



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA UNA PLANTA DE
COMPOSTAJE A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL CENTRO
UNIVERSITARIO DE PETÉN (CUDEP)**

Daniel Enrique Gomez Donis

Asesorado por Msc Dra. Ligia Argentina Palacios Muñoz

Guatemala, octubre 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA UNA PLANTA DE
COMPOSTAJE A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL CENTRO
UNIVERSITARIO DE PETÉN (CUDEP)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DANIEL ENRIQUE GÓMEZ DONIS

ASESORADO POR MSC. DRA. LIGIA ARGENTINA PALACIOS MUÑOZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO A.I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Yocasta Ivanobla Ortiz Del Cid
EXAMINADORA	Inga. Sindy Massiel Godínez Bautista
EXAMINADOR	Ing. Alberto Eulalio Hernández García
SECRETARIO	Mtro. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA UNA PLANTA DE
COMPOSTAJE A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL CENTRO
UNIVERSITARIO DE PETÉN (CUDEP)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 15 de octubre de 2022.



Daniel Enrique Gómez Donis



EEFFI-PP-2140-2022

Guatemala, 17 de noviembre de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú


Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.


El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA UNA PLANTA DE COMPOSTAJE A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN (CUDEP)**., el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión y tratamiento de residuos - Problemática en la generación de residuos**, presentado por el estudiante **Daniel Enrique Gómez Donis** carné número **201612377**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Energía Y Ambiente.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Dr. Ligia Palacios M.
Msc. Salud Pública
Enfasis en Epidemiología
Col. 20,257
Mtra. Ligia Argentina Palacios Muñoz
Asesor(a)


Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador(a) de Maestría




Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIMI-1750-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA UNA PLANTA DE COMPOSTAJE A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN (CUDEP).**, presentado por el estudiante universitario **Daniel Enrique Gómez Donis**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS





Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2022

LNG.DECANATO.OI.684.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA UNA PLANTA DE COMPOSTAJE A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN (GUDEP)**, presentado por: **Daniel Enrique Gómez Donis**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.

Guatemala, octubre de 2023

JFGR/gaac

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por brindarme sabiduría, inteligencia y vida, dándome la oportunidad de crecer académicamente.
- Mis padres** Carlos Enrique Gómez Caal y María Donis García, por su amor incondicional, consejos, guía y atención que han ayudado a culminar mi meta.
- Mi familia** A mis hermanos que han estado pendientes de mí, por brindarme su cariño y apoyo.
- Mi novia** Por sus consejos, apoyo, ánimo, amor y paciencia.
- Amigos y amigas** Que me han ayudado a lo largo de la carrera, gracias por su amistad, risas, desvelos y acompañamiento.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de
San Carlos de
Guatemala**

Por ser el *alma mater* que me brindó la oportunidad de crecer profesionalmente, dándome el conocimiento para finalizar una de mis metas.

**Facultad de
Ingeniería**

Por instruirme, guiarme y fomentar el aprendizaje de cada estudiante.

CUDEP

Por permitirme recolectar información para esta investigación.

Asesora de tesis

Msc. Dra. Ligia Argentina Palacios Muñoz, por sus conocimientos, sonrisas, paciencia y apoyo.

Docentes

Por sus conocimientos, guías y dedicación a lo largo de la carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
3.1. Descripción del problema	11
3.2. Preguntas de investigación.....	13
4. JUSTIFICACIÓN	15
5. OBJETIVOS	17
5.1. General.....	17
5.2. Específicos	17
6. NECESIDADES A CUBRIR.....	19
7. MARCO TEÓRICO.....	21
7.1. Generalidades de la institución.....	21
7.1.1. Información general del Centro Universitario de Petén	21
7.1.2. Extensión territorial.....	22
7.1.3. Organigrama jerárquico.....	22
7.1.4. Programas.....	23
7.1.5. Ubicación geográfica.....	25

7.1.6.	Recursos económicos.....	27
7.1.7.	Población estudiantil.....	27
7.1.8.	Reseña histórica	27
7.1.9.	Misión	28
7.1.10.	Visión	28
7.2.	Planta de tratamiento	29
7.2.1.	Objetivos de una planta de tratamiento	29
7.2.2.	Modelos de plantas de tratamientos	30
7.3	Desechos sólidos	32
7.3.1.	Tipos de desechos sólidos.....	32
7.3.2.	Separación de los residuos según el material.....	35
7.3.3.	Manejo de desechos sólidos.....	38
7.4	Composta.....	39
7.4.1.	Fases del compostaje	43
7.4.2.	Calidad y efectividad de la composta.....	48
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	53
9.	METODOLOGÍA	57
9.1.	Características del estudio	57
9.2.	Unidades de análisis	57
9.3.	Variables a utilizar en la recolección de datos	57
9.4.	Técnicas de recolección de datos	59
9.5.	Fases del estudio	60
9.5.1.	Fase 1: Revisión bibliográfica	60
9.5.2.	Fase 2: Recolección de información	61
9.5.3.	Fase 3: Manipulación de los datos.....	61
9.5.4.	Fase 4: Propuesta de diseño	62
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS	67

11.	CRONOGRAMA.....	69
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	71
13.	REFERENCIAS.....	73
14.	APÉNDICE	87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Figura 1.	Árbol del problema	13
2.	Figura 2.	Organigrama General CUDEP	23
3.	Figura 3.	Ubicación geográfica CUDEP	26
4.	Figura 4.	Desechos orgánicos (origen vegetal o animal)	33
5.	Figura 5.	Desechos Inertes – materiales de construcción dañados ..	34
6.	Figura 6.	Camión de Volteo.....	62
7.	Figura 7.	Bosquejo de planta de tratamiento de desechos sólidos ...	65

TABLAS

1.	Tabla I.	Variables de estudio	58
2.	Tabla II.	Muestra de datos en Kg	68
3.	Tabla III.	Cronograma de actividades	69
4.	Tabla IV.	Recursos necesarios para la investigación.....	72

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados Celsius
G	Gramos
Kg	Kilogramo
m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cúbico
Seg	Segundos

GLOSARIO

Bacteria aeróbica	Bacteria que se reproduce con presencia de oxígeno, generando dióxido de carbono
Bacteria anaeróbica	Bacteria que se reproduce cuando no se tiene oxígeno en el ambiente, lo que produce metano y otros gases, teniendo como efecto la descomposición.
Basureros clandestinos	Basura industrial y doméstica que se deposita en lugares que no son constituidos para ser basureros; normalmente, ríos, barrancos, drenajes, entre otros.
Composta	Abono orgánico producido a partir de materiales de origen biológico.
Compostaje	Técnica utilizada para crear las condiciones necesarias para transformar los residuos orgánicos en abono.
Desechos orgánicos	Residuos biológicos producidos por los seres humanos, ganado y otros seres vivos.

Desechos reciclables	Residuos que se pueden recuperar, transformar o reutilizar como: vidrios, plásticos, metales, cartones.
Humedad	Cantidad de vapor de agua que se encuentra en un cuerpo.
Lixiviado	Líquido residual, generalmente tóxico, que se filtra de un vertedero por percolación.
Microorganismos	Organismos unicelulares; son considerados esenciales para la vida debido a su amplia diversidad y distribución en el planeta.
Orgánico	Dicho de una sustancia: que tiene componente el carbono y que forma parte de los seres vivos.
Planta de tratamiento	Conjunto de operaciones físicas, químicas y biológicas utilizadas para transformar materia residual.
Residuo	Material que pierde utilidad tras haber cumplido con su misión o haber servido para realizar un determinado trabajo.
Residuos peligrosos	Conjunto de materiales que debido a sus características o manejo al que deben ser sometidos, representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente.

Sólidos	Característica de un objeto que se opone a los cambios de forma y de volumen.
Temperatura	Magnitud que mide el nivel térmico de un cuerpo o de la atmósfera.
Trommel	Tamiz cilíndrico utilizado para separar materiales por tamaño.
Volumen	Magnitud escalar definida como el espacio ocupado por un cuerpo.

RESUMEN

El objetivo de este estudio es proponer un diseño para una planta de compostaje utilizando desechos sólidos orgánicos como alternativa que permita reducir el volumen de desechos sólidos que se ponen a disposición de la municipalidad. El Centro Universitario de Petén (CUDEP), ubicado en el Parque Las Estelas, zona 2 de Santa Elena, Petén, es una unidad académica multidisciplinaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala. En lo que concierne al CUDEP, la acumulación toma lugar en los centros de acopio, lugares donde se concentra toda la basura de las diferentes escuelas dentro del campus. Estos sitios están ubicados en puntos estratégicos y el diseño de la planta de compostaje pretende recolectar los residuos de estas ubicaciones.

La presente investigación tiene como objetivo proponer una planta de compostaje como alternativa que permita reducir el volumen de desechos sólidos que se ponen a disposición de la municipalidad, además de aprovechar los mismos utilizando técnicas que consisten en reducir, transformar y reutilizar, para así disminuir el impacto que los desechos están causando actualmente.

La recolección de datos se obtendrá por medio de las siguientes técnicas: observación, entrevista y medición. Con base en la data obtenida se creará el diseño de la planta de compostaje.

1. INTRODUCCIÓN

El Centro Universitario de Petén (CUDEP), está ubicado en el Parque Las Estelas zona 2 de Santa Elena, Petén. Es una extensión de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el departamento antes mencionado. Actualmente, cuenta con una población estudiantil de aproximadamente 3,240 estudiantes. El crecimiento poblacional que avanza año tras año en el CUDEP es exponencial, lo que provoca un aumento en los desechos y residuos que se generan día a día. El manejo de extracción de los residuos por parte de las autoridades es funcional. Sin embargo, no existe un tratamiento o seguimiento a los contaminantes sólidos para transformarlos en materia prima para cualquier otro sector.

Los desechos sólidos comienzan su ciclo con la generación, luego acumulación temporal, continuando con su recolección, transportación y transferencia, terminando con la acumulación en vertederos. En lo que concierne al CUDEP, la acumulación temporal toma lugar en los centros de acopio, lugares donde se concentra toda la basura de las diferentes escuelas dentro del campus. Estos sitios están ubicados en puntos estratégicos. Los desechos son trasladados a dicho lugar por personal de servicio de la Universidad. Allí, dos operadores depositan la basura con clasificación previa de inorgánico y orgánico, pero, después de esta separación solamente son transportados al basurero municipal, sin considerar la posibilidad de reutilizar desechos que pueden convertirse en abono para el huerto del centro.

La presente investigación tiene como objetivo proponer una planta de compostaje como alternativa que permita reducir el volumen de desechos sólidos que se ponen a disposición de la municipalidad, además de aprovechar los mismos utilizando técnicas que consisten en reducir, reusar, reparar y reciclar, para así disminuir el impacto que los desechos están causando actualmente.

Este estudio es de tipo cuantitativo descriptivo. Inicia con una revisión bibliográfica de los antecedentes y de los temas más importantes relacionados con el proceso de compostaje. Posteriormente se explica el proceso de investigación, donde se obtendrán los datos del volumen de desechos que genera el centro diariamente, así mismo la cantidad de desechos orgánicos que se pueden utilizar para la transformación a composta. Se planea utilizar técnicas de recolección de datos como lo son: observación, entrevista y medición. Por último, se proporcionará el diseño de la planta de compostaje utilizando desechos sólidos orgánicos.

2. ANTECEDENTES

El concepto de impacto ambiental refiere a un cambio que se identifica en el espacio, que se refleja como un resultado de la interacción humana con el parámetro de carácter ambiental. Otro punto de vista es la definición de los impactos en la significación de sus alteraciones en el espacio, especialmente en los efectos negativos como benéficos que se pueden producir en el ambiente. Todo esto incluye cómo el desarrollo del ser humano interviene en el medio, que debe ser identificado y protegido para el equilibrio de este último. En síntesis, el impacto ambiental constituye una alteración significativa del ambiente provocada por las acciones humanas (Agroforestería, 2011).

