



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**DISEÑO DE UN LABORATORIO VIVO PARA LA CARRERA DE
INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA,
CAMPUS SUR, QUITO.**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniera Ambiental

AUTORA: GABRIELA ESTEFANÍA MORALES CHIGUANO

TUTOR: RONNIE XAVIER LIZANO ACEVEDO

Quito – Ecuador

2024

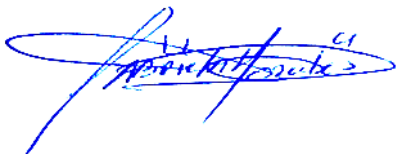
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Gabriela Estefanía Morales Chiguanó con documento de identificación No. 1721054276 manifiesto que:

Soy la autora responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 22 de febrero del año 2024

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gabriela Estefanía Morales Chiguanó', with a small 'CI' written above it.

Gabriela Estefanía Morales Chiguanó
1721054276

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Gabriela Estefanía Morales Chiguano con documento de identificación No. 1721054276, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo Experimental: “Diseño de un laboratorio vivo para la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus Sur, Quito ”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 22 de febrero del año 2024

Atentamente,



Gabriela Estefanía Morales Chiguano
1721054276

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ronnie Xavier Lizano Acevedo con documento de identificación No. 1714291588, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UN LABORATORIO VIVO PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, CAMPUS SUR, QUITO, realizado por Gabriela Estefanía Morales Chiguano con documento de identificación No. 1721054276, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 22 de febrero del año 2024

Atentamente,



Ing. Ronnie Xavier Lizano Acevedo M.Sc.

1714291588

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado principalmente a mis padres Janeth y Robinson quienes han sido mi motor, mi fuerza e inspiración para poder cumplir esta meta, a mi abuelita Luz que ha sido mi segunda madre y quien con su apoyo y cariño ha estado en todo momento para mí, a mis hermanos Alexander y César Andrés quienes siempre con una palabra o sonrisa han hecho que dé lo mejor de mí, y de los que espero se sientan orgullosos de su hermana, a mi esposo Bryan Patricio que en todo momento estuvo apoyándome y animándome para no desistir. A mis amigos que han formado parte de mi trayectoria universitaria. A mis niñas Nera y Nuna que me brindan su amor incondicional y esperan por mí todos los días.

Estefanía

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por su amor y enseñanzas, por esta prueba que sin duda alguna me hizo crecer y madurar, gracias a mis padres por ser los principales promotores de este sueño, por confiar en mí, por los consejos, valores y principios que me inculcaron, a mis amigos, a Alejandro y con gran amor a mi esposo Brayan Molina quien ha sido mi inspiración y ejemplo a seguir como persona y profesional, a todos ustedes que han dejado una huella en mí, aportando en mi formación académica y personal.

Estefanía

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xii
ABSTRACT	xv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema	2
1.2. Delimitación.....	2
1.3. Pregunta de investigación	3
1.4. Objetivos:.....	3
1.4.1. General.....	3
1.4.2. Específicos.....	3
1.5. Hipótesis	4
1.6. Justificación	4
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
2.1. Laboratorio vivo:	6
2.2. Contaminación ambiental:	6
2.3. Contaminación del suelo:.....	7
2.4. Contaminación del agua:	7
2.5. Calidad del agua y suelo:	8
2.6. Calidad de agua de riego:.....	9
2.7. Relación del diseño y la problemática abordada:	9
2.8. Preservación y restauración del medio ambiente:.....	10

2.9.	Gestión de residuos:.....	11
2.10.	Educación ambiental y conciencia ecológica:.....	12
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1.	Espacio Físico	13
3.2.	Personal.....	14
3.3.	Planificación inicial	14
3.4.	Diseño	16
3.4.1.	Coworking:	17
3.4.2.	Laboratorio vivo:	17
3.4.3.	Zona externa de los domos:	18
3.4.4.	Características del piso de camineras y entradas:.....	18
3.4.5.	Bancas:	18
3.4.6.	Mesas:.....	18
3.4.7.	Vegetación y paisajismo:.....	19
3.4.8.	Infraestructura ecológica:	19
3.4.9.	Accesibilidad y espacios multifuncionales:.....	19
3.4.10.	Educación ambiental y participación comunitaria:	20
3.4.11.	Zona interna de los domos:.....	20
3.4.12.	Área de compostaje:	20
3.4.13.	Área de huerto:	21
3.4.14.	Área de tratamiento de aguas:	21
3.4.15.	Sistema de riego:	23

3.5.	Interconexión de áreas:	24
3.6.	Señalética para áreas del laboratorio vivo:	24
3.6.1.	Entrada:.....	24
3.6.2.	Áreas específicas (compostaje, huerto, tratamiento de aguas):	24
3.6.3.	Puntos de acopio de residuos orgánicos:	24
3.6.4.	Salida:	25
3.6.5.	Información ambiental:.....	25
3.6.6.	Zonas de descanso:	25
3.6.7.	Recordatorios ambientales:.....	25
3.6.8.	Estilo y materiales:	25
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
5.1.	Conclusiones	39
5.2.	Recomendaciones	40
6.	BIBLIOGRAFÍA	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reconocimiento del espacio físico, determinado y delimitado para el desarrollo del diseño del laboratorio vivo.	13
Figura 2. Limpieza total del espacio físico delimitado para el diseño (zona externa). .	14
Figura 3. Limpieza total del espacio físico delimitado para el diseño (zona interna)..	15
Figura 4. Plano arquitectónico laboratorio vivo.	17
Figura 5. Fachada frontal y lateral izquierda de los DOMOS.	28
Figura 6. Fachada posterior y lateral derecha de DOMOS.	28
Figura 7. Plano arquitectónico Coworking.	29
Figura 8. Plano arquitectónico Laboratorio vivo.	30
Figura 9. Vista en planta en 3D de los domos.	31
Figura 10. Vista en planta interna en 3D de los domos.	31
Figura 11. Vista interna en 3D del Coworking.	32
Figura 12. Vista interna en 3D del laboratorio vivo.	32
Figura 13. Inicio de trabajos de limpieza interna de domos.	33
Figura 14. Verificación de niveles en terreno.	34
Figura 15. Revisión de tanque recolector de agua lluvia.	34
Figura 16. Limpieza interna y externa del tanque y sistema de tuberías.	35
Figura 17. Cambio de accesorios dañados en sistema de tubería.	35
Figura 18. Limpieza y cambio de filtro de agua.	36

