Gutiérrez & Mansilla, 2018).

Respecto al estado de desarrollo, si están disponibles ahora o en el futuro, pueden ser:

Potenciales: Los que están disponibles en una región, pero por el momento no se está haciendo nada por explotarlos. Esto es, tal vez, porque no se cuenta con la tecnología o porque no existe el interés (Gutiérrez & Mansilla, 2018).

Actuales: Son los recursos disponibles en una zona y se están explotando actualmente. Generalmente, se tiene una idea clara de la cantidad disponible y de cómo se administrará en el futuro. (Gutiérrez & Mansilla, 2018)

Reservas: Es una parte de un recurso natural actual cuya explotación se deja para el futuro (Gutiérrez & Mansilla, 2018).

Con relación a su renovación, pueden ser clasificados, según se puedan renovar en el tiempo o se agoten definitivamente, en:

Renovables: se trata de un recurso cuya de tasa de renovación es relativamente superior a su tasa de uso. De esta forma, mientras se consume el recurso, se puede ir renovando para que no desaparezca en el tiempo. Un ejemplo de recurso renovable son los bosques de árboles de rápido crecimiento. Así, es posible cortar una parte de ellos mientras se toman las medidas para que crezcan otros nuevos árboles (Gutiérrez & Mansilla, 2018).

No renovables: Son aquellos recursos cuya tasa de extracción o consumo es mayor que la de su renovación por lo que se van agotando en el tiempo. Así, por ejemplo, tenemos el petróleo, del cual existen reservas que se van agotando a medida que se van consumiendo (Gutiérrez & Mansilla, 2018).

2.2. Recurso hídrico

Los recursos hídricos son los cuerpos de agua que existen en el planeta, desde los océanos hasta los ríos pasando por los lagos, los arroyos y las lagunas. Estos recursos deben preservarse y utilizarse de forma racional ya que son indispensables para la existencia de la vida (Meregildo, Castañeda, & Seclen, 2018).

2.3. Sistema Ecológico

Los seres vivos, su ambiente y las relaciones que se establecen entre unos y otros determinan los sistemas ecológicos. Cada zona, cada región, cada país presenta sistemas ecológicos característicos, tanto terrestres como acuáticos. Algunos son comunes a la mayoría de las regiones de cualidades biogeográficas similares. Otros, como los montes de ombúes o los bañados de Rocha, exhiben ciertas particularidades. Pero todos los ecosistemas integran componentes vivos, que constituyen la biodiversidad, y componentes no vivos en interrelación (Urquiza & Cadenas, 2015).

2.4. Relleno Sanitario

Un relleno sanitario es: “un método para la disposición de basuras en el suelo sin detrimento del medio ambiente, sin causar molestias y peligros para la salud y seguridad pública, usando principios de ingeniería para confinar las basuras en un área lo más pequeña posible, a la vez que reduciendo el volumen que sea practicable y cubriendo las basuras así depositadas con una capa de tierra diariamente, al fin de la jornada o tan frecuentemente como sea necesario” (Rosales & Rodríguez, 2016).

En la definición aparecen claros ciertos conceptos que, con los años, han demostrado su importancia en el cumplimiento de los objetivos del relleno sanitario:

Es una técnica de disposición de residuos sólidos muy utilizada en diferentes regiónes, que consiste en la disposición de capas de basura compactadas sobre un suelo previamente impermeabilizado para evitar la contaminación del acuífero y recubiertas por capas de suelo (Gamero, 2017).

El Relleno Sanitario es una técnica de disposición final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen (Urbano, 2019).

Un relleno sanitario es un lugar destinado a la disposición final de desechos o basura, en el cual se toman múltiples medidas para reducir los problemas generados por otro método de tratamiento de la basura como son los tiraderos, dichas medidas son, por ejemplo, el estudio meticuloso de impacto ambiental, económico y social desde la planeación y elección del lugar, hasta la vigilancia y estudio del lugar en toda la vida del vertedero (García, 2019).

Se puede decir que un relleno sanitario funcionando correctamente puede llegar a producir bastantes fuentes de trabajo, con el reciclado de papel, vidrio, metales, etc., se obtienen ganancias, y se resuelve parte del problema de la basura, y el económico. Si se utilizan los residuos orgánicos se podrían cultivar esos terrenos que estarán fértiles por todos los desechos orgánicos que han recibido; esto evitaría que los pepenadores anden vagando por los basurales donde pueden llegar a quedar infectados (Barragán, Arias, & Terrados, 2016).

2.4.1. Tipos de “Rellenos Sanitarios”

Actualmente existen varios tipos de rellenos sanitarios. A continuación se describirán algunos de ellos, en qué consisten y sus características generales.

2.4.1.1. *Relleno Sanitario Tipo Área*

El Relleno Tipo Área normalmente se emplea cuando se dispone de terrenos con depresiones y hondonadas naturales y artificiales, canteras, pozos producidos por extracción de materiales (ripio, arena, arcilla), lugares pantanosos o marismas, terrenos adyacentes a los ríos u otros similares (Maldonado & Erick, 2017).

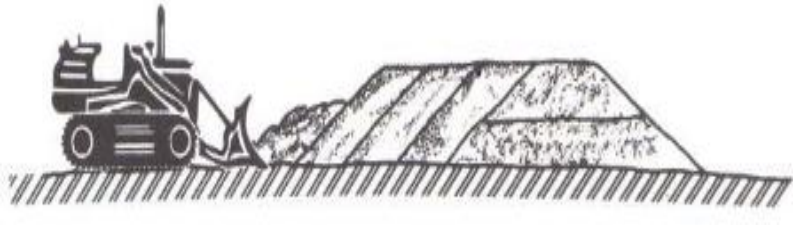


Figura 1: Relleno Tipo Área.

Fuente: (Maldonado & Erick, 2017)**.**

2.4.1.2. Relleno Sanitario Tipo Zanja o Trinchera

Este tipo de relleno sanitario es probablemente uno de los más prácticos y apropiados, ya que su operación es sencilla y la escasez de material de recubrimiento no produce problemas, siempre que el terreno para este sistema de disposición final sea convenientemente elegido (Maldonado & Erick, 2017).



Figura 2: Relleno Tipo Zanja o Trinchera.

Fuente: (Maldonado & Erick, 2017)**.**

2.4.1.3. Relleno Sanitario Tipo Combinado o Rampa

El relleno tipo combinado se opera en forma similar a los rellenos de área y zanja, pero los desperdicios descargados se extienden sobre una rampa, se apisonan y recubren diariamente con una capa de material de 0.15 m. de espesor. Terminada la operación de espesor, la rampa debe tener una pendiente de unos 30 m. y alcanzado el nivel previsto, se recubre con una capa de tierra o material similar, de 0,60 m. de espesor. El método de rampa de utiliza en terrenos de declive moderado o en aquellos que tienen una capa delgada de material susceptible de ser usado para recubrimiento o como sello del relleno.



Figura 3: Relleno Tipo Zanja o Trinchera.

Fuente: (Maldonado & Erick, 2017).

2.4.2. Ventajas y desventajas del Relleno Sanitario

Ventajas:

- Se requiere poca inversión al inicio.
- Se puede maniobrar con mucha cantidad de basura ocupando poco personal y maquinaria o equipo.
- Se puede conseguir terrenos a bajos costos.
- No deja residuos al final del proceso.
- Recibe todo tipo de residuos sólidos.
- Cuando el relleno termina su función el terreno puede ser usado para campos deportivos, estacionamientos, etc.

Desventajas:

- De no usarlo adecuadamente como relleno con todas las reglas y normas se podría convertir en un basurero clandestino y contaminante para el aire.
- Se tiene que ubicar lejos lo más posible de la ciudad o de casas habitacionales para que los malos olores no afecten a la gente.
- El relleno tendría que estar a una distancia adecuada para que no salga tan caro el transporte.
- Se necesitará que se hagan mantenimientos continuos.
- Se tienen que construir buenos asentamientos que permitan controlar las emisiones de gas que se generan.

Debido a que en tiempos anteriores surgía la problemática y dudas sobre saber qué tanto puede llegar a durar un relleno sanitario, con el paso del tiempo se han logrado desarrollar nuevos métodos (Maldonado & Erick, 2017)**.**

2.5. Lixiviados

El lixiviado es el líquido producido cuando el agua procedente de la escorrentía superficial, lluvia o la producida por la propia dinámica de descomposición de los residuos se pone en contacto con los residuos depositados, excediendo su capacidad de absorción, pasando a través de ellos y aumentando la concentración de contaminantes. Este líquido tiene la capacidad de trasladarse a las aguas subterráneas, superficiales y al suelo circundante (Betancourt & Martínez, 2012).

El lixiviado representa un posible riesgo de contaminación tanto del suelo y el subsuelo como de las corrientes superficiales y sub-superficiales aledañas, debido a la comunicación hidráulica que poseen los acuíferos (Pellón, López, Espinosa, & Gonzáles, 2015).

2.5.1. Tratamiento de los lixiviados

Los procesos a utilizar para reducir la contaminación de los lixiviados no están bien definidos. Esto se debe a la variabilidad en cantidad y calidad del lixiviado. Además, la contaminación es mucho mayor que en las aguas residuales urbanas, lo que es patente cuando se observa que el valor medio de la DQO es aproximadamente 200 veces mayor que el de la ARU.

Cuando se tratan los lixiviados de un vertedero joven, la eficiencia del tratamiento va disminuyendo a medida que el vertedero envejece, por lo que es normal que se tengan que rediseñar las instalaciones de tratamiento (Luna & Mironel, 2008).

- ***Tratamiento conjunto con aguas residuales urbanas***

Si las normas municipales lo permiten, se puede evacuar el lixiviado por la red de alcantarillado o transportarlo en camiones hasta la EDAR. Debe tenerse mucho cuidado con la dilución que se hace con el agua residual para que no se vayan a colapsar los procesos de tratamiento.

Una de las razones por la que se sugiere el tratamiento conjunto es que los lixiviados contienen un exceso de nitrógeno y un déficit de fósforo, pero las aguas residuales pueden aportar el fósforo faltante, no teniendo que agregarlo en la estación depuradora (Luna & Mironel, 2008).

- ***Recirculación***

El método de devolver el lixiviado al vertedero es bastante utilizado. Es muy ventajoso debido a que las primeras etapas del vertedero la contaminación es muy alta y si este se recircula se disminuyen los valores de contaminación. No siempre es posible utilizar este método debido a que existen áreas en que el balance de aguas indica que se acumularía líquido en el vertedero. Es por esta razón que la recirculación se aplica sólo en zonas secas (Luna & Mironel, 2008).

- ***Lagunaje***

Se utiliza una laguna anaerobia con recirculación a la que se aplican cargas de 0,3 kg DBO_5/m^2. El porcentaje de recirculación estará determinado por la cantidad de contaminantes que traiga el lixiviado. Antes se utilizan tres o cuatro lagunas facultativas como reguladoras de las fluctuaciones estacionales. Con este método se han alcanzado rendimientos de un 95% para DBO_5 y 99,9% para coliformes. Uno de los problemas es la generación de olores desagradables y el gran espacio necesario (Luna & Mironel, 2008).

- ***Evaporación***

Es uno de los tratamientos más sencillos. Se utilizan tanques recubiertos para la evaporación de los lixiviados. El lixiviado que no se evapora se recicla hacia el vertedero. Los vapores de la generación de lixiviado se llevan hacia un filtro de compost o suelo. La profundidad de los estanques es entre 0,6 y 0,9 m y las cargas orgánicas de 1,6 a 0,4 kg/m3 de suelo (Giraldo, 1997).

- ***Tratamientos biológicos anaerobios***

Los tratamientos anaerobios son los más ampliamente utilizados en el tratamiento de lixiviados. Esto se debe a que soportan muy bien las sobrecargas puntuales de contaminación que arrastra el lixiviado. Los principales tipos son: Proceso de contacto anaerobio, lecho relleno con flujo ascendente, lecho expandido, UASB, reactor de platos, contacto anaerobio con afinado aerobio. Se obtienen depuraciones de más de un 99% en DQO (Giraldo, 1997).

- ***Tratamientos físico-químicos***

Son muy escasos los datos de tratamientos físico-químicos aplicados a lixiviados. Su ventaja es que la puesta en marcha es corta, tienen simplicidad de equipamiento y material, son procesos de fácil automatización y tienen poca sensibilidad a los cambios en el ambiente circundantes. Su desventaja es que su rendimiento en depuración es muy pequeño (<50%), el costo de operación es muy elevado y que los químicos añadidos pueden provocar toxicidad (Giraldo, 1997).

- ***Adsorción mediante Biomasa.***

Dentro de las nuevas tecnologías para la eliminación de contaminantes de efluentes industriales los procesos de adsorción tienen un gran potencial que se caracteriza por el uso de materiales de bajo costo, no tóxicos y biodegradables. El término “biosorción” se utiliza para referirse a la captación de contaminantes que realiza una biomasa (viva o muerta). Hay muchos antecedentes sobre el uso de plantas acuáticas, algas y biomasa microbiana para el tratamiento

de aguas residuales, debido a su probada capacidad de absorción o adsorción de nutrientes, metales pesados y diversos contaminantes.

