



Diseño del Prototipo de una Planta de Compostaje para la Corporación Universitaria Adventista Colombia

Autores:

Carlos Eduardo Montoya Alzate

David Leonardo Rojas Vázquez

Estudiante de Ingeniería Industrial de 9° Semestre.

Asesor:

Adriana Jiménez Ortiz, MSc.

Ana Cristina Zúñiga, Ph.D

Proyecto de grado

Corporación Universitaria Adventista de Colombia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Industrial

Medellín, Antioquia

2023

FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES

NOTA DE ACEPTACIÓN

Los suscritos miembros de la Comisión Asesora del proyecto de grado titulado: **“Diseño de prototipo de una planta de compostaje para la Corporación Universitaria Adventista Colombia”**, elaborado por los estudiantes: **David Leonardo Rojas Vásquez y Carlos Eduardo Montoya Alzate**, del programa de **Ingeniería Industrial**, nos permitimos conceptuar que éste cumple con los criterios teóricos y metodológicos exigidos por la Facultad de Ingeniería y por lo tanto se declara como:

- Aprobado -

Medellín, 9 de noviembre de 2023

Saray Galeano

Mg. Saray Galeano Ospino

Presidente

Ana Cristina Zúñiga Zapata

Phd. Ana Cristina Zúñiga Zapata

Secretaria

Adriana Jiménez Ortiz

Mg. Adriana Cristina Jiménez Ortiz

Vocal

David Leonardo Rojas

David Leonardo Rojas Vásquez

Estudiante

Carlos E. Montoya A.

Carlos Eduardo Montoya Alzate

Estudiante

Tabla de Contenido

Resumen.....	8
Abstract.....	9
CAPÍTULO 1 Propuesta de Investigación	11
1.1. Planteamiento del Problema:	11
1.2 Pregunta de Investigación:	13
1.3 Justificación:.....	13
1.4 Antecedentes:	14
1.5 Objetivos de la Investigación	15
1.5.1 Objetivo general	15
1.5.2 Objetivos específicos	16
CAPÍTULO 2 Marco Teórico	16
2.1 Base Teórica 1	17
2.1.1 El diseño de plantas de compostaje	17
2.1.2 La implementación de plantas de compostaje	17
2.1.3 Los residuos sólidos.....	17
2.1.4 Porqué diseñar la planta de compostaje:	17
2.1.5 La gestión de residuos sólidos	17
2.2 Base Teórica 2	18
2.3 Base Teórica 3	19
CAPÍTULO 3 Marco Metodológico.....	20
3.1 Tipo de enfoque: Investigación No Experimental:	21
3.2 Recolección de información población y muestra.	21
3.2.1 Población:.....	21
3.2.2 Muestra:	21
3.2.3 Muestreo no probabilístico:	22
3.3 Tipo de técnica.....	22
3.3.1 Tipo de muestra por juicio o criterio:	22
3.3.2 Técnica de recolección de información:.....	22
3.3.3 Investigación:.....	22
3.3.4 Enfoque Metodológico:.....	22
3.3.5 Alcance de la Investigación	23

CAPÍTULO 4 Resultados y Análisis de Resultados.....	23
4.2 Metodología aplicando el método de observación	25
4.2.1 El vertedero de residuos del restaurante universitario.	28
4.2.2 La Planta de Acopio de Residuos.....	29
4.2.3 En "La Huerta"	29
4.2.4 Identificar los tipos de residuos sólidos en la universidad.....	31
4.2.5 Definir e investigar los tipos de plantas existentes para compostaje.	32
4.2.6 Investigación de los tipos de plantas existentes para el compostaje.	35
4.2.7 Propuesta del diseño para la construcción del prototipo.	37
4.2.8 Creación del diseño y el prototipo en 3D.	39
4.2.9 Simulación del proceso en el software de FlexSim	43
5. Conclusiones	45
6. Recomendaciones	46
Referencias Bibliográficas.....	48
Anexos.....	51

Lista de Tablas

Tabla 1. Tipos de diseños aptos para el prototipo de la planta de compostaje.	18
Tabla 2 Puntos ecológicos en el campus universitario	26
Tabla 3 Gestión de residuos en el lugar de acopio de residuos sólidos del restaurante universitario	28
Tabla 4. Gestión de residuos sólidos en la planta de acopio de la universidad.	29
Tabla 5. Gestión de Residuos Sólidos en el lugar llamado “la Huerta”	30
Tabla 6 Identificación de residuos sólidos en de la Corporación Universitaria Adventista.	31
Tabla 7 Valor estimado	43
Tabla 8 Vistas realizadas del prototipo en FlexSim	44

Lista de Imágenes

Imagen 1: Abono Orgánico tipo Humus.....	32
Imagen 2 Abono Orgánico tipo tradicional	32
Imagen 3 Abono Orgánico a partir de estiércol de bovinos	33
Imagen 4 Avicomposta	33
Imagen 5 Abono Orgánico a partir de la viruta del café.....	33
Imagen 6 Abono Orgánico denominado como turba.	34
Imagen 7 Diseño a pila Abierta	35
Imagen 8 Diseño a pila estática	36
Imagen 9 Diseño de eco-Parks.....	36
Imagen 10 Compost por diseño de túneles.....	36
Imagen 11 Compost a pila abierta.....	37
Imagen 12 Sistema de pilas de compost	38
Imagen 13 Diseño techado.....	38
Imagen 14 Mapa de la universidad con la ubicación de la planta de compostaje	39
Imagen 15 Diseño de la planta de compostaje.....	40

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1	Resumen detallado del método que se desarrolla en las tres fases anteriores..	23
Ilustración 2	Áreas que componen la planta de compostaje	40
Ilustración 3	Dimensiones y flujos por producción.....	41
Ilustración 4	Flujos por producción	42
Ilustración 5	Flujograma de procesos	¡Error! Marcador no definido.

Lista de anexos

Anexo 1 Tabla de alcance del Proyecto.....	51
Anexo 2 Objetivos de desarrollo sostenible	52
Anexo 3 Tabla de procesos del prototipo en FlexSim	52
Anexo 4 Flujograma de procesos en el prototipo de la planta de compostaje	53
Anexo 5 Galería de imágenes tomadas en la aplicación de la entrevista en la metodología .	53
Anexo 6 Video prototipo de Flexim planta de compostaje	53
Anexo 7 Video Diseño de la planta de compostaje SketchUp	53
Anexo 8 Tablas de costos para la construcción e implementación de la planta de compostaje	54

Resumen

La conservación de la biodiversidad y el ecosistema que nos rodea es esencial, la universidad puede desempeñar un papel en la mitigación del cambio climático al reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, promover prácticas sostenibles y fomentar la investigación en tecnologías verdes dando un buen manejo a los residuos orgánicos que se generan en las casas e instalaciones de la Corporación Universitaria Adventista, por ende, se inició con el planteamiento de una propuesta para controlar este factor en la institución con el diseño para el prototipo de una planta de compostaje.

Para diseñar la planta de compostaje primero se identificaron los tipos de residuos sólidos orgánicos que había en la universidad, con esto se estableció el tipo de compost a realizar para así definir el diseño de la planta según los modelos identificados para el procesamiento de estos. Se entrevistó a las personas de las viviendas del campus y personal del restaurante universitario, siendo la investigación no experimental la herramienta metodológica para el proyecto, nos brindaron su opinión sobre el proyecto, mostrando su conformidad con la idea, conjuntamente se tomó información fundamental sobre la cantidad de residuos generados semanalmente.

Se inició con la identificación de residuos generados internamente, encuestas tipo entrevista y con esto proceder con el modelo de la planta, con planos tridimensionales y sus áreas de trabajo ya implícitas, el proyecto se basó en gran parte de la información obtenida a través de una revisión documental de proyectos ya hechos en otras instituciones del país y Latinoamérica, también se basó en la aplicación de las leyes sanitarias para cumplir con la parte legal del proyecto a nivel del gubernamental, el objetivo de este proyecto es dar el primer paso para empezar con la construcción de la planta a de compostaje y así poder hacer de este prototipo una realidad.

Se hizo un análisis de costos de la planta y los implementos requeridos para su correcto funcionamiento, una vez hechos estos análisis, se simuló el proceso productivo en FlexSim con los tiempos de cada etapa para calcular la productividad máxima sin generar cuellos de botella.

Palabras claves: compostaje, Diseño, Sostenibilidad, Aprovechamiento, Abono Orgánico.

Abstract

Currently, organic waste generated in the houses and facilities of the Corporación Universitaria Adventista is not being well managed, therefore, a proposal to control this factor in the institution began with the design for the construction of a composting plant.

First, the types of waste that existed at the university were identified, with this the type of compost to be made was established in order to define the design of the plant according to the identified models. We interviewed the people living in the houses, this was the method used as a methodological tool for the project, they gave us their opinion about the project, showing their agreement with the idea.

We started by making the model of the plant with three-dimensional plans and its work areas already implicit, the project was based on a great part of the information obtained through previous projects done in other institutions in the country and Latin America, which gave us a lot of information through the experience of other projects in which indicated us which was the best type of composting for the place where it was going to be done, We also relied on the sanitary laws to apply them to our design and comply with the legal part of the project at the government level, the objective of this project is to take the first step to start with the construction of the composting plant and thus be able to make this prototype a reality.

Keywords: composting, Design, Sustainability, Organic Fertilizer.

Introduccion

Este proyecto tiene como resultado final el diseño y modelado de un proceso productivo con el software FlexSim para la Corporación Universitaria Adventista, reforzando su compromiso de responsabilidad social y ambiental contemplada en su misión, dentro del entorno en el que se fomenta el desarrollo sostenible, manteniendo el equilibrio entre el ser humano y el ambiente universitario. En la actualidad, la gestión de residuos orgánicos se ha convertido en una solución fundamental para preservar el medio ambiente, ya que la acumulación de estos residuos en vertederos y basureros puede ocasionar contaminación del suelo, agua y aire.

La Corporación Universitaria Adventista es una institución preocupada por el medio ambiente, y con el objetivo de reducir el impacto ambiental de sus residuos sólidos orgánicos, se plantea la implementación de este proyecto, se abordará el diseño y prototipo de una planta de compostaje adecuada para la UNAC, basado en el análisis de teorías, estudios y proyectos relacionados que proporcionen información relevante y concreta sobre el diseño industrial apropiado.