Figura 19. Instalación del sistema de riego por goteo y construcción de cerca de madera para huerto.	36
Figura 20. Instalación del sistema de riego por goteo y construcción de cerca de madera para huerto.	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Presupuesto final estimado de una implementación, 2024.....	38
---	----

RESÚMEN

La presente investigación propone el diseño de un laboratorio vivo para la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus Sur, Quito, el cual se lo realizó manteniendo varios lineamientos, tanto académicos como sociales, debido a que, en las últimas décadas, la ingeniería ambiental ha experimentado un marcado cambio hacia enfoques más sostenibles y orientados hacia la solución de problemas ambientales globales. Por lo que, el diseño de un laboratorio vivo para la carrera, ha surgido como una herramienta innovadora y efectiva, que puede combinar la teoría con la práctica, permitiendo a los estudiantes e investigadores explorar y resolver problemas ambientales en entornos reales.

El presente estudio se centra en la creación de un entorno experimental dinámico y sostenible que simule condiciones ambientales reales, permitiendo la investigación aplicada y el análisis de soluciones prácticas para los desafíos ambientales contemporáneos y futuros.

El laboratorio vivo propuesto integra varias prácticas, las cuales se encuentran dentro del plan de estudio de la carrera, por lo que se logró crear un espacio donde se puedan estudiar y aplicar soluciones para la gestión eficiente de recursos naturales, la mitigación de la contaminación y la innovación de prácticas sostenibles. Este enfoque innovador no solo proporciona una plataforma de investigación única, sino que también fomenta la colaboración interdisciplinaria al involucrar a estudiantes, docentes e investigadores de diversas disciplinas en la resolución de problemas ambientales concretos.

Dando, así como resultado un diseño de laboratorio vivo innovador, en el cual se integra prácticas clave que permitan obtener resultados preliminares que ayuden a recuperar recursos naturales y que a su vez pueda brindar beneficios potenciales, tanto para la investigación como para el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Palabras Clave: Laboratorio vivo, recursos naturales, sostenibilidad.

ABSTRACT

This research proposes the design of a living laboratory for the Environmental Engineering course at the Salesian Polytechnic University, South Campus, Quito, which was carried out maintaining several guidelines, both academic and social, because in recent decades, environmental engineering has undergone a marked change towards more sustainable and solution-oriented approaches to global environmental problems. Thus, the design of a living laboratory for the course has emerged as an innovative and effective tool that can combine theory with practice, allowing students and researchers to explore and solve environmental problems in real environments.

The present study focuses on the creation of a dynamic and sustainable experimental environment that simulates real environmental conditions, enabling applied research and the analysis of practical solutions to contemporary and future environmental challenges.

The proposed living lab integrates several practices, which are within the curriculum of the degree programme, thus creating a space where solutions for efficient natural resource management, pollution mitigation and innovation of sustainable practices can be studied and applied. This innovative approach not only provides a unique research platform, but also fosters interdisciplinary collaboration by involving students, teachers and researchers from various disciplines in solving concrete environmental problems.

This has resulted in an innovative living lab design, in which key practices have been integrated to provide preliminary results that will help to recover natural resources and provide potential benefits for both research, teaching and continued career advancement.

Keywords: Living laboratory, natural resources, sustainability.

1. INTRODUCCIÓN

Los laboratorios vivos, también conocidos como ecosistemas de aprendizaje, representan una evolución significativa en la educación y la investigación en la ingeniería ambiental. Estos espacios funcionales proporcionan la oportunidad de experimentar y estudiar procesos ecológicos y tecnologías ambientales en un entorno controlado, al tiempo que permiten la interacción con sistemas ambientales reales. Esta interacción se ha convertido en un pilar fundamental de la formación en la carrera, ya que brinda a los estudiantes una comprensión profunda de los desafíos ambientales del mundo real y les permite desarrollar soluciones prácticas y sostenibles.

Históricamente, los laboratorios vivos se han empleado en diversas disciplinas científicas y tecnológicas, pero su aplicación en la Ingeniería Ambiental en las últimas décadas ha cobrado un interés creciente. Estos laboratorios pueden abordar una amplia gama de temas, desde la gestión de recursos hídricos y el tratamiento de aguas residuales hasta la restauración de ecosistemas degradados. La versatilidad de los laboratorios vivos les permite adaptarse a las necesidades específicas de esta ingeniería y contribuir de manera significativa a la formación de profesionales capaces de enfrentar los desafíos ambientales actuales y futuros.

A medida que la comunidad académica y científica ha reconocido la importancia de los laboratorios vivos, se ha producido un aumento en la investigación, el diseño e implementación de estos sistemas en programas educativos y proyectos de investigación. La información recopilada de estudios y proyectos anteriores ha demostrado el valor de

los laboratorios vivos en la formación de ingenieros ambientales altamente competentes y en la generación de soluciones innovadoras para problemas ambientales complejos.