Una de las principales acciones humanas que generan un importante impacto ambiental es la acumulación de residuos. El tratamiento de los desechos sólidos es un tema que se identifica dentro de la historia a través de las consecuencias ambientales que estos han provocado debido al crecimiento demográfico, económico y de la urbanización, intensificadas por el consumismo que se practica hoy en día. La acumulación de los residuos es un tema de antaño, desde los inicios del ser humano, resultado de sus formas de vida. Las aglomeraciones urbanas generan problemas sanitarios, formando gran cantidad de basura que no se puede reutilizar y que incluso puede ser peligrosa para la sociedad.

La basura se convierte en un problema desde su aparición y no tratamiento. La acumulación de desechos produce condiciones inadecuadas para

la vida al degradar el ambiente, aumentando la cantidad de insectos, roedores y agentes patógenos causantes de enfermedades, así como la presencia de materias tóxicas que pueden ocasionar daños a la salud. Además, hay materiales que no se degradan en mucho tiempo, por lo que en el suelo o en el mar, siguen contaminando por años. Un mal sistema de gestión de los desechos producirá un deterioro y devaluación del entorno debido a la contaminación del aire, del agua y del suelo y la pérdida de tierras agrícolas (Say, 2013).

No obstante, al darse cuenta de la problemática generada por la acumulación de residuos, algunas personas se han interesado en encontrar soluciones para ello. Una de las más útiles y beneficiosas ha sido el compostaje. Al resultado de la práctica del compostaje se le denomina compost. La palabra compost viene del latín componer, juntar; por lo tanto, consiste en “un conjunto de restos orgánicos que sufre un proceso de fermentación y da un producto de color marrón oscuro, lo que quiere decir, que el proceso de fermentación está esencialmente finalizado” (Educación Ambiental - Corazón Verde, párr. 2). Este producto fermentado sirve como abono para las plantaciones debido a que contiene tanto materia orgánica, como los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas.

El desarrollo del compostaje a gran escala se inició en la India gracias al trabajo del inglés Albert Howard desde 1905 a 1947. Combinó sus conocimientos científicos con los tradicionales de los campesinos. Su método, llamado método Indore, consistió en fermentar y humedecer regularmente una mezcla de desechos vegetales y excrementos animales. A partir de 1925, en Europa se comenzó a utilizar el método *Indore* para descomponer a gran escala la basura de las ciudades. La primera planta de compostaje para basuras urbanas se

instaló en la ciudad holandesa de Hammer en 1932. En la década de los 60, había en Europa 37 plantas. Dicho número aumentó considerablemente a través del tiempo (Rekomdo, 1996, como se citó en Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua [CIDTA], 2004).

Como reporta Monterrosa (2018), entre el 60 y el 70 % de los residuos sólidos pueden utilizarse para compostaje. Además, comenta esta práctica puede ser beneficiosa para los hogares, debido a que la mayor parte de los residuos generados en estos (alrededor de un 40 %) son orgánicos. La práctica del compostaje también reduce los costos en cuanto al tratamiento y transporte de residuos. Campbell (2020) recopiló algunos ejemplos de instituciones en Estados Unidos que ahorraron una gran cantidad de dinero al convertir sus residuos orgánicos en composta. Entre ellos está La Universidad de Middlebury en Vermont, que convirtió 90 % de sus desechos en abono y ahorró \$100,000. También el Estadio de los *Raiders*, en California, redujo sus costos un 20 % al comenzar a compostar sus residuos. Estos son claros ejemplos de lo beneficiosa que es la técnica de compostaje.

En América Latina, en general, la recolección de desechos sólidos suele carecer de un proceso adecuado de acuerdo con el tipo de desechos que sean. En los lugares donde existe servicio de recogida de desechos, estos se recogen y se transportan directamente al vertedero o relleno sanitario sin ser correctamente separados para su reciclaje, reutilización, compostaje o descomposición final. Donde no hay servicio de recolección, la población suele tirar la basura en cualquier lugar, lo que genera aún más contaminación. Según Sáez y Urdaneta (2014), no existen rellenos sanitarios con las debidas especificaciones técnicas, sino que se tira la basura en grandes vertederos a cielo

abierto donde además de no descomponerse de manera correcta y contaminar el suelo y el agua, propagan los malos olores y ponen en riesgo a la población que vive cerca o trabaja en el lugar.

Otra característica del manejo de la basura en Latinoamérica, es que no se separa de acuerdo con el tipo de residuo desde que se produce, sino se envía mezclada a los vertederos y son las personas que trabajan en el basurero quienes la separan, debido a que los materiales reciclables generan cierto ingreso económico para ellos y sus familias. No obstante, así se desperdician la mayoría de los residuos orgánicos que podrían ser utilizados para compost.

Por todo ello y debido al aumento de la población lo que tendrá como consecuencia el aumento de los residuos, es necesario implementar estas prácticas como el compostaje, dado que no solo sirven para reducir la cantidad de residuos, sino para abonar la tierra, nutrir el suelo y favorecer el crecimiento de las plantas. Sin embargo, se debe realizar un gran esfuerzo a nivel administrativo y a nivel social para fomentar la separación de residuos orgánicos e inorgánicos e implementar el compostaje.

Entre las dificultades que se tienen para poner en funcionamiento el compostaje en América Latina, se encuentran: altos costos de operación y transporte; dificultad para establecer una cultura de separación de residuos desde los hogares; tecnologías inadecuadas o atrasadas; poca participación de las empresas; falta de preparación y conocimiento de la técnica por parte de las municipalidades; falta de cuidado de los materiales y equipos, entre otras (Sáez y Urdaneta, 2014).

La mayoría de los países en Latinoamérica tienen algunas plantas de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, aunque no son suficientes. Según Oviedo-Ocaña et al. (2012) se utiliza únicamente un 0.6 % de los residuos para compost. Estos autores también mencionan que Brasil es uno de los países de la región que más compostaje ha realizado, al igual que Colombia. Uno de los problemas principales que se encuentran quienes trabajan con compostaje en esta región es la mala calidad de los residuos orgánicos desde el momento de su separación, porque no son separados correctamente, por lo que residuos que podrían ser utilizables para compost son contaminados con otros residuos. Costa Rica cuenta con políticas nacionales para el cuidado del medio ambiente, entre las que se incluye un plan nacional de compostaje, con el fin de reducir al mínimo la cantidad de materia orgánica en los rellenos sanitarios, reducir emisiones de metano y reutilizar los bioresiduos (Secretaría Consejo Nacional Ambiental, 2020).

A nivel nacional, el uso de plantas de tratamiento de residuos sólidos y compostaje aún es mínimo. En 2021 el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) (2021a) elaboró un acuerdo en el que se explica el reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes, estableciendo a su vez que todas las personas, hogares y empresas están obligados a separar la basura según el tipo de material, mientras que a nivel municipal los lugares donde se generen residuos cuenten con plantas de procesamiento. El límite de tiempo para que todos los municipios cuenten con estas plantas sin ser sancionadas por no cumplir el acuerdo es el mes de agosto del año 2023. No obstante, según información recopilada por Maldonado (2022), para junio de este año solo 59 de los 340 municipios que conforman Guatemala contaban con una planta de tratamiento de desechos sólidos, la mayoría de ellas ubicadas en Sololá. Algunos municipios han solicitado permisos para instalar por

lo menos una de estas plantas, pero les ha sido negado debido a que no cumplen con los requerimientos establecidos.

Algunos lugares en el país han logrado abrir una planta de tratamiento de residuos sólidos y compostaje. Una de las más conocidas es la del Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada en Guatemala (IRTRA), en Retalhuleu. Al ser este el centro recreativo más grande del país, es uno de los más visitados y por lo tanto, genera una gran cantidad de basura. Esta institución se vio obligada a encontrar una manera más rentable y beneficiosa de manejar sus desechos, por lo que instaló una planta de tratamiento de estos en la propia área utilizada por los parques. Venancio (2017) explica que la planta cuenta con áreas de clasificación, compostaje, relleno para desechos no reciclables y laguna para lixiviados, o líquidos que circulan entre los residuos. Aunque en la investigación realizada por este autor, en la planta de tratamiento del IRTRA, concluye que esta no se utiliza a su máxima capacidad y que puede mejorarse el proceso de separación de los residuos, reconoce que es un ejemplo para otras instituciones y municipalidades.

Entre otros antecedentes de instalación y unos de plantas de tratamiento de desechos sólidos y compostaje, el medio de comunicación *Europa Press* (2020) comunicó que el *Ayuntamiento de San Cugat de Valls*, en Barcelona, colaboró con recursos económicos y conocimientos técnicos y metodológicos para la construcción de la primera planta de tratamiento y compostaje en el municipio de San Andrés, Petén. También se conoce el proyecto *Compost, un abrazo a la Madre Tierra*, elaborado por la municipalidad de Guatemala en la zona 3 de esta ciudad, que tiene como fin aprovechar el material orgánico que llega de los mercados cercanos y del trabajo de podas y jardinería de la

ciudad. Con este proyecto han logrado reducir material no utilizable, disminuir el uso de fertilizantes químicos y producir broza. Como principal problema establecen la dificultad de enseñar a la población la importancia de la separación de desechos y las limitaciones en la infraestructura que impiden tener un área de compostaje en mejores condiciones (MARN, 2021b). Aún se necesita mayor concientización con respecto al tema de manejo de los desechos sólidos orgánicos, así como recursos económicos y administrativos para implementar la práctica de compostaje en las áreas que más residuos generan.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Descripción del problema

El Centro Universitario de Petén, un campus regional de la Universidad de San Carlos de Guatemala, no cuenta con una planta de compostaje. La forma de evacuación de los desechos sólidos consiste en la concentración en centros de acopio en el campus universitario. Seguidamente los residuos sólidos son trasladados al vertedero municipal sin realizar un manejo adecuado a dichos desechos. Estas prácticas van en contra del Acuerdo Gubernativo 281-2015. El acuerdo exige reducir los niveles de contaminación ambiental que producen los residuos y desechos sólidos.

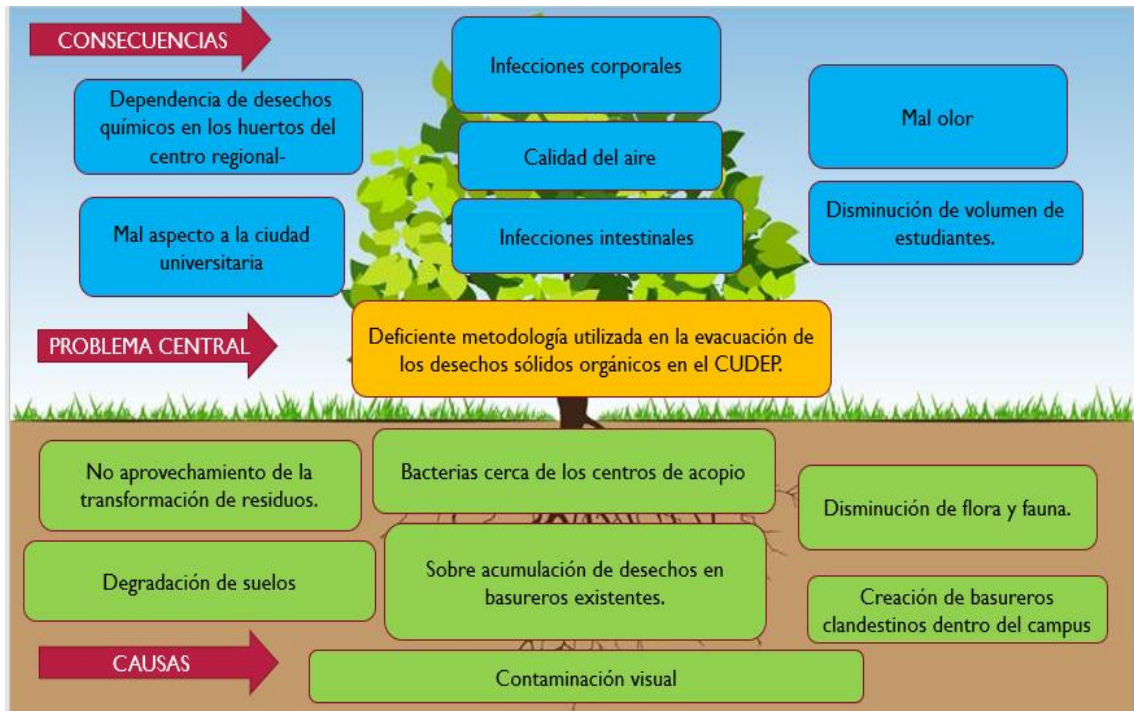
El deterioro en el planeta es irrefutable y a su vez progresivo, y una de las principales causas es el mal manejo de los residuos. Por lo expuesto anteriormente, se crea esta alternativa que ofrece un ambiente y desarrollo amigable para el centro universitario, promoviendo responsabilidad al actual incremento exponencial de este fenómeno.