El diseño de esta planta de compostaje debe ser eficiente y seguro, con el propósito de minimizar la generación de olores y prevenir la contaminación del aire, agua y suelo. A fin de crear una planta de compostaje adecuada para la UNAC, será fundamental realizar una evaluación minuciosa de aspectos clave como la ubicación del sitio, la distribución de los procesos y los requisitos necesarios para establecer un ciclo productivo efectivo.

Con este proyecto de grado, como estudiantes de ingeniería industrial buscan ofrecer una solución viable y responsable a la gestión de residuos orgánicos en la UNAC, contribuyendo así al compromiso de la institución con el medio ambiente y el desarrollo sostenible. Mediante el diseño de una planta de compostaje eficiente, pudiendo ser escalada en un futuro y contribuya significativamente el manejo de los residuos sólidos orgánicos, reduciendo su impacto ambiental promoviendo prácticas sostenibles dentro del campus universitario.

CAPÍTULO 1 Propuesta de Investigación

Se propone a la Corporación Universitaria Adventista a que se empiece a contemplar la responsabilidad social con el medio ambiente como lo ha hecho desde su misión, adquiriendo un compromiso dentro del entorno en el que se fomenta el desarrollo sostenible, con el fin de mantener el equilibrio entre el ser humano y el medio que lo rodea. Consecuente a esto se busca implementar técnicas de reutilización y compostaje generando un impacto ambiental positivo en la disposición final de los residuos como abono orgánico.

Una planta de compostaje dentro de la institución permitiría llevar a cabo un mejor uso de los desechos orgánicos, convirtiendo esto en una alternativa de producción limpia y sostenible, evitando la contaminación en ambientes institucionales, transformando los residuos en abono orgánico, dándole un valor agregado y mitigando su impacto ambiental negativo.

1.1. Planteamiento del Problema:

Una alternativa para mejorar la gestión de estos residuos en la UNAC es el diseño de una planta de compostaje para controlar los residuos orgánicos que son dispuestos al medio ambiente por diferentes áreas como el restaurante universitario, cafeterías, domicilios, empresas de la universidad, entre otros. El diseño posterior construcción de una planta de compostaje no es una tarea sencilla, ya que implica considerar diversos factores como la capacidad de procesamiento, la selección de tecnologías adecuadas, la gestión de olores y emisiones de gases, la disposición de residuos no compostables y la seguridad del personal que trabaja en la planta¹.

En la actualidad, la gestión de residuos orgánicos se concibe como una solución importante para el cuidado del medio ambiente, ya que su acumulación en vertederos y basureros puede generar contaminación del suelo, del agua y del aire. Desde la historia, se han marcado varias conductas en el manejo y disposición final de los residuos que se producen, tanto

¹ Roman et al., 2013.

renovables como no renovables. La variedad de residuos orgánicos mezclados con otros desechos no orgánicos es los causantes de muchas enfermedades. Este es el ejemplo más claro del alto precio que paga la humanidad por el mal manejo de los desechos. La problemática de los residuos sólidos ocupa un lugar prioritario frente a los problemas ambientales que enfrenta la sociedad moderna, por eso se busca ejecutar actividades que minimicen las cantidades de residuos que son dispuestos en rellenos sanitarios o a cielo abierto. La ley 99 de 1993², es clara cuando nos pide un manejo racional y sostenible del medio ambiente utilizando otros medios para no solo controlar sino transformar los residuos y volverlo orgánico a la tierra³.

Dentro del marco de “Colonización Ecológica” del sistema de gestión ambiental, académico y administrativo de la Corporación Universitaria Adventista, se propone el desarrollo del plan de gestión integral de residuos sólidos orgánicos teniendo en cuenta la cantidad de residuos que se producen en el restaurante universitario, así como las potenciales ventajas que estos como abono orgánico nos pueden brindar. Se plantea la necesidad de buscar alternativas que permitan aprovechar dentro del marco de gestión integral de residuos sólidos orgánicos un método para convertirlos en recursos totalmente renovables, por medio de un proceso conocido como compostaje, donde los materiales orgánicos recuperados serán incorporados a un proceso técnico que busca aprovechar el ciclo económico y productivo en la UNAC de forma eficiente por medio del abono orgánico.

A partir de esta problemática surge esta propuesta, con el fin de realizar un proyecto para la producción de abono orgánico mediante el compostaje, utilizando los residuos sólidos orgánicos como restos de frutas, verduras, restos de comida y otros residuos vegetales, combatiendo una de las problemáticas ambientales que preocupan a la sociedad hoy en día, aprovechando el uso que se le puede dar a estos residuos orgánicos y sus lixiviados, llevándolos nuevamente a su estado natural.

² Congreso de Colombia, 1993.

³ Cantor Castro, 2014.

1.2 Pregunta de Investigación:

¿Cómo diseñar una planta de compostaje para la UNAC utilizando los conocimientos y conceptos adquiridos de la ingeniería industrial?

1.3 Justificación:

El proyecto de diseño de una planta de compostaje representa una respuesta integral y sostenible a la problemática de los residuos orgánicos en la Corporación Universitaria Adventista. Este enfoque no solo aborda la gestión adecuada de estos residuos, sino que también promueve la educación ambiental, la responsabilidad social y un desarrollo más sostenible.

Según el Centro Nacional del Servicio de Publicaciones Ambientales⁴, el compostaje es una técnica de tratamiento de residuos orgánicos que reduce el volumen de estos, evita la emisión de gases de efecto invernadero y permite la recuperación de nutrientes para su uso en la agricultura y la jardinería.

Uno de los desafíos que enfrenta la universidad es la acumulación de residuos orgánicos, como restos de comida y material vegetal, que requieren una gestión adecuada. La planta de compostaje ofrece una solución efectiva para convertir estos residuos en abono orgánico de alta calidad. Esto reduce significativamente la cantidad de residuos que se envían a vertederos y, al mismo tiempo, reduce las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos en vertederos.

El diseño de la planta de compostaje no solo es un proyecto de infraestructura, sino también un valioso recurso educativo, permite a la comunidad universitaria, incluidos estudiantes y docentes, aprender sobre el proceso de compostaje y cómo producir abonos orgánicos. Además, fomenta la conciencia ambiental y la responsabilidad individual en la gestión de residuos, extendiéndose más allá de los límites de la universidad y contribuir a la formación de

⁴ Centro Nacional del Servicio de Publicaciones Ambientales, 2019.

ciudadanos más comprometidos con la sostenibilidad ambiental. No solo contribuye a la reducción de costos asociados con la disposición de residuos, sino que también genera ingresos a través de la venta de abono orgánico de calidad. Esto permite su autogestión y disminuye la carga económica para la universidad, fortaleciendo su compromiso con la sostenibilidad a largo plazo.

El proyecto de diseño de una planta de compostaje no solo se enfoca en el diseño, sino también en análisis de costos y una simulación del proceso, adicionalmente facilita futuros proyectos ecológicos dentro de la universidad, también puede servir como un modelo para otras instituciones interesadas en abordar la gestión de residuos orgánicos de manera eficiente y sostenible. Por lo tanto, diseñar y simular un prototipo de una planta de compostaje permitirá a la UNAC procesar una cantidad determinada de residuos orgánicos de manera eficiente, sostenible y segura, que permita un mejor aprovechamiento de los residuos generando un impacto ambiental mínimo adecuado a los requerimientos.

1.4 Antecedentes:

Después de una revisión de diferentes instituciones y métodos de compostaje en el continente, se encontró que, en algunas instituciones de educación superior, se han encontrado casos como en la ciudad de Sao Paulo, Brasil, se están utilizando medios de compostaje a pequeña escala, según lo señala un estudio de RogeriaBringhenti (2018). Este enfoque es especialmente útil en entornos educativos como escuelas e instituciones de enseñanza superior, ya que permite implementar un proceso de compostaje que puede generar compost a pequeña escala. Varias instituciones en Colombia han implementado diseños para plantas de compostaje para residuos orgánicos sólidos.

Un ejemplo de sistemas integrales de compostaje en instituciones de nuestro país lo tiene el colegio rural Josefa Romero en el municipio de Dabeiba - Antioquia el cual en la institución se elaboró un sistema integral de compostaje para los residuos orgánicos, según Osorno Arenas, (2017), en la instalación se pusieron a prueba dos tipos de sistemas de compostaje la técnica por

pacas digestoras y a cielo abierto se comparó el mejor por 20 días y ese fue el que se eligió para seguir utilizándose la problemática surgió porque en el restaurante del colegio salía mucho residuos orgánicos que iban a parar a la basura o en un relleno sanitario así que se decidió aprovechar el recurso para así empezar con la materia orgánica y poder utilizar el resultado del proceso de descomposición. Posteriormente se obtiene el abono, que se utiliza como fertilizante de las mismas planta y árboles del colegio además sirve como aplicación a la materia concerniente con lo orgánico la cual es biología y química así se puede dar un método de enseñanza más practica para que el estudiante pueda aprender de manera más concreta sobre el tema de la sostenibilidad y la importancia de dar mejor tratamiento a los residuos sólidos y como esto ayuda al medio ambiente.

Otro proyecto de compostaje se presentó en la Universidad Cooperativa en la ciudad de Cali en la cual también implementó un sistema de gestión integral de compostaje a base de residuos sólidos del mismo campus de la universidad⁵, se planteó hacer una compostera a base de los residuos de la cafetería principal de la institución la cual producía una gran cantidad de desechos sólidos por día, para así ayudar en la disminución de la huella de contaminación de la institución y así tener un lugar donde lleguen los residuos orgánicos de la universidad para ser transformados en algo tan útil como el abono.

1.5 Objetivos de la Investigación

1.5.1 Objetivo general

Diseñar un prototipo de una planta de compostaje para la Corporación Universitaria Adventista.

⁵ Molano de la Torre et al., 2019.

1.5.2 Objetivos específicos

1: Identificar los tipos de residuos sólidos en la Corporación Universitaria Adventista - UNAC.

2: Definir e Investigar los tipos de plantas existentes aptos para compostaje en la Corporación Universitaria Adventista - UNAC.

3: Crear el diseño del prototipo en 3D con el software SketchUp y simulado en FlexSim de la planta apta para el compostaje en la Corporación Universitaria Adventista - UNAC.

CAPÍTULO 2 Marco Teórico

Se presentarán los siguientes fundamentos teóricos, los cuales establecerán una sólida base para la investigación y el análisis del tema que se aborda en la investigación.