A pesar de estos avances, todavía existe un terreno fértil para investigaciones adicionales que exploren y optimicen la aplicación de laboratorios vivos en la carrera. Estas investigaciones pueden abordar cuestiones relacionadas con el diseño y la gestión de los laboratorios vivos, la medición de su impacto en la formación de estudiantes y el desarrollo de enfoques específicos para la resolución de problemas ambientales.

1.1. Problema

La Ingeniería Ambiental en la actualidad enfrenta grandes desafíos en la formación de profesionales capaces de abordar problemáticas ambientales complejas y dinámicas. A pesar de los avances en la teoría y la tecnología, la falta de experiencia práctica puede limitar la capacidad de los estudiantes para aplicar sus conocimientos en situaciones reales. En este contexto, la ausencia de un laboratorio vivo integral dentro del currículo académico de la carrera emerge como un obstáculo significativo, ya que limita el desarrollo integral de habilidades prácticas y la aplicación de conocimientos adquiridos en entornos reales, debido a que la formación teórica, aunque esencial, no proporciona la experiencia necesaria para abordar desafíos ambientales complejos que los profesionales enfrentarán en su desarrollo y ámbito laboral.

1.2. Delimitación

El espacio físico delimitado para este proyecto de investigación y diseño está ubicado dentro del campus sur de la Universidad Politécnica Salesiana, donde se colocaron dos domos, dentro de los cuales se diseñará el laboratorio vivo.

1.3. Pregunta de Investigación

¿El diseño eficaz de un laboratorio vivo en la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana puede mejorar en la formación práctica de los estudiantes, integrando de manera efectiva la teoría con la práctica, y promoviendo el desarrollo de habilidades técnicas necesarias para abordar desafíos ambientales en entornos del mundo real?

1.4. Objetivos:

1.4.1. General

- Diseñar un laboratorio vivo para la carrera de Ingeniería Ambiental como iniciativa de investigación, que integre prácticas y tecnologías eco amigables de manera didáctica de temas ambientales para mejorar la gestión efectiva y eficiente de diferentes ecosistemas.

1.4.2. Específicos

- Diseñar el área establecida para un laboratorio vivo, mediante un reconocimiento y adecuación del lugar, con fotografías y reconocimiento del área donde se encuentran los domos, los cuales serán divididos en dos áreas las cuales serán coworking y laboratorio.
- Delimitar un espacio educativo y práctico donde los estudiantes puedan aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en la carrera con tecnologías de bajo impacto

ambiental que puedan ser integrados en la operación y funcionalidad del laboratorio vivo.

- Determinar los beneficios del diseño de un laboratorio vivo para la carrera de Ingeniería Ambiental, mediante revisión bibliográfica, como mecanismo de mejora a la investigación dentro de la misma, que permita a los estudiantes innovar con prácticas nuevas en laboratorio.

1.5. Hipótesis

El diseño eficaz de un laboratorio vivo y su posterior implementación en la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana, centrado en la simulación de ecosistemas y procesos ambientales, aumenta significativamente en los estudiantes la capacidad de integrar fundamentos teóricos con la práctica, enfocándolos a desarrollar soluciones sostenibles y eficientes a problemas ambientales reales actuales y futuros, haciendo que los estudiantes mejoren sus habilidades prácticas y técnicas para abordar todo tipo de problemática ambiental, tanto para su desarrollo académico como para la aplicación en su vida profesional.

1.6. Justificación

El presente trabajo pretende diseñar un laboratorio vivo para la carrera de Ingeniería Ambiental, ya que la problemática abordada es la necesidad de brindar a los estudiantes de la carrera una experiencia práctica y realista en un entorno controlado que simule situaciones del mundo real relacionadas con el medio ambiente, tales como tratamiento de los residuos orgánicos, tratamiento de aguas lluvia, y agricultura sostenible.

La importancia de un laboratorio vivo radica en varios aspectos:

- **Formación práctica:** Los ingenieros ambientales deben estar preparados para abordar problemas ambientales reales con respecto al tratamiento de los residuos orgánicos, el aprovechamiento del agua lluvia y una agricultura urbana, y un laboratorio vivo ofrece la oportunidad de aplicar conocimientos teóricos en situaciones prácticas.
- **Conexión con la realidad:** Permite a los estudiantes enfrentarse a desafíos ambientales auténticos, lo que mejora su comprensión de las complejidades y las implicaciones de las decisiones que toman.
- **Desarrollo de habilidades técnicas:** Los estudiantes adquieren habilidades técnicas esenciales, como muestreo, análisis de datos y diseño de soluciones ambientales, que son cruciales para su futura carrera profesional.
- **Fomento de la innovación:** Los laboratorios vivos pueden servir como incubadoras de ideas y proyectos innovadores que aborden problemas ambientales locales y globales.
- **Conciencia ambiental:** Al interactuar con situaciones reales, los estudiantes desarrollan una mayor conciencia y sensibilidad hacia las cuestiones ambientales, lo que puede influir en sus decisiones personales y profesionales.

Por lo mencionado, se considera esencial el diseño de un laboratorio vivo para su futura implementación en la carrera de Ingeniería Ambiental, el mismo que pueda brindar a los estudiantes una formación integral y práctica, preparándolos para enfrentar los desafíos ambientales del mundo real y contribuir de manera significativa a la protección y preservación del medio ambiente.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el siguiente apartado se describirá los principales fundamentos teóricos relacionados con el tema de investigación, permitiendo su sustentación y entendimiento del mismo.