Para poder explicar los sistemas mencionados en cuanto a su elección, diseño, dimensionamiento y explotación adecuada, es necesario considerar el grado de contaminación del lixiviado, características del lugar y la disponibilidad económica del sector (Pellón, López, Espinosa, & Gonzáles, 2015).

2.5.2. Composición de los lixiviados

La composición de un lixiviado está caracterizada por cantidades elevadas de materia orgánica biodegradable, pero también refractaria a la biodegradación, sales orgánicas e inorgánicas, nitrógeno, metales pesados y otras sustancias químicas diluidas, variando con la edad del vertedero, las características del residuo depositado, la meteorología del lugar y el modo de operación (Saavedra, Salamanca, & Hernández, 2016).

En la tabla 1 se detalla la composición del lixiviado.

Tabla 1: Composición de los lixiviados.

Constituyente	**Vertedero Nuevo**		**Vertedero maduro**
	Intervalo	**Típico**	
DBO5	2000 - 30000	10000	100 - 200
COT (Código Orgánico Total)	1500 - 2000	6000	80 - 160
DOC (Demanda Química de Oxígeno)	3000 - 60000		100 - 500
Sólidos totales en suspensión	200 - 2000	500	100 - 400
Nitrógeno orgánico	10 - 800	200	80 - 120
Nitrógeno amoniacal	10 - 800	200	20 - 40
Nitrato	5 - 40	25	5 -10
Fósforo total	5 - 100	30	5 -10
Ortofosfato	4 - 80	20	4 - 8
Alcalinidad como CA CO3	1000 - 10000	3000	200 - 1000
Ph	4.5 - 7.5	6	6.6 - 7.5
Duerza total como CACO3	300 - 10000	3500	200 - 500
Calcio	200 - 3000	1000	100-400
Magnesio	50 - 150	250	50 -200
Potasio	200 - 1000	300	50 - 400
Sodio	200 - 2500	500	100 - 200
Cloro	200 - 3000	500	100 - 400
Sulfatos	50 - 1000	300	20 - 50
Total hierro	50 - 1200	60	20 - 200

Fuente: (Betancourt & Martínez, 2012)

Elaborado por: Diana Cando, 2020.

2.5.3. Variaciones en la composición de los lixiviados.

Hay que resaltar que la composición química de los lixiviados variará mucho según la antigüedad del vertedero y la historia previa al momento de muestreo, una muestra de los lixiviados durante la fase ácida de la descomposición, el pH será bajo y las concentraciones de DBO, COT, DQO, nutrientes y metales pesados serán altas. Por otro lado, si se recoge una muestra de los lixiviados durante la fase de fermentación del metano, el pH estará dentro del rango de 6.5 a 7.5 y los valores de concentración de DBO, COT, DQO y de los nutrientes serán significativamente más bajos. El pH del lixiviado dependerá no solamente de la concentración de los ácidos que están presentes, sino también de la presión parcial del CO_2 en el gas de vertedero que está en contacto con el lixiviado. La biodegradabilidad del lixiviado variará con el tiempo. La presencia de oligocompuestos en el lixiviado dependerá de la concentración de estos compuestos en la fase gas dentro del vertedero (Betancourt & Martínez, 2012).

2.6. Normativa Vigente

Las descargas de aguas están regidas principalmente por el Acuerdo Ministerial 097-A: "Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes al recurso agua", donde se establecen los límites permisibles a descargar para un cuerpo de agua dulce, los cuales se detallan en la siguiente tabla 2.

Tabla 2: A.M 097-A, (Tabla 9) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/L	30,0
Alquil mercurio	-	mg/L	No detectable
Aluminio	Al	mg/L	5,0
Arsénico Total	As	mg/L	0,1
Bario	Ba	mg/L	2,0
Boro Total	B	mg/L	2,0
Cadmio	Cd	mg/L	0,02
Cianuro Total	CN^-	mg/L	0,1
Cinc	Zn	mg/L	5,0

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Cloro Activo	Cl	mg/L	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/L	0,1
Cloruros	Cl^-	mg/L	1 000
Cobre	Cu	mg/L	1,0
Cobalto	Co	mg/L	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 mL	2000
Color real [1]	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos Fenólicos	Fenol	mg/L	0,2
Cromo Hexavalente	Cr^{+6}	mg/L	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO_5	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	200
Estaño	Sn	mg/L	5,0
Fluoruros	F	mg/L	5,0
Fósforo Total	P	mg/L	10,0
Hierro Total	Fe	mg/L	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/L	20,0
Manganeso Total	Mn	mg/L	2,0
Materia Flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio Total	Hg	mg/L	0,005

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Níquel	Ni	mg/L	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/L	30,0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/L	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/L	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/L	0,1
Plata	Ag	mg/L	0,1
Plomo	Pb	mg/L	0,2
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/L	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/L	130
Sólidos Totales	ST	mg/L	1 600
Sulfatos	SO_4^{-2}	mg/L	1000
Sulfuros	S^{-2}	mg/L	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/L	0,5
Tetracloruro de Carbono	Tetracloruro de Carbono	mg/L	1,0
Nota: La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.			

Fuente: (Ministerio del ambiente , 2015)
Elaborado por: Diana Cando, 2020

Los lixiviados generados en los rellenos sanitarios cumplirán con los intervalos y límites establecidos en las normas de descargas fijadas considerando el criterio de calidad de acuerdo al uso del cuerpo receptor.

2.7. Fundamentación Legal

2.7.1. Constitución de la República del Ecuador.

En su artículo 12, dispone que el agua es un derecho humano fundamental e irrenunciable, que constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible y que por lo tanto es esencial para la vida; en su artículo 14, establece que uno de los objetivos del régimen de desarrollo será recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad de agua, aire y suelo; en su artículo 411, dispone que el Estado garantizara la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad del agua. (Pérez & Antonia, 2008)

2.7.2. Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD).

En concordancia con la Constitución, el COOTAD, entra en vigencia tras su publicación en Registro Oficial del día martes, 19 de octubre de 2010. El COOTAD tiene como objetivo impulsar la equidad a través de la organización del territorio, la conformación del régimen de gobiernos autónomos descentralizados y regímenes especiales; y, consolida la descentralización de manera obligatoria y progresiva con la asignación de competencias a cada uno de los niveles. En este código se precisa como uno de los fines de los gobiernos autónomos descentralizados - GAD "La recuperación y conservación de la naturaleza y el mantenimiento de un ambiente sostenible y sustentable", dentro de sus respectivas circunscripciones territoriales. El ejercicio de la tutela sobre el ambiente es estatal (autoridad ambiental rectora y generadora de políticas nacionales) con la corresponsabilidad de la ciudadanía en 22 su preservación, articulado a través de un Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, y; "corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales gobernar, dirigir, ordenar, disponer, u organizar la gestión ambiental, la defensoría del ambiente y la naturaleza, en el ámbito de su territorio; estas acciones se realizarán en el marco del sistema nacional descentralizado de gestión ambiental y en concordancia con las políticas "Artículo 136. El mismo artículo en el cuarto inciso, dispone a los GAD municipales, establecer "en forma progresiva, sistemas de gestión integral de desechos, a fin de eliminar los vertidos

contaminantes en ríos, lagos, lagunas, quebradas, esteros o mar, aguas residuales provenientes de redes de alcantarillado, público o privado, así como eliminar el vertido en redes de alcantarillado." En concordancia a lo antes mencionado, el COOTAD asigna funciones a cada nivel de gobierno, en el artículo 54, literal (k)dispone como función municipal, regular, prevenir y controlar la contaminación en el territorio cantonal de manera articulada con las políticas ambientales nacionales; y como competencia exclusiva municipal, prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley. (Código Orgánico De Organización Territorial, Autonomia Y Descentralizacion, 2010, pág. 23).

2.7.3. Código orgánico ambiental (COA).

Título II: Sistema único de manejo ambiental; Capítulo V: Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos; Art. 196: Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales: expresa que los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salud pública. Si las aguas residuales no pueden llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no se afecte los cuerpos receptores, suelo o vida silvestre. (Codigo Organico Del Ambiente, 2017).

2.7.4. Acuerdo Ministerial No. 097-A de 06 de noviembre de 2015.

El Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo I; del Libro VI, Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria TULSMA; Norma de calidad ambiental, de descarga de efluentes al recurso agua, en su tabla 9, indica las normas generales para la descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce (Ministerio del Ambiente, 2015).

2.8. Lechos Filtrantes

Consiste en un sistema capaz de captar agua mediante la utilización de un filtro que se construye en el lecho de una corriente. Es un sistema que permite obtener agua de calidad apta para el consumo humano. Este tipo de captaciones está constituido básicamente por un azud o dique, muros laterales con aletas de entrada y salida, material filtrante, tubería perforada de drenaje, decantador de flujo ascendente, válvulas, desarenador y vertedero (Espinosa & Anacona., 2019).

De acuerdo al análisis realizado al proyecto de titulación "Depuración de lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de Puyo, perteneciente al cantón Pastaza, provincia de Pastaza, utilizando métodos alternativos "Biomasa Residual", se pudo identificar que para dar un manejo adecuado a los lixiviados que se generan, es necesario contar con sustratos que neutralicen o reduzcan la carga contaminante que se encuentra en las aguas procedentes de la planta de tratamiento que trabaja en el Relleno Sanitario en mención. Por lo que se establece que el material idóneo a implementar en un Sistema Terciario (Filtración) será de origen natural u orgánico.

2.8.1. Caracterización del bagazo de caña de azúcar y la ceniza de cascarilla de arroz.

Bagazo de caña de azúcar:

El bagazo de caña de azúcar es el residuo que resulta después de extraer su jugo, este desecho se ha convertido en una opción para limpiar las aguas contaminadas. Se ha aprovechado este material, por ser orgánico, poroso, con una buena capacidad de retención de agua, un pH neutro, con una buena capacidad de absorción, adsorción y por último por su bajo costo (Cutiño & Enma, 2015).

Tabla 3. Composición química del bagazo de caña de azúcar

Composición	Simbología	Porcentaje %
Carbono	C	43,22
Hidrógeno	H	6,097
Oxígeno	O	43,95
Nitrógeno	N	0,006
Azufre	S	0,81

Fuente: LABCESTTA S.A, 2018.
Elaborado por: Diana Cando, 2019.

Ceniza de la cascarilla del arroz:

Es un desecho agroindustrial producido en altos volúmenes en zonas donde se siembre y procesa este cereal, este material se suele usar como fuente de silicio para obtener silicatos de calcio y en algunas ocasiones como refuerzo de un concreto.

Dado a que la cascarilla de arroz sin ningún tratamiento puede causar problemas de fraguado y endurecimiento al aglomerase, es necesario tratarla para minimizar este problema. El método más utilizado es la calcinación de la cascarilla a temperaturas que vean de los 500°C a los 700°C (punto de fusión de la cascarilla), obteniendo así la ceniza de la cascarilla de arroz (Ocampo & Mario, 2010).

Tabla 4: Composición química de la ceniza de cascarilla de arroz.

Composición	Simbología	Porcentaje %
Carbono	C	42,60
Hidrógeno	H	5,10
Oxígeno	O	33,44
Nitrógeno	N	0,51
Azufre	S	0,02

Fuente: LABCESTTA S.A, 2018.
Elaborado por: Diana Cando, 2020.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación del área del estudio.

La planta de tratamiento de aguas residuales del relleno sanitario del cantón Pastaza se encuentra ubicada al Este de la ciudad de Puyo, dentro de un lote de aproximadamente 46 hectáreas, perteneciente al municipio de Pastaza; se localiza en el kilómetro 6 $^{1}/_{2}$ de la vía Puyo - 10 de agosto, sector de la "10 de agosto".

3.1.2. Relleno sanitario de la ciudad de Puyo

3.1.2.1. Descripción general del área de estudio.

El relleno sanitario del cantón Pastaza se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas que se observan en la tabla 5.

Tabla 5: Coordenadas geográfícas del relleno sanitario del cantón Pastaza.

PUNTO	X	Y	ZONA
1	838555	9837944	17
2	838796	9837867	17
3	838761	9837714	17
4	838943	9837644	17
5	838894	9837025	17
6	838659	9837073	17
7	838636	9836810	17
8	838618	9836758	17
9	838358	9836804	17
10	838339	9837000	17
11	838434	9837531	17

Elaborado por: Diana Cando 2020.

En la tabla 6 se ofrecen las coordenadas para el punto de muestreo de los lixiviados del relleno sanitario a la entrada de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 6: Coordenadas del punto de muestreo al ingreso a la PTAR.

Coordenadas del punto de muestreo P1		
X	Y	Zona
0170784	9837130	18

Elaborado por: Diana Cando, 2020.