- **Compostaje:** proceso biológico aerobio (con presencia de oxígeno) que, bajo condiciones de ventilación, humedad y temperatura controladas, transforma los residuos orgánicos degradables en un material estable e higienizado llamado compost, que se puede utilizar como enmienda orgánica.
- **Diseño:** proceso de configuración mental preliminar, o «prefiguración», que precede a la búsqueda de soluciones para que un producto resulte útil y atractivo. Se aplica habitualmente en el contexto de la industria, ingeniería, arquitectura.
- **Sostenibilidad:** se basa en el principio de asegurar las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras, siempre sin renunciar a la protección del medioambiente, el crecimiento económico y el desarrollo social.
- **Aprovechamiento:** Proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos orgánicos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente.
- **Abono orgánico:** es el material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, los

cuales digieren los materiales, transformándolos en otros benéficos que aportan nutrimentos al suelo y, por tanto, a las plantas que crecen en él.

2.1 Contexto Teórico

2.1.1 El diseño de plantas de compostaje: Los diseños de estas plantas pueden variar en función de factores como la escala de producción, la disponibilidad de materiales y recursos, y los requerimientos normativos y sanitarios.

2.1.2 La implementación de plantas de compostaje: Según un estudio realizado por la Universidad de Barcelona, el compostaje de residuos orgánicos puede evitar la emisión de hasta 800 kg de CO₂ por tonelada de residuos tratados. Asimismo, el uso de compost como fertilizante natural puede mejorar la calidad del suelo y su capacidad de absorber y almacenar carbono⁶.

2.1.3 Los residuos sólidos: El compostaje se ha convertido en una técnica ampliamente utilizada para la gestión sostenible de los residuos orgánicos, y su implementación puede tener importantes beneficios económicos, ambientales y sociales, (2017). Según un comunicado del Gobierno de España, (2011), una participación en este nuevo proceso cultural y educativo en la comunidad local generaría la creación de empleo y oportunidades de negocios, y la mejora de la calidad de vida de las personas que viven en las cercanías de la planta.

2.1.4 Porqué diseñar la planta de compostaje: El diseño de una planta es una herramienta clave para la gestión de residuos, pueden ser aprovechados todos estos desechos para transformarlos en abono orgánico, sirviendo como alimento de ricos nutrientes para la fertilidad del suelo y las plantas.

2.1.5 La gestión de residuos sólidos: Según el Banco Interamericano de Desarrollo (Toro et al., 2016), “Una buena gestión de los residuos sólidos genera beneficios en la salud y el ambiente ampliamente conocidos”.

⁶ Universidad de Barcelona, 2015.

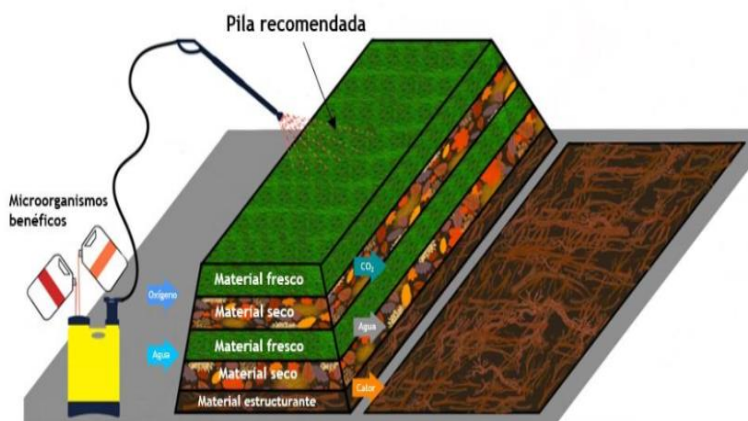
2.1.6 Relación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con nuestro proyecto: La contribución de la gestión de residuos sólidos del sitio web "Gestión de Residuos" (2023) destaca que la gestión de residuos sólidos desempeña un papel fundamental en la contribución al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Ver el [Anexo 2](#) para más información sobre los objetivos de desarrollo sostenible.

2.2 Cuerpo Teórico

Diseños de Plantas de Compostaje o de Abono: Según la investigación de Cantor Castro, (2014) estos diseños pueden variar considerablemente, y su elección se fundamenta en diversos factores que influyen en el proceso. Al realizar una búsqueda específica, se identifican varios tipos de diseños para plantas de compostaje orgánico que se han implementado exitosamente.

Tabla 1. Tipos de diseños aptos para el prototipo de la planta de compostaje.

Diseño de Pila Abierta: Este método implica la creación de una pila larga y estrecha con material orgánico, la cual se voltea periódicamente con el propósito de proporcionar aireación y garantizar un desempeño uniforme. Este diseño, ofrecido por (biohac, 2020).



Nota. Adaptado de Soluciones ambientales y sostenibles (biohac, 2020)

Sistema de Pilas Estáticas:

Múltiples pilas de compost, que se llenan y voltean en momentos específicos durante el proceso de compostaje. El mantenimiento de la pila de compost en este sistema implica el volteo periódico de las capas. Esta acción tiene como objetivo promover una adecuada aireación y mezcla de los materiales.



Nota. Adaptado del documento ¿Cuál es el mejor método de compostaje? (Vicente, 2020)

Fuente. Elaboración propia

La implementación de un diseño adecuado para maximizar la eficiencia del proceso y asegurar la producción de compost de alta calidad a partir de los residuos orgánicos.

2.3 Soporte Teórico

Promoción y respaldo de la implementación del compostaje en Colombia.

Se rigen por diversas leyes y regulaciones ambientales que buscan fomentar la gestión sostenible de los residuos orgánicos. A continuación, se mencionan algunas de las leyes y regulaciones clave que respaldan el compostaje en el país:

- **Acuerdos Municipales y Regionales:** Muchos municipios y regiones en Colombia han establecido sus propios acuerdos y regulaciones para la gestión de

residuos sólidos, que a menudo incluyen medidas específicas para promover el compostaje. Estos pueden variar en alcance y requisitos según la jurisdicción⁷.

- **Ley 1712 de 2014 - Acceso a la Información y Transparencia:** Aunque no se enfoca directamente en el compostaje, esta ley promueve la transparencia en la gestión de residuos y puede ser utilizada para acceder a información relacionada con programas de compostaje y su impacto ambiental⁸.
- **Ley 1259 de 2008 - Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS):** Esta ley establece las directrices para la gestión integral de los residuos sólidos en Colombia, incluyendo la promoción del compostaje como una alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos. También establece la jerarquía de la gestión de residuos, donde se da prioridad a la reducción en la fuente, el aprovechamiento y la disposición final adecuada⁹.
- **Resolución 1483 de 2015 - Reglamento Técnico para la Gestión de Residuos Orgánicos:** Define estándares de calidad para la producción de compost y establece directrices para su uso en la agricultura y jardinería¹⁰.

CAPÍTULO 3 Marco Metodológico

La Corporación Universitaria Adventista es una institución preocupada por el medio ambiente, y con el objetivo de reducir el impacto ambiental de sus residuos sólidos orgánicos, se plantea la implementación de una planta de compostaje. El marco metodológico se enfoca en el diseño de un prototipo de planta de compostaje para la Corporación Universitaria Adventista.

⁷ Alcaldía de Medellín, 2020.

⁸ Gestor Normativo, 2017.

⁹ Congreso de Colombia, 2008.

¹⁰ Colombia Potencia de la Vida, 2020.

Esta investigación adopta un enfoque teórico-documental para desarrollar un análisis que permita evaluar la viabilidad del proyecto y su potencial impacto en la institución

3.1 Primer fase: Tipo de enfoque Investigación No Experimental:

Según Velázquez, (2019) la investigación no experimental es un tipo de investigación que carece de una variable independiente. El investigador observa el contexto en el que se desarrolla lo que se investiga y lo analiza para tener información. A diferencia de la investigación experimental, donde las variables se mantienen constantes, la investigación no experimental se realiza cuando en el estudio el investigador no puede controlar ni manipular, ni alterar las variables si no que se basa en la interpretación y observación para obtener información a través de esos medios.

3.2 Segunda fase: Recolección de información población y muestra.

3.2.1 Población:

Se realizó una encuesta para determinar la viabilidad y la necesidad de una planta de compostaje en la UNAC, se les preguntó a algunos docentes de la institución sobre la cantidad de estudiantes matriculados en el semestre 2023-2 para determinar la población de estudio. Según la información recolectada, un total de 1300 a 1450 personas en el año 2023, incluyendo a los estudiantes que asisten de manera presencial a la institución y a la comunidad universitaria que reside permanentemente en la universidad.

3.2.2 Muestra:

Se recogerá una muestra a manera de criterio entre las personas de la institución y se escogerá como herramienta la entrevista y la observación a modo de recolección de información la cual nos apoyara en el proyecto, la muestra es de tipo no probabilístico ya que no se utilizará datos si no que se basara de modo subjetivo ósea de modo que el integrante de la muestra de su argumento y su punto de opinión sobre el tema del proyecto de grado.

3.2.3 Muestreo no probabilístico:

En este trabajo se va a utilizar el método de muestreo no probabilístico el cual, de acuerdo con Ortega, (2021) es una técnica de muestreo en la cual el investigador selecciona muestras basadas a juicio personal en lugar de una selección al azar como lo son las encuestas. El muestreo no probabilístico es más útil para estudios exploratorios como la entrevista y la observación, este se lleva a cabo mediante métodos de observación y se utiliza ampliamente en la investigación cualitativa.

3.3 Tercera fase: Tipo de técnica

3.3.1 Tipo de muestra por juicio o criterio:

El muestreo que se va a realizar es un muestreo por juicio el cual es una técnica de muestreo no probabilístico en la cual las muestras se seleccionan basándose en el conocimiento y en el criterio, en este caso en la institución se entrevistará a un grupo de personas que en cierta manera están relacionadas con el tema.

3.3.2 Técnica de recolección de información: La incorporación de la técnica de observación permite obtener información detallada sobre la implementación y aplicación del compostaje en la institución, esta información resultará crucial para evaluar el enfoque actual y considerar posibles mejoras o ajustes en el proyecto.