2.1. Laboratorio vivo:

De acuerdo con (Mabrouki, Chibani, Amirat, Valenzuela Fernandez, & Navarro de la Cruz, 2010), el término Laboratorio Vivo, o “Living Lab” fue dado a conocer por primera vez en 2003 por William Mitchell del MIT Media Lab, definiéndolo como una metodología de investigación para la detección, prototipado, validación y el perfeccionamiento de soluciones complejas en contextos múltiples y en evolución de la vida real.

Los laboratorios vivos, también conocidos como ecosistemas de aprendizaje o biorreactores, son una herramienta cada vez más utilizada en la educación y la investigación en el campo académico, y uno de estos también es en la ingeniería ambiental. Estos laboratorios permiten a los investigadores trabajar con sistemas ambientales reales, lo que les brinda la oportunidad de comprender mejor los procesos ecológicos y las soluciones a los problemas ambientales. (De Moor, Deryckere, & Schuurman, 2013).

2.2. Contaminación Ambiental:

La contaminación ambiental refiere principalmente a la introducción de sustancias o agentes contaminantes en el medio ambiente. Para (Diestra, 2017) la contaminación ambiental se define como la contaminación de los componentes físicos y biológicos de

los recursos naturales, hasta el punto de que los procesos ambientales normales se vean afectados adversamente.

La mayoría de contaminantes que se internan en el medio ambiente son generados por el ser humano, ya sea de industrias, comercios, procesos químicos u otras fuentes como desagües, plantas de tratamiento de aguas residuales, alcantarillados o lixiviados producidos por la mala gestión de residuos, por lo que durante décadas se han visto afectados varios recursos naturales como son el agua, suelo y aire.

Las principales razones de contaminación pueden ser, mala gestión de residuos, vertido ilegal o mal almacenamiento de sustancias químicas nocivas y las malas prácticas ambientales en la industria.

2.3. Contaminación del suelo:

La contaminación del suelo, es una degradación del suelo que se da principalmente por el vertido de sustancias químicas, fertilizantes, pesticidas y la inadecuada disposición de sustancias tóxicas, lo que causa que la concentración de un químico o sustancia que ingresa en el suelo sea más alta de la que ocurriría naturalmente sin que necesariamente se cause un daño en el recurso (Navarrete Segueda, VelaCorrea, López, & Rodriguez, 2011). La polución del suelo, por otro lado, se refiere a la presencia de un químico o sustancia fuera de sitio y/o presente en concentraciones más altas de lo normal que tiene efectos adversos sobre cualquier organismo al que no está destinado. (Ramos Vázquez & Zúñiga Dávila, 2008)

2.4. Contaminación del agua:

La contaminación hídrica se entiende como la acción de introducir algún material en el agua alterando su calidad y su composición química (Larramendi, Millán, & Plana, 2021).

Según la Organización Mundial de la Salud el agua está contaminada “cuando su composición se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso, al que se le hubiera destinado en su estado natural”. En la actualidad la contaminación del agua es una problemática seria, debido a que afecta tanto a ríos, lagos, océanos y acuíferos, denotándolo así en su calidad. Esta contaminación puede tener varias fuentes y consecuencias negativas tanto para el medio ambiente, vida acuática como para la salud del ser humano, esta se da principalmente por vertido de sustancias químicas, aguas residuales crudas o no tratadas, escorrentía de fertilizantes agrícolas, desechos animales, derrames de hidrocarburos, micro plásticos, entre otras. (Larramendi, Millán, & Plana, 2021), por lo que la gestión y prevención de la contaminación requieren regulaciones efectivas, tratamiento de aguas residuales, prácticas agrícolas sostenibles y conciencia pública sobre el uso responsable del agua y la gestión de residuos.

2.5. Calidad del Agua y Suelo:

La Ingeniería Ambiental trabaja en el diseño de sistemas para monitorear y mejorar la calidad del agua y suelo, lo que implica el tratamiento de aguas residuales, la prevención de la contaminación del suelo y la gestión sostenible de los recursos hídricos, por lo que dentro del diseño del laboratorio vivo para la carrera de ingeniería ambiental se ha considerado importante implementar prácticas y sistemas que permitan el uso de tratamiento de aguas lluvia, siendo una práctica crucial en la gestión sostenible del agua y en la preservación de este recurso.

El tratamiento de aguas lluvias permite recuperar y reutilizar el agua de lluvia para diversos fines, como el riego de cultivos, el lavado de áreas exteriores o incluso para usos no potables dentro del laboratorio (Larramendi, Millán, & Plana, 2021). Esto contribuye a la conservación de los recursos hídricos y reduce la demanda sobre las fuentes de agua

potable, ayudando también a reducir la erosión del suelo, siendo de gran importancia en zonas urbanas donde las superficies impermeables pueden aumentar la escorrentía y los riesgos asociados a la misma.

2.6. Calidad de agua de riego:

La FAO 2011 (La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) con el fin de aumentar la productividad y la calidad del agua de riego ha implementado calidad de agua leyes necesarias para garantizar la calidad de los productos. El concepto según (Moreno & Moral, 1996) se refiere a las características que puedan afectar su adaptabilidad a un uso específico. Según la OEA 2014 (Organización de los Estados Americanos) en un estudio realizado sobre el uso de agua para la agricultura, define la calidad del agua por una o más características físicas, químicas o biológicas que pueden variar significativamente, donde el principal problema que se identifica, es lo referente a la salinidad que posee la misma. (Diestra, 2017)

2.7. Relación del diseño y la problemática abordada:

Integrar el tratamiento de aguas residuales, tratamiento de residuos y la inclusión de un huerto en un laboratorio vivo demuestra un compromiso para mitigar y recuperar los recursos naturales que se puedan ver afectados, logrando que, con prácticas sostenibles y ambientalmente responsables se pueda crear un centro investigativo y de innovación para sus posibles soluciones. Esto puede influir positivamente en la comunidad académica y en la sociedad en general al promover la conciencia sobre la gestión eficiente del agua, suelo y residuos.