Debido al crecimiento poblacional de la universidad, la meta es proporcionar al campus una herramienta capaz de aprovechar desechos sólidos orgánicos y convertirlos en materia prima potencial para sus propias

plantaciones, debido a que el CUDEP cuenta con un huerto propio. A su vez, esto disminuirá el impacto ambiental que podría ser generado por esta institución.

Por otro lado, en la actualidad no existe una propuesta para una planta de compostaje en el CUDEP, esto ocasiona que muchos recursos que tiene potencial no sean aprovechados. A pesar de que la contaminación visual dentro del campus es controlada, la acumulación final que es transferida al basurero municipal es descontrolada, y el actual sistema de extracción de desechos sólidos no ayuda a la disminución de contaminación a nivel municipal. El cambio se puede empezar por pequeñas disposiciones a tomar, no se pretende acabar con la contaminación del país, pero sí reducir los residuos que la universidad agrega, utilizando el compostaje como medida fundamental para lograr reducir en un 60 % a 85 % el volumen generado.

Figura 1. **Árbol del problema**



Fuente: Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel (2022).

3.2. Preguntas de investigación

Pregunta principal

- ¿Cómo puede ayudar la propuesta de diseño para una planta de compostaje utilizando desechos sólidos al Centro Universitario de Petén?

Preguntas auxiliares

- ¿Existe una descripción cuantitativa y/o cualitativa de residuos sólidos que genera el centro diariamente?
- ¿Hay en el centro universitario el espacio necesario para la instalación de una planta de compostaje?
- ¿Existe una metodología adecuada para la producción de composta utilizando desechos sólidos orgánicos?

4. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación fortalecerá el acta 23-2018, aprobada por el Consejo Superior Universitario, que establece una política de no uso de productos de poliestireno y plástico no reciclable. En esta se promueve el uso de cualquier material orgánico que pueda sustituir materiales PET. Por otro lado, contribuirá con la política nacional para la gestión integral de residuos y desechos sólidos (Acuerdo Gubernativo, 281-2015), que tiene como objetivo a nivel nacional implementar y fortalecer la gestión integral de los residuos con los actores y sectores involucrados a través de la participación social para propiciar un desarrollo sostenible en Guatemala.

Los principales beneficios de esta propuesta están dirigidos al Centro Universitario de Petén. En primer lugar, se sustituirá el transporte de los desechos sólidos, generando una reducción en el presupuesto utilizado para esta gestión. En segundo lugar, se tendrá composta que puede ser utilizada como abono para el huerto que posee este centro. Por último, se puede lograr la disminución del volumen total generado por los desechos entre un 60 % a un 85 %.

A su vez, la Universidad de San Carlos también se verá beneficiada de dos maneras. Primero, por el conocimiento teórico que se reunirá en este estudio, que puede servir para futuras referencias. Esta propuesta también podría servir de ejemplo para aplicar en otras extensiones universitarias de la USAC, lo que tendría un impacto positivo tanto a nivel económico como ambiental para la institución.

La relevancia social de este estudio radica en la importancia que tiene en la actualidad el cuidado del medio ambiente. La acumulación de residuos sólidos es uno de los principales problemas de contaminación y deterioro del entorno natural y humano, por lo que proponer soluciones a esta problemática y ponerlas en práctica a tiempo reduciría las consecuencias negativas que este tiene para la sociedad y la naturaleza. Además, al ser el objetivo de la ingeniería ambiental diseñar máquinas, productos o procesos que tienen como fin evitar y detener los problemas relacionados con la degradación ambiental y promover el uso sostenible de los recursos naturales para su uso y consumo, este proyecto cumple con ese objetivo al buscar una solución al problema de acumulación y tratamiento de los residuos sólidos orgánicos, específicamente en el Centro Universitario de Petén.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Proponer el diseño de una planta de compostaje utilizando desechos sólidos orgánicos para el Centro Universitario de Petén (CUDEP).

5.2. Específicos

1. Identificar las propiedades cuantitativas y cualitativas de los residuos sólidos orgánicos que se generan en el Centro Universitario de Petén (CUDEP).
2. Plantear la localización de la planta de compostaje de desechos sólidos orgánicos de acuerdo con las necesidades y características de ese centro universitario y al tipo de desechos que se generan.
3. Plantear una metodología de producción de la planta de compostaje utilizando desechos sólidos orgánicos.

6. NECESIDADES A CUBRIR

Para el desarrollo del presente trabajo de graduación se presenta un plan que puede aprovechar en gran porcentaje los residuos sólidos generados día a día en la Universidad. Para la transformación de los desechos se debe tomar en cuenta la clasificación de cada uno e identificar en qué área podría ser de más utilidad.

En lo que concierne a las dimensiones y capacidad de la planta, se pretende realizar un estudio del tipo de desechos que se generan diariamente en el centro y clasificar qué residuos pueden o no ser utilizados en el proceso de compostaje.

La composta es un tema conocido a nivel internacional y nacional desde el año 1963, pero la humanidad no le ha dado la importancia necesaria para implementar proyectos de tratamientos de compostaje. Se estima que se generan un aproximado de 11,200 millones de residuos sólidos orgánicos y su mayoría no tiene un tratamiento previo al ser vertidas en los basureros municipales. Aunque en el Acuerdo gubernativo 281-2015, 2015 exige reducir los niveles de contaminación ambiental que producen los residuos y desechos sólidos, sin embargo, no todas las instituciones realizan tratamiento previo a su evacuación.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Generalidades de la institución

A continuación, se presenta información recolectada sobre el campus regional. El CUDEP ha evolucionado y crecido para convertirse en un pilar clave en el área de la educación dentro del departamento de Petén. En el apartado, profundizaremos sobre los valores fundamentales, la historia y su impacto actual.

7.1.1. Información general del Centro Universitario de Petén

El Centro Universitario de Petén, es una unidad regional que se encuentra en el departamento de Petén, fundada a base del lema "*Id y enseñad a todos*". El centro tiene sus principios, dentro de los cuales están: la docencia y la investigación. Es un ente académico de investigación y de educación superior de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Sede central), encargada de formar profesionales con una preparación íntegra y forjando profesionales en diferentes ramas como lo es la Política, Medicina e Ingeniería.

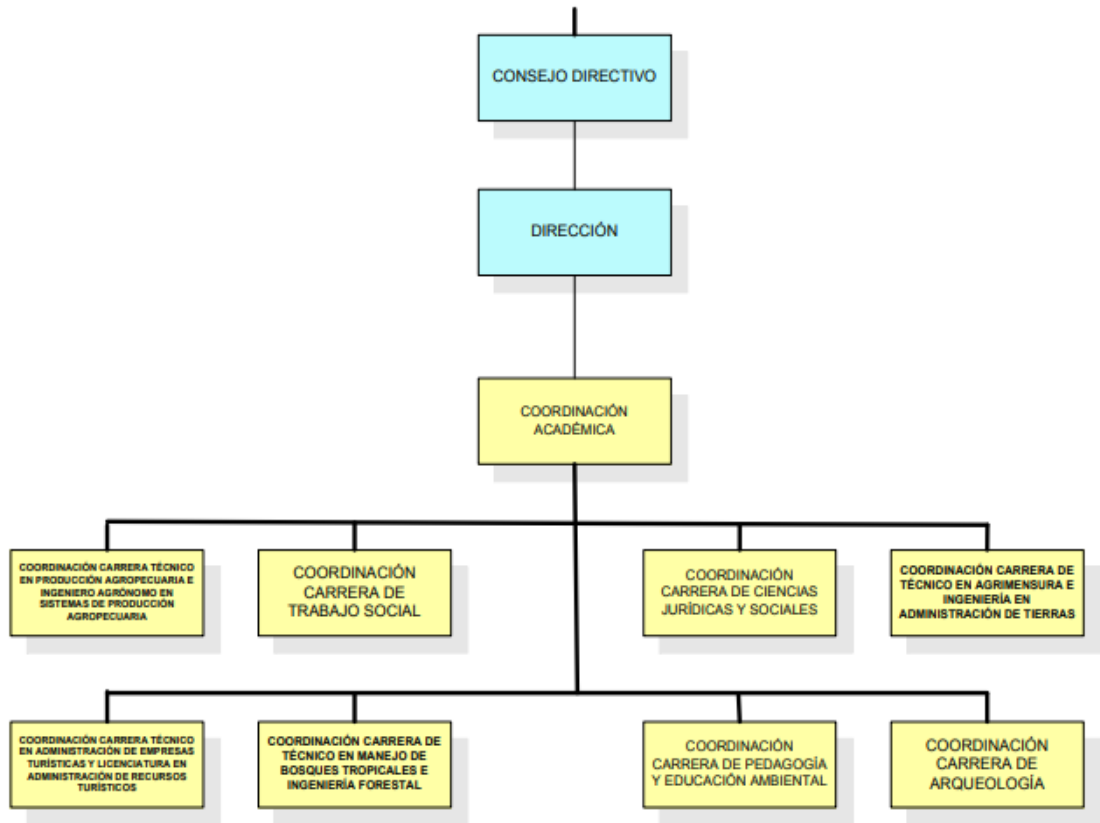
7.1.2. Extensión territorial

El CUDEP cuenta con una extensión territorial aproximadamente de 15,000 m² (Segura, 2006).

7.1.3. Organigrama jerárquico

El órgano superior del CUDEP es el Consejo Directivo de este centro, presidido por Director del Centro y formado también por un secretario, un representante de docentes, un representante de los estudiantes y el coordinador académico. Debajo del Consejo Directivo se encuentra la Dirección, seguida de la Coordinación Académica y la por último la Coordinación de las carreras que se imparten en este centro (Segura, 2006).

Figura 2. Organigrama General CUDEP



Fuente: Segura, M. (2006)

7.1.4. Programas

Los programas que posee el CUDEP en la actualidad a nivel técnico son nueve:

- Profesorado de enseñanza media en Pedagogía con orientación en Medio Ambiente
- Profesorado de enseñanza media con especialización en Matemáticas y Física
- Profesorado de enseñanza media en educación bilingüe intercultural con énfasis en Cultura Maya
- Periodismo profesional
- Técnico en Trabajo Social
- Profesorado de enseñanza media en Pedagogía y Ciencias de la Educación
- Técnico en Agrimensura
- Técnico en Arqueología
- Técnico en Conservación y Manejo del bosque tropical

A nivel licenciatura consta de 12 carreras, entre ellas están:

- Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogado y Notario
- Licenciatura en Arqueología
- Licenciatura en Psicología
- Licenciatura en Ciencias de la Comunicación
- Ingeniería en Administración de Tierras.
- Licenciatura en Medicina y Cirugía
- Licenciatura en Turismo
- Licenciatura en Educación Ambiental
- Licenciatura en Pedagogía y Ciencias de la Educación
- Licenciatura en Ingeniería Agronómica
- Licenciatura en Trabajo Social
- Licenciatura en Ingeniería Forestal

Adicionalmente ofrece los siguientes posgrados:

- Maestría en Administración de Tierras para el Desarrollo Sostenible
- Maestría en Educación con orientación en Medio Ambiente

7.1.5. Ubicación geográfica

El CUDEP se encuentra ubicado en el Parque Las Estelas, en la Calzada Rodríguez Macal y 4a. Calle, zona 2, Santa Elena, departamento de Petén, Guatemala.