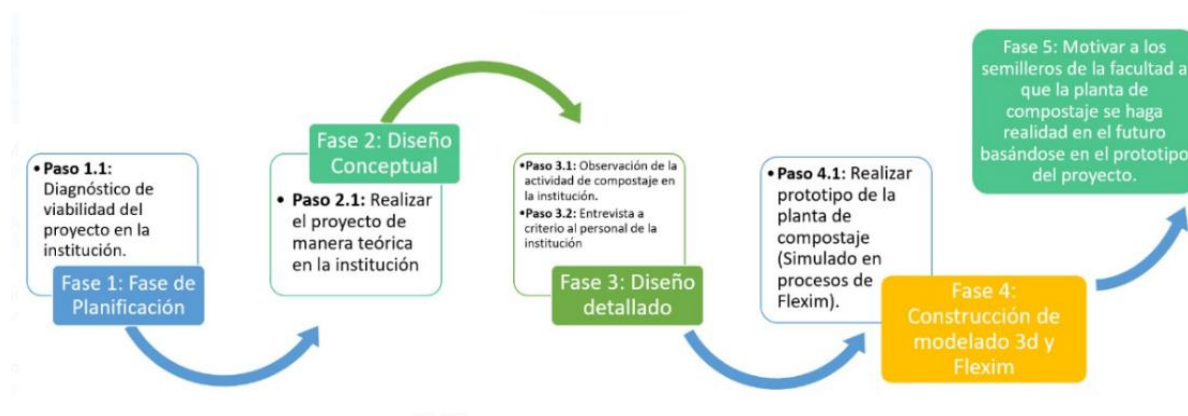
3.3.3 Investigación: En la planificación del marco metodológico, hemos identificado tres elementos esenciales que lo conforman:

3.3.4 Enfoque Metodológico: Se optó por un enfoque cualitativo para nuestra investigación, ya que este se alinea de manera efectiva con las características y necesidades del estudio en cuestión. Este enfoque se centra en la recopilación de información textual, lo que nos

permitirá comprender y analizar en profundidad los aspectos relevantes del proyecto.

3.3.5 Alcance de la Investigación: El alcance de esta investigación se caracteriza como exploratorio. Esta elección se debe a que estamos incursionando en un área de la institución que carece de registros y no ha implementado infraestructuras relacionadas con el tema del proyecto. Por lo tanto, estamos explorando un territorio nuevo tanto para la universidad como para la comunidad, trabajando en conjunto en el proceso de investigación y lograr los objetivos planteados.

Ilustración 1 Resumen detallado del método que se desarrolla en las tres fases anteriores.



Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO 4 Resultados y Análisis de Resultados

En este capítulo, se hará en un análisis detallado y una interpretación de los resultados obtenidos en el estudio metodológico de nuestra investigación. Abordaremos los datos recopilados a través de los instrumentos de recolección de información y nuestros objetivos, con el propósito de proporcionar respuestas fundamentadas y un análisis de los hallazgos de la investigación.

Se participó en varias ponencias como encuentro de semilleros de RedCOLSI para dar alcance al proyecto y que la institución y persona interesadas en el tema ambiental se enteren que

se está trabajando en un proyecto de sostenibilidad para institución. para obtener más información puede consultar en el [Anexo 1](#).

Según el Instituto de Medio Ambiente de Suecia¹¹, en condiciones ideales, 1 metro cúbico (1 m³) de residuos orgánicos puede producir alrededor de 200 - 400 kilogramos (kg) de compost una vez que el proceso de compostaje ha terminado. Esta es una estimación general basada en residuos orgánicos típicos, como restos de alimentos, desechos de jardín, etc.

Con la anterior información se determinó cuánto es el espacio que se necesita para producir los desechos generados por el restaurante universitario de manera semanal sin tener cuellos de botella, según los datos recolectados por personal del restaurante nos indicaron que los desechos orgánicos semanales están entre los 300 y 400 kg. La planta de compostaje está en capacidad de procesar alrededor de 600 y 800 kg de manera semanal sin tener embotellamientos, lo que nos da un aproximado de 2.5 toneladas o 2500 kg al mes que se estarían procesando dentro de la planta, contribuyendo al cuidado del medio ambiente y mitigando el impacto ambiental negativo que este genera en los vertederos.

Según Pruitt, (2017), se estima que una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos puede mitigar entre 1 y 3 toneladas de CO₂ por tonelada de residuos tratados al mes. Esto significa que con las medidas sugeridas de la planta estaríamos mitigando más de 75 toneladas de CO₂ al año con la implementación de la planta en la UNAC. Se puede definir que cada proceso en la planta tiene un espacio aproximado de 4 metros cuadrados, en cada uno puede haber dos estaciones evitando los cuellos de botella y optimizando la recursividad de espacio y producción.

Se determino que, según la sumatoria en semanas de todas las etapas, el proceso puede demorarse entre 6 y 8 semanas desde la recepción de materia prima hasta la entrega del producto terminado, en el transcurso de este proceso se pueden estar recibiendo de 3 a 4 toneladas de residuos sólidos orgánicos para ser tratados. La planta de compostaje tiene una capacidad de

¹¹ Institute, 2021.

abastecimiento de 600 y 800 kg de materia prima en proceso de fermentación. Se determinó que, para el funcionamiento correcto de la planta de compostaje, son suficientes dos operarios, preferiblemente estudiantes de ingeniería industrial con un plan laboral tipo 3 de medio tiempo, para poner en práctica lo aprendido en el transcurso de la carrera. Ver [Anexo 3](#) para ver la tabla de procesos descriptos del diseño de la planta de compostaje.

4.1 Aplicación de metodología

Se llevó a cabo la actividad de entrevistas para dar a conocer el proyecto y conocer las recomendaciones, uno de los objetivos de esta entrevista era conocer el punto de vista respecto al tema del diseño y prototipo de una planta de compostaje para la institución y conocer su opinión sobre el impacto que tendría este proyecto a la población, además conocer por parte de los interrogados que se podría mejorar en la visión del proyecto, e incluir los diferentes puntos de vista de los entrevistados en el proyecto. Por medio de la entrevista el proyecto cuenta con una herramienta clave de recolección de información.

La entrevista se hizo de manera breve y concisa, en la cual se hicieron preguntas abiertas sobre el tema del proyecto para conocer la opinión de los entrevistados y se centraron las preguntas respecto al tema de manera que los entrevistados se pudieran expresar de manera libre y sin condicionales sobre el tema, para poder entender mejor el concepto de la idea concebida en la institución y escuchar abiertamente a los entrevistados elegidos de la población mediante el cual era comprender desde diferentes áreas el mismo tema para así tener una idea más clara dado por terceros no adeptos al proyecto desarrollado. Se escogió una muestra alrededor de cien personas al observar lo expresado en las entrevistas se ve un gran interés en implementar una planta de compostaje y ayudar a que la universidad siga avanzando en el lado de la sostenibilidad, por otra parte, hubo diferentes puntos de vista tanto positivos como negativos acerca del tema y que mediante el ejercicio se entendió lo que la población concebía respecto al proyecto. Ver [Anexo 5](#) para ver las fotografías tomadas en la entrevista.

4.2 Metodología aplicando el método

Durante la fecha del 14 al 18 de agosto de 2023, se llevó a cabo un proceso de seguimiento diario para evaluar el comportamiento de la clasificación de basuras en el campus universitario. Esta actividad se realizó con el método de observación previamente planteado en la metodología del proyecto.

Nuestro principal objetivo en la metodología de observación es identificar áreas críticas de acumulación de basuras y determinar la viabilidad de diseñar una planta de compostaje para gestionar los residuos orgánicos de la universidad. Es una herramienta clave de recolección de información en la metodología. Durante este periodo de observación, se pudo constatar que existen disparidades significativas en la acumulación de residuos en distintas zonas del campus universitario. Estas variaciones se observaron a pesar de la presencia de recipientes designados, comúnmente conocidos como "puntos ecológicos," distribuidos en todo el campus para la disposición de diferentes categorías de residuos. Este hallazgo es crucial para comprender la dinámica actual de la gestión de residuos en el campus y brinda información valiosa para la toma de decisiones relacionadas con la implementación de un sistema de compostaje. A partir de las evaluaciones, hemos identificado que los operarios de zonas verdes y la mayoría de la comunidad unacense desempeñan un papel fundamental en la generación y manipulación de los residuos sólidos de la UNAC dada su relevancia en el proceso.

A continuación, se presenta una tabla que muestra diferentes puntos ecológicos en la universidad.

Tabla 2 Puntos ecológicos en el campus universitario

Punto ecológico, al frente del Hogar de Varones en el Campus	Contenedor de basura con residuos promedio en la universidad
--	--



Nota. Punto ecológico, al frente del Hogar de Varones en el Campus, elaboración Propia



Nota. Contenedor de basura con residuos promedio en la universidad, elaboración propia

Contenedor de basura para todo tipo de desechos en las afueras del Instituto Icolven



Nota. Contenedor gris de basura para todo tipo de desechos en las afueras del Instituto Icolven, elaboración propia

Punto Ecológico cerca de la cafetería estudiantil



Nota. Punto Ecológico cerca de la cafetería estudiantil, elaboración propia

Nota: Elaboración propia.

Adicionalmente, se observó la presencia de acumulaciones de residuos orgánicos en ciertos puntos del campus, lo cual sugiere la existencia de problemas de contaminación en áreas específicas. Estos puntos críticos incluyen el vertedero ubicado junto al restaurante, la planta de

acopio de residuos de diversas categorías y un área denominada "la huerta." La identificación de estos cúmulos de basuras orgánicas representa una preocupación significativa en relación con la gestión de residuos y la sostenibilidad del campus. Estas áreas en particular se destacan como las más críticas, ya que exhiben la mayor acumulación de residuos orgánicos en todo el campus universitario.

4.2.1 El vertedero de residuos del restaurante universitario.

Se caracteriza por la acumulación evidente de residuos, principalmente de naturaleza orgánica. A pesar de la existencia de contenedores apropiados para la gestión de la considerable cantidad de basura orgánica generada diariamente, se ha producido una acumulación excesiva de estos residuos.

Tabla 3 Gestión de residuos en el lugar de acopio de residuos sólidos del restaurante universitario

Contenedores de basura en el lugar de residuos del restaurante  <i>Nota.</i> Contenedores de basura en el lugar de residuos del restaurante, elaboración propia	Desechos de diferentes tipos al aire libre, en las cercanías del lugar de desechos del restaurante  <i>Nota.</i> Desechos de diferentes tipos al aire libre, en las cercanías del lugar de desechos del restaurante, elaboración propia.
--	--

Nota. *Elaboración propia*

4.2.2 La Planta de Acopio de Residuos.

Instalación destinada al almacenamiento temporal de residuos de diversas categorías. Cabe destacar que en este sitio también se evidencia una acumulación significativa de residuos orgánicos. Esto sugiere que los procesos de segregación y manejo de residuos en la planta de acopio requieren una revisión y mejora sustanciales para abordar eficazmente la gestión de residuos orgánicos.