Un laboratorio vivo dedicado al tratamiento de aguas, residuos y agricultura urbana representada por huertos, hace que exista una sostenibilidad significativa, ya que al incluir una agricultura urbana estos proporcionan una oportunidad para estudiar y comprender los ciclos biogeoquímicos en sistemas cerrados. La interacción entre el suelo, las plantas y los microorganismos ofrece un marco para investigar la dinámica de nutrientes y su impacto en la calidad del suelo y del agua. En la actualidad, la agricultura urbana dentro de entornos urbanos o institucionales, se alinea con los principios de sostenibilidad al acercar la producción de alimentos a los consumidores lo que logra que se fomente el autoconsumo y limita el derroche de alimentos, agua y energía que se emplean en la producción a gran escala de los mismos; contribuyendo a la promoción de la biodiversidad y resiliencia del sistema, lo que respalda la idea de que la biodiversidad es esencial para la estabilidad a largo plazo de los ecosistemas.

2.8. Preservación y Restauración del Medio Ambiente:

La Ingeniería Ambiental es una carrera que se centra en la preservación y restauración de los ecosistemas y la biodiversidad, lo que implica el desarrollo de tecnologías y estrategias que mitiguen los impactos negativos de las actividades humanas en el entorno natural.

En el Ecuador tenemos una entidad, la cual es el Código Orgánico del Ambiente COA, donde se establece una serie de principios fundamentales para la gestión ambiental, que incluye también la preservación y restauración del medio ambiente, dichos principios pueden incluir la prevención de la contaminación, la conservación de la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos naturales. Es importante recalcar que, el COA promueve la gestión integrada del ambiente mediante varios instrumentos de gestión, reconociendo la interdependencia entre los componentes del medio ambiente, lo que implica abordar

los problemas ambientales de manera holística y considerar los factores sociales, económicos y culturales asociados; por otra parte, también contiene disposiciones relacionadas con la prevención y control de la contaminación, estableciendo normas y regulaciones para limitar las emisiones de sustancias contaminantes y la gestión adecuada de residuos.

Es importante mencionar que, esta ley hace énfasis en la participación ciudadana en la toma de decisiones ambientales, el cual es un elemento clave, ya que podría incluir mecanismos para que la sociedad civil participe en la definición de políticas y en la supervisión de proyectos que puedan tener impactos ambientales significativos e innovadores, siendo importante mencionar que este código también incluye sanciones y medidas correctivas para aquellos que incumplen las disposiciones ambientales. Estas sanciones pueden ser aplicadas a individuos o entidades que causen daño al medio ambiente.

2.9. Gestión de Residuos:

Otro de los puntos importantes es el manejo eficiente de los desechos sólidos, lo que incluye la reducción, reciclaje y eliminación segura de residuos para prevenir la contaminación del suelo, agua y aire.

La gestión de residuos, el diseño y la implementación de laboratorios vivos son aspectos críticos en el campo de la Ingeniería Ambiental y tienen una importancia significativa en el manejo sostenible del medio ambiente, lo que hace que el diseño de proyectos innovadores para una gestión diferente de residuos sea de gran relevancia dentro de la carrera, es por ello que se tiene como objetivo el diseño de un laboratorio vivo dentro del cual se pueda implementar varias actividades, prácticas o proyectos que ayuden a la

gestión responsable de los residuos orgánicos generados dentro del campus sur de la Universidad Politécnica Salesiana.

Una gestión eficiente de residuos es de suma importancia ya que contribuye a prevenir la contaminación de ecosistemas, la recuperación y reciclaje de materiales, lo que ayuda a la conservación de los recursos naturales y a la mitigación de impactos climáticos, debido a que la descomposición de residuos orgánicos en vertederos puede generar emisiones de gases de efecto invernadero.

La gestión de residuos también está estrechamente vinculada a la economía circular, la cual busca minimizar el desperdicio y maximizar la reutilización, reciclaje y recuperación de recursos. Esto promueve un modelo sostenible y reduce la dependencia de los vertederos antes mencionados.

2.10. Educación Ambiental y Conciencia Ecológica:

La inclusión de prácticas dentro del laboratorio vivo como los huertos ofrece una herramienta educativa poderosa para estudiantes, docentes y la comunidad universitaria, ya que facilita el aprendizaje práctico sobre prácticas agrícolas sostenibles, fomentando así la conexión con la naturaleza y promoviendo la conciencia ambiental.

Los huertos pueden desempeñar un papel muy importante en la mitigación de impactos ambientales al contribuir a la absorción de carbono, la conservación del suelo y la gestión eficiente del agua. Siendo aspectos cruciales para abordar problemas como el cambio climático y la degradación del suelo.

Estos a su vez proporcionan un área de investigación, permitiendo incluir técnicas agrícolas innovadoras, que logren producir cultivos resistentes y la experimentación con prácticas que puedan minimizar varios impactos ambientales.