En la tabla 7 se pueden ver las coordenadas para el punto de muestreo de los lixiviados del relleno sanitario a la salida de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 7: Coordenadas del punto de muestreo a la salida de la PTAR.

Coordenadas del punto de muestreo P2		
X	**Y**	**Zona**
0170825	9837121	18

Elaborado por: Diana Cando, 2020.

El mapa donde se muestra la ubicación del relleno sanitario de la ciudad del Puyo, se observa en la figura 4.

3.1.2.2. Mapa de ubicación del Relleno sanitario de Puyo.



Figura 4: Mapa de ubicación del relleno sanitario.
Elaborado por: Diana Cando

3.2. Tipo de investigación

De acuerdo a la tipología del presente estudio, y en referencia al enfoque técnico sobre un criterio de conservación ambiental, se determina que el diseño de investigación es el exploratorio (cualitativo).

DISEÑO EXPLORATORIO (CUALITATIVO)

El punto estratégico en el que se desea implementar el presente proyecto de investigación ambiental, será el relleno sanitario de la ciudad de Puyo, de acuerdo al análisis previo efectuado al proyecto de tesis "Depuración de lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de Puyo, perteneciente al cantón Pastaza, provincia de Pastaza, utilizando métodos alternativos "Biomasa Residual", ya que en dicho estudio se describen las falencias del relleno sanitario de la ciudad del Puyo y se llega a generar un enfoque directo hacia los problemas existentes en la sección de tratamiento de agua residual (lixiviados), y en comparación de los parámetros establecidos en la normativa ambiental vigente ARTICULO MINISTERIAL A-97, en la tabla 9. Límites permisibles para la descarga en un cuerpo de agua dulce. Acorde a lo mencionado, el enfoque del presente proyecto se centrará en generar propuestas técnicas para la inclusión de un sistema de tratamiento terciario, así como el tipo de lecho a implementar. Además de esto se tomará como referencia los diversos análisis e informes ambientales que realice la institución encargada, con el fin de dar cumplimiento a las directrices ambientales estipuladas por el MAE Pastaza.

Una vez que se ha realizado la descripción de la zona de estudio (Relleno Sanitario), se procederá a realizar un diagnóstico explicativo de la metodología a implementar con respecto a la disminución de contaminantes de los cuerpos hídricos (esteros, ríos u ojos de agua cercanos al lugar de descarga), mediante la inclusión de un sistema terciario para el correspondiente tratamiento de aguas residuales. En este aspecto se determinará el mejor sistema a implementar, así como los respetivos lechos filtrantes, de los cuales se llevará a cabo un análisis minucioso entre: bagazo de caña y ceniza de cáscara de arroz, con la finalidad de identificar cual es el idóneo para el trabajo que se quiere realizar, esto mediante la determinación de parámetros de funcionalidad, viabilidad técnica, aspecto económico y fácil acceso en el mercado actual.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Identificación de las características de los lixiviados generados en el Relleno Sanitario del cantón Pastaza.

Con el fin de identificar las características que poseen los lixiviados que se generan en el Relleno Sanitario del cantón Pastaza, se llevó a cabo una reunión de trabajo con los encargados del lugar en mención, puesto que para conocer la carga contaminante que poseen las aguas residuales que se producen luego del proceso de tratamiento de residuos sólidos, es necesario conocer los resultados del monitoreo de la calidad de agua de las descargas, esto mediante la interpretación de los informes obtenidos, en donde, se pueden analizar de forma cuantitativa y cualitativas los parámetros físicos, químicos y microbiológicos presentes; dichos análisis fueron realizados en un laboratorio acreditado (CESTTA) de acuerdo a los lineamientos establecidos en el Sistema de Acreditación Ecuatoriano (SAE).
De acuerdo a lo antes mencionado se pudo denotar los parámetros avaluados, así como su respectiva concentración, de acuerdo a los límites permisibles establecidos en la Tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, perteneciente al A.M 097-A.
Esto en referencia a los análisis del Informe de ensayo del punto de muestreo de lixiviado de descarga de celda se ha identificados los siguientes parámetros utilizados en el Relleno Sanitario del Cantón Pastaza (Tabla 8).

Tabla 8: Parámetros de análisis de los lixiviados del GAD municipal del cantón Pastaza

Parámetros	**Unidad**
Aceites y grasas	mg/L
Oxígeno Disuelto (% Saturación)	UNT
Sólidos totales	mg/L
Hidrocarburos totales de petróleo	mg/L
Mercurio	mg/L
Amoniaco	mg/L
Turbidez	UNT
Solidos Totales Disueltos	mg/L
Conductividad Eléctrica	µS/cm
Color	Pt/Co
Potencia de Hidrógeno	Unidades pH
Sólidos Sediméntales	mL/L
Coliformes Totales	NMP/100 mL
Coliformes Fecales	NMP/100 mL

Parámetros	Unidad
Sulfato	mg/L
Sulfuros	mg/L
Tensoactivos	mg/L
Cianuro total	mg/L
Cromo Hexavalente	mg/L
Demanda Química de Oxígeno	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L
Arsénico	mg/L
Cadmio	mg/L
Plomo	mg/L
Selenio	mg/L
Níquel	mg/L

Fuente: Monitoreo del relleno sanitario-lixiviados.
Elaborado por: Diana Cando, 2020

En la tabla 9 se observa que los siguientes parámetros: Coliformes fetales, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días), sólidos totales sólidos suspendidos y tensoactivos se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos en la A.M 097-A, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Tabla 9: Análisis del punto de muestreo - relleno sanitario lixiviados celda actual operativa - fecha de análisis: 13/12/2019 – 23/12/2019

RELLENO SANITARIO LIXIVIADOS CELDA ACTUAL OPERATIVA			
Parámetros	**Unidad**	**Resultado**	**Parámetro permisible**
Aceites y grasas	mg/L	10,5	30
Oxígeno Disuelto (% de saturación)	%	15	
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	21000	2000
Coliformes Totales	NMP/100 mL	120000	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	3980	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	850	100
Potencia de Hidrógeno IN SITU	Unidades Ph	7,9	6 a 9
Sólidos Totales	mg/L	6500	1600
Sólidos Suspendidos	mg/L	570	130
Hidrocarburos Totales	mg/L	< 0,2	20
Mercurio	mg/L	<0,001	0,005
Tensoactivos	mg/L	4,9	0,5
Temperatura IN SITU	ºC	5,3	Condición natural ± 3
Amoniaco	mg/L	562,5	
Arsénico	mg/L	0,02	0,1
Cadmio	mg/L	<0,004	0,02

Parámetros	Unidad	Resultado	Parámetro permisible
Níquel	mg/L	<0,05	2
Plomo	mg/L	<0,01	0,2
Selenio	mg/L	<0,05	0,1

Fuente: Monitoreo del relleno sanitario-lixiviados.
Elaborado por: Diana Cando, 2020.

Esto genera diversos tipos de impactos ambientales tales como: cambios en las propiedades en el agua en donde se depositan las descargas, reducción de la eficacia autodepurante del cuerpo hídrico, inclusión de agentes extraños al medio ecológico, riesgos en la calidad de vida de la biodiversidad florística y faunística del lugar (territorio hídrico del Río Chilcayacu).

En la tabla 10. Análisis del punto de muestreo estero s/n receptor se observa que los siguientes parámetros: Aceite y grasas, Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días), se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos en la Tabla 2. A.M 097-A, Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios, este tipo de parámetros antes mencionados ocasionan un déficit en la calidad de vida de la biodiversidad acuática, lo que puede conllevar a una alteración ecosistemática que produzca la pérdida o mutación de especies de la zona, además de los diversos cambios que puedan presentarse en la vegetación de los alrededores.

Tabla 10: Análisis del punto de muestreo estero s/n receptor – fecha de análisis: 13/12/2019 – 23/12/2019

ESTERO S/N RECEPTOR			
Parámetros	**Unidad**	**Resultado**	**Parámetro permisible**
Aceites y grasas	mg/L	<2	0,3
Oxígeno Disuelto (% de saturación)	%	1,1	>80% de saturación
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	580	
Coliformes Totales	NMP/100 mL	9200	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	122	40
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	60	20
Sólidos Totales	mg/L	300	
Sólidos Suspendidos	mg/L	<52	Max. Incremento de 10 % de la condición natural (130)
Hidrocarburos Totales	mg/L	<0,2	0,5
Conductividad eléctrica	µS/cm	506	

Parámetros	Unidad	Resultado	Parámetro permisible
Tensoactivos	mg/L	<0,05	0,5
Temperatura IN SITU	ºC	24,8	

Fuente: Monitoreo del relleno sanitario-lixiviados.
Elaborado por: Diana Cando, 2020.

En la tabla 10. Análisis del punto de muestreo de aguas arriba rio Chilcayacu receptor se observa que los siguientes parámetros: Aceite y grasas, se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos en la Tabla 2. A.M 097-A, Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

Tabla 11: Análisis del punto de muestreo de aguas arriba rio Chilcayacu – fecha de análisis: 13/12/2019 - 23/12/2019

AGUAS ARRIBA RIO CHILCAYACU			
Parámetros	**Unidad**	**Resultado**	**Parámetro permisible**
Aceites y grasas	mg/L	<2	0,3
Oxígeno Disuelto (% de saturación)	%	6,5	<80% de Saturación
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	330	
Coliformes Totales	NMP/100 mL	3500	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	<27	40
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	2	20
Sólidos Totales	mg/L	<100	
Sólidos Suspendidos	mg/L	<52	Max. Incremento de 10% de la condición natural
Hidrocarburos Totales	mg/L	< 0,2	0,5
Conductividad eléctrica	µS/cm	37,4	
Tensoactivo	mg/L	<0,05	0,5
Temperatura IN SITU	ºC	20,2	

Fuente: Monitoreo del relleno sanitario-lixiviados.
Elaborado por: Diana Cando, 2020.

En la tabla 11. Análisis del punto de muestreo de aguas arriba rio Chilcayacu Receptor se observa que los siguientes parámetros: Aceite y grasas, se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos en la Tabla 2. A.M 097-A, Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

Tabla 12: Análisis del punto de muestreo aguas abajo río Chilcayacu - fecha de análisis: 13/12/2019 - 23/12/2019

AGUAS ABAJO RIO CHILCAYACU			
Parámetros	**Unidad**	**Resultado**	**Parámetro permisible**
Aceites y grasas	mg/L	<2	0,3
Oxígeno Disuelto (% de saturación)	%	5,9	>80% de Saturación
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	210	
Coliformes Totales	NMP/100 mL	1600	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	<27	40
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	8	20
Sólidos Totales	mg/L	<100	
Sólidos Suspendidos	mg/L	<52	Max. Incremento de 10% de la condición natural
Hidrocarburos Totales	mg/L	< 0,2	0,5
Conductividad eléctrica	µS/cm	44,8	
Tensoactivo	mg/L	<0,05	0,5
Temperatura IN SITU	ºC	22,3	

Fuente: Monitoreo del relleno sanitario-lixiviados.
Elaborado por: Diana Cando, 2020.

En la tabla 12. Análisis del punto de muestreo de aguas abajo río Chilcayacu receptor se observa que los siguientes parámetros: Aceite y grasas, se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos en la Tabla 2. A.M 097-A, Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

Observación: De acuerdo al análisis estipulado en las tablas 10, 11 y 12, se determina el antes y el después de la descarga de lixiviados en el río Chilcayacu.

3.3.2. Sistema de tratamientos para lixiviados

Mediante la identificación los parámetros generados de los lixiviados en el relleno sanitario del cantón Pastaza, se ha tomado la decisión de ejecutar metodologías correctivas para el adecuado manejo de lixiviados (pues no se halla un manejo adecuado dentro de planta de tratamiento), por lo cual se ha propuesto la implementación de un sistema terciario en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, mediante la aplicación de un tratamiento a base de lechos filtrantes de origen natural (Biomasa), los cuales serán, bagazo de caña y cascarilla de arroz, ya que de acuerdo a la investigación bibliográfica llevada a cabo en diferentes medios científicos: tesis, revistas científicas, informes, etc.,

se ha podido identificar la eficiencia de estos productos al momento de llevar acabo un tratamiento de Aguas Residuales (lixiviados).

De acuerdo a lo antes descrito, se establece que la mejor alternativa para dar un adecuado manejo a los lixiviados producidos en el Relleno Sanitario del Cantón Pastaza es la implementación de un Sistema de Filtración (Tratamiento Terciario), el cual estará constituido por los lechos antes mencionados (Bagazo de caña y Cascarilla de arroz), esto con el fin de mejorar el rendimiento de la planta.