Figura 3. **Ubicación geográfica CUDEP**



Fuente: Google Maps ((2022) *Centro Universitario de Petén CUDEP*. Recuperado de:
<https://goo.su/r6Ho>

7.1.6. Recursos económicos

Según el departamento de presupuesto de la Universidad de San Carlos (USAC) en el mes de enero del año 2022, se adjudicó al CUDEP un presupuesto ordinario de Q 19, 274, 066. 00.

7.1.7. Población estudiantil

El centro universitario cuenta con una población estudiantil de aproximadamente 3,240 estudiantes.

7.1.8. Reseña histórica

El CUDEP fue fundado en el año 1987, sin embargo, fue hasta el siguiente año que iniciaron las actividades académicas con dos carreras profesionales: Técnico en Conservación y Manejo de Bosques Tropicales y Técnico en Producción Agropecuaria. En el año 1990, fueron aprobadas dos carreras más, por parte del Consejo Superior Universitario (CSU) y durante el 1998 se incorporó la primera licenciatura en Arqueología y Educación Ambiental. En la actualidad, el centro está compuesto por 10 programas a nivel técnico, 12 de licenciatura y dos de posgrado.

7.1.9. Misión

Según la página oficial del Centro Universitario de Petén (2020), la misión es:

“Somos una institución con cultura democrática, rectora de la educación superior en el norte del país y responsable de contribuir al desarrollo y solución de los problemas socioeconómicos, mediante la creación, difusión y aplicación del conocimiento para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, así como dirigir, organizar y desarrollar la educación superior del estado en el Departamento de Petén y su área de influencia, y difusión de la cultura en todas sus manifestaciones”. (párr. Misión)

7.1.10. Visión

Según la página oficial del Centro Universitario de Petén (2020), la visión es:

“Ser la Universidad estatal en el norte de Guatemala, cuyo fin fundamental es elevar el nivel espiritual de los habitantes de la región, a través de la profesionalización del recurso humano en las diversas disciplinas científicas, tecnológicas y humanas, orientando los programas de docencia, investigación y extensión universitaria hacia la excelencia académica como factor de desarrollo, vinculada y comprometida con el desarrollo científico, social y humanista de la región”. (Párr. Visión)

7.2. Planta de tratamiento

Las plantas de tratamiento, denominadas comúnmente como depuradoras, consisten en instalaciones encargadas de realizar un conjunto de procesos destinados a alterar las propiedades físicas, químicas o biológicas de los residuos (Fundación ECOTEC, 2018), con el fin de transformarlas para que puedan ser reutilizadas o recicladas, por ejemplo, para abono para la tierra o materia prima para comercialización. Las plantas de tratamiento, al reducir, reutilizar y reciclar los residuos, reducen la contaminación del entorno y la explotación de la naturaleza, debido a que ayudan a disminuir la extracción de materia prima.

7.2.1. Objetivos de una planta de tratamiento

Asesoría Scudelati & Asociados (s.f)., plantea que los objetivos de una planta de tratamiento de residuos sólidos son:

- Obtener la separación de componentes reciclables (papel, orgánico, aluminio y PET).
- Reciclar la materia orgánica y convertirla en composta para utilizar en forma de fertilizante orgánico en la agricultura y/o forestación.
- Gestionar la comercialización de componentes reciclables y fertilizantes orgánicos.

- Manipular sustancias químicas peligrosas y colocarlas a disposición final del relleno sanitario.

7.2.2. Modelos de plantas de tratamientos

Generalmente una planta de tratamiento se diseña tomando en cuenta la cantidad de residuos generados por la población para conocer la capacidad necesaria de la misma; esta debe de ser capaz de mitigar en gran porcentaje la contaminación generada. A su vez, también se debe tomar en cuenta el tipo de residuo que se tratará, para establecer las mejores condiciones para su fabricación y uso. La empresa COPARM (2015), menciona que los modelos de las diferentes plantas de tratamiento que existen, se encuentran:

- Plantas de valorización de residuos sólidos: A partir de un producto que se considera residuo, las materias primas que lo componen se evalúan para definir si estos se pueden reutilizar, como por ejemplo papel, cartón, plásticos, maderas, aluminio. Cada planta requiere un estudio y un diseño propio.
- Plantas industriales para el tratamiento y selección de residuos: Instalación que mezcla procedimientos de selección automática y manual con el objetivo de separar las fracciones recuperables de la mezcla de residuo y prepararlas para la comercialización.

- Plantas para el tratamiento de neumáticos: Consisten en un sistema mecánico que fracciona los neumáticos, excluyendo los otros materiales adheridos al caucho, lo que facilita la separación automática de acero y fibras textiles. Se recupera la goma completamente, sin que esto tenga algún impacto ambiental.
- Plantas para la producción de combustibles de residuos: Este sistema permite triturar los residuos secos que no se pueden reciclar y convertirlo en un producto final de grano homogéneo y libre de metales, utilizando el tratamiento en frío.
- Planta de tratamiento de aguas residuales: Consiste en el tratamiento y conversión de las aguas negras y grises generadas por el ser humano. Tiene como primordial objetivo la desinfección de dichas aguas, para preservar el medio ambiente y propiciar una mayor disponibilidad de este recurso.

Además de estos modelos de planta de tratamiento, otro muy importante que permite el reciclaje de residuos orgánicos, es la planta de compostaje.

- Planta de compostaje: Es una planta de tratamiento enfocada en reciclar residuos orgánicos por medio de métodos biológicos, es decir, una descomposición generada por la actividad de microorganismos, que convierten estos residuos en fertilizante orgánico o abono (Recytrans, 2014).

7.3 Desechos sólidos

“Un desecho consiste en un material que se descarta después de haber cumplido con la misión por la que fue creado. Al no tener otro uso o no poder cumplir con el objetivo de su fabricación se es considerado basura”. (Sánchez, 2020). Por otro lado, “sólido es el adjetivo que hace referencia a un material macizo o firme que mantiene su volumen y forma constante debido a la cohesión de las moléculas” (Definición De, 2011).

Juntando ambas definiciones se puede concretar que los desechos sólidos son un grupo de residuos producidos por el ser humano diariamente y se caracterizan por estar en estado sólido, siendo este el más difícil para biodegradarse. En la actualidad, el estilo de vida de las personas es extremadamente consumista, lo que provoca una compra masiva de productos de un solo uso que a su vez representa una mayor explotación de la naturaleza para obtener materias primas. Esto provoca una gran acumulación de residuos, siendo los residuos sólidos los que generan el mayor volumen de basura y contaminantes.

7.3.1. Tipos de desechos sólidos

Los residuos sólidos se dividen según composición en: orgánicos o inertes y reciclables.

- Orgánico

Refiere a “todo aquel material que proviene de especies de flora o fauna y es susceptible de descomposición por microorganismos, o bien consiste en restos o productos de desechos de cualquier organismo” (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2017, p. 4).

Figura 4. **Desechos orgánicos (origen vegetal o animal)**



Fuente: Pinto (2022). *Técnicas para gestionar los residuos orgánicos*. Recuperado de: <https://mestizos.cl/dia-internacional-del-reciclaje-tecnicas-para-gestionar-los-residuos-organicos/>

- Reciclables

“Son aquellos residuos que se pueden recuperar, transformar o reutilizar como: vidrios, plásticos, metales, cartones. Estos residuos son acopiados en la

bodega de reciclaje en donde son comercializados e incorporados a la industria para la elaboración de nuevos productos” (Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique [Cardique], 2018, Párr. 1).

- Residuos inertes

Son los que no sufren de alguna transformación física, química o biológica al tener contacto con otros desechos. No son solubles, ni pueden incinerarse, ni reaccionan física ni químicamente, ni son biodegradables, por lo que el gran espacio que ocupan los convierte en un potente contaminante del medio ambiente o perjudicial para la salud humana (Fundación ECOLEC, 2018). Por ejemplo, el material de construcción.

Figura 5. **Desechos Inertes – materiales de construcción dañados**



Fuente: Derichebourg Esp (2021) *¿Qué son los residuos inertes?* Recuperado de:
<https://www.derichebourgespana.com/que-son-los-residuos-inertes/>

- Residuos peligrosos

“Son los residuos creados por diferentes actividades comerciales o industriales que contienen sustancias químicas que pueden ser peligrosas o nocivas para la salud” (*California Office of Environmental Health Hazard Assessment* [OEHHA], 2022, párr. 1). Debido a sus propiedades o manejo al que deben ser sometidos para su desecho, representan un riesgo para la salud o el ambiente. Entre estas características peligrosas se encuentran: autocombustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad o patogenicidad.

7.3.2. Separación de los residuos según el material

Entre la clasificación de los materiales por tipo se encuentran; papel, cartón, vidrio, hojalata, aluminio, polietileno tereftalato PET (botellas plásticas de bebidas), materia orgánica, material inerte, telas, pañales, papel higiénico, toallas higiénicas, entre otros. Para la presente investigación se propone la clasificación de materia de los tipos: PET, aluminio, material orgánico y papel, con el fin de dejar únicamente los residuos sólidos orgánicos para su uso en la planta de compostaje. El resto de los materiales necesita procesos diferentes para su reciclaje, los cuales no se abordan en este estudio.

- Aluminio

Existe un compuesto diferente a los demás residuos, sí es reciclable, por lo tanto, comercializable. Se trata del papel de aluminio, es un material metálico, pero lo suficientemente ligero para ser aspirado en el separador óptico. Es necesario separarlo del resto de plásticos antes de producirse la separación definitiva entre tipos de plástico.

Debido a que es el único material metálico que se tiene en esta línea, se puede implementar una banda magnética para aprovechar esta propiedad y así lograr la separación. Por ende, se propone que en la línea de plásticos, se utilice la inducción electromagnética para atraer los materiales metálicos y separarlos del plástico. En concreto, se instala una máquina que funciona mediante corrientes de Foucault, consiste en generar un campo magnético variable, que al ser atravesado por materiales metálicos produce una corriente eléctrica y la generación de electroimanes en el metal, de polo opuesto al campo magnético inicial, produciéndose la atracción magnética y la separación efectiva entre los componentes. El material separado se envía a un depósito y posteriormente a la prensa de este subproducto.

- PET

En Guatemala de todos los plásticos que se utilizan para diferentes fines, el 90 % es reciclable. Estos pertenecen a las categorías PP, PE, PS y PVC. Dentro del campus central debido a la actual política implementada por el Consejo Superior Universitario (acta 23-2018), se deben usar al mínimo este tipo

de materiales. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que, a pesar de ser mínima, todavía hay presencia.

Al punto de esta ruta, ya se debería de contar con solo envases de plástico, lo determinado por los gestores de reciclado. Se deben separar en cuatro fracciones equivalentes a cuatro tipos de plástico. Para el caso del tiraje automático de envases de plástico, el método más práctico y eficiente desde el desarrollo completo de esta tecnología es el uso de separadores ópticos. Consiste en escanear linealmente una superficie de la cinta transportadora y a partir de un contador lógico programable (PLC) en el que se introduce la longitud de onda de los diferentes tipos de plásticos, se consigue identificar cada componente que transita por la cinta. El PLC envía una orden a un soplador al borde de la cinta que produce un soplo de aire comprimido en el momento adecuado para enviar el componente a un depósito o a otra banda.

El proceso de reciclado que sufren los diferentes tipos de plástico es mecánico, por lo tanto, solo se transforma físicamente, no hay transformación química. El PET reciclado no se utiliza para los mismos fines que el original, ya que en el proceso de reciclado se pierde calidad en el material. Se suele utilizar para fabricar fibra poliéster o piezas plásticas de diferentes tipos.

- Papel

Entre el conjunto de sólidos que sale del *trommel*, se encuentran también los residuos de papel y cartón. Al diseñar una planta automática se pretende dar prioridad a la separación y a los procesos automáticos sobre los manuales. Varias

opciones se descartan debido a que el PLD no identificaría a todo residuo de papel, ya sea por la variedad de densidad, tipo y longitud de onda; no tienen una composición única e identificable, existe una gran variedad de tamaño y diferentes tipos de papel y de cartón, impidiendo el uso de separadores ópticos para realizar esta función.