Tabla 4. Gestión de residuos sólidos en la planta de acopio de la universidad.

Residuos Sólidos de diferente tipo almacenados en la planta de acopio de residuos.	Planta de Acopio de Residuos de la universidad	Planta de Acopio de Residuos de la universidad
		
<i>Nota.</i> Residuos Sólidos de diferente tipo almacenados en la planta de acopio de residuos, elaboración propia	<i>Nota.</i> Planta de Acopio de Residuos de la universidad, elaboración propia	<i>Nota.</i> Residuos al aire libre en su mayoría residuos de construcción, cerca de la planta de acopio de residuos, elaboración propia.

Nota. Elaboración propia

4.2.3 En "La Huerta"

La huerta es un lugar donde se implementa un modelo de agricultura urbana que utiliza los desechos orgánicos para la producción de abono orgánico, se identificaron claros signos de contaminación debidos a una acumulación inadecuada de residuos orgánicos. Esto sugiere una ineficiencia en la transformación de los residuos en abono. Por tanto, se recomienda revisar y optimizar los procesos relacionados con el compostaje y el tratamiento de los residuos orgánicos en este sitio específico, con el fin de mejorar la eficacia y sostenibilidad de esta práctica agrícola.

Tabla 5. Gestión de Residuos Sólidos en el lugar llamado “la Huerta”

	
<i>Nota.</i> Lugar conocido como La huerta, elaboración propia	<i>Nota.</i> Residuos de plástico en la Huerta, elaboración propia

Nota. Elaboración propia.

Durante el periodo en que se realizó la observación se identificaron varios tipos de residuos sólidos mayoritariamente en los puntos de mayor acumulación de basuras antes mencionados, donde se puede ver especialmente residuos orgánicos como: residuos de frutas, hortalizas, verduras y restos de comida ya procesada lo que indica que en estos lugares mayormente los residuos encontrados son de naturaleza orgánica.

Se puede constatar que el método de observación que se usó en la universidad dio como resultado que la problemática de basuras, sobre todo de tipo orgánica se focaliza en determinados puntos de la universidad y no está disperso por todo el campus universitario, por lo cual nos da a saber cuáles son los puntos de recolección para el compostaje en la universidad y en donde se debe que mejorar el tratamiento de los residuos orgánicos.

Teniendo en cuenta la perspectiva del estudiantado y los que habitan el campus se puede evidenciar que el problema es que no se da un buen manejo de almacenamiento de basuras en algunos puntos específicos del campus donde se encuentra una mayor abundancia de basuras y en algunos casos sobrepasa el límite de almacenamiento por eso algunas veces la basura se empieza a ver basura regada por el suelo, cabe resaltar que esto sucede solo en algunas áreas específicas de la universidad ya que en la mayor parte del campus se encuentra un buen manejo de basuras en parte gracias a los puntos ecológicos en distintos lugares del campus y al vaciado diario de los mismos, esto da lugar a que se tenga un lugar aseado para los estudiantes y demás

gente que transitan por el campus diariamente. A partir de este párrafo se desarrollan los resultados de los objetivos.

4.2.4 Identificar los tipos de residuos sólidos en la universidad.

Los objetivos específicos que se plantearon en el proyecto para llegarlos al objetivo general el cual era hacer un diseño de un prototipo de una planta de compostaje, se estuvieron realizando los objetivos en el transcurso del proyecto, aquí se presenta el resultado de lo que se trabajó en cada uno de ellos y su respectivo análisis:

Tabla 6 Identificación de residuos sólidos en de la Corporación Universitaria Adventista.

RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS	RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS
Envases de plástico	Restos de comida
Vidrio	Cáscaras de frutas
Papel	Restos de verduras
Cartón	Hojas secas
Metales	Residuos de jardín
Productos químicos	Papel de cocina sucio
Textiles	Frutos de las plantaciones
Electrodomésticos en desuso	
Neumáticos	

Nota. Elaborado a partir de Clasificación de residuos sólidos en la Corporación Universitaria Adventista, (Definición y Tipos de Residuos, 2022)

Mediante un análisis detallado, se ha identificado una variedad de residuos sólidos que prevalecen en las instalaciones universitarias, entre los cuales se destacan desechos de cebolla, plátano, repollo, zanahoria, remolacha, papa, yuca, maíz, tomate, y una amplia gama de frutas como tomate de árbol, maracuyá, mora, guanábana, entre otras. Además, se evidencian sobras de comida ya preparada como arroz, frijol, lentejas, garbanzos, tortas y embutidos hechos a partir de vegetales, generando un volumen semanal estimado entre 600 y 800 kg, que proviene tanto de las casas universitarias como del restaurante universitario. Los cuales servirían en gran manera para nutrir los procesos de compostaje entrando como materia prima y saliendo como abono orgánico así dándosele un buen uso a los denominados desechos orgánicos que se producen diariamente en estos lugares.

4.2.5 Definir e investigar los tipos de plantas existentes para compostaje.

Para este proyecto se eligió entre diferentes métodos como:

- **Humus:** también conocido como vermicompost es un proceso de compostaje estándar al que se le agregan lombrices de tierra, las cuales son las que hacen la parte principal del trabajo produciendo Humus gracias a lo que desechan, cabe destacar que este tipo de compost es de sumo cuidado ya que se debe tener en cuenta temperatura, humedad y los residuos que se van a agregar al compost para no afectar el proceso de la lombriz.

Imagen 1: Abono Orgánico tipo Humus



Nota: EcoInventos, 2023

- **Tradicional:** En esta se mezclan todo tipo de desechos orgánicos y se les “voltea” cada cierto tiempo con una pala o alguna otra máquina; dependiendo de la cantidad que se esté produciendo.

Imagen 2 Abono Orgánico tipo tradicional



Nota: Sten, 2009.

- **Estiércol:** Este, será revuelto con agua, alcanzando así altas temperaturas. Esta composta tiene mucho nitrógeno y, a pesar de que atrae bastantes moscas, es particularmente efectiva.

Imagen 3 Abono Orgánico a partir de estiércol de bovinos



Nota: La huertina de Toni, (2018)

- **Avicomposta:** Compost muy parecido al anterior, pero en vez de mamíferos es generado por gallinas este tipo de composta, la cual tiene ciertas complejidades pero que da como resultado un compost considerablemente bueno.

Imagen 4 Avicomposta



Nota: Admin de Finca, (2020)

- **Composta de café:** En este caso, se recogen los restos de la producción del café, especialmente la cascarilla y se procesan como cualquier otro compost.

-

Imagen 5 Abono Orgánico a partir de la viruta del café



Nota: Isan, (2018)

- **Turba:** Este es uno de los tipos de composta que mezclan varios materiales, principalmente vegetales, es un tipo de compost con un PH muy alto y solo se usa para planta que requiere niveles de PH muy ácidos.

Imagen 6 Abono Orgánico denominado como turba.



Nota: M, (2023)

De acuerdo a todos los métodos vistos anteriormente se escogió el método tradicional de compostaje ya que es el que mejor se adapta al tipo de residuos en la institución, en el campus no se encuentran animales de granja para poder utilizar sus desechos, ni tampoco se tiene sembrado algún tipo de planta como lo es el café para recoger sus residuos, además debido al clima, el lugar y la cantidad de residuos de la institución se eligió como el tipo de compost que mejor puede darse en la institución.

4.2.6 Investigación de los tipos de plantas existentes para el compostaje.

Para poder elegir la planta de compostaje adecuada la cual se pasó a diseñar por medio de 3D se hizo un estudio para saber cuál era la planta de compostaje que se adapta mejor al lugar donde se asignó en la universidad y a las características del lugar, de ahí se pasaron a tener varias propuestas de plantas de compostaje como:

- **Diseño de pila abierta:** Este es el método más sencillo y económico de compostaje. Consiste en crear una pila larga y angosta de material orgánico, que se voltea con regularidad para darle aire y asegurar una descomposición uniforme, la desventaja de este método es que si se están en un lugar muy lluvioso puede que el agua y la humedad afecte el proceso de compost y no se pueda obtener el producto que se espera, al estar al aire libre el olor que emana no es agradable pero esparciendo cal o viruta de aserrín o café sobre el montículo disminuye gradualmente el olor para evitar atraer animales que puedan desestabilizar el proceso de compost.

Imagen 7 Diseño a pila Abierta



Nota: Inversanet, (2013)

- **Sistema de pilas estáticas:** Este método implica el uso de varias pilas de compost, que se llenan y voltean en momentos específicos del proceso de compostaje. Este sistema permite una mayor eficiencia y un mayor control sobre el proceso, es muy parecido al anterior solamente que este se hace en un espacio más reducido, pero tiene las mismas desventajas que el Diseño de pila abierta.

Imagen 8 Diseño a pila estática



Nota: Muños, (2020)

- **Eco-Parks:** Estos parques son instalaciones de compostaje a gran escala que se utilizan para procesar grandes cantidades de residuos orgánicos. Utilizan equipos especializados y tecnología avanzada para maximizar la eficiencia del proceso de compostaje. La desventaja de este método es que es muy costoso y solo se utiliza en lugares con presupuesto de inversión muy altos.

Imagen 9 Diseño de eco-Parks



Nota: Internaco Medio ambiente, (2023)

- **Sistema de túneles de compostaje:** Este método implica el uso de grandes túneles cerrados para el compostaje de grandes cantidades de residuos orgánicos. Este sistema es adecuado para regiones con climas húmedos o con lluvias frecuentes, la desventaja de este método es que se demora más en procesar el compost y que requiere más esfuerzo a la hora de sacar el producto por estar bajo el suelo.

Imagen 10 Compost por diseño de túneles.



Nota: Platicar, (2022)

4.2.7 Propuesta del diseño para la construcción del prototipo.

Con los datos recopilados durante las observaciones y la investigación realizada, se procedió a proponer un diseño estructurado adecuadamente de manera que pueda ser el mejor diseño adecuado para el campus. El diseño se basó de acuerdo con la producción de residuos orgánicos a nivel de la institución, rentabilidad y eficiencia económica, teniendo en cuenta los recursos disponibles en la universidad. Teniendo en cuenta el diseño de prototipo en modelo 3D, se llega a la conclusión que se pueden implementar dos modelos de compostaje en la planta de compostaje, los cuales:

- **Diseño de pila abierta:** este es el método más sencillo y económico de compostaje. Consiste en crear una pila larga y angosta de material orgánico, que se voltea con regularidad para darle aire y asegurar una descomposición uniforme

Imagen 11 Compost a pila abierta



Nota: Everde, (2011)

- **Sistema de pilas estáticas:** este método implica el uso de varias pilas de compost, que se llenan y voltean en momentos específicos del proceso de compostaje. Este sistema permite una mayor eficiencia y un mayor control sobre el proceso.