3.3.3. Diseño experimental para el sistema de filtración del Relleno Sanitario.

Mediante el Análisis Técnico del proyecto de titulación antes mencionado, se obtuvieron los medios de verificación del estado actual de la planta, en donde se pudo notar que no se contaba con un sistema de manejo de lixiviados, por lo que fue necesario establecer la implementación de una unidad de tratamiento (filtración), la cual mejore el índice de tratamiento de Aguas Residuales, evitando la proliferación de carga contaminante que actualmente se halla presente en las descarga que se efectúan a los cuerpos de agua dulce cercanos (Río Chilcayacu).

De acuerdo a lo antes mencionado y con finalidad de la constitución de unidades óptimas y necesarias para efectuar un adecuado tratamiento agua residuales, además del previo análisis realizado sobre la carga contaminante existente en los lixiviados, se realizó un diseño que contempla el rendimiento adecuado de la planta, con lo cual se ayudará a reducir los diferentes impactos negativos que se presentan en el medio. Por tal razón, se establecerán los siguientes lineamientos de diseño, en donde se considerará el caudal promedio generado en la estación de tratamiento, parámetro físicos, químicos y microbiológicos (informes de laboratorio), características de lechos filtrantes (bagazo de caña de azúcar y la ceniza ce cascarilla de arroz) y cálculos experimentales (Diseño de Sistema Filtración).

A través de lo estipulado en cuanto al funcionamiento que tienen los lechos filtrantes en mención (bagazo de caña de azúcar y la ceniza de cascarilla de arroz), y con la finalidad de mejorar su eficacia, se ha tomado la decisión de que el sistema terciario estará conformado por dos unidades de filtración continua, puesto que de esta manera ayudará a mejorar la retención de carga contaminante que se encuentra en los lixiviados, además que evitará posibles colapsos en las unidades, ayudando de esta manera a que las descargas que se efectúen al cuerpo hídrico más cercano (Río Chilcayacu), reduzcan el impacto ambiental existente.

La eficiencia de los lechos filtrantes ha sido considerada a partir del estudio experimental realizado en el proyecto de titulación “Depuración de lixiviados del relleno

sanitario de la ciudad de Puyo, perteneciente al cantón Pastaza, provincia de Pastaza, utilizando métodos alternativos "Biomasa Residual", en donde se pudo analizar la dinámica funcional que tiene el bagazo de caña y la ceniza de cascarilla de arroz al momento de depurar la carga contaminante en lixiviados. (Lascano, 2019)

3.3.3.1. Diseño de Sistema Terciario (Sistema de Filtración)

Según lo presentado en el punto anterior, en referencia a que el sistema terciario estará constituido por dos unidades de filtración, se lleva la presentación de las fórmulas a utilizar para el respectivo diseño.

Ecuación 1

$$\mathbf{Q} = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q= Caudal de entrada

V= Volumen

t = tiempo

Ecuación 2

$$\mathbf{Qf} = \frac{Qt}{N}$$

Donde:

Qf= Caudal de filtro

N= Número de unidades

Qt= Caudal total del filtro

Ecuación 3

$$\mathbf{Qt} = \mathrm{Qmd} + \mathrm{R}\,´\,\mathrm{Qmd}$$

Donde:

Qt= Caudal total

Qmd= Caudal medio diario

R= Razón de flujo

Ecuación 4

$$\mathbf{Qd} = \frac{Qt}{N}$$

Donde:

Qd= Caudal de diseño

Qt= Caudal total

N= Número de unidades

Número de filtros (N): Normalmente se consideran como mínimo dos unidades para casos de mantenimiento o falla de uno de los filtros

Ecuación 5

Área total del filtro (At): El área total del filtro se puede obtener del caudal de agua en m^3/h y de la tasa de filtración.

$$\mathbf{At} = \frac{Qf}{Tf}$$

Donde:

At = Área total de filtro (m^2)

Qf= Caudal total del filtro (m^3/h)

Tf = Tasa de filtración ($m^3/m^2/h$)

Ecuación 6

$$\mathbf{Af} = \frac{At}{N}$$

Donde:

Af= Área del filtro de cada unidad

N= Número de unidades

Tf = Tasa de filtración

Ecuación 7

Caja de Filtro

Relación largo /Ancho : M= L/b , ambos en (m)

Donde:

b= $(Af/N)^{1/2}$

Lf= L × 1.2 Longitud de la caja de filtro

El valor de la caja de recuperación (que debe ser $1/5$ (20%) de la longitud del filtro) se debe sumar al valor de L

Pared de la caja de filtro será:

Ecuación 8

$$\mathbf{Hf} = \text{Hls} + \text{Hlf} + \text{Hbl}$$

Donde:

Hf= Altura de la pared de caja	(m)
Hls= altura del lecho de soporte	(0,3)
Hlf= altura de lecho de material de biomasa	(0,5-0,7m)
Hbl= altura borde libre	(0,2m)

Ecuación 9

Vertederos triangular o en "V"

En función de Q y h:

$$\mathbf{Q} = 775 \times h^{2.47}$$

Donde:

Q= Caudal de entrada: 0,000420724 (m^3/s)

h= altura

Ecuación 10

En función de b, Qs y h:

$$\mathbf{b} = 3.4 \times \frac{Qs}{(Vs)^3}$$

Donde:

Qs= Caudal disponible para lavado m^3/s

b= Ancho de estructura (m)

Vs= Velocidad Superficial m/s

Las ecuaciones para el dimensionamiento del relleno sanitario fueron tomadas a partir del análisis del proyecto de titulación "Diagnóstico, caracterización y propuesta de tratamiento de los lixiviados generados en el relleno sanitario de la cuidad de Ambato" (López, 2011).

3.3.4. Análisis de presupuesto referencial

3.3.4.1. Presupuesto de bagazo de caña de azúcar y la ceniza de cascarilla de arroz.

De acuerdo al análisis realizado y con la finalidad de obtener un mejor resultado al momento de llevar acabo el tratamiento de lixiviados provenientes del Relleno Sanitario de la ciudad del Puyo, se estipula el costo referencial de la totalidad de los sustratos a implementar, el cual viene dado mediante el diseño efectuado, puesto a que se indica la cantidad a implementar en cada unidad del Sistema Terciario. Además, los valores unitarios son determinados a través de un pequeño estudio de mercado (cotización del bagazo de caña y ceniza de cascarilla de arroz)

3.3.4.2. Presupuesto del Diseño de Sistema Terciario

Se genera una presentación estimada de un presupuesto referencial del sistema terciario, esto realizado bajo investigación de costos en proyectos similares previamente realizados y de acuerdo a la valorización del mercado actual (tabla 13).

Tabla 13: Presupuesto referencial estimado para el sistema terciario.

	Ítem	**Detalle**	**Medidas**	**Unidades**
Sistema de tratamiento terciario	Sistema de filtración	Numero de filtros	2	U
		Caudal de diseño	0,42	L/s
		Ancho	1,5	m
		Longitud	3,2	m
		Altura del filtro	3	m
		Área de filtración	<10	m2
		Espejo de agua	0,9	m
		Capa de soporte	0,2	m
		Lechos filtrantes	0,5	m
	Costo referencial			$ 8.000,00

Elaborado por: Diana Cando, 2020.

Fuente: Diseño y construcción de un sanitario ecológico a través de un biofiltro de bagazo de caña para aguas negras en la finca ovina san pablo de la Parroquia rural facunda vela.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DATOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS

4.1.1. Caudal de los lixiviados.

Los datos obtenidos para el conocimiento del caudal de diseño, fueron obtenidos de dos medios bibliográficos, el primero mediante una recopilación de información con los encargados del relleno sanitario y el segundo a través del análisis realizado al proyecto de titulación mencionado en el capítulo 3, en donde se estableció que el método ideal para la toma de caudal, fue el volumétrico, el cual consiste en la cuantificación de una cantidad de volumen en un tiempo establecido, por medio del llenado de un envase, que pueda ser medible.

Tabla 14: Valoración del Caudal en L/s

Muestra (8 días)	Volumen (m^3)	Tiempo (s)	Nro.	Caudal V/T (m^3/s)
1	0,022	53,35	1	0,000412371
2	0,022	56,75	2	0,000387665
3	0,022	57,69	3	0,000381349
4	0,022	54,35	4	0,000404784
5	0,022	52,41	5	0,000419767
6	0,022	45,11	6	0,000487697
7	0,022	53,15	7	0,000413923
8	0,022	48,01	8	0,000458238
			Promedio	0,000420724

Fuente: Monitoreo del Relleno Sanitario-lixiviados.
Elaborado por: Diana Cando, 2020.

Tabla 15: Valoración del Caudal en m^3/s

Muestra (8 días)	Volumen (L)	Tiempo (s)	Nro.	Caudal V/T (L/s)
1	22	53,35	1	0,412371134
2	22	56,75	2	0,387665198
3	22	57,69	3	0,381348587
4	22	54,35	4	0,404783809
5	22	52,41	5	0,41976722
6	22	45,11	6	0,487696741
7	22	53,15	7	0,41392286
8	22	48,01	8	0,458237867
			Promedio	0,420724177

Fuente: Monitoreo del Relleno Sanitario-lixiviados.
Elaborado por: Diana Cando, 2020.

De acuerdo a lo establecido en la tabla 15, el caudal promedio es 0,42 Litros por segundo, que es un equivalente estándar para lleva a cabo el diseño empírico del sistema terciario (filtración).

4.1.2. Caracterización y valorización del contenido contaminante de los lixiviados.

Con la finalidad de establecer un criterio idóneo para la implementación de un sistema terciario, es necesario llevar a cabo la valoración de la experimentación realizada en el proyecto de titulación "Depuración de lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de Puyo, perteneciente al cantón Pastaza, provincia de Pastaza, utilizando métodos alternativos "Biomasa Residual", además de esto, se realizó la revisión de los informes de calidad de agua ejecutados de forma más reciente por parte de la entidad encargada, llegando a la obtención de los siguientes criterios.

Tabla 16: Antes de ingreso a la planta de tratamiento.

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	LÍMITE MÁXIMO	CONFORMIDAD
Aceites y Grasa	mg/L	20	30,00	CUMPLE
DBO	mg/L	758,47	100,00	NO CUMPLE
DQO	mg/L	1968	200,00	NO CUMPLE
Fenoles	mg/L	0,105	0,20	CUMPLE
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	6300	2000,00	NO CUMPLE
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/L	1089,52	50,00	NO CUMPLE
Tensoactivos aniónicos	mg/L	0,115	0,50	CUMPLE
pH	UpH	7,75	6,00-9,00	CUMPLE
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	542	130,00	NO CUMPLE
Sólidos Totales	mg/L	9100	1600,00	NO CUMPLE
Mercurio	mg/L	0,0023	0,005	CUMPLE
Plomo	mg/L	0,17	0,20	CUMPLE
Fósforo total	mg/L	14,3	10,00	NO CUMPLE

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	LÍMITE MÁXIMO	CONFORMIDAD
Arsénico	mg/L	0,0009	0,10	CUMPLE
Cianuro total	mg/L	0,01	0,10	CUMPLE

Fuente: Monitoreo del Relleno Sanitario-lixiviados.
Elaborado por: Diana Cando, 2020.

De acuerdo a la Tabla 16 se establece los criterios de cumplimiento y no cumplimento de los parámetros establecidos en el control de lixiviados, esto en comparación con la tabla 9. Límite de descarga a cuerpos de agua dulce del A.M-097-A, estableciendo lo siguiente:

En referencia a la salida de la planta de tratamiento se tiene:

Tabla 17: Salida de la planta de tratamiento.

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	LÍMITE MÁXIMO	CRITERIO
Aceites y Grasa	mg/L	7,6	30,00	CUMPLE
DBO	mg/L	407	100,00	NO CUMPLE
DQO	mg/L	1111	200,00	NO CUMPLE
Fenoles	mg/L	0,075	0,20	CUMPLE
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	4300	2000,00	NO CUMPLE
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/L	168,36	50,00	NO CUMPLE
Tensoactivos aniónicos	mg/L	0,217	0,50	CUMPLE
pH	UpH	7,33	6,00-9,00	CUMPLE
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	190	130,00	NO CUMPLE
Sólidos Totales	mg/L	3568	1600,00	NO CUMPLE
Mercurio	mg/L	0,002	0,005	CUMPLE
Plomo	mg/L	0,16	0,20	CUMPLE
Fósforo total	mg/L	0.50	10,00	CUMPLE
Arsénico	mg/L	0,0042	0,10	CUMPLE
Cianuro total	mg/L	0,007	0,10	CUMPLE

Fuente: Monitoreo del Relleno Sanitario-lixiviados.
Elaborado por: Diana Cando, 2020.

De acuerdo a la Tabla 17 se establece los criterios de cumplimiento y no cumplimento de los parámetros establecidos en el control de lixiviados, esto en comparación con la tabla 9. Límite de descarga a cuerpos de agua dulce del A.M-097-A.

En referencia a lo apreciado en la Tabla 17, se establece que el único parámetro que ha sido correctamente tratado es el fosforo total, a esto se puede aducir que la planta necesita de suma urgencia la integración de un sistema continuo (sistema terciario-filtración).