Por lo expuesto anteriormente, no queda otra opción que proponer una separación manual, a partir de una inspección visual. Será necesario instalar una cabina aislada y cerrada por dónde debe circular la cinta transportadora saliente del *trommel*. Los operarios deben de situarse en ambas partes de la cinta transportadora, retirando los componentes de papel y de cartón. Para luego, mandarlos a las prensas, formándose bloques, listos para su comercialización.

7.3.3. Manejo de desechos sólidos

Debido a la demanda poblacional que maneja la universidad en la actualidad, los desechos se producen diariamente, por lo que se integró un sistema de recolección de programación diaria durante la mañana y tarde de lunes a domingo. Debido a los efectos de la pandemia y el actual plan de estudio (desde casa), la recolección se redujo al 25 %, manejando una recolección diaria durante la mañana y se anuló el domingo como día de recolección.

El problema que aumenta significativamente la contaminación dentro del campus central y demás centros universitarios, es que la gente que labora internamente y los actores de la actividad comercial no realizan un depósito consciente que norme su responsabilidad para depositar dentro de los

contenedores, a pesar de existir, no están llenos realmente a la hora de su disposición.

La recolección se trabaja a partir del acopio de los desechos de los contenedores grandes de color verde (Orgánico) y Negro (Inorgánico) que se encuentran únicamente al rededor del borde del anillo periférico universitario. Los contenedores tienen una capacidad de 22 quintales.

7.4 Composta

Docampo (2013) define la composta o compost como “un producto orgánico complejo con la función primaria de aporte de materia orgánica al suelo, y funciones secundarias de: aporte de elementos nutritivos, reducir la incidencia del parasitismo y ahorro de agua” (p. 63). Es lo que se obtiene de la descomposición del material y los cambios que se dan en este durante el proceso de compostaje. Cuando este material está listo, se utiliza como abono para el crecimiento y salud de las plantas.

- Beneficios del compostaje

Como se sabe, uno de los problemas que más afectan el medio ambiente es la acumulación de basura generada por el mal manejo de los residuos y el aumento de la población. Existen desechos que no pueden ser reutilizados y que generan serios problemas de contaminación. Por otra parte, los residuos orgánicos sí pueden ser reciclados y reutilizados para beneficio no solo del ambiente sino de la población. Una de estas opciones de reciclaje de residuos

sólidos orgánicos es el compostaje. Entre los beneficios de esta práctica se encuentran:

- Ambientales
 - El compostaje implica la reutilización y el reciclaje de desechos orgánicos, y su uso final en el suelo representa el cierre del ciclo de la materia orgánica.
 - Se reduce la cantidad de residuos sólidos que se dirigirán a los vertederos, lo que significa también una reducción en la contaminación provocada por los lixiviados y la incineración de basura. También disminuye la emisión de gases de efecto invernadero relacionados con el transporte y tratamiento de estos residuos.
 - La composta representa una fertilización ecológica, lo que conlleva a un menor uso de productos químicos que contaminan el suelo y que reducen la cantidad de nutrientes en este. Además, al ser un fertilizante, crea las condiciones físicas, químicas y biológicas adecuadas para el crecimiento y salud de las plantas, desarrollando la aparición de microorganismos benéficos, así como la cantidad adecuada de nutrientes en el suelo a largo plazo. Esto representa una prolongación en la vida útil del suelo.
 - Su uso mejora la retención y el drenaje de agua del suelo.

- El compostaje facilita la transición hacia una agricultura orgánica (Amigos de la Tierra, 2016; Ministerio de Ambiente y Agua del Ecuador, 2020; Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos [UAESP], 2018).

- Económicos
 - Se reduce la cantidad de dinero dirigida al transporte de residuos desde los diversos lugares hacia los vertederos de basura.

 - Agrega valor económico a los residuos orgánicos, porque estos son transformados en abono. Esto permite la generación de ingresos con la venta de este abono y de alimentos que utilizan este producto.

 - Si el compostaje es doméstico y se tienen huertos, se reduce la cantidad de dinero utilizada para comprar alimentos.

 - Al no utilizar fertilizantes sintéticos, se reducen los costos de producción (Ministerio de Ambiente y Agua del Ecuador, 2020; UAESP, 2018).

- Para la salud
 - El no uso de productos químicos como fertilizantes, promueve una alimentación más sana para la población.
 - Previene la aparición de enfermedades generadas por organismos que normalmente buscan restos de residuos orgánicos (moscas, roedores y otros).
 - Se reducen los malos olores generados por los desechos orgánicos que se encuentran en el relleno sanitario.
 - Al reducir la contaminación, podría reducir los efectos perjudiciales de esta sobre la salud de los seres humanos (UAESP, 2018).

7.4.1. Fases del compostaje

- Pre-fase

Antes de iniciar el proceso de compostaje como tal, un paso trascendental para que la composta sea de buena calidad es la adecuada selección de residuos sólidos orgánicos, dado que no deben estar mezclados con otros que podrían contaminar la composta o reducir los nutrientes. Luego, los residuos deben ser triturados para su almacenamiento en el proceso que inicia el compostaje. A continuación, se describen más detalladamente estos procesos.

- Selección. No todos los residuos que se tiran junto con los residuos orgánicos pueden ser utilizados para compostaje, y tampoco todos desechos orgánicos sólidos son beneficiosos para realizar un compost. Por ello, el proceso de selección es de suma importancia. De acuerdo con Masabni y Lillard (2013), los materiales que pueden ser utilizados para compostar son:

Desperdicios de cocina: cáscaras y pedazos de vegetales y frutas; café y filtros de café; cáscaras de huevo; bolsas de té e infusiones; cáscaras de frutos secos; huesos de frutos como melocotón, aguacate; alimentos estropeados o caducados.

Restos de plantas y jardinería. Pasto cortado; hojas y ramas secas; flores y plantas viejas; plantas medicinales; paja y heno viejo; matas provenientes de la limpieza de bosques; aserrín y virutas de madera

no tratada, pero averiguando con anterioridad cómo utilizarlos correctamente.

Estiércol. Se pueden utilizar heces de pollo, vaca y caballo, pero manejándolos adecuadamente.

Algunos tipos de papel sin impresión de tinta, principalmente cajas de cartón, servilletas, envases de papel o con fibras porosas y naturales.

Estos autores también mencionan que hay residuos orgánicos que no deben ser utilizados, dado que pueden contaminar la mezcla o arruinarla. Entre ellos se encuentran:

Restos de carne, pescado y mariscos, aceite, grasa o productos lácteos. Estos se descomponen muy lentamente y su descomposición puede atraer roedores u otros animales, además de generar mal olor.

Arroz crudo o cocido; nueces; pan y sus derivados. Plantas que tengan algún hongo o plaga.

Heces de perros, gatos y humanos, debido a que pueden contener bacterias u otros microorganismos patógenos.

Ceniza de carbón, pañales desechables.

Papeles de revistas o muy gruesos; servilletas usadas y grasosas, papel mojado o cajas que tengan grasa.

Por último, se deben eliminar de entre los residuos orgánicos aquellos que son inorgánicos y que podrían estropear el proceso de compostaje. Entre estos se encuentran vidrio; papeles y cartones no aptos para composta; duroport; envases, bolsas u otro tipo de plástico; cualquier elemento de metal; telas; baterías; piezas de cerámica; objetos compuestos de diversos materiales no orgánicos (Contreras, 2017).

- *Trituración.* Debido a que los residuos son de diferente tamaño y algunos son muy grandes, es necesario triturarlos para que la mezcla sea lo más homogénea posible y permita la cantidad correcta de humedad y la circulación del aire.
- Algunos autores mencionan que el tamaño de las partículas debería estar entre 1 y 5 cm, (Moreno et al, 2014, como se citó en Bohórquez, 2019), y otros mencionan que debería estar entre 5 y 10 cm (UAESP, 2018), por lo que podría decirse que deberían estar entre 1 y 10 cm, ni muy grandes ni muy pequeñas. Si son muy pequeñas se compactan, lo que impediría el flujo de aire, y si son muy grandes, tardarían mucho en descomponerse. Seguramente habrá materiales que sean más pequeños dentro de la mezcla, pero es más importante que no sean tan grandes. Cuando el compostaje es doméstico, los residuos pueden partirse o cortarse con machete u otra herramienta para cortar; cuando es industrial, se utilizan trituradoras para modificar su tamaño.

Después de este proceso de separación y trituración, comienza el proceso de compostaje.

Docampo (2013) divide el proceso del compostaje en dos fases: descomposición y maduración. A su vez, Barrena (2006) divide estas dos fases en dos subfases cada una: mesófila y termófila, para el proceso de descomposición; enfriamiento y estabilización, para el proceso de maduración.

- Primera fase: descomposición de la materia orgánica

Se caracteriza porque las bacterias comienzan a consumir los restos orgánicos de la mezcla, haciendo que las moléculas que los componen (azúcares, aminoácidos, entre otros) se vayan degradando hasta convertirse en moléculas orgánicas e inorgánicas sencillas. Esta fase puede durar desde algunas semanas hasta más de un mes, dependiendo de los residuos utilizados para el sustrato, las condiciones ambientales y operativas, así como la tecnología que se usó para hacer el compost (Barrena, 2006).

- *Fase mesófila.* En esta fase los microorganismos mesófilos, es decir, las bacterias y hongos descomponedores que sobreviven entre los 20° y 45° centígrados, comienzan a alimentarse de los desechos hasta que estos quedan degradados. Durante este proceso, las temperaturas comienzan a subir lentamente dado que esta descomposición genera energía liberada en forma de calor (Barrena, 2006).

- *Fase termófila.* Este aumento de la temperatura, que se busca que llegue generalmente hasta los 70-75° centígrados, provoca la muerte de los microorganismos mesófilos, pero a su vez aparecen los microorganismos termófilos, es decir, aquellos que sobreviven a temperaturas por encima de los 45°C. Estos continúan descomponiendo el material hasta que queda parcialmente maduro; este aún no puede ser utilizado dado que sigue teniendo altas temperaturas y falta que aparezcan nuevos microorganismos. Esta etapa es importante dado que destruye microorganismos patógenos, huevos de parásitos y semillas de malas hierbas que pueden perjudicar el cultivo (Docampo, 2013).

- Segunda fase: maduración o curado

Esta fase puede durar desde unas pocas semanas a unos cuantos meses, igualmente dependiendo del material compostado y el destino final del producto. La maduración se refiere a la capacidad del material de facilitar el crecimiento de las plantas sin ser tóxico para ellas ni consumir demasiado oxígeno o inmovilizar el nitrógeno (Van der Wurff et al, 2016). Se divide en:

- *Fase de enfriamiento.* Dado que la cantidad de microorganismos disminuyó considerablemente en la fase termofílica, la descomposición fue menor y los sustratos orgánicos son limitados. Por lo tanto, la temperatura de la mezcla comienza a descender, lo que permite la reaparición de microorganismos mesofílicos que permanecieron inactivos y que degradan moléculas más complejas

que los microorganismos que aparecieron en la primera fase. Además, también colonizan la mezcla hongos y bacterias que serán beneficiosas para el crecimiento y salud de las plantas. Aquí las temperaturas oscilan entre los 25-40° C (Wurff et al, 2016).

- *Fase de estabilización.* Aquí las temperaturas del compost se mantienen estables de acuerdo con la temperatura del ambiente, esto facilita el mantenimiento de los microorganismos (bacterias y hongos), en los que su papel disminuye pero que son necesarios para el crecimiento de las plantas, e incluso la colonización de otros organismos superiores como pequeños insectos (Barrena, 2006).

7.4.2. Calidad y efectividad de la composta

- **Calidad**

Al ser el compostaje un proceso realizado con parámetros establecidos y características específicas, y por tener como fin el crecimiento y la salud de las plantas, es importante evaluar su calidad. Si los procesos no se realizan correctamente o con el tiempo suficiente, al ser utilizada la composta, esta puede dañar a las plantas, provocando el efecto contrario al que se desea. Ansorena et al (2015) establecieron dos métodos para determinar la calidad de la composta:

- Mediante experimentos de campo; es decir, utilizando la composta en una o varias plantaciones experimentales utilizando diferentes

medidas de composta, para así verificar cómo responden estos grupos de plantas a la composta durante su crecimiento. Sería necesario utilizar criterios de medición (altura de la planta, número y tamaño de hojas y flores, características de las hojas, flores, tallo, otros) y luego compararlos con las medidas del grupo de control, para así concluir si está beneficiando o perjudicando a las plantas.