Imagen 12 Sistema de pilas de compost



Nota: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que estos diseños de las plantas de compostaje son al aire libre, se diseñó la planta de compostaje de manera techada para que la lluvia no afecte directamente al proceso de compostaje, ya que el lugar geográfico donde se encuentra actualmente la universidad se caracteriza por ser bastante lluvioso, así con esto eliminamos una de las condiciones de estos diseños la cual es la humedad. Después de analizar las variables que intervienen en el diseño se pudo determinar que diseñar la planta de manera techada nos permite tener un control más detallado del proceso de compostaje, control de plagas, control de lixiviados y emisión de olores.

Imagen 13 Diseño techado



Nota: El diseño es techado para que el agua no interfiera en el proceso de compostaje. Elaboración propia

4.2.8 Creación del diseño y el prototipo en 3D.

Se creó un diseño en 3D del prototipo de la planta de compostaje sugerido para la universidad, que cuenta con medidas aproximadas de 10 metros de frente por 12 metros de fondo, un área de 120 metros cuadrados. Se sugiere tener en cuenta el área del antiguo establo de la universidad ubicado en la montaña, esto para evitar generar gastos de más en banqueos.

Imagen 14. Mapa de la universidad con la ubicación sugerida de la planta de compostaje



Nota. Elaborado a partir de Mapa del Campus Universitario (Corporación Universitaria Adventista, 2019)

Este diseño incluye las áreas de recepción de materia prima, el área de fermentación y homogenización del primer proceso, las pilas de compostaje de la etapa mesófila, las áreas de volteo de la etapa termófila y el espacio para la maduración y empaque del abono orgánico resultante, la bodega de almacenamiento de producto terminado, cuarto de insumos y herramientas para el proceso, también el cuarto del operario que incluye áreas destinadas a los elementos de protección personal el área sanitaria y mesa de herramientas de mano.

El diseño se realizó de manera que optimiza la utilización del espacio disponible y garantizará un flujo eficiente del proceso de compostaje. Una condición importante a tener en cuenta son los cuellos de botella que se podrían generar en algunas zonas donde más se acumula el producto en el transcurso del proceso, estas etapas son: la primera etapa conocida como fermentación y la tercera etapa conocida como termófila en estas dos etapas se caracteriza por el tiempo que el proceso requiere de más tiempo, se recomienda estar pendiente de estos dos procesos para no llegar sobre abastecer los procesos en la planta. Cuando entre en

funcionamiento la planta de compostaje se empezarán a analizar diferentes variables que son claves para los procesos como: la humedad y la temperatura debido a la zona geográfica en la que nos encontramos, variables que van a empezar a estandarizarse y a mejorar el proceso buscando la optimización y la eficacia para los procesos. Estas variables se empezarán a examinar una vez está hecha la planta ya que en el momento no hay forma de estudiarlas sus procesos. Es en estas etapas donde es más demorado el proceso lo cual podría estar generando un cuello de botella si se llega a sobre abastecer la planta.

Imagen 15 Diseño de la planta de compostaje.

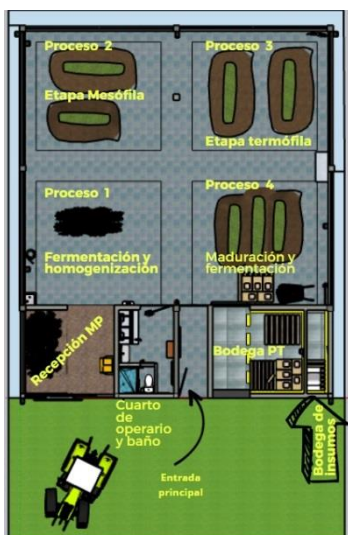


Nota: Elaboración propia.

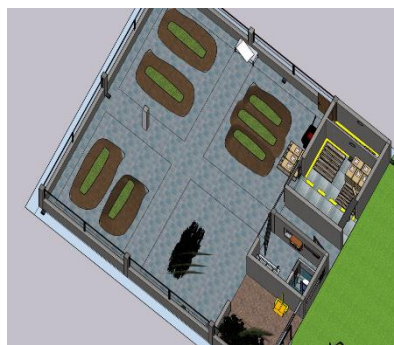
El proceso que se ha seguido, desde la fase de planificación e investigación hasta la fase final que incluye el diseño del modelado en 3D, ha permitido definir de manera detallada nuestra metodología. Este proceso ha dado como resultado una imagen que describe claramente las etapas esenciales: fase de planificación, diseño conceptual, diseño detallado, construcción del prototipo en 3D y modelado en FlexSim. A través de este enfoque estructurado y metódico, hemos logrado brindar una guía efectiva para la construcción de una planta de compostaje.

El diseño de la planta de compostaje puede verse en el [anexo 7](#).

Ilustración 2 Áreas que componen la planta de compostaje



Nota: Flujo de la clasificación de procesos, vista superior de la planta sin techado, elaboración propia.



Nota: Vista superior de la planta, elaboración propia.



Nota: Área de primeros Auxilios de la planta de compostaje, elaboración propia



Nota: trampa de roedores de la planta de compostaje, elaboración propia



Nota: Área de bodega y almacenamiento de la planta de compostaje, elaboración propia



Nota: Área de Sanidad, higiene y desinfección en la planta, elaboración propia

Nota. La planta de compostaje desde diferentes vistas, trampa para roedores y áreas del diseño de la planta de compostaje.

Ilustración 3 Dimensiones y flujos por producción

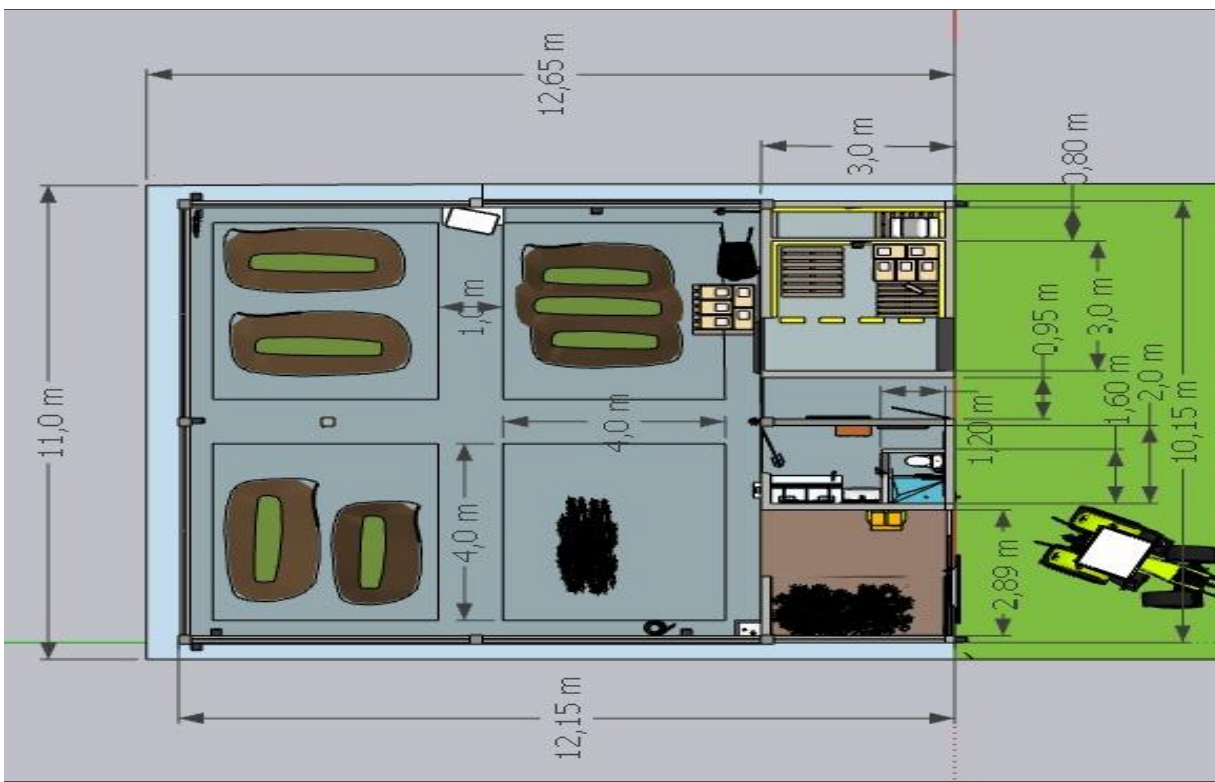


Ilustración 4 Flujos por producción



La placa de concreto tiene un área de 120 metros cuadrados, sus dimensiones son de 10m x 12m x 15 cm para toda la planta, las dimensiones para cada proceso son de 4m * 4m permitiendo procesar más de 2000 m³ de compostaje sin generar cuellos de botella; por 1 m³ se puede producir entre 600Kg y 800Kg de residuos sólidos orgánicos, su capacidad máxima calculada es de 2800 m³. El proceso completo tiene una duración de 6 a 8 semanas; en cada semana se estima recibir de 500Kg a 600Kg de residuos sólidos, permitiendo producir más de 2.5 toneladas de compostaje una vez sea estandarizado con las variables de control en la

temperatura y la humedad y demás factores que nos permitan garantizar la calidad del producto terminado.

Esto nos permite calcular una producción constante dando los siguientes datos para venta del abono 100% orgánico.

Tabla 7 Valor estimado

BULTO*50Kg	CANTIDAD	V. UNIT	VALOR
Ventas de 2,5 Tonelada mes	50	50.000	2.500.000
Ventas de 2,5 Tonelada año	12	2.500.000	30.000.000

El costo de inversión total aproximado es de 40.258.122, se tiene en cuenta los implementos y los materiales.

Las tablas de costos para la construcción e implementación de la planta de compostaje se pueden ver en el [anexo 8](#).

La inversión para este proyecto se puede recuperar en poco más de 16 meses trabajando con la producción mínima promedio, si esta producción se maximiza se puede recuperar la inversión inicial en 12 meses a partir del primer ciclo cumplido, con esto poder ser totalmente autosostenible y poder ampliar su venta y producción.