4.2. Proceso de filtrado de los lixiviados por el sustrato.

4.2.1. Análisis de lixiviados después de pasar por el filtro.

Mediante todo lo antes expresado, es necesario mencionar que se realizó el análisis correspondiente de la eficiencia y funcionalidad de Bagazo de caña y ceniza de cascarilla de arroz (características presentadas en el punto 2.8.1), de acuerdo a su contenido neto y como medio de contingencia para el tratamiento de aguas residuales. Con lo antes mencionado y en referencia a la mitigación de la carga contaminante de los lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de Puyo, se obtuvieron los siguientes resultados al momento de generar una filtración ante los dos lechos filtrantes en mención, obteniendo de esta manera los siguientes resultados.

4.2.1.1. Análisis de lixiviados después de pasar por el lecho filtrante establecido con el bagazo de caña.

De acuerdo a una estimación porcentual realizada entre la carga contaminante existente a la salida de la planta de tratamiento y la disminución que se presenta por el paso de bagazo de caña, se ha conocido que la eficiencia de este tipo de tratamiento es de un 16,00%. La eficiencia se obtiene de acuerdo al siguiente análisis.

Se considera a los valores de la salida de la planta de tratamiento como el valor referencial de 100%, es decir que en caso de aceites y grasas, 7,6=100%, de acuerdo a esto se procede a realizar la comparativa respectiva con el nuevo valor que se obtiene al pasar por el bagazo de caña que es de 5,1, obteniendo de esta manera la siguiente relación porcentual, $\%e = 100 - \frac{5{,}1 * 100}{7{,}6}$, donde %e= eficacia de lecho filtrante. De acuerdo a lo mencionado, se vuelve a realizar el mismo procedimiento para cada uno de los parámetros, con el objeto de tener una % de eficiencia en cada caso, para luego proceder a generar un promedio de todos. Es necesario mencionar que en este tipo de análisis, no se tomaron en cuenta los parámetros en donde no tiene funcionalidad el bagazo de caña (Fenoles, Tensoactivos aniónicos, Mercurio y Cianuro total)

Tabla 18: Porcentaje de eficiencia en el uso del bagazo de caña

Parámetro evaluado	Comparativa		%Eficiencia
	Salida de Planta de tratamiento	Bagazo de Caña	
Aceites y Grasa	7,6	5,1	33%
DBO	407	383	6%
DQO	1111	860	23%
Coliformes Fecales	4300	3843	11%
Nitrógeno total kjeldahl	168,36	138,36	18%
pH	7,33	6,59	10%
Sólidos Suspendidos totales	190	164	14%
Sólidos Totales	3568	3321	7%
Plomo	0,16	0,137	14%
Fosforo total	0,5	0,33	34%
Arsénico	0,0042	0,0039	7%
		%Promedio	16%

Elaborado por: Diana Cando, 2020.

Tabla 19: Filtración con el uso de bagazo de caña

Ítem	Parámetro evaluado	Comparativa		Unidades	Límite máximo permisible	Observaciones
		Salida de Planta de tratamiento	Bagazo de Caña		Acuerdo Ministerial 097	
1	Aceites y Grasa	7,6	5,1	mg/L	30	

Ítem	Parámetro evaluado	Comparativa		Unidades	Límite máximo permisible	Observaciones
		Salida de Planta de tratamiento	Bagazo de Caña		Acuerdo Ministerial 097	
2	DBO	407	383	mg/L	100	Fuera de los límites permisibles
3	DQO	1111	860	mg/L	200	Fuera de los límites permisibles
4	Fenoles	0,075	0,159	mg/L	0,2	
5	Coliformes Fecales	4300	3843	NMP/100 mL	2000	Fuera de los límites permisibles
6	Nitrógeno total kjeldahl	168,36	138,36	mg/L	50	Fuera de los límites permisibles
7	Tensoactivos aniónicos	0,217	0,239	mg/L	0,5	
8	pH	7,33	6,59	U-pH	6,00-9,00	
9	Sólidos Suspendidos totales	190	164	mg/L	130	Fuera de los límites permisibles
10	Sólidos Totales	3568	3321	mg/L	1600	Fuera de los límites permisibles
11	Mercurio	0,002	0,002	mg/L	0,005	
12	Plomo	0,16	0,137	mg/L	0,2	
13	Fosforo total	0.50	0,33	mg/L	10	
14	Arsénico	0,0042	0,0039	mg/L	0,1	
15	Cianuro total	0,007	0,007	mg/L	0,1	

Elaborado por: Diana Cando, 2020.

4.2.1.2. Análisis de lixiviados después de pasar por el lecho filtrante establecido con la ceniza de cascarilla de arroz.

De acuerdo a una estimación porcentual realizada entre la carga contaminante existente a la salida de la planta de tratamiento y la disminución que se presenta por el paso ante la ceniza de cascarilla de arroz, se ha conocido que la eficiencia de este tipo de tratamiento es de un 18%. De la misma manera que en el caso del bagazo de caña, la eficiencia de la ceniza de cascarilla de arroz se obtiene de acuerdo al siguiente análisis.

Se considera a los valores de la salida de la planta de tratamiento como el valor referencial de 100%, es decir que en caso de aceites y grasas, 7,6=100%, de acuerdo a esto se procede a realizar la comparativa respectiva con el nuevo valor que se obtiene al pasar por la cascarilla de ceniza de arroz que es de 4,3, obteniendo de esta manera la siguiente relación porcentual, $\%e = 100 - \frac{4{,}3*100}{7{,}6}$, donde %e= eficacia de lecho filtrante. De acuerdo a lo mencionado, se vuelve a realizar el mismo procedimiento para cada uno de los parámetros, con el objeto de tener una % de eficiencia en cada caso, para luego proceder a generar un promedio de todos. Es necesario mencionar que, en este tipo de análisis, no se tomaron en cuenta los parámetros en donde no tiene funcionalidad la cascarilla de arroz (Fenoles y Tensoactivos aniónicos)

Tabla 20: Porcentaje de eficiencia en el uso de la ceniza de cascarilla de arroz

Parámetro evaluado	**Comparativa**		**%Eficiencia**
	Salida de planta de tratamiento	**Ceniza de cascarilla de arroz**	
Aceites y Grasa	7,6	4,3	43%
DBO	407	267	34%
DQO	1111	853	23%
Coliformes Fecales	4300	3687,12	14%
Nitrógeno total Kjeldahl	168,36	131,12	22%
pH	7,33	7,04	4%
Sólidos Suspendidos totales	190	182	4%
Aceites y Grasa	7,6	4,3	43%
Sólidos Totales	3568	3256	9%

Parámetro evaluado	Comparativa		%Eficiencia
	Salida de planta de tratamiento	Ceniza de cascarilla de arroz	
Mercurio	0,002	0,0019	5%
Plomo	0,16	0,134	16%
Fósforo total	0,5	0,37	26%
Arsénico	0,0042	0,004	5%
Cianuro total	0,007	0,005	29%
		%Promedio	18%

Elaborado por: Diana Cando, 2020.

Tabla 21: Filtración con el uso de ceniza de cascarilla de arroz

Ítem	Parámetro evaluado	Comparativa		Unidades	Límite máximo permisible	Observaciones
		Salida de planta de tratamiento	Ceniza de cascarilla de arroz		Acuerdo Ministerial 097	
1	Aceites y Grasa	7,6	4,3	mg/L	30	
2	DBO	407	267	mg/L	100	Fuera de los límites permisibles
3	DQO	1111	853	mg/L	200	Fuera de los límites permisibles
4	Fenoles	0,075	0,184	mg/L	0,2	
5	Coliformes Fecales	4300	3687,12	NMP/100 mL	2000	Fuera de los límites permisibles

Ítem	Parámetro evaluado	Comparativa		Unidades	Límite máximo permisible	Observaciones
		Salida de planta de tratamiento	Ceniza de cascarilla de arroz		Acuerdo Ministerial 097	
6	Nitrógeno total Kjeldahl	168,36	131,12	mg/L	50	Fuera de los límites permisibles
7	Tensoactivos aniónicos	0,217	0,253	mg/L	0,5	
8	pH	7,33	7,04	U-pH	6,00-9,00	
9	Sólidos Suspendidos totales	190	182	mg/L	130	Fuera de los límites permisibles
10	Sólidos Totales	3568	3256	mg/L	1600	Fuera de los límites permisibles
11	Mercurio	0,002	0,0019	mg/L	0,005	
12	Plomo	0,16	0,134	mg/L	0,2	
14	Arsénico	0,0042	0,004	mg/L	0,1	
15	Cianuro total	0,007	0,005	mg/L	0,1	

Fuente: Depuración de lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de Puyo, perteneciente al cantón Pastaza, provincia de Pastaza, utilizando métodos alternativos "Biomasa Residual"
Elaborado por: Diana Cando, 2020.

De acuerdo a las tablas de comparativa de lechos filtrantes en relación a la salida de la planta, se establece que, si un lecho filtrante, bien sea el bagazo de caña o la ceniza de cascarilla de arroz, logran mejorar los índices de calidad del agua que se descarga al rio Chilcayacu, es factible estipular el alcance de los lechos mejorarían el porcentaje de eficiencia de trabajo del sistema de tratamiento, de acuerdo a su "modus operandi" de flujo intermitente (horarios de trabajo de acuerdo al funcionamiento del relleno sanitario), esto quiere decir, que los lixiviados circulen tanto por una cámara que esté

constituida por el bagazo de caña y procedan después a pasar por una cámara conformada por la ceniza de cascarilla de arroz, mejorando de esta manera la gestión de tratamiento de lixiviados y así la mitigación de carga contaminante.

Ante esto se establece una referencia hipotética de lo que podría generarse al momento de establecer un sistema combinado.

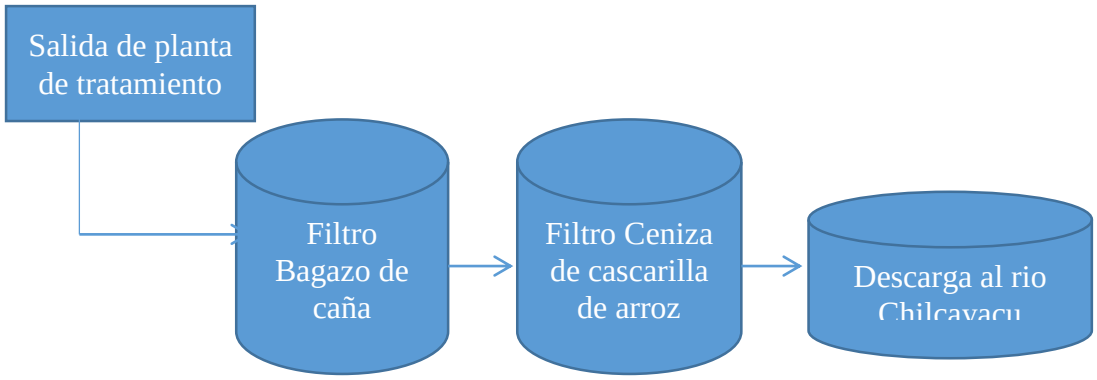


Figura 5: Sistema terciario-unidades de Filtración.
Elaborado por: Diana Cando, 2020.

A través de este tipo de sistema se busca mejorar el porcentaje de efectividad de la planta al momento de llevar a cabo un tratamiento de agua residual, por lo que se asume que si ambos sistemas funcionar de manera combinada se podría estimar un porcentaje de eficiencia del 34,00% (sumatoria de los promedios porcentuales obtenidos en la tabla 18 y 20).

Tabla 22: Estimación de uso de un sistema combinado de filtración

Ítem	**Parámetro evaluado**	**Comparativa**			**Unidades**	**Límite máximo permisible**	**Observaciones**
		Salida de Planta de tratamiento	**Paso por el filtro 1 - Bagazo de caña**	**Paso por el filtro 2 - Ceniza de cascarilla de arroz**		**Acuerdo Ministerial 097**	
1	Aceites y Grasa	7,6	5,1	1,9	mg/L	30	

Ítem	Parámetro evaluado	Comparativa			Unidades	Límite máximo permisible	Observaciones
		Salida de Planta de tratamiento	Paso por el filtro 1 - Bagazo de caña	Paso por el filtro 2 - Ceniza de cascarilla de arroz		Acuerdo Ministerial 097	
2	DBO	407	383	143	mg/L	100	Fuera de los límites permisibles
3	DQO	1111	860	320	mg/L	200	Fuera de los límites permisibles
4	Fenoles	0,075	0,159	0,0592	mg/L	0,2	
5	Coliformes Fecales	4300	3843	1432	NMP/100 mL	2000	
6	Nitrógeno total Kjeldahl	168,36	138,36	51,54	mg/L	50	Fuera de los límites permisibles
7	Tensoactivos aniónicos	0,217	0,239	0,089	mg/L	0,5	
8	pH	7,33	6,59	6,45	U-pH	6,00-9,00	
9	Sólidos Suspendidos Totales	190	164	61	mg/L	130	
10	Solidos Totales	3568	3321	1237	mg/L	1600	
11	Mercurio	0,002	0,002	0,0007	mg/L	0,005	
12	Plomo	0,16	0,137	0,051	mg/L	0,2	
13	Fósforo total	0,50	0,33	0,12	mg/L	10	
14	Arsénico	0,0042	0,0039	0,0015	mg/L	0,1	
15	Cianuro total	0,007	0,007	0,003	mg/L	0,1	

Elaborado por: Diana Cando, 2020.