- Realizando la medición de las propiedades de la composta. Algunas de estas mediciones se pueden realizar directamente a través de los sentidos (p. ej. el olor, color, existencia de otros materiales ajenos a los materiales compostados. como plástico, vidrio, entre otros). Por su parte, otras evaluaciones deben realizarse en un laboratorio, dado que son a nivel microscópico o necesitan herramientas especiales. Entre ellas se encuentran las propiedades físicas, químicas y biológicas de la composta (cantidad de minerales, presencia de metales pesados, bacterias dañinas, pH, aireación y otros).

Según Soliva y López (2004) “los requerimientos de calidad deberían ir dirigidos a conseguir:

- Aspecto y olor aceptable
- Higienización correcta
- Muy bajo nivel de impurezas
- Nivel bueno de componentes agronómicamente útiles
- Una cierta constancia de características” (pp. 2-3).

Si la composta no cumple con los criterios establecidos para tener una buena calidad de acuerdo con el tipo de plantación en la que se va a utilizar, o se observa desde un principio que no es lo suficientemente bueno para ser utilizado, es necesario evaluar la etapa de elaboración de este material en la que se están cometiendo los errores para así corregirlos y mejorar las producciones futuras.

- Efectividad

Se ha comprobado que el uso de la composta puede mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, así como reducir la fertilización convencional con químicos dañinos, sin modificar significativamente el rendimiento de los cultivos (Crespo et al. 2018; como se citó en Rivas-Nichorzon y Silva-Acuña, 2020). Esto representa no solo una mejor nutrición de los suelos, sino también una disminución de la contaminación química que se da por el uso de productos que a largo plazo pueden eliminar las propiedades nutricionales del suelo y afectar el crecimiento de plantaciones futuras.

Pero además de ello, sirve para reducir el impacto ambiental generado por la cantidad de residuos de las sociedades y la emisión de gases de efecto invernadero que estos provocan. En su informe titulado “El compostaje: receta para reducir la huella de carbono en España”, la Asociación Amigos de la Tierra (2013), analizó las emisiones de carbono generadas por el manejo de residuos orgánicos a través de vertederos urbanos, incineración, estabilización de material no recogido y recogido selectivamente, el compostaje recogido selectivamente (es decir, donde los desechos se llevan a plantas de tratamiento) y el compostaje descentralizado (el que se realiza en los hogares o en la misma ubicación en la que se recogieron los desechos). Esta institución llegó a la conclusión de que el

compostaje descentralizado es la mejor opción para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, pero que en general, el compostaje puede llegar a generar un 65 % menos de emisiones de carbono que los otros tres sistemas de tratamiento.

Todo ello muestra una diferencia significativa en el impacto ambiental del compostaje, dado que este método disminuye significativamente la contaminación generada por los desechos sólidos orgánicos o de los elementos químicos relacionados con el cultivo.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Generalidades de la institución

1.1.1 Información general del Centro Universitario de Petén

1.1.2 Extensión territorial

1.1.3 Organigrama jerárquico

1.1.4 Programas

1.1.5 Ubicación geográfica

- 1.1.6 Recursos económicos
- 1.1.7 Población estudiantil
- 1.1.8 Reseña histórica
- 1.1.9 Misión
- 1.1.10 Visión
- 1.2 Planta de tratamiento
 - 1.2.1 Objetivos de una planta de tratamiento.
 - 1.2.2 Modelos de plantas de tratamientos
- 1.3 Desechos sólidos
 - 1.3.1 Tipos de desechos sólidos
 - 1.3.2 Separación de los residuos según el material
 - Aluminio
 - PET
 - Papel
 - 1.3.3 Manejo de desechos sólidos
- 1.4 Composta
 - 1.4.1 Beneficios del compostaje
 - 1.4.2 Fases del compostaje
 - Pre-fase.
 - Primera fase: descomposición de la materia orgánica.
 - Segunda fase: maduración o curado.

1.4.3 Calidad y efectividad de la composta

2. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

2.1 Visita técnica

2.1.1 Observación

2.1.2 Entrevista

2.2 Toma de muestras

2.2.1 Medición

2.3 Manipulación de datos

2.3.1 Áreas de una planta de compostaje

2.3.2 Criterios de dimensionamiento

2.3.3 Cálculos teóricos

3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Propuesta de diseño de la planta de compostaje

3.2 Propuesta de transporte para la recolección

3.3 Esquema de la planta de compostaje

3.4 Propuesta de modelo para la planta de tratamiento

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

9. METODOLOGÍA

9.1. Características del estudio

El presente estudio es de tipo cuantitativo descriptivo. Se obtendrá los datos del volumen de desechos que genera el centro diariamente, así mismo la cantidad de desechos orgánicos que se pueden utilizar para la transformación a composta. A partir de esta información se propondrá un diseño de una planta de compostaje utilizando los residuos sólidos orgánicos generados por el campus.

9.2. Unidades de análisis

El estudio se realizará al volumen de residuos sólidos que se generan en el CUDEP, donde se tomarán datos de la cantidad que se produce diariamente. Mediante la data obtenida se realizarán cálculos para determinar el diseño de la planta a proponer y con base en los datos se puede obtener la eficiencia teórica de conversión de residuos sólidos a composta.

9.3. Variables a utilizar en la recolección de datos

A continuación, se describen todas las variables a utilizar en el estudio en la tabla I.

Tabla I. **Variables de estudio**

Variable	Definición conceptual	Definición operacional
Cantidad de desechos sólidos	Cantidad total de residuos generados por la población estudiantil	Cantidad de desechos sólidos en kilogramos utilizando balanzas
Cantidad de desechos sólidos orgánicos	Cantidad de residuos provenientes de origen biológico que serán la materia prima para su transformación a composta.	Cantidad de desechos sólidos en kilogramos utilizando una balanza
Temperatura termófila	Es la temperatura necesaria, por arriba de los 45° C para que las bacterias termófilas puedan hacer eficiente el proceso de compostaje.	Se medirá en grados Celsius (°C) y se pondrán en celdas
Temperatura mesófila	Es la temperatura ubicada entre los 20 - 45° C en la que la mayoría de los microorganismos pueden sobrevivir.	Se medirá en grados Celsius (°C) y se pondrán en celdas.
Humedad	Cantidad de agua que se encuentra en una superficie o cuerpo en cualquier estado de la materia (entiéndase líquido, sólido, vapor).	Se medirá con la prueba denominada “prueba del puño”, la cual consiste en tomar una muestra de compost con nuestra mano y apretar, debe de estar a tal punto que se pueda humedecer la mano.

Fuente: Elaboración propia (2022) con información de Docampo (2013) y 360sv (2022).

9.4. Técnicas de recolección de datos

- Observación

Se programará una visita técnica para observar los puntos de acopio donde se acumulan los residuos, así como para identificar los tipos de residuos que se generan. Por último, se analizará la posible localización de la planta de compostaje.

- Entrevista

Se entrevistará a una muestra de la población estudiantil para conocer qué artículos, objetos, comida utilizan en su visita cotidiana al centro universitario. Por otro lado, se entrevistará a las personas de limpieza, en especial a las que se encuentran en los puntos de acopio y/o las que acumulan los desechos en dicha localización para conocer el volumen de desechos que recogen, así como el tipo de elementos que componen estos residuos.

- Medición

Se utilizará una balanza de plataforma para medir los residuos sólidos orgánicos. Con respecto a la temperatura, se utilizarán termómetros infrarrojos para mantener una medición de temperatura periódica y lograr establecer para la fase mesofílica un rango entre 20°C a 45°C, para la fase termofílica un rango

entre 55°C y 75°C, y, por último, la fase de enfriamiento, la cual debe de permanecer entre un rango de 25°C y 40°C.

9.5. Fases del estudio

El estudio se dividirá en 4 etapas, que servirán para realizar el diseño de la planta de compostaje, manipulando los datos recolectados para obtener cálculos que nos darán una perspectiva del impacto que puede tener esta propuesta. Esto servirá como alternativa para cambiar la actual metodología utilizada para la evacuación de los residuos generados diariamente en el centro educativo.

9.5.1. Fase 1: Revisión bibliográfica

Como primer paso, se llevará a cabo la recopilación de información sobre el Centro Universitario de Petén. Utilizando fuentes primarias, se realizará una breve descripción general de la institución, como lo es su historia, presupuesto, extensión territorial, organigrama, bienes, administración, entre otros, para brindar una visión general de este campo regional académico y sus alcances como casa de estudios.

También se indagarán los antecedentes relacionados con el tema central del proyecto, es decir, las plantas de compostaje. Por último, se dará un marco de los elementos fundamentales relacionados con el tema, entre ellos: plantas de tratamiento, clasificación de los residuos y el proceso de compostaje.

9.5.2. Fase 2: Recolección de información

Luego de la recolección de información general, se llevará a cabo la toma de muestras en el CUDEP, específicamente en los puntos de acopio para obtener los datos que servirán para el cálculo de las proporciones y características de la planta de compostaje que se propondrá. También se entrevistará a algunos encargados de la recolección de desechos para obtener información sobre la cantidad promedio y el tipo de residuos que se generan, así como el manejo que se les da a estos, incluyendo los residuos orgánicos.

9.5.3. Fase 3: Manipulación de los datos

Después de haber obtenido los datos acerca de los desechos sólidos orgánicos y la información relacionada con la posibilidad de colocar una planta de compostaje, estos se analizarán y se obtendrán cálculos que darán un panorama del impacto que puede tener esta propuesta. Asimismo, se valorarán las características que debería tener la planta de compostaje para adaptarse a la ubicación en la que se encuentre y al volumen de residuos orgánicos que se generan en el lugar.

9.5.4. Fase 4: Propuesta de diseño

Durante esta etapa se elaborará una propuesta de diseño de la planta de compostaje, así como del proceso de recolección, separación y tratamiento de los residuos sólidos orgánicos. Algunas características para tomar en cuenta son:

Transporte de los productos

Se pretende recolectar desde los diferentes puntos de acopio que están en el campus regional con camiones de volteo para depositarlos en el muelle de la planta de tratamiento.

Figura 6. **Camión de volteo**



Fuente: Cajas Ventura (2022). *Cajas de Volteo*. <https://www.cajasventura.com/cajas-de-volteo/>

- **Esquema básico de la planta de compostaje**

El esquema básico de este tipo de plantas se puede dividir en cinco áreas de trabajo:

- *La zona de recepción de residuos (muelle):* se planea tener un espacio para la recepción de los desechos sólidos. Los camiones recolectan la basura de los puntos de acopio, estos residuos provienen de los desechos generados por la población del centro universitario. La recepción debe de contar con muelles de descarga, diseñados para el volquete de los camiones de volteo. Luego, pasará por una malla de elevación de cargas, que permita trasladar grandes cantidades de residuos para su próxima fase.
- *La zona de clasificación:* esta sección es donde se conseguirá separar y clasificar los residuos orgánicos e inorgánicos para su futura transformación. Este proceso se puede realizar de forma manual, un trabajador puede clasificar todo material orgánico que será utilizado para el proceso de compostaje.
- *La zona de trituración:* Los productos clasificados y recuperados se triturarán en esta área. La elección de esta maquinaria dependerá del volumen diario generado en el campus.
- *La zona de descomposición y maduración:* área donde se pretende juntar en pilas el producto triturado para sus respectivas fases mesófila y

termófila. Se pretende juntar, dejando un espacio considerable, para que no se efectúen cargos adicionales por transporte, facilitando la movilización de estos productos en áreas cercanas para su futura fase.

- Las oficinas: espacio considerado para la administración y el control de calidad.