Esta planta beneficia a la universidad de manera directa, reduce costos de recolección de basuras por la empresa de aseo municipal, genera más del 80% materia prima dentro de la institución (residuos sólidos orgánicos), lo cual lo hace rentable, se puede utilizar en las plantaciones de la universidad y más importante, se puede comercializar de pequeña a gran escala generando recursos para su mantenimiento y contribuyendo a la economía unacense.

4.2.9 Simulación del proceso en el software de FlexSim

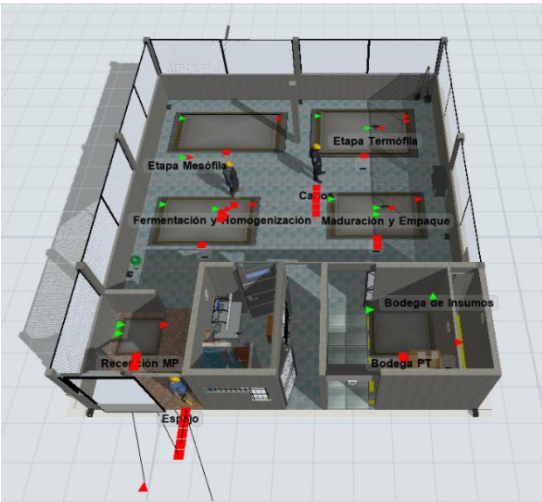
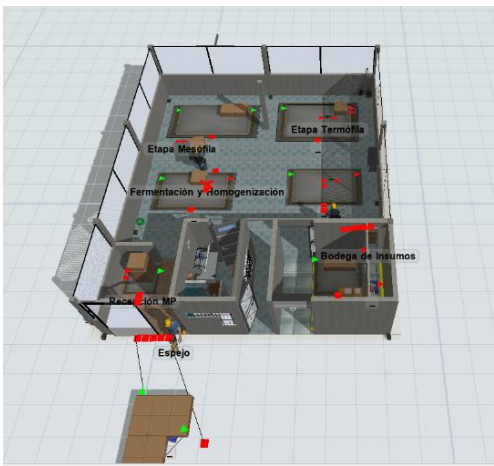
Se utilizo el software de FlexSim con sus herramientas para simular el proceso en la planta de compostaje UNAC, teniéndose en cuenta desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento del producto terminado del abono orgánico, el ciclo de producción puede

durar hasta 8 semanas, son 4 etapas y cada etapa tiene una duración estimada de 2 semanas, teniendo un periodo de poco más de 2 meses.

Se realizó un modelo de la planta de compostaje y se simuló el proceso con sus respectivos trayectos y tiempos de producción, así se da a entender el orden y funcionamiento de los procesos en la planta de compostaje, teniendo en cuenta qué se necesitaría para que el proceso de producción funcione correctamente, además se utiliza herramientas y personal requerido para realizar la labor.

El flujograma de procesos completo se puede ver en el [Anexo 4](#).

Tabla 8 Vistas realizadas del prototipo en FlexSim

Ubicación de áreas y procesos	Proceso de compostaje en la planta.
 Vista del proceso en la planta de compostaje realizado en FlexSim, elaboración propia.	 Vista detallada del proceso de compostaje en la universidad, elaboración propia.

Nota. Vistas sacadas del prototipo de procesos en la planta de compostaje, elaboración propia.

El video de la simulación del proceso se puede ver en el [Anexo6](#).

(Los puntos rojos y verdes son los conectores de la actividad y el proceso para el software de FlexSim)

Para entender mejor los procesos que sucederán en el interior de la planta de compostaje además del prototipo en FlexSim se realiza una tabla en la que se menciona cada proceso y se describen que se va a hacer en el mismo para que se pueda entender de manera más clara los procesos a realizar en la planta de compostaje

Este proyecto no solo ha contribuido a la formulación de un diseño más claro y preciso, sino que también podrá servir como una fuente de inspiración y motivación para los estudiantes de semilleros. Proporcionando la oportunidad de participar activamente en la implementación de un proyecto ambientalmente relevante.

5. Conclusiones

Basado en el análisis de la información recolectada y de la implementación del prototipo de una planta de compostaje para la Corporación Universitaria Adventista, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se identificaron los residuos sólidos de la universidad, en especial los orgánicos, en el desarrollo de la actividad además de identificar los residuos orgánicos que se generan en la institución se encontró también diversos casos del mal manejo de residuos sólidos en la institución.
- Se definió el tipo de compostaje que se implementará en el diseño de la planta de compostaje, a partir de la investigación se escogió el método que mejor encaja con el diseño de la planta y con los residuos que genera la institución, además del tiempo de duración de cada proceso del compost y los cuidados que se deben tener para ese método de compostaje, la manera en que se debe hacer este tipo de compostaje y la forma en la que se va a procesar el compost.
- Se creó el diseño de la planta de compostaje de manera computarizada con la ayuda del programa de diseño SketchUp en la cual se hizo el respectivo modelado de la planta en 3D. Se realizó la escala real de la planta y las áreas que forman parte de la planta, se aplicó el diseño basándose en la adaptación del terreno de la institución y la cantidad de materia prima a procesar.

- Se implementó la simulación con el programa de simulación de procesos FlexSim el cual basándonos en el diseño se pudo hacer una simulación de los procesos y actividades que se realizarán en la planta compostaje a su vez esto nos ayuda a comprender mejor como serán los procesos de la planta.
- La planificación estructurada, la capacidad de procesamiento significativa y el enfoque en la calidad posicionan este proyecto de compostaje como una iniciativa eficiente y sostenible en la gestión de residuos orgánicos en la UNAC.
- La cuidadosa gestión de costos y la flexibilidad para adaptarse a diferentes niveles de producción sitúan este proyecto en una posición favorable para alcanzar la rentabilidad y la autosostenibilidad, demostrando su potencial para el crecimiento a medida que se consolida en el mercado consumidor de este producto.
- Al generar más del 80% de la materia prima necesaria dentro de la institución, la planta no solo se presenta como un proyecto rentable, sino que también establece un ciclo sostenible al aprovechar los residuos orgánicos generados internamente. Esta autogestión no solo beneficia la economía universitaria, sino que también fortalece la capacidad de la universidad para utilizar el compost en sus propias plantaciones, fomentando prácticas agrícolas sostenibles y cerrando el ciclo de residuos sólidos orgánicos.

6. Recomendaciones

Se determino a partir de los estudios y resultados obtenidos en el proyecto, se presentan las siguientes recomendaciones con el fin de fortalecer y mejorar el proyecto del prototipo de una planta de compostaje en la Corporación Universitaria Adventista:

- La institución debe invertir en proyectos de sostenibilidad para mejorar el compromiso ambiental de la corporación como el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en la misma.

- La institución cuenta con un campus verde pero no cuenta con abonos orgánicos elaborados en la misma, la implementación de la planta de compostaje es de gran beneficio ya que se debe abonar periódicamente las áreas verdes del campus, de esta manera se reducen costos en los gastos de compra de abono orgánico para las zonas de verdes de la institución.
- La implementación de la planta de compostaje se puede usar como un centro de investigación académico explorando diversos campos de la agroecología.
- Se debe promover el compostaje como método de tratamiento para aprovechar y reducir la gestión de residuos orgánicos en la institución.
- Se debe evaluar la viabilidad mediante el área de planeación y sostenibilidad de la universidad de una planta de compostaje en la institución tratadora de residuos orgánicos.
- En el estudio se pudo evidenciar que se necesita implementar medidas de generación e conciencia y capacitación sobre la correcta clasificación y manejo de residuos, además se recomienda revisar, monitorear y mejorar los procesos de manejo en los residuos sólidos de las áreas mencionadas con mayor cantidad de desechos sólidos, a través de un enfoque de transformación de residuos orgánicos en fertilizantes como el abono orgánico presentado una solución sostenible para la universidad.
- Instar a la universidad a promover desde ahora la separación de residuos sólidos desde las casas, utilizar los residuos orgánicos como materia prima para procesarlos en la planta de compostaje y convertirlos en abono orgánico.
- Se sugiere tener en cuenta a los estudiantes de ingeniería industrial para que acompañen de manera cercana los procesos productivos de la planta de compostaje.

- Se recomienda generar conexiones internas y externas, en busca de sinergias dentro de la universidad y considerar asociaciones externas para maximizar los recursos y oportunidades.
- Explorar posibles colaboraciones con otras instituciones o empresas interesadas en adquirir o utilizar el compostaje.

Referencias Bibliográficas

EPA - Home Page for the Search site. (s/f). Recuperado el 14 de noviembre de 2023, de Epa.gov website:

<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/2000GH5Y.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1986>

Congreso de Colombia. (1993). LEY 99 DE 1993. *Diario Oficial*, 59. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf

MOLANO DE LA TORRE, J. S., VARGAS CAIDEDO, Y. D. & ANGULO LARA, C. D. A. (2019). IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTEGRAL DE COMPOSTAJE A BASE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE LA UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA CAMPUS CALI. *Faculta de Ingenieria Industrial*, (S/f). Recuperado el 14 de noviembre de 2023, de <http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/f69bde26-3e3c-44f7-9bea-f478afd62624/content>

Iberoamérica y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. (2019, agosto 13). Recuperado el 14 de noviembre de 2023, de SEGIB website: <https://www.segib.org/cooperacion-iberoamericana/iberoamerica-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

OSORNO ARENAS, C. Y. (2017). Implementación de un sistema integral de compostaje para el tratamiento de los residuos orgánicos en el Centro Educativo Rural Josefa Romero, Municipio de Dabeiba. *Facultad de Ingenieria - Universidad Pontifica Bolivariana*, 70. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3303/Implementación de un sistema integral de compostaje para el tratamiento.pdf?sequence=1

Pantazopoulou, E., Zebiliadou, O., Mitrakas, M., & Zouboulis, A. (2017). Stabilization of tannery sludge by co-treatment with aluminum anodizing sludge and phytotoxicity of end-products. *Waste Management* (New York, N.Y.), 61, 327–336. doi:10.1016/j.wasman.2017.01.009
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X17300090>

Bringhenti, J. R., Korres, A., Moreira, A., Rocha, S. M., & Günther, W. (2018). Organic waste composting and vermicomposting as sustainable practice in higher education institutions. En: *World Sustainability Series*. En: *World Sustainability Series*, 159–173.