Interpretación: De acuerdo a los resultados presentados en la tabla 23, se puede denotar que pese al paso de los lixiviados por los dos lechos filtrantes aún existen parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles (DBO, DQO y Nitrógeno total Kjeldahl), según la tabla 9 A.M 097-A, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Por tal razón y con el fin de generar una disminución de concentración de los parámetros (que cumpla con la normativa legal vigente) antes mencionados, se recomienda la alternativa de incrementar un sistema biológico posterior al sistema terciario, donde se podría considerar directamente la aplicación de humedales, los cuales ayudarían a depurar la carga contaminante que se descarga al río Chilcayacu.

4.3. Comparación de eficiencia y costo de la materia prima

4.3.1. Eficiencia

De acuerdo a todo lo antes mencionado y mediante a una relación porcentual, se estima que el índice de tratamiento al usar bagazo de caña se encuentra en un 16,00% aproximadamente, mientras que al usar la cascarilla de ceniza de arroz es de un 18,00%, por lo que directamente nos indicaría que la mejor solución para el problema de lixiviados que tiene la planta, es el usar ceniza de cascarilla de arroz.

4.3.2. Valor referencial

Se realiza el valor referencial estimado con la finalidad de identificar los costes de cada lecho filtrante, esto bajo conocimiento que el bagazo de caña se puede encontrar libremente en la localidad, mientras que la ceniza de cascarilla de arroz se encuentra en provincias de la costa, por lo que su precio se encontraría más elevado.

Tabla 23*:* Presupuesto referencial del Bagazo de caña de azúcar.

Ítem	Detalle	Valor Unitario	Cantidad	Unidad	Extra	Valor Unitario 2	Valor Total
1	Bagazo	$ 0,10	1	Kg	Transporte	$ 0,90	$ 1,00
Total							$ 1,00

Elaborado por: Diana Cando, 2020.

Tabla 25: Presupuesto referencial de la ceniza de cascarilla de arroz

Ítem	Detalle	Valor Unitario	Cantidad	Unidad	Extra	Valor Unitario 2	Valor Total
1	Ceniza de cascarilla de arroz	$ 1,75	1	Kg	Transporte	$ 11,00	$ 12,75
Total							$ 12,75

Elaborado por: Diana Cando, 2020.

A esto es importante adicionar que como se ha llegado analizar, el mejor sistema es uno sistema combinado en donde los 2 lechos tomen acción, por tal razón se establece el siguiente presupuesto referencial.

Tabla 26: Presupuesto Referencial de los lechos para el Sistema Terciario.

Ítem	Detalle	Valor Unitario	Cantidad	Unidad	Valor Total
1	Bagazo	$ 0,10	2400	Kg	$ 2,160
2	Cascarilla	$ 1,75	2400	Kg	$ 4,200
Total					$ 6,360

Elaborado por: Diana Cando, 2020.

Se estima un espacio de 2,40 m3 para la ubicación de cada lecho filtrante, lo que a nivel dimensionamiento se establece que 1m3=1000kg Sistema terciario – unidades de filtración.

4.4. Sistema terciario – unidades de filtración.

Para el sistema de filtración se utilizaron las ecuaciones de diseño y a través de la herramienta Excel se realizaron los cálculos correspondientes, además de que se utilizó los estándares y criterio técnico para la conformación de las unidades, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 24: Medidas de las unidades del Sistema terciario.

Ítem	Detalle	Abreviatura	Condiciones de diseño	Unidades
1	Periodo de diseño	P	08 a 10	Años
2	Tiempo de operación	Tp	24	Horas
3	Tasa de filtración	Tf	3	m/h
Ítem	**Detalle**	**Abreviatura**	**Condiciones de diseño**	**Unidades**
6	Ancho	A	1,5	m
7	Longitud	L	3,2	m
8	Altura del filtro	H	3	m
9	Área de filtración	Af	<10	m2
10	Espejo de agua	Eagua	0,9	m
11	Capa de soporte	Cs	0,2	m
12	Lechos filtrantes	Lf	0,3	m

Elaborado por: Diana Cando, 2020.

Tabla 25: Estándar granulométricas del Sistema Terciario

Ítem	Detalle	Tipo de lecho	Medidas de lechos	Unidades
1	Capas de soporte	Piedra grava	1 a 3	mm
2	Lecho Filtrante 1	Bagazo de caña	10 a 20	mm
3	Lecho filtrante 2	Ceniza de cascarilla de arroz	0,83 a 1,27	mm

Elaborado por: Diana Cando, 2020.

4.5. Discusión.

4.5.1. Evaluación de los lechos filtrantes, bagazo de caña (Saccharum officinarum) y ceniza de cascarilla de arroz (Oryza sativa) para la depuración del lixiviado.

Como se ha indicado en cada observación realizada en las ilustraciones comparativas presentado en el punto de resultados, se puede observar claramente como cada uno de los lechos filtrantes mejoran las propiedades de los lixiviados generados en la planta de tratamiento de agua residual, esto quiere decir que se nota como existe una disminución considerable de la carga contaminante, estipulando bajo una aproximación porcentual 16,00% para el bagazo de caña y un 18,00% para la ceniza de cascarilla de arroz, pese a esto se debe considerar el precio de cada lecho a implementar, puesto que en este caso, el bagazo de caña tiene un costo de un dólar/kilogramo (incluido su movilización), mientras que la ceniza de cascarilla de arroz tiene un valor en el mercado de un dólar con 75/100 centavos (a esto se debe añadir el costo de movilización).

Con lo antes mencionado se puede notar que ninguno de los dos lechos filtrantes por sí solos logran alcanzar ni el 20% de depuración del contaminante total, por lo que bajo criterio técnico se planteó la alternativa de asumir el hecho de la implementación de un sistema de combinado que tengan dos unidades de tratamiento, esto con el afán de mejorar la eficacia del proceso, buscando la mejoría de tratabilidad en un 34,00%. Todo esto con la búsqueda de evitar la proliferación de contaminantes en el rio Chilcayacu y evitar la formación de cualquier tipo de impacto en el medio ecosistemático donde se realizan las descargas.

4.5.2. Comparación del estándar económico para la selección de lecho filtrante.

Como se ha establecido previamente a nivel de eficiencia se tomaría directamente a la ceniza de cascarilla de arroz, mientras que en un nivel de costes, se tomaría a consideración el bagazo de caña; pero en este caso y como una mejor solución en cuanto a la mitigación de carga contaminante que contienen los lixiviados del relleno sanitario, se establece que lo

ideal es llevar a cabo la combinación de los dos lechos, pese a que los costos que se tornarían un poco más elevados, garantizarían una mejor dinámica de tratabilidad, evitando la presencia de varios inconvenientes ambientales e impidiendo el cambio de las propiedades hidrológicas del rio Chilcayacu. Por ende, la mejor solución que se puede establecer e incluso se pueda dar a conocer a los encargados del relleno sanitario, es que no hay que escatimar gastos al momento de la preservación y conservación del medio.

4.5.3. Uso de un sistema terciario como medio de apoyo para la planta de tratamiento del relleno sanitario de la ciudad de Puyo.

Como se ha venido estipulando a lo largo del presente trabajo de investigación, en cuanto a la mejora de funcionalidad de la planta de tratamiento ubicada en el relleno sanitario de la ciudad de Puyo, se establece la metodología para la implementación de un sistema terciario, el cual estaría constituido por dos unidades de filtración, las cuales contendrán dos lechos de origen orgánico (bagazo de caña y ceniza de cascarilla de arroz), los cuales han sido previamente analizados, con la finalidad de verificar su eficacia frente al tratamiento de aguas residuales; así mismo se ha identificado el caudal de diseño para el establecimiento de las estaciones de tratamiento, en donde mediante argumentos y criterios técnicos se ha estipulado la mejor opción para su respectivo diseño.

Ante lo expuesto es necesario mencionar, que de acuerdo a conversatorios llevados a cabo con los encargados del relleno sanitario, supieron manifestar que actualmente la planta se encuentra funcionando en un 33% de su eficacia, por lo que cualquier ayuda sería de gran apoyo para el manejo de los lixiviados que se produce, y es por esta misma razón que en vez de presentar una ideología de un sistema de filtrado que este conformado por un solo lecho filtrante, se ha estipulado que sean dos unidades, puesto que al ser un sistema de flujo continuo, se trataría directamente de un doble tratamiento lo cual ayudaría a reducir la concentración de los diversos parámetros que se han llevado bajo control continuo.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- De acuerdo al análisis realizado en cuanto al manejo de lixiviados en la planta de tratamiento que se encuentra en el relleno sanitario de la ciudad de Puyo, se ha estipulado la implementación de un sistema terciario, el cual estaría conformado por lechos de origen natural, bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) y ceniza de cascarilla de arroz (*Oryza sativa* L.), esto con la finalidad de salvaguardar la calidad de los cuerpos hídricos que recorren por sus cercanías (Chilcayacu), y evadir el colapso ambiental de la zona, evitando cualquier presencia de impactos ambientales que se generen de manera antrópica, y manteniendo un ámbito de seguridad para la conservación y protección del territorio hídrico de la provincia de Pastaza.
- Mediante el estudio bibliográfico realizado y la recopilación de información emitida por los representantes de la entidad en cuestión, se llevó a cabo el análisis de los parámetros que se controlan, mediante la verificación de los resultados emitidos en los informes de calidad del agua que se han ido efectuando en un laboratorio acreditado (LABCESTTA), a partir de lo cual se han podido analizar los parámetros que conforman los lixiviados y cómo estos pueden afectar de una u otra manera la calidad del agua del cuerpo receptor.
- Para el adecuado manejo de lixiviados se llevó a cabo, en primera instancia, la identificación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que los componen, esto mediante la revisión de informes de calidad de agua; una vez se tuvo conocimiento de los parámetros que se llevan controlando, se realizó el análisis técnico de pruebas que han sido efectuadas con el bagazo de caña y la ceniza de cascarilla de arroz, con la finalidad de determinar su eficacia frente a la depuración de contaminantes presentes en aguas residuales, a partir de este análisis, se propuso un sistema de tratamiento terciario, a través de una estación de filtrado.
- La mejor alternativa para el manejo de lixiviados es la implementación de un sistema de filtración, el cual estará compuesto por dos unidades que contengan cada uno de los lechos filtrantes, mejorando de esta manera el funcionamiento de la planta y reduciendo la carga contaminante en cada fase del proceso, para lograr alcanzar

resultados idóneos que eviten las propagaciones de efectos ambientales en el río Chilcayacu.

- Puesto que se ha tomado como resolución la implementación de un sistema combinado, el cual estaría conformado por los dos lechos filtrantes en mención (bagazo de caña y ceniza de cascarilla de arroz), se establece que el precio estimado por kilogramo de cada sustrato sería considerado como un índice económico irrelevante, puesto que lo que se desea, es preservar el medio ecológico donde se llevan a cabo las descargas, manteniendo un ambiente seguro y apto para el desarrollo de la biodiversidad florística y faunística.

5.2. Recomendaciones

- De acuerdo al análisis realizado, en cuanto a la eficiencia y costos referenciales para la implementación de un sistema terciario, se sugiere desde la parte técnica, que se dé prioridad a la eficacia de tratamiento ante los valores presupuestarios, puesto que pese a la inversión que se realice, lo más importante siempre deberá ser la conservación y preservación del ambiente, y en este caso los cuerpos hídricos receptores de las descargas generadas por parte del relleno sanitario de la ciudad de Puyo.
- Establecer conexiones separadas para el manejo de aguas de lluvia y lixiviados, puesto que, al enviar a una sola estación de tratamiento, esta podría llegar a colapsarse además de que al momento que se lleve a cabo un seguimiento, es decir, un monitoreo de agua, podrían generar resultados con mayor incertidumbre.
- Al presentar un sistema terciario a base de comprobaciones teóricas (debido a la emergencia sanitaria por la cual se atraviesa, COVID-19), es necesario que, en próximos trabajos, dichas teorías sean comprobadas de forma experimental, con la finalidad de mejorar aún más el criterio de tratamiento de lixiviados en el relleno sanitario de la ciudad de Puyo.
- Generar un proyecto que abarque no solo la contingencia de una etapa específica del relleno sanitario, sino que busque la implementación de un mejor manejo en cada área, es decir, que se lleve a cabo una repotenciación completa de todo el lugar, buscando en sí, un ideal de mejora continua, que ayude a conservar los sistemas ecológicos del lugar.