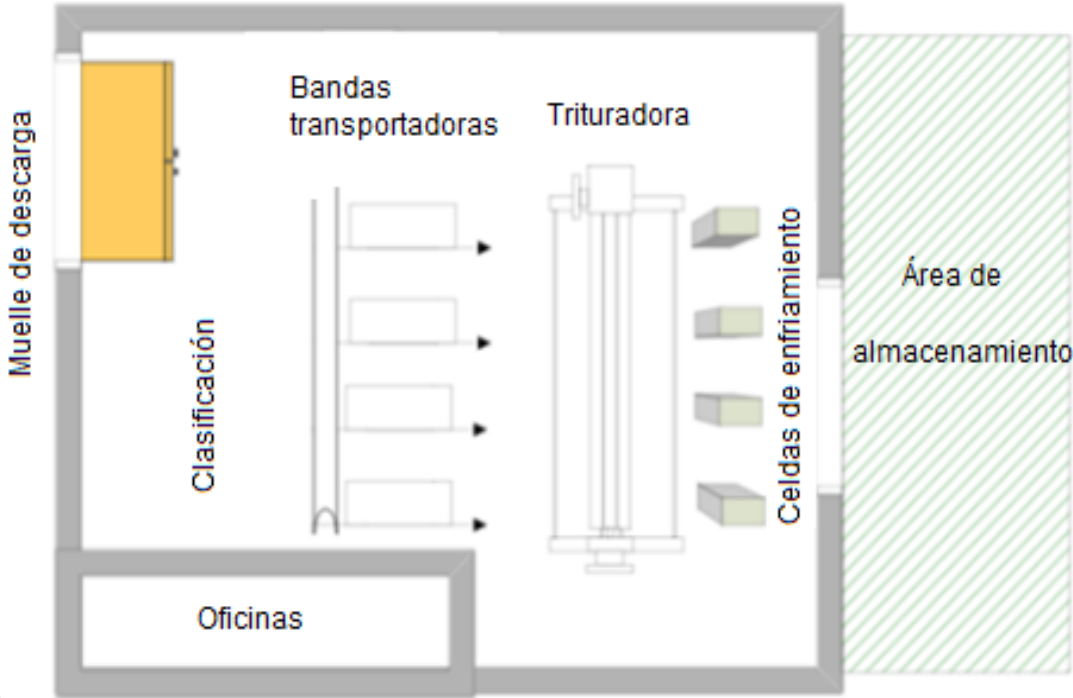
- Propuesta de modelo para la planta de tratamiento

El diseño que se propondrá toma en cuenta las zonas explicadas con anterioridad, lo que incluye un área de descarga llamado “muelle”, donde se pretende concentrar todos los desechos recolectados del centro regional. Seguidamente los residuos sólidos se moverán a la siguiente zona, se clasificará manualmente entre sólidos orgánicos con potencial a utilizar, estos serán transportados por bandas que dirigirán la materia al triturador, para pasar a las celdas de descomposición y maduración.

Por último, se tiene una pequeña bodega para almacenar el compost que se pretende utilizar, comercializar o regalar.

En la siguiente página se detalla en la figura 7 el bosquejo de la planta de tratamiento de desechos sólidos.

Figura 7. **Bosquejo de la planta de tratamiento de desechos sólidos**



Fuente: Elaboración propia (2022) con Microsoft Visio.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Al obtener la recolección de datos en la visita técnica, se procederá a la manipulación para obtener los cálculos teóricos de dimensión de la planta de compostaje, se procederá a realizar un análisis de estadística descriptiva, para detectar un comportamiento general sobre el volumen que se generó antes de pandemia y el volumen que se genera actualmente. Con base en estos resultados, se dimensionará la planta de compostaje utilizando las siguientes herramientas.

- Hojas de control
- Infostat
- Excel
- Gráfico de barras

Medidas de tendencia central

Se pretende medir la magnitud de residuos sólidos que genera porque se desea comparar la eficiencia de la cantidad de volumen que se puede utilizar para la transformación a composta, por otro lado, se pedirán los datos históricos de la generación antes de la pandemia para poder identificar el impacto e incerteza. A continuación, en la tabla II se muestra un ejemplo que se utilizará para la toma de datos de los residuos generados en el centro académico regional.

Tabla II. **Muestra de datos en Kg**

Generados	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Promedio
Volumen de desechos sólidos						
Volumen de desechos Sólidos orgánicos						
Eficiencia de materia a emplear						

Fuente: Elaboración propia (2022)

Las gráficas de barras se utilizarán para facilitar la visualización de los datos y la comparación del flujo volumétrico de los diferentes años. Las medidas de tendencia central proporcionarán un panorama del comportamiento de los desechos a lo largo de los meses.

11. CRONOGRAMA

Tabla III. Cronograma de actividades

Actividades	Fecha de inicio	Fecha de finalización	feb-23	mar-23	abr-23	may-23	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23
Desarrollo del tema de investigación	feb-23	mar-23	■	■								
Visita técnica y autorización correspondiente del centro.	feb-23	feb-23	■									
Evaluación de los desechos sólidos orgánicos del centro	mar-23	mar-23		■								
Toma de datos de la cantidad de desechos generados	abr-23	abr-23			■							
Análisis de datos, cálculo y diseño de la planta de desechos sólidos	may-23	may-23				■						
Realizar propuesta de ubicación de la planta	jun-23	jun-23					■					
Realizar propuesta de proceso de composta	jul-23	jul-23						■				
Evaluación económica de la instalación	ago-23	ago-23							■			
Recopilación de todos los documentos y datos	ago-23	ago-23							■			
Elaboración del proyecto final	sep-23	sep-23								■		
Revisión de tesis	oct-23	oct-23									■	
Impresión y entrega final	nov-23	nov-23										■
Graduación	nov-23	nov-23										■

Fuente: Elaboración propia (2022) con Microsoft Excel.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El trabajo de investigación se llevará a cabo en las instalaciones del centro regional, ubicado en Santa Elena, Flores, Petén, Guatemala y se realizará con los recursos propios del estudiante de maestría. Siendo la investigación descriptiva, se tendrán en cuenta los siguientes recursos:

Tabla IV. **Recursos necesarios para la investigación**

Recurso	Costo unitario	Costo
Copias	Q 0.50	Q100.00
Impresiones	Q 2.00	Q 200.00
Dos resmas de hojas	Q 37.50	Q 75.00
Viáticos (visita técnica, alimentación, gasolina, mascarillas y gel de manos)	Q 3,000.00	Q 3,000.00
Tinta de impresora (colores y	Q 250.00	Q 1,000.00
Asesor	Q 2,500.00	Q 2,500.00
Imprevistos	Q 1,000.00	Q 1,000.00
TOTAL		Q 7,675.00

Fuente: Elaboración propia (2022) con Word.

Siendo los recursos aportados suficientes para la investigación, se considera que es factible la realización del estudio.

13. REFERENCIAS

360 Soluciones Verdes (360sv). (2022). *Preguntas frecuentes*. Recuperado de:
<https://www.360-sv.com/preguntasfrecuentes>

Administración Universidad de San Carlos de Guatemala. (19 de febrero de 2019). Mapa del campus central de la USAC. *SOY.USAC*. Recuperado de:
<https://soy.usac.edu.gt/?p=4144>

Agroforestería (2011). *Metodologías de evaluación de impacto ambiental*.
Recuperado de:
<https://agroforesteria.wordpress.com/2011/05/02/metodologias-de-evaluacion-de-impacto-ambiental/#:~:text=El%20impacto%20ambiental%20constituye%20una,por%20la%20contaminaci%C3%B3n%20de%20acu%C3%ADferos.>

Allsopp, M., Costern, P., y Johnston, P. (2007). *Estado del Conocimiento de los Impactos de los Incineradores de Residuos en la Salud Humana*. Laboratorio de Investigación de Greenpeace, Universidad de Exeter, Reino Unido. Recuperado de: <http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/informesEspeciales/InformeSobreIncineracionySaludHumana.pdf>

Amigos de la Tierra (2013). *El compostaje: receta para reducir la huella de carbono en España*. Recuperado de: https://www.tierra.org/wp-content/uploads/2016/01/compostaje_reducir_huella_carbono_estatal.pdf

Amigos de la Tierra (2016). *Ventajas del compostaje*. Recuperado de: https://www.tierra.org/wp-content/uploads/2016/01/Informe_compost_web_con_tabla_buena-1.pdf

Ansorena, J., Batalla, E. y Merino, D. (2015). *Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos*. Laboratorio Agroambiental Fraisoro. Recuperado de: https://cdn.blueberriesconsulting.com/2015/07/pdf_000304.pdf

Arcas, E. (2007). Los vertederos de basura, fuentes de contaminación. *En buenas manos*. Recuperado de: <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=232>

Asamblea Nacional Constituyente (1985). *Constitución Política de Guatemala*. Recuperado de: <https://www.cijc.org/es/NuestrasConstituciones/GUATEMALA-Constitucion.pdf>

Asesoría Scudelati & Asociados (s.f). *Plantas de recuperación/tratamiento de residuos sólidos urbanos*. Recuperado de: <http://www.ecopuerto.com/Bicentenario/informes/PLANTATRATAMIENTOOSCUDEL.pdf>

Barrena, R. (2006). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso*. [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Barcelona]. Recuperado de: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>

Bohórquez, W. (2019). *El proceso de compostaje*. Ediciones Unisalle. Recuperado de: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1071&context=libros>

California Office of Environmental Health Hazard Assessment [OEHHA]. (2022). *Residuos peligrosos*. Recuperado de: <https://oehha.ca.gov/calenviroscreen/indicator/residuos-peligrosos>

Campbell, S. (2020). Proyecto de compostaje: Aplicaciones prácticas e implicaciones sociales. *Culture, Community, and Health [Monteverde Institute]* (128). Recuperado de: https://digitalcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1127&context=community_health

Centro de escritura Javeriano (Ed.). (2020). *Normas APA séptima edición*. Cali, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de: https://www2.javerianacali.edu.co/sites/ujc/files/manual_de_normas_apa_7a_completo.pdf

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua [CIDTA] (2004). *Compostaje*. Ciencias de la Tierra y del medio ambiente. Recuperado de:

https://cidta.usal.es/contamin_agua/www1/www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/13Residu/131Compost.htm

Comisión para la Cooperación Ambiental (2017). *Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte*. Informe sintético. Recuperado de: <http://www.cec.org/files/documents/publications/11770-characterization-and-management-organic-waste-in-north-america-white-paper-es.pdf>

ConceptoDefinición. (2021). *Definición de Humedad*. Recuperado de: <https://conceptodefinicion.de/humedad/>

Contreras, A. (2017). *Diseño y selección de una planta de compostaje comarcal para residuos orgánicos recogidos selectivamente*. [Tesis de pregrado, Universidad de La Laguna] Riull- Repositorio Institucional. Recuperado de: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/6218/Diseno%20y%20seleccion%20de%20una%20planta%20de%20compostaje%20comarcal%20para%20residuos%20organicos%20recogidos%20selectivamente..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

COPARM (2015). *Plantas de selección de residuos*. Recuperado de: <http://coparm.es/plantas-de-seleccion-de-residuos/>

Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique [Cardique] (2018). *¿Qué son los residuos reciclables?* Recuperado de: <https://cardique.gov.co/faq/que-son-los-residuos->

reciclables/#:~:text=Son%20aquellos%20residuos%20que%20se,la%20elaboraci%C3%B3n%20de%20nuevos%20productos.