Esta fundamentación teórica que refiere a la integración de huertos en un laboratorio vivo se basa en la idea de que estos espacios no solo son productivos desde el punto de vista agrícola, sino que también sirven como herramientas de investigación, educación ambiental y la innovación de prácticas sostenibles en el campo de la Ingeniería Ambiental.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Espacio Físico

El espacio físico para este proyecto está ubicado dentro del campus sur de la Universidad Politécnica Salesiana, donde se colocaron dos domos, dentro de los cuales se diseñará el laboratorio vivo, cada uno de estos domos posee una área interna , donde se procederá a diseñar el laboratorio vivo

Figura 1.

Reconocimiento del espacio físico, determinado y delimitado para el desarrollo del diseño del laboratorio vivo.



Nota: Cobertura vegetal bastante alta, escombros y basura alrededor. *Fuente:* La investigación

Para este diseño se llevó a cabo un análisis detallado del espacio físico que se tiene para el desarrollo del proyecto, donde se consideró factores como la proximidad a fuentes de agua, la disponibilidad de áreas verdes y la accesibilidad para estudiantes y personal.

3.2. Personal

Para el desarrollo de este diseño se contó con un equipo técnico, director de la carrera de Ingeniería Ambiental, tutor y tesista con los cuales se delimitó las áreas que se establecerán dentro y fuera del laboratorio vivo, acopladas a las necesidades de los estudiantes y la carrera, lo cual permitió diseñar un laboratorio que pueda ser adaptable a futuras tecnologías y cambios en las necesidades de investigación de la carrera.

La metodología que se utilizó para el diseño del laboratorio vivo para la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana, campus sur, sede Quito, está dada por los siguientes pasos:

3.3. Planificación Inicial

Antes de comenzar con el proceso del diseño, se realizó varias actividades de limpieza del espacio físico, como fueron: retiro de cobertura vegetal existente tanto fuera como por dentro de los domos, retiro de adoquines, malezas, escombros y basura que se encontraba en el área donde posteriormente se diseñó el laboratorio vivo.

Figura 2.

Limpieza total del espacio físico delimitado para el diseño (zona externa).



Nota: En la imagen se puede observar el retiro significativo de cobertura vegetal, escombros, malezas y basura del lugar. *Fuente: La investigación.*

Figura 3.

Limpieza total del espacio físico delimitado para el diseño (zona interna).



Nota: En la imagen se puede observar la limpieza que se realizó en el área interna de los domos. *Fuente: La investigación.*

Para la selección de prácticas y actividades a integrar dentro del diseño para el laboratorio vivo, se realizó un análisis de las necesidades específicas de los estudiantes y del plan de estudios de la carrera para determinar, mediante bibliografía relacionada con laboratorios vivos en el campo de la Ingeniería Ambiental las prácticas y actividades que se pueden

incluir dentro del diseño del laboratorio, las cuales se rigieron a las necesidades del plan de estudio de la carrera.

Posterior a esto se eligió las prácticas y actividades a incluir dentro del laboratorio que abordaran los objetivos de aprendizaje de la carrera, como tratamiento de aguas residuales, agricultura urbana y gestión de residuos orgánicos por medio de vermicompostaje.

3.4. Diseño

Inicialmente se elaboró un diseño conceptual dentro del espacio físico antes delimitado aprovechando el entorno natural para beneficiar el diseño del proyecto, donde se consideró la disposición de equipos y la seguridad de los estudiantes dentro de los domos en los cuales se dio lugar al diseño del laboratorio vivo de la carrera, el cual integra áreas para el tratamiento de aguas lluvia, gestión de residuos orgánicos, estudios de biodiversidad, huerto urbano y otros componentes relevantes para la formación integral de los estudiantes en la carrera de Ingeniería Ambiental, es importante mencionar que para ello se consideró importante la optimización del uso de los recursos como el agua, energía y materiales, así como también se proponen conceptos generales para el manejo y cuidado del paisaje del área del proyecto delimitado.

Para este diseño, se dividió cada uno de los domos para un espacio específico de uso, las cuales son: área de coworking y área de laboratorio vivo, dónde se realizó un levantamiento arquitectónico del área a intervenir, para posteriormente diseñar los planos planimétricos con el uso del programa Autocad, seguidamente dicho plano se le plasmó en forma 3D para una mejor apreciación de los resultados del diseño, para lo que se utilizó como herramienta el programa Revit.

Es importante resaltar que la representación gráfica es una idea aproximada a la forma real de los domos, con una diferencia mínima en sus elevaciones, por lo cual no afecta al diseño planimétrico del laboratorio.

3.4.1. Coworking:

Dentro de esta área se diseñó un espacio de trabajo colaborativo para que los estudiantes tengan un ambiente de trabajo adecuado, donde puedan trabajar de manera conjunta en proyectos y actividades relacionadas con la gestión sostenible del medio ambiente y prácticas como el compostaje, huerto, y uso de aguas fluviales, lo que fomentaría la colaboración interdisciplinaria y ofrecería un espacio físico y tecnológico propicio para la innovación ambiental; un coworking facilita la interacción entre los estudiantes y docentes, promoviendo el intercambio de conocimientos y la creación de soluciones ambientales prácticas y eficientes, siendo así un centro dinámico de aprendizaje y aplicación de habilidades prácticas en el ámbito de la Ingeniería Ambiental, ya que puede ser un ambiente adecuado para la toma de muestras in situ y valoración de análisis de datos de prácticas realizadas dentro del mismo.

3.4.2. Laboratorio vivo:

En este espacio se diseñó tres sectores delimitados, los cuales darán lugar a: compostaje, área de huerto con sistema de riego y área de tratamiento de aguas fluviales, cabe recalcar que el sistema de riego será con base de agua fluvial.

3.4.3. Zona externa de los Domos:

El diseño propuesto para esta zona, busca armonizar la funcionalidad recreativa con la sostenibilidad ambiental. La selección de materiales a utilizar como el rastrojo de coco para el piso, césped y la utilización de bancas y mesas sostenibles reflejan el compromiso con la conservación del entorno y la creación de un espacio acogedor para los estudiantes de la carrera, con el fin de que sea un espacio agradable a la vista.

3.4.4. Características del piso de camineras y entradas:

El piso de estas áreas estará revestido con cáscara de coco, que es un material natural y biodegradable proveniente de la fibra de coco, que no solo proporciona una superficie resistente y antideslizante, sino que también contribuye a la gestión de residuos agrícolas, reduciendo la necesidad de materiales no sostenibles.

3.4.5. Bancas:

Las bancas deberán estar diseñadas con materiales reciclados y maderas, con el objetivo de minimizar la huella ecológica y promover el uso responsable de recursos y el reciclaje. Además, se deberá tomar en cuenta aspectos de la ergonomía y el confort para que los estudiantes, investigadores y docentes que utilicen estas áreas disfruten de un descanso agradable en un entorno natural.

3.4.6. Mesas:

Las mesas deberán ser alineadas a la misma filosofía sostenible, ya que también se consideró materiales reciclados y maderas, garantizando la durabilidad y resistencia necesarias para resistir las condiciones climáticas al aire libre. Estas mesas

proporcionarán espacios adecuados para el uso de actividades al aire libre, recreativas y educativas de los estudiantes de la carrera.

3.4.7. Vegetación y Paisajismo:

Para esta área se consideró el diseño de una cerca viva, la cual separa la quebrada con el espacio físico delimitado para el proyecto, donde se propone la plantación de especies autóctonas como arupo y cholán que son especies de arbustos adaptadas al clima local para promover la biodiversidad y la resistencia del paisaje, también para que se pueda contar con áreas con sombra natural y senderos rodeados de vegetación los cuales contribuirán a la estética y ambiente del lugar.

3.4.8. Infraestructura Ecológica:

El diseño incluyó además un sistema de recolección de aguas pluviales para el riego de la vegetación, huerto interno y fuentes de agua potable. Además, se consideraron instalaciones de iluminación eficientes y de bajo consumo energético como son los fluorescentes que ya se encontró dentro de la infraestructura de los dos domos.

3.4.9. Accesibilidad y Espacios Multifuncionales:

Para todo el espacio físico del diseño del laboratorio vivo se propone un enfoque amigable, garantizando accesibilidad para todas las personas interesadas en realizar prácticas innovadoras dentro del mismo. Con este fin, se crearon áreas multifuncionales para actividades culturales y educativas, promoviendo así la integración de no solo la carrera de ingeniería ambiental, sino que también se busca llamar la atención de las

diferentes carreras que se encuentran en el campus sur de la Universidad Politécnica Salesiana, dando a conocer como proyecto innovador a las demás carreras.

3.4.10. Educación Ambiental y Participación Comunitaria:

El diseño del laboratorio vivo, pretende a su vez implementar actividades interactivas que destaquen los aspectos ecológicos y sostenibles del diseño, fomentando así la conciencia ambiental y la participación activa de todos los estudiantes de la carrera, así como docentes e investigadores.

3.4.11. Zona interna de los Domos:

El laboratorio vivo propuesto tiene un espacio multifuncional donde integra tres áreas esenciales: compostaje, huerto y tratamiento de aguas fluviales. Este diseño tiene como objetivo principal proporcionar un entorno práctico y educativo, teniendo una interacción directa con procesos sostenibles y la experimentación de situaciones reales relacionadas con el medio ambiente.

3.4.12. Área de Compostaje:

La sección de compostaje se centrará en la transformación de residuos orgánicos en compost de alta calidad. Se dispondrá de vermicomposteras diseñadas ergonómicamente para facilitar la recolección y descomposición de desechos orgánicos. La metodología incluirá la monitorización de temperaturas, humedad y la composición del compost, permitiendo un estudio detallado de los procesos biológicos involucrados en este proceso.

El vermicompostaje consta de la incorporación de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*), con lo que se busca maximizar la descomposición de materia orgánica, reducir la generación de residuos y promover prácticas agrícolas respetuosas con el medio ambiente.

Para esta área se propuso el uso de contenedores de madera con orificios de ventilación para garantizar la aireación adecuada. Permitiendo que las lombrices continúen con la descomposición de los residuos orgánicos.

3.4.13. Área de Huerto:

El huerto, como parte integral del laboratorio vivo, será un espacio dedicado a la agricultura urbana, donde se empleará técnicas orgánicas y se promoverá la biodiversidad mediante la plantación de especies locales, es importante recalcar que las especificaciones técnicas que poseen los domos, permite la viabilidad de este espacio ya que están hechos de un material que permiten el paso de la luz solar y en muchos de los casos han sido utilizados como invernaderos.

3.4.14. Área de Tratamiento de Aguas:

El tercer componente del laboratorio vivo se dedicará al tratamiento de aguas lluvia. Dentro del área delimitada para el proyecto encontramos un sistema implementado por la carrera de ingeniería ambiental de captación, recolección, conducción y filtración del agua lluvia. Este sistema consta de una captación directa del agua lluvia con una proyección horizontal de la cubierta de la edificación aledaña al proyecto, la cual es conducida por medio de canales, que luego descarga a un tanque recolector el cual a su

vez por medio de tubería pvc es enviada a un sistema de filtrado por donde pasa el agua recolectada para ser distribuida a la red de puntos de agua dentro del laboratorio.

Para la caracterización del agua lluvia es importante tener en cuenta que se debería analizar características fisicoquímicas y microbiológicas, esto dependerá del uso a la que se le dará dicha agua, algunos ensayos más importantes que se proponen realizar son la turbidez, color aparente, pH, conductividad y color.

En aguas lluvias de escorrentía en cubierta se puede por lo general encontrar elementos metálicos como el aluminio, hierro entre otros, siendo estos los más encontrados en este tipo de aguas. Otro de los factores que se proponen considerar en el análisis es el pH, debido a que las aguas lluvias tienden a adquirir contaminación por azufre y nitrógeno generando que el agua adquiera acidez, a la par que adquiere conductividad por el aumento en la presencia de iones metálicos. (Puñales & Aguilar, 2016)

Para dichos ensayos se considera el uso de algunos materiales que se propone se debe adquirir para esta área de tratamiento como son:

- Buretas y soporte.
- Solución estandarizada (0.0096 de AgNO₃ y 0.01 de HCl)
- Solución 5% de K₂CrO₄ y anaranjado de metilo (indicadores).
- Erlenmeyer de 250mL.
- Pipetas volumétricas.
- Pipetas graduadas.
- pHmetro

Esta metodología abordará la calidad del agua antes y después del tratamiento, evaluando la eficacia de estos procesos en la remoción de contaminantes dentro del laboratorio.

3.4.15. Sistema de riego:

Para el sistema de riego para el huerto del laboratorio vivo se propone un tipo de tubería y la implementación de un sistema de riego por goteo para proporcionar agua directamente a la base de las plantas, con el fin de minimiza las pérdidas por evaporación, asegurando una distribución uniforme del agua, optimizando así su consumo; este sistema a su vez tiene como objetivo, maximizar la eficiencia en el uso del agua, promover prácticas sostenibles y garantizar un suministro constante de agua para el crecimiento saludable de las plantas del huerto.

Para la fase de ejecución de la instalación, conocer el caudal permite un diseño adecuado del sistema, para esto existe modalidades de detección del caudal de agua las cuales pueden ser de dos tipos:

- Uso de un instrumento de medida, como el caudalímetro o el contador volumétrico.
- Utilizando un método empírico, es decir un contenedor de capacidad conocida, y observando en cuánto tiempo en segundos se llena dicho contenedor. (Moreno & Moral, 1996)

$$caudal = 60 \times \frac{L \text{ recipiente}}{\text{seg utilizados}} = \frac{L}{\text{min}}$$

El diámetro de los tubos pvc propuestos para el sistema de riego es de $1/2$, hay que tener en cuenta también que existen algunos factores que influyen en el caudal del agua como la viscosidad, la densidad y la fricción del líquido al contacto con el tubo, es por ello que el cálculo del caudal es esencia para un óptimo funcionamiento y para evitar pérdidas o baja capacidad de riego en el sistema.

3.5. Interconexión de Áreas:

La interconexión entre las áreas de compostaje, huerto y tratamiento de aguas será una característica clave del diseño. Los nutrientes generados a partir del compostaje se utilizarán para enriquecer el suelo del huerto, cerrando así el ciclo de nutrientes de manera sostenible. Así como también las aguas tratadas podrán ser reutilizadas en el riego del huerto, promoviendo una gestión integrada de los recursos naturales.

3.6. Señalética para áreas del laboratorio vivo:

La señalética en un laboratorio vivo es esencial, ya que nos permite guiar y delimitar de manera ordenada áreas del laboratorio para una mejor comprensión de la distribución del mismo a estudiantes e investigadores, proporcionando información clara sobre las distintas áreas y prácticas dentro del espacio.

Para este tipo de señalética se consideró combinar estética, claridad, sostenibilidad y bioseguridad.

3.6.1. *Entrada:*

Letras grandes y visibles con un fondo que destaque el acceso al laboratorio vivo y Coworking, este tipo de señalización de vías de ingreso debe ubicarse de forma que sea suficientemente visible.

3.6.2. *Áreas Específicas (Compostaje, Huerto, Tratamiento de Aguas):*

Paneles direccionales con íconos representativos de cada área: "Área de Compostaje", "Huerto Sostenible", "Tratamiento de Aguas".

3.6.3. *Puntos de Acopio de residuos orgánicos:*

Recipientes con distintivos: "Residuos orgánicos".

3.6.4. Salida:

Señalización de salida.

3.6.5. Información Ambiental:

Paneles educativos con imágenes ilustrativas, donde también se podrá colocar datos sobre biodiversidad local, ciclos biogeoquímicos y consejos de sostenibilidad.

3.6.6. Zonas de Descanso:

Símbolos de bancas y mesas.

3.6.7. Recordatorios Ambientales:

Carteles con mensajes que promuevan la conciencia ambiental

3.6.8. Estilo y Materiales:

El uso de materiales sostenibles como madera reciclada o paneles de plástico reciclado es primordial para la señalización, ya que nos permiten seleccionar colores que armonicen con la naturaleza y la temática ecológica del laboratorio.

Este diseño de señalética busca no solo cumplir su función informativa sino también contribuir a la estética sostenible del laboratorio vivo, permitiendo fomentar la participación activa y la conciencia ambiental tanto de estudiantes, docentes e investigadores de la carrera.

Es importante recalcar que esta metodología pretende garantizar un diseño exitoso de un laboratorio vivo para la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana, campus sur, el cual permita su posterior ejecución e implementación, brindando a los estudiantes una experiencia práctica en el campo de la ingeniería ambiental y promoviendo su desarrollo profesional y académico.