- Puesto que el relleno sanitario pertenece al GAD Municipal, se sugiere llevar a cabo charlas informativas sobre el manejo de residuos sólidos, estas pueden ser transmitidas por las redes sociales, abarcando mayor población, e indicando como pueden clasificar la basura de los hogares, esto con la finalidad, de que los procesos que se lleven a cabo en el relleno sanitario puedan ser más eficientes.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

A. Morgan, J. R. (2015). Malos Olores En Plantas De TratamientoDe Aguas Residuales: Su Control a través de procesos Biotecnológicos. En J. R. A. Morgan. Statew. Agric. L. Use Baseline .

Acurio, G. R. ([Enero de 2009). *Diagnóstico de la situación delmanejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. Obtenido de http://www.bvsde.ops-oms.org/cdromrepi86/fulltexts/bvsacd/scan/dsm.pdf

Aguilar, G. K. (2016). *Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final.* México: Instituto Nacional de Ecología.

Alvarado, N. (2016). *Tratamiento de lixiviados del relleno sanitario del cantón Tena Provincia de Napo mediante reacción fentón y Microorganismos eficientes (Tesis).* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Arias, S. C., & Agudelos, R. A. (2005). Seguimiento de una Celda experimental de residuos Sólidos Urbanos. *Revista EIA*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372005000200004

Barragán, E., Arias, P., & Terrados, J. (2016). Fomento del metabolismo energético circular mediante generación eléctrica proveniente de rellenos sanitarios: estudio de caso, Cuenca, Ecuador. *Ingeniu*, 36-42. doi:https://doi.org/10.17163/ings.n16.2016.05

Betancourt , R., & Martínez, J. (2012). Análisis de aprovechabilidad del lixiviado de un relleno sanitario de una ciudad intermedia en Colombia. *Revista de la Asociación Colombiana de Ingeniería Ambiental y Sanitaria*, 5-13.

BID, AIDIS & OPS. (2010). *Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos.* Obtenido de https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Informe-de-la-evaluación-regional-del-manejo-de-residuos-sólidos-urbanos-en-América-Latina-y-el-Caribe-2010.pdf

Bustos, M. R. (2008). *Descripción de las Etapas de Almacenamiento, Recolección y transporte de los Residuos Sólidos en el Sistema de Aseo Urbano del Municipio del*

Chinú-Cordoba (Tesis). Universidad Sucre. Obtenido de https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/297/2/628.44F475.pdf

CEPIS & OPS. (2000). *Método Sencillo del Análisis de Residuos Sólidos.* Recuperado el 25 de 11 de 2019, de http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html

Chisag, N. M. (2014). *Diseño de un Sistema de Tratamiento de Lixiviados para el Botadero de Curguadel Cantón guaranda Provincia de Bolívar.* Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Código Orgánico De Organización Territorial, Autonomia Y Descentralizacion. (19 de Octubre de 2010). Registro Oficial Suplemento 303. Quito, Ecuador.

Codigo Organico Del Ambiente. (12 de Abril de 2017). Registro Oficial Suplemento 983. Quito, Ecuador.

Contreras, A. Á., & Suárez, J. H. (2006). *Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario "El Guayabal" de la ciudad San José de Cúcuta.* San José de Cúcuta: Ingeniería y desarrollo. Recuperado el 25 de 11 de 2019, de https://www.redalyc.org/pdf/852/85202007.pdf

Cutiño, M., & Enma, M. (2015). Caracterización del bagazo de caña como biomasa vegetal. *(Tesis).* Universidad de Oriente, Santiago de Cuba.

Decologia.info. (2019). *Decologia.info*. Obtenido de https://decologia.info/medio-ambiente/relleno-sanitario/#top

Demera, S. (2018). *Evaluacion de los residuos de la cascarilla de arroz como agragado en bloques para la construccion.* Escuela Superior Politécnica agropecuaria de Manabí.

Eixoecologia. (2016). *Desarrollo de actividades innovadoras para la Gestión del Territorio.* Obtenido de http://eixoecologia.org/?q=es/node/564

Espinosa, Z., & Anacona., L. (2019). *Eficiencia De Remoción de DBO5 Y SST Con Lecho Filtrante Para El Tratamiento De Aguas Residuales Del Beneficio Ecológico De Café.* Obtenido de Eficiencia De Remoción de DBO5 Y SST Con Lecho Filtrante Para El Tratamiento De Aguas Residuales Del Beneficio Ecológico De Café.

Eugenio, G. (2018). Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios . *Universidad de los Andes* , 12.

GADMP. (2010). EStudio de factibilidad y diseños definitivos del sistema de manejo integral de desechos sólidos del cantón Pastaza. provincia de Pastaza, estudio de impacto ambiental. 105.

Gamero, M. (2017). *Evaluación de bioaerosoles fungí asociados a un relleno sanitario ubicado en el municipio de Tubara, departamento del Atlántico.* Departamento colombiano del Atlántico. doi:10.13140/RG.2.2.14401.45926

García, J. (2018). *Lixiviado joven vs Lixiviado viejo.* Universidad de Santiago de Compostela, España.

Gavilanes, I. (2017). *Rellenos Sanitarios.* Riobamba.

Ger, J. (08 de 2017). *Repositorio Universidad Tecnica de Ambato* . Obtenido de uta.edu.ec

Giraldo, E. (1997). Tratamiento De Lixiviados De Rellenos Sanitarios: Avances Recientes. *Ingeniería Ambiental*. Bogotá, Chile.

González, G. (30 de Mayo de 1999). *El Universal*. Obtenido de El AMBIENTE: MUCHO MÁS QUE ECOLOGÍA: http://anea.org.mx/docs/Gonzalez-EcologiayMedioAmb.pdf

Greer, E. (2009). *Electrochemical oxidation for landfill leachate treatment.* Waste Management.

Grupo Banco Mundial. (20 de 9 de 2018). *Tipos de Desechos Generados*. Obtenido de https://www.bancomundial.org/es/news/infographic/2018/09/20/what-a-waste-20-a-global-snapshot-of-solid-waste-management-to-2050

Guerra, E. E. (08 de 2014). Health damage due to poor disposal of solid and liquid wastes in Dili, Timor Leste. (Scielo, Ed.) *Revista Cubana de higiene y Epidemiología*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000200011

Gutiérrez, I. G., & Mansilla, S. P. (2018). *Reporte del Estado Actual de los Recursos Naturales en las Áreas Hermanas del Desierto Chihuahuense, con Enfoque en las Áreas Naturales Protegidas Mexicanas.* México .

Guzmán, D. (2017). Consultoría del diseño y aprovechamiento del espacio físico del relleno sanitario para la gestión integral del manejo de los residuos sólidos de la ciudad de Puyo.

Haro, F. (2019). *Gestión de Residuos Sólidos.* Porteñix. Obtenido de http://gestionintegralresiduos.blogspot.com/2010/05/generacion-de-biogas-en-rellenos.html

IMTA & UNAM. (1994). *IMPACTO AMBIENTAL.* (M. Gonzalez Lopez , Ed.) México. Obtenido de IMPACTO AMBIENTAL .

INAMI. (09 de 12 de 2019). Entrevista a la Estación Meteorológica de la Ciudad del Puyo para la Obtención de Datos Meteorológicos. (J. Lascano, Entrevistador)

INEC & AME. (2010). *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales 2010 (En línea).* Estadístico. Recuperado el 13 de 11 de 2019, de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2017/Residuos_solidos_2017/Documento%20metodologico%20RESIDUOS%202017.pdf

INEC. (2010). *Población y Demografía.* En línea. Recuperado el 28 de 12 de 2019, de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/pastaza.pdf

Jaramillo, C. (2012). *Historia geológica del bosque humedo tropical.* Balboa: Smithsonian Tropical research Institute.

Lascano, J. (2019). *Depuración de lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de Puyo, perteneciente al cantón Pastaza, provincia de Pastaza, utilizando métodos alternativos "Biomasa Residual".* Puyo, Pastaza: Universidad Estatal Amazónica.

Licona, E. C. (2016). *Gestión Integral de Residuos Sólidos.* Honolulu, Hawai: Atlantic Intenational University.

López, L. (2011). *Diagnóstico, caracterización y propuesta de tratamiento de los lixiviados generados en el relleno sanitario de la ciudad de Ambato.* Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Luna, C., & Mironel, J. (2008). Sistemas De Tratamientos Para Lixiviados Generados En Rellenos Sanitar. *(Monografía de ingeniería).* Universidad de Sucre, Sincelejo.

Luna, M. d. (2008). *Trabajo de Tratamientos para Lixiviados Generados en Rellenos Sanitarios (Tesis).* Universidad de Sucre, Sucre, Colombia. Obtenido de https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/304/2/628.44564C797.pdf

MAE. (17 de 07 de 2015). *Hitos en la gestión integral de los residuos sólidos en Ecuador*. Obtenido de http://www.ambiente.gob.ec/hitos-en-la-gestion-integral-de-los-residuos-solidos-en-ecuador/

MAE. (06 de 12 de 2017). *Gobierno por Resultados.* Obtenido de http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/PNGIDS-DICIEMBRE-2017.pdf

MAE, & PNGIDS. (2015). *Diagnóstico de la Cadena de Gestión Integral de Desechos Sólidos-Reciclaje.* Obtenido de https://docs.google.com/viewer?url=https%3A%2F%2Fwww.vicepresidencia.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F08%2FResumen-Cadena-de-Gestion-deResiduos-S%25C3%25B3lidos.pdf

Maldonado, P., & Erick, R. (2017). Diagnostico para el dimensionamiento de un relleno sanitario de los residuos solidos municipales en el Distrito de Colquemarca-Provincia Chumbivilcas, Cusco. *(Tesis de ingenieria).* Escuela Profesional De Ingeniería Ambiental, Cusco, CHUMBIVILCAS, Perú.

Maquinaria, A. (08 de 01 de 2016). *ARISTEGUI MAQUINARIS* . Obtenido de https://www.aristegui.info/los-lixiviados-caracteristicas-y-actuaciones/

Martinez, A. (11 de 04 de 2014). Alternativas actuales del manejo de lixiviados. *Avaces en Química, 9*(1), 37-47. Recuperado el 28 de 12 de 2019, de https://www.redalyc.org/pdf/933/93330767005.pdf

Martínez, N. M. (2015). *Solid Waste Management in Mexico: Between the Intention and the Reality.* México. Obtenido de file:///C:/Users/George/Downloads/1419-Texto%20del%20artículo-6131-1-10-20150320.pdf

Meregildo, M., Castañeda, & Seclen. (2018). *Modelo de gestión integrada de recursos hídricos en la cuenca del río Chicama.* Perú.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2010). *Gua para la Implementación, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios.* Obtenido de http://www.anesapa.org/wp-content/uploads/2014/12/GuiaRellenosSanitarios.pdf

Ministerio del ambiente . (4 de Noviembre de 2015). Registro Oficial Organo del Gobierno del Ecuador. *Corte Constitucional de la República del Ecuador*. Quito, Ecuador: MAE. Obtenido de http://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf

Ministerio del Ambiente. (4 de Noviembre de 2015). Registro Oficial Organo del gobierno del Ecuador. *Corte Constitucional de la Republica del Ecuador*. Quito, Ecuador.

Ministerio del Medio Ambiente y Agua. (2012). *Guía para el Diseño. Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios.* Bolivia.

Ocampo, & Mario. (10 de Noviembre de 2010). *Prezi.com.* Obtenido de Ceniza de Cascarilla de Arroz: https://prezi.com/rqa1-j5f4wv5/ceniza-de-cascarilla-de-arroz/

Ocampo, M. (11 de 10 de 2012). *Prezi.com*. Obtenido de https://prezi.com/rqa1-j5f4wv5/ceniza-de-cascarilla-de-arroz/

Pellón, A. A., López, M., Espinosa, M., & Gonzáles, O. (2015). Propuesta para tratamientos de lixiviados en un vertedero de residuos sólidos urbanos. (3-16, Ed.) *Ingeniería Hidráulica y ambiental, 36*(2). Recuperado el 26 de 12 de 2019

Pérez, A. G. (2008). *Aplicabilidad de procesos de coagulación-floculación y de sistemas de biopelícula en el tratamiento de lixiviados de vertederos de residuos urbanos (tesis).* Universidad de Granada, España. Recuperado el 15 de 12 de 2019, de https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=70413

Pérez, G., & Antonia. (2008). Aplicabilidad de procesos de coagulación-floculación y de sistemas de biopelícula en el tratamiento de lixiviados de vertederos de residuos urbanos. *(Tesis).* Universidad de Granada, Granada. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=70413

Recytrans. (02 de 08 de 2013). *Soluciones Globales para el Reciclaje*. Obtenido de https://www.recytrans.com/blog/clasificacion-de-los-residuos/

Rischmagui, G. (2017). *Manual para el manejo de Residuos Sólidos.* Tegucigalpa: Fondo Nordico de Desarrollo.

Rosales, I. P., & Rodríguez, D. (2016). Estudio de prefactibilidad de un relleno sanitario en Tepic-Nayarit.). *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias: CIBA, 5(9,* 1-12.

Saavedra, S., Salamanca, P., & Hernández, C. (2016). Diversidad de las comunidades de algas asociadas a un sistema algal de alta tasa fotosintética para la biorremediación de lixiviados de rellenos sanitarios. L. *Latin american journal of aquatic research,* 113-120.

Sandoval, I. Y. (2010). *Diseño y Factibilidad de Relleno Sanitario Manual para el Municipio de la Libertad, Departamento de la Libertad (Tesis).* Universidad del Salvador, San Salvador. Obtenido de http://ri.ues.edu.sv/202/1/10136390.pdf

SENAGUA. (2017). *SENAGUA*. Obtenido de Gestión de aguas residuales en el Ecuador : https://es.slideshare.net/CCIFEC/20-gestin-de-aguasresiduales-en-ecuador-senagua.

Tibanlombo, N. M. (2014). *Diseño de una Planta de Tratamiento de Lixiviados para el Botadero de Curgua del cantón Guaranda Provincia de Bolívar. (Tesis).* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Toapanta, Á. (2017). *Ánalisis del bagazo de la caña de azucar como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del al industria de lacteos "Lácteos Valenzuela Divino Niño" de la provincia de Cotopaxi.* Universidad Técnica de Ambato, Ambato.

Torey, S. (28 de 05 de 2014). *Nuestra Esfera*. Obtenido de http://nuestraesfera.cl/zoom/como-se-clasifican-los-residuos/

Ulica, J. (2006). Los Rellenos Sanitarios. (U. P. Salesiana, Ed.) *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 2-17. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047388001.pdf

Urbano, I. (2019). Identificación de áreas óptimas para la localización de un relleno sanitario en las subregiones Norte y Oriente del Valle del Cauca. (. *Entorno Geográfico*, 45-75.

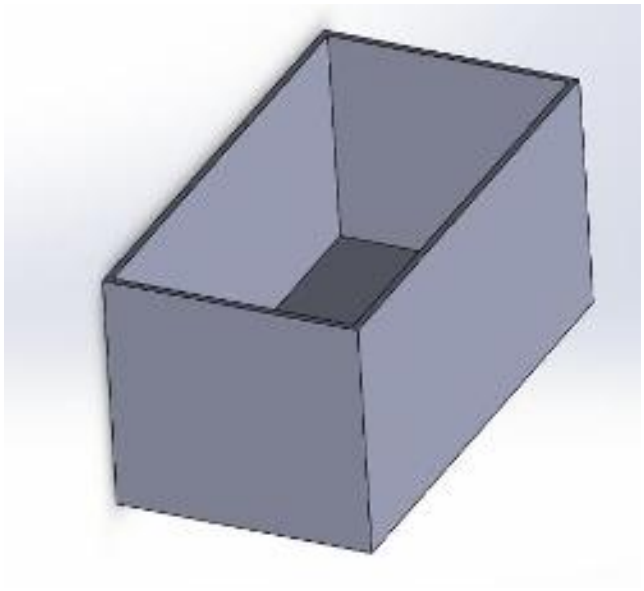
Urquiza , A., & Cadenas, H. (2015). Sistemas socio-ecológicos: Elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica. *'Ordinaire des Amériques, 218*.

Vise. (01 de 11 de 2018). *vise*. Obtenido de https://blog.vise.com.mx/que-es-un-relleno-sanitario-y-como-funciona

CAPÍTULO VII

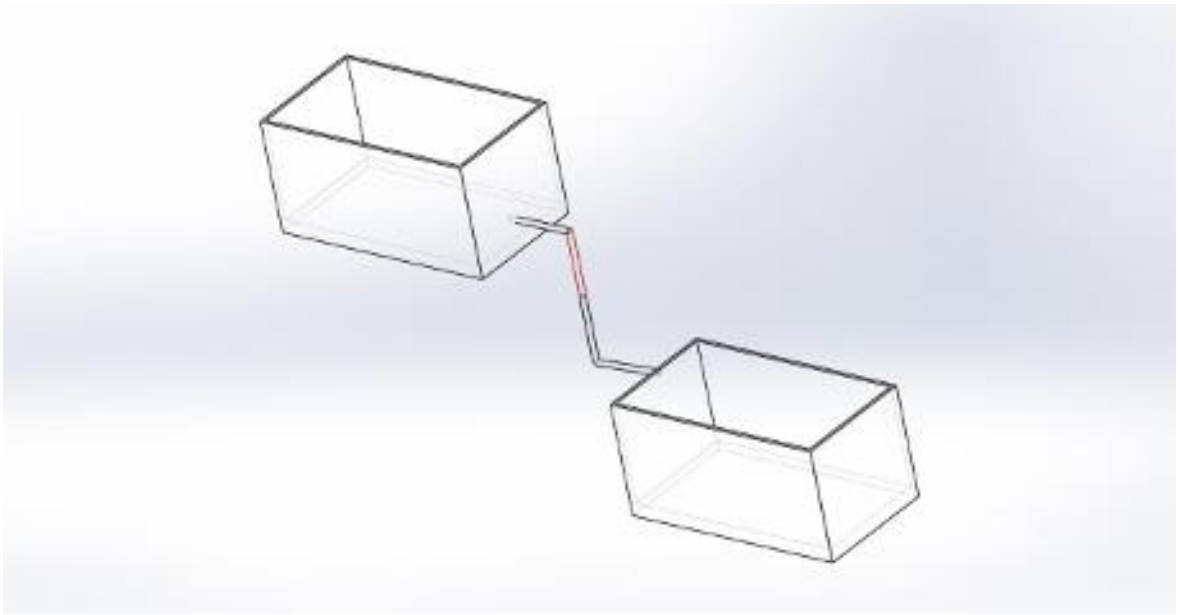
ANEXOS

Anexo 1: *Filtro vista superior*



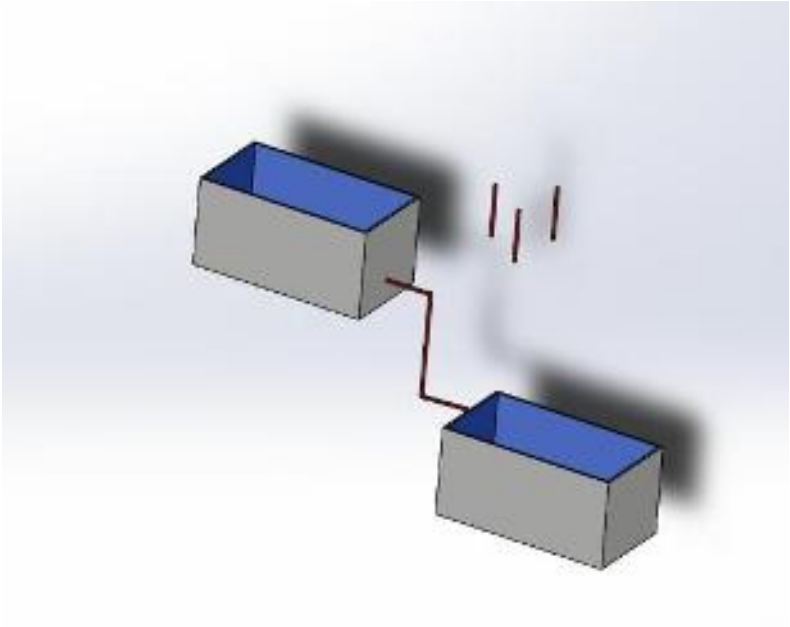
Elaborado por: Diana Cando, 2020.

Anexo 2: Filtros conectados



Elaborado por: Diana Cando, 2020**.**

Anexo 3: Sistema de filtración vista lateral



Elaborado por: Diana Cando, 2020.

Anexo 4: Oficio de solicitud al Director de Servicios Municipales y Sociales

GADM. DEL CANTÓN PASTAZA
PASTAZA DIRECCIÓN SERVICIOS MUNICIPALES Y SOCIALES
Recibido # 199
Fecha 28/07/2020 hora 12:56'
Responsable

Puyo, 28 de julio de 2020

Ing.
JIMMY GARCÉS
DIRECTOR DE SERVICOS MUNICIPAL Y SOCIAL

Reciba un cordial saludo a la vez que el deseo el mejor de los éxitos en tan delicadas funciones a usted encomendadas

Yo, **DIANA ABIGAIL CANDO ARIAS**, portadora de la cédula de ciudadanía N° 050350061-3, estudiante de la **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA**, me brinde las facilidades necesarias para el ingreso a las instalaciones e información necesaria del relleno sanitario actual, ya que me encuentro realizando el **PROYECTO DE TITULACIÓN** y es necesario adquirir información de dichas instalaciones, para que el proyecto se realice con éxito.

Por la cordial acogida que diera a la presente, le expreso mis sinceros agradecimientos

Atentamente;

DIANA ABIGAIL CANDO ARIAS
C.I.: 050350061-3
SOLICITANTE

Elaborado por: Diana Cando, 2020.

Anexo 5: Oficio de solicitud a la máxima autoridad del cantón Pastaza

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

Puyo, 29 de julio 2020

PARA:

Eco. María Susana Coloma

ALCALDESA DE GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN PASTAZA

GADM - DEL CANTÓN PASTAZA
RECEPCIÓN
Número: 3603-E
Fecha: 29 JUL 2020 10:20
Hora:
Firma:

De mi consideración

Con un cordial y saludo me dirijo a usted para solicitarle de la manera más comedida que le otorgue los permisos correspondientes a la estudiante **DIANA ABIGAIL CANDO ARIAS** con C.I: **050350061-3**, de la **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**, quien se encuentra realizando su trabajo de titulación en el tema: **PROPUESTA PARA LA REESTRUCTURACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DEL PUYO** , para que realice el trabajo de muestreo de las aguas en la planta de tratamiento actual en funcionamiento y diseño de la planta actual, y a su vez solicitar su colaboración para que se facilite la información de los análisis realizados a dichos lixiviados, así como viabilice la realización de los análisis correspondientes a las aguas depuradas como parte de este trabajo de investigación de manera tal que pueda quedar evidenciada la eficacia del tratamiento no convencional aplicado.

Cabe recalcar, que los resultados de esta investigación beneficiasen al relleno sanitario, al GAD y a la población de la ciudad de puyo.

Saludos cordiales

Diana Abigail Cando Arias
Estudiante de 10 Semestre
Ingeniería Ambiental

Elaborado por: Diana Cando, 2020.

Anexo 6: Hoja de Ruta para la delegación de atención



Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pastaza

PASTAZA GAD MUNICIPAL

Hoja de Ruta

Fecha y hora generación: 2020-08-04 10:55:31 (GMT-5)

Generado por: Judith Elizabeth Lopez Tacuri

Información del Documento			
No. Documento:	GADMCP-2020-RECEPCION-GENERAL-35613-E	**Doc. Referencia:**	--
De:	Señorita Diana Abigail Cando Arias, Estudiante de Ingeniería Ambiental, UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA	**Para:**	Sra. Ficon, María Susana Coloma Freire, Alcaldesa Subrogante, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pastaza
Asunto:	SOLICITA INFORMACIÓN SOBRE LOS ANÁLISIS REALIZADOS A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD PUYO LOS MISMOS QUE SERVIRÁN PARA EL TRABAJO DE TITULACIÓN.	**Descripción Anexos:**	--
Fecha Documento:	2020-07-29 (GMT-5)	**Fecha Registro:**	2020-07-29 (GMT-5)

Ruta del documento

Área	De	Fecha/Hora	Acción	Para	No. Días	Comentario
Dirección de Servicios Municipales	Jimmy Javier Garcés Sagalla (GADMCP)	2020-07-30 16:24:56 (GMT-5)	Reasignar	Elvis Fernando López Torres (GADMCP)	1	POR FAVOR ANALIZAR LO REQUERIDO Y REALIZAR RESPUESTA A DSMS
Alcaldía	María Susana Coloma Freire (GADMCP)	2020-07-30 09:20:57 (GMT-5)	Reasignar	Jimmy Javier Garcés Sagalla (GADMCP)	1	CRITERIO TÉCNICO
Recepción General	Judith Elizabeth Lopez Tacuri (GADMCP)	2020-07-29 10:22:27 (GMT-5)	Envío Electrónico del Documento	María Susana Coloma Freire (GADMCP)	0	
Recepción General	Judith Elizabeth Lopez Tacuri (GADMCP)	2020-07-29 10:22:27 (GMT-5)	Registro	María Susana Coloma Freire (GADMCP)	0	SOLICITA INFORMACIÓN SOBRE LOS ANÁLISIS REALIZADOS A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD PUYO LOS MISMOS QUE SERVIRÁN PARA EL TRABAJO DE TITULACIÓN.

Elaborado por: Diana Cando, 2020.
Fuente: GADM Pastaza