Definición.De (2011). *Definición de residuo sólido*. Recuperado de: <https://definicion.de/residuo-solido/>

Del Cil, P. (2012). *Diseño del tercer acceso hacia la universidad de San Carlos de Guatemala por la avenida Petapa y del auditorium para la facultad de ciencias químicas y farmacia de la universidad de San Carlos de Guatemala*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala] Archivo digital. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3396_C.pdf

Departamento de Presupuesto USAC (2022). *Ejecución de Egresos 2022*. Recuperado de: [Ejecucion-de-Egresos-a-enero-2022.pdf \(usac.edu.gt\)](#)

Departamento de Registro y Estadística USAC (2019). *Listado de carreras por unidad académica*. Recuperado de: <https://www.usac.edu.gt/g/Carreras-de-Grado-USAC-2013.pdf>

Derierichebourg Esp., (2021). *¿Qué Son Los Residuos Inertes?* Derichebourg España. Recuperado de: <https://www.derichebourgespana.com/que-son-los-residuos-inertes/>

División de Desarrollo Organizacional de la Universidad de San Carlos de Guatemala [DDO]. (2019). *Organigrama de la USAC*. Recuperado de: https://ddo.usac.edu.gt/?page_id=111

Docampo, R. (2013). Compostaje y compost. *Revista INIA* (35). Pp. 63-67.
Recuperado de:
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1839/1/128221231213112259.pdf>

Educación Ambiental - Corazón Verde. (2022). *¿Qué es el compost?: compostaje.* Recuperado de:
http://www.corazonverde.org/ecologia/formacion/jardineria_ecologica/que_es_el_compost.htm

Educalingo (2023). *Trommel.* Recuperado de: <https://educalingo.com/es/dic-fr/trommel>

Europa Press (2020). *Sant Cugat ayuda a construir la primera planta de compostaje de un municipio de Guatemala.* Recuperado de:
<https://www.europapress.es/catalunya/noticia-sant-cugat-ayuda-construir-primera-planta-compostaje-municipio-guatemala-20200206142615.html>

Flor, M. E. (2012). *Plan de construcción de una planta de tratamiento de desechos sólidos en la parroquia Atahualpa, Cantón Quito, provincia de Pichincha.* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Archivo digital. Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/919/1/T-UCE-0005-147.pdf>

Fundación ECOLEC (2018). *Tratamiento de residuos.* Recuperado de:
<https://ecolec.es/informacion-y-recursos/tratamiento-de-residuos/>

Gálvez, J. R., (2009), *Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales sector Cuatro Caminos y diseño del mercado de la aldea El Pajón, municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala*. [Tesis de pregrado]. Archivo digital. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2710_C.pdf

Google, (s.f.). *Ubicación del Centro Universitario de Petén*. Recuperado de: <https://www.google.com/maps/search/Ubicaci%C3%B3n+del+centro+universitario+de+peten/@16.2736942,-91.3216479,7z>

Grajales, S., Monsalve, J. y Cataño, J. (2006). Programa de manejo integral de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la universidad tecnológica de Pereira. *Scientia Et Technica XII* (31), PP. 285-290. Recuperado de: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6453/3613>

Grand, A. y Michel, V. (2020). *Compost: ventajas y desventajas*. Best 4 Soil, Recuperado de: <https://www.best4soil.eu/assets/factsheets/es/7.pdf>

Hernández, P. (2017). *Reproducción*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. Recuperado de: <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/18304/biologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. 6ta edición. McGraw Hill Education.

Lozano, E. (4 de Febrero de 2019). *La Tricentenaria: una Universidad en expansión*. Recuperado de: <https://soy.usac.edu.gt/?p=3815#:~:text=Su%20capacidad%20se%20ha%20triplicado,ha%20expandido%20de%20forma%20desordenada.>

Maldonado, C. (2022). Solo 59 municipalidades tratan sus desechos sólidos. *Ojo con mi Pisto*. Recuperado de: <https://www.ojoconmipisto.com/solo-59-municipalidades-tratan-sus-desechos-solidos/>

Marquez, B. (2018). *Conocimientos básicos sobre Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Módulo I)*. Recuperado de: <https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-modulo-i>

Masabni, J. y Lillard, P. (2013). Jardinería Fácil: Compostaje. *Texas A&M AgriLife Extension*. Recuperado de: <https://aggie-horticulture.tamu.edu/vegetable/files/2013/09/EHT-069S-composting.pdf>

Mero, F., Tamayo, E. y Ullauri, W. (2013). *Diagnóstico del impacto ambiental provocado por el manejo inadecuado de los desechos sólidos en la ciudadela universitaria salvador allende de la Universidad de Guayaquil*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15923/1/TESIS%20Ing.%20Com.%20010%20-%20Diagn%c3%b3stico%20del%20impacto%20ambiental%20provocado%20por%20el%20manejo%20inadecuado%20de%20los%20desechos%20s%c3%b3lidos.pdf>

Meza, L. (2020). *Spot social animado sobre el manejo de los desechos sólidos dirigido a la Universidad Iberoamericana del Ecuador*. [Tesis de pregrado, Universidad Iberoamericana del Ecuador]. Archivo digital. Recuperado de: <http://200.7.208.228/bitstream/handle/123456789/373/MEZA%20MORA%20LINA%20MARIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio de Ambiente y Agua del Ecuador (2020). *Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales*. Recuperado de: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/MANUAL-DE-APROVECHAMIENTO-DE-RESIDUOS-ORGANICOS-MUNICIPAL.pdf>

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala [MARN] (2021b). *Guía de compostaje municipal*. Recuperado de: <https://www.ccacoalition.org/en/file/8467/download?token=kLV33G8O>

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala [MARN]. (2021a). *Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes*. Recuperado de: <https://sgp.gob.gt/wp-content/uploads/2021/08/AG-164-2021.pdf>

Monterrosa, H. (2018). *Crece la tendencia del compostaje*. Diario La República. Recuperado de: <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/hasta-70-de-los-residuos-solidos-del-pais-se-pueden-transformar-en-compostaje-2762298#:~:text=Hasta%2070%25%20de%20los%20residuos,se%20pueden%20transformar%20en%20compostaje>

Oviedo-Ocaña, R., Marmolejo-Rebellon, L. y Torres-Lozada, P. (2012). Perspectivas de aplicación del compostaje de biorresiduos provenientes de residuos sólidos municipales: un enfoque desde lo global a lo local. *Revista Ingenierías, Universidad de Medellín* 11 (20), pp. 67-76. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v11n20/v11n20a06.pdf>

Pinto, I., (2022). *Día Internacional del Reciclaje: Técnicas para gestionar los residuos orgánicos*. Mestizos Magazine. Recuperado de: <https://mestizos.cl/dia-internacional-del-reciclaje-tecnicas-para-gestionar-los-residuos-organicos/>

Ramos, G. (2017). *Sistematización de manejo de los desechos y residuos sólidos en la planta de tratamiento de desechos sólidos, en el Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala [IRTRA], en el municipio de San Martín Zapotitlán, del departamento de Retalhuleu, Guatemala, C. A.* [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio del Sistema Bibliotecario, Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8838/1/Tesis%20Guillermo%20Venancio.pdf>

Real Academia Española de la Lengua [RAE] (2023). *Lixiviado*. Recuperado de: <https://dle.rae.es/lixiviado?m=form>

Real Academia Española de la Lengua [RAE] (2023). *Orgánico*. Recuperado de: <https://dle.rae.es/org%C3%A1nico>

Recytrans (2014). *Planta de compostaje*. Recuperado de: <https://www.recytrans.com/blog/planta-de-compostaje/#:~:text=Una%20planta%20de%20compostaje%20es,un%20compost%20o%20abono%20org%C3%A1nico.>

Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad (2023). *Residuos: qué son, clasificación, manejo y ejemplos*. Recuperado de: <https://responsabilidadsocial.net/residuos-que-son-definicion-clasificacion-manejo-y-ejemplos/>

Rivas-Nichorzon, M. y Silva-Acuña, R. (2020). Calidad física y química de tres compost, elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (*Eichhornia Crassipes*). *Revista Ciencia Unemi* 13 (32), pp. 87-100. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/5826/582661898009/html/>

Sáez, A. y Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia* 20 (3), PP. 121-135. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>

Sagastume, M. (2013). *Síntesis histórica de la tricentenaria USAC*. Recuperado de: https://www.usac.edu.gt/g/Sintesis_Historica_edicion_2013.pdf

Sánchez, J. (2020). *Qué son los residuos sólidos y cómo se clasifican*. Ecología Verde. Recuperado de: <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-residuos-solidos-y-como-se-clasifican-1537.html>

Santana, S. (2021). *Edificios de Recursos Educativos Biblioteca del Campus Central USAC Registro y Catalogación, ciudad de Guatemala*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio del Sistema Bibliotecario de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/15201/1/SERGIO%20ENMANUEL%20SANTANA%20CALDER%C3%93N.pdf>

Say, A. (2013). *Manejo de basura y su clasificación*. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_1989.pdf

Secretaría Consejo Nacional Ambiental de Costa Rica (2020). I Plan Nacional de Compostaje 2020-2050. Recuperado de: <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2021/05/Plan-Nacional-de-Compostaje-2020-2050.pdf>

Segura, M. (2006). Manual de organización Centro Universitario de Petén. Recuperado de: <https://ddo.usac.edu.gt/wp-content/uploads/2015/01/Manual-de-Organizaci%C3%B3n-CUDEP.pdf>

Soliva, M. y López (2004). Calidad del compost: influencia del tipo de materiales tratados y las condiciones del proceso. *Escuela Superior d' Agricultura de Barcelona, UPC*. Recuperado de: https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/81510/Altres3_Calidad+del+compost_+influencia+del+tipo+de+material+tratado+y+delas+condiciones+del+procesopdf/80b5b931-0521-426b-a733-6be0ac2d3a68

Tauro MX. (2016). *Los camiones de volteo y sus características*. Blog. Tauro MX. Recuperado de: <https://www.tauro.mx/camiones-de-volteo/>

TN23 Todo Noticias. (10 de noviembre de 2019). *La población estudiantil de la USAC podría llegar a 230 mil estudiantes*. Recuperado de: <https://www.tn23.tv/2019/11/10/poblacion-estudiantil-de-la-usac-podria-llegar-a-230-mil-en-el-2020/>

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos [UAESP] Colombia. (2018). *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura*. Recuperado de: https://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf

Universidad de San Carlos de Guatemala (s.f). *Catálogo de estudio del CUDEP*. Recuperado de: <https://www.usac.edu.gt/catalogo/cudep.pdf>

Universidad de San Carlos de Guatemala. (2021). *Misión, Visión y Valores*. Recuperado de: <https://www.usac.edu.gt/misionvision.php>

Van der Wurff, A., Fuchs, J., Raviv, M. Termorshuizen, A. (Eds.) (2016). *Handbook for composting and compost used in organic horticulture*. BioGreenhouse - European Cooperation in Science and Technology. Recuperado de: https://orgprints.org/id/eprint/30598/1/2016-BioGreenhouse_Compost.pdf

14. APÉNDICE

Apéndice 1. Matriz de coherencia

PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
Falta de metodología para disminuir el volumen de desechos sólidos que se generan en el Centro Universitario de Petén (CUDEP).	Proponer el diseño de una planta de compostaje utilizando desechos sólidos orgánicos para el Centro Universitario de Petén (CUDEP).	<p>Generalidades de la institución</p> <p>Plantas de tratamientos</p> <p>Residuos sólidos</p> <p>Pre-fase de compostaje</p> <p>Fase de descomposición</p> <p>Fase de maduración</p>	El presente trabajo de investigación no comprobará una hipótesis	<p>Cantidad de desechos sólidos</p> <p>Temperatura</p> <p>Humedad</p>	<p>Eficiencia de conversión de residuos sólidos orgánicos a compostaje</p> <p>Volumen de composta obtenido</p> <p>Propuesta de diseño de la planta de compostaje</p>

PREGUNTA PRINCIPAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
¿Cómo puede ayudar la propuesta de diseño para una planta de compostaje utilizando desechos sólidos al Centro Universitario de Petén (CUDEP)?	<p>1. Identificar las propiedades cuantitativas y cualitativas de los residuos sólidos orgánicos que se generan en el Centro Universitario de Petén (CUDEP).</p> <p>2. Plantear la localización de la planta de compostaje de desechos sólidos orgánicos de acuerdo con las necesidades y características de ese centro universitario y al tipo de desechos que se generan.</p> <p>3. Sugerir una metodología de producción de la planta de compostaje utilizando desechos sólidos orgánicos.</p>				

PREGUNTAS SECUNDARIA S	OBJETIVOS ESPECÍFICO S	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLE S	INDICADORE S
1. ¿Existe una descripción cuantitativa y/o cualitativa de residuos sólidos que genera el centro diariamente?					
2. ¿Hay en el centro universitario el espacio necesario para la instalación de una planta de compostaje?					
3. ¿Existe una metodología adecuada para la producción de composta utilizando desechos sólidos orgánicos?					

Fuente: Elaboración propia (2022) con Word.