Roman, P., Martinez, M. & Pantoja, A. (2013). Manual de Compostaje del Agricultor. *Organizacion de las Naciones Unidas*, 112. (S/f). Recuperado el 14 de noviembre de 2023, de <http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>

Toro, E. R., Narea, M. S., Contreras, E., Pacheco, J. F. & Gálvez, A. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. *Cepal*, ISSN 2518-3923, 211. (S/f). Recuperado el 14 de noviembre de 2023, de <http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/a5f80abc-8063-4e19-b871-e954f1db5bf6/content>

EPA - Home Page for the Search site. (s/f). Recuperado el 14 de noviembre de 2023, de Epa.gov

website:

<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/2000GH5Y.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1986>

Verdes, 360 Soluciones. (2020, julio 3). ¿Cuál es el mejor método de compostaje? composteras vs takakura vs Bokashi vs lombricompost vs pilas. Recuperado el 14 de noviembre de 2023, de 360 Soluciones Verdes website: <https://www.360-sv.com/blog/tipos-de-compostaje>

Ambiental, M. (2015). GUÍA DE IMPLANTACIÓN PARA SISTEMA DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL. En E. M. GUIDE, *ISO14001:2015*. Biohac, S. A. (Septiembre de 2020). Programas de gestión ambiental. *Soluciones ambientales y sostenibles*.

Decreto 2412 de 2018 - Gestor Normativo. (s/f). Gov.co. Recuperado el 14 de noviembre de 2023, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=89969>.

Verdes, S. (Ed.). (s/f). *¿Cuál es el mejor método de compostaje? composteras vs takakura vs Bokashi vs lombricompost vs pilas*. 2020.

Definición ODS.Docx. (s/f). Google Docs. Recuperado el 14 de noviembre de 2023, de https://docs.google.com/document/d/1z7p8iGkpq_xWj5k--JmFIEz5cC5U7ybi/edit?usp=drive_link&ouid=102461701210770249295&rtpof=true&sd=true.

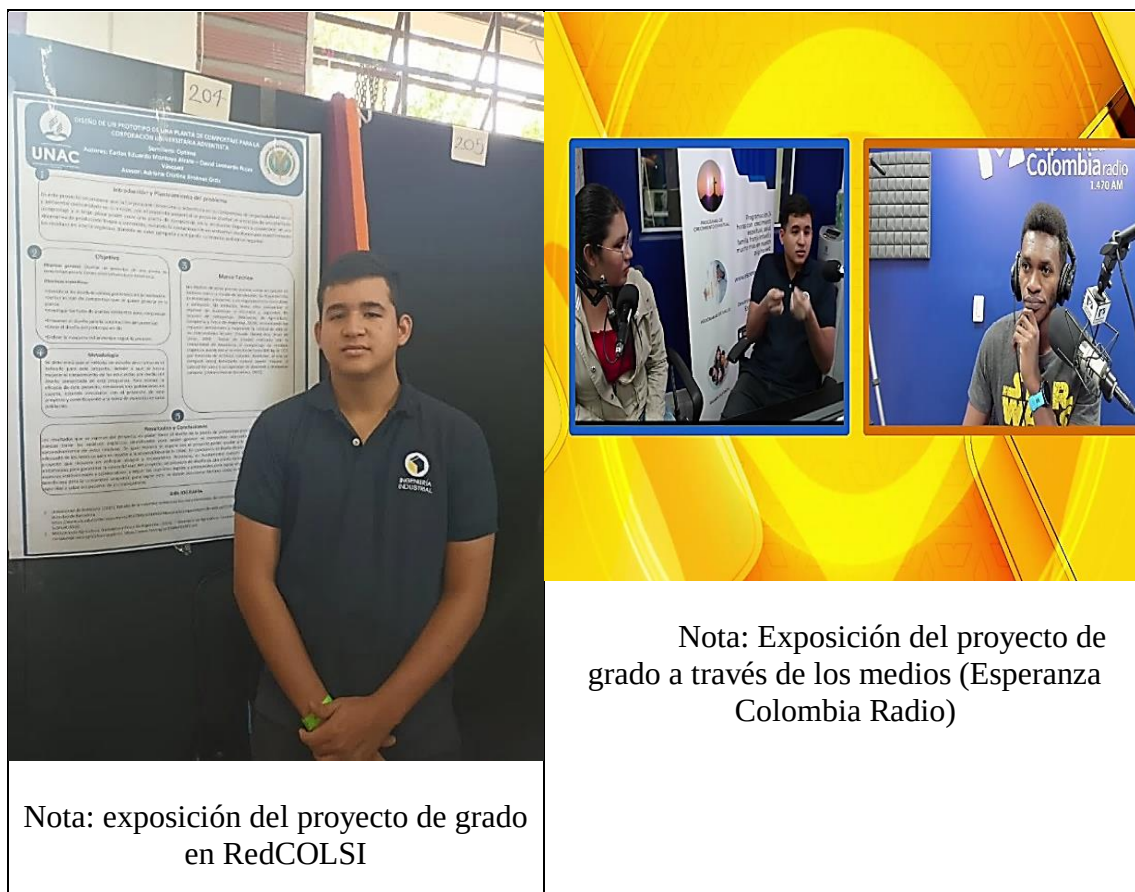
Tabla de procesos simulación flexim - resultados y analisis de resultados .Docx. (s/f). Google Docs. Recuperado el 14 de noviembre de 2023, de https://docs.google.com/document/d/1m8LvBNJHNgRJr1tLyLK5ip2f4pxGwD_F/edit?usp=drive_link&ouid=102461701210770249295&rtpof=true&sd=true

Flujograma de procesos de prototipo de una planta de compostaje.pdf. (s/f). Google Docs. Recuperado el 14 de noviembre de 2023, de https://drive.google.com/file/d/1MbSTQmJNZgiWYbwBAGi-eZSq-DbN9yqA/view?usp=drive_link

Anexos

Los anexos que se presentan a continuación proporcionan información complementaria para el proyecto.

Anexo 1 Tabla de alcance del Proyecto.



Nota. Se realizaron diferentes actividades para lograr un mejor alcance del proyecto, elaboración propia.

Anexo 2 Objetivos de desarrollo sostenible

Figura 1
Objetivos de Desarrollo Sostenible.



Nota: Organismo Internacional al servicio de Iberoamérica, (2022)

https://docs.google.com/document/d/134A69CECIkzE3dUGwE8H0_691WKZZ_rt/edit?usp=drive_link&ouid=102461701210770249295&rtpof=true&sd=true

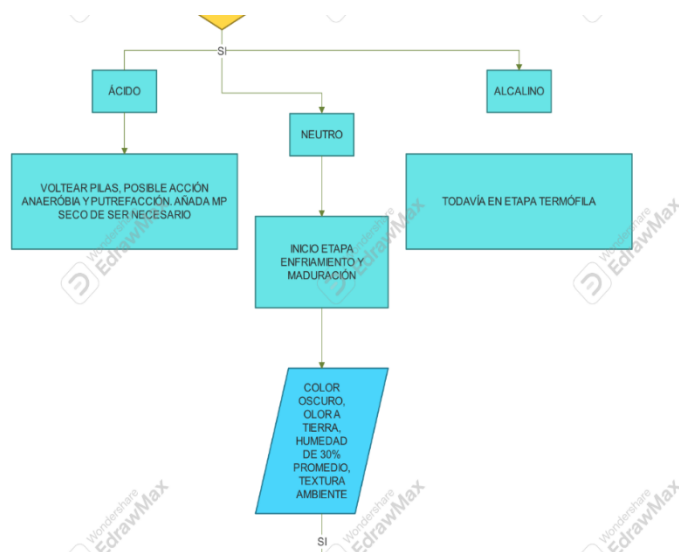
Anexo 3 Tabla de procesos del prototipo en FlexSim

Tabla de Procesos Simulación Flexsim				
Orden del proceso	Fases del Proceso	Concepto	Descripción del proceso	Clasificación del proceso
0.1	Ingreso de materia Prima	X	Se recibe y descarga la materia prima en este caso los residuos orgánicos que van a ser procesados en abono.	Subproceso
0.2	Inspección de materia prima	X	Después de descargar la materia prima se revisa que no tenga desechos no orgánicos como plásticos y vidrios que puedan obstaculizar el trabajo el proceso del compost.	Subproceso
1	Etapa de Fermentación y homogeneización	La homogeneización es el proceso de mezclar el material compostado para garantizar que todos los componentes se descomponen de manera	En la etapa de homogeneización se revuelve la materia prima y se corta en pedazos más finos la	Proceso Principal

Nota: Elaboración propia.

https://docs.google.com/document/d/110JH4KSF-4V8daIYVMh3Fck_GS9zfG1H/edit?usp=sharing&ouid=102461701210770249295&rtpof=true&sd=true

Anexo 4 Flujoograma de procesos en el prototipo de la planta de compostaje



<https://drive.google.com/file/d/1dlxMD3tmAXpeHB1-6DRJhFowV6OAci7F/view?usp=sharing>

Anexo 5 Galería de imágenes tomadas en la aplicación de la entrevista en la metodología

En el enlace puede encontrar imágenes que validan que la actividad de la entrevista se hizo en la universidad.

Fotos Tomas en la Entrevista - Metodologia - Google Drive [Internet]. Google.com. [citado el 13 de noviembre de 2023]. Disponible en:

https://drive.google.com/drive/folders/1x7QeKgnYrSN3s_zKsJcdmE5yF94LYOjE?usp=drive_link

Anexo 6 Video prototipo de Flexim planta de compostaje

Vasquez DLR. Planta de compostaje Flexim [Internet]. Youtube; 2023 [citado el 13 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=LEgtO2uGrSM>

Anexo 7 Video Diseño de la planta de compostaje SketchUp

Vídeo Diseño Planta de Compostaje en SketchUp - C.Montoya -D. Rojas .mp4 [Internet]. Google Docs. [Citado el 13 de noviembre de 2023]. Disponible en:

https://drive.google.com/file/d/172GUBNhe08mU0JLvwMr8GG4hTULAfAwk/view?usp=drive_link

Anexo 8 Tablas de costos para la construcción e implementación de la planta de compostaje

Google.com. [citado el 14 de noviembre de 2023]. Disponible en:

<https://docs.google.com/document/d/1MaJDFPbCiV2HoG1jvHrdgd73a7LILxpZ/edit?usp=sharing&ouid=102798470835049709977&rtpof=true&sd=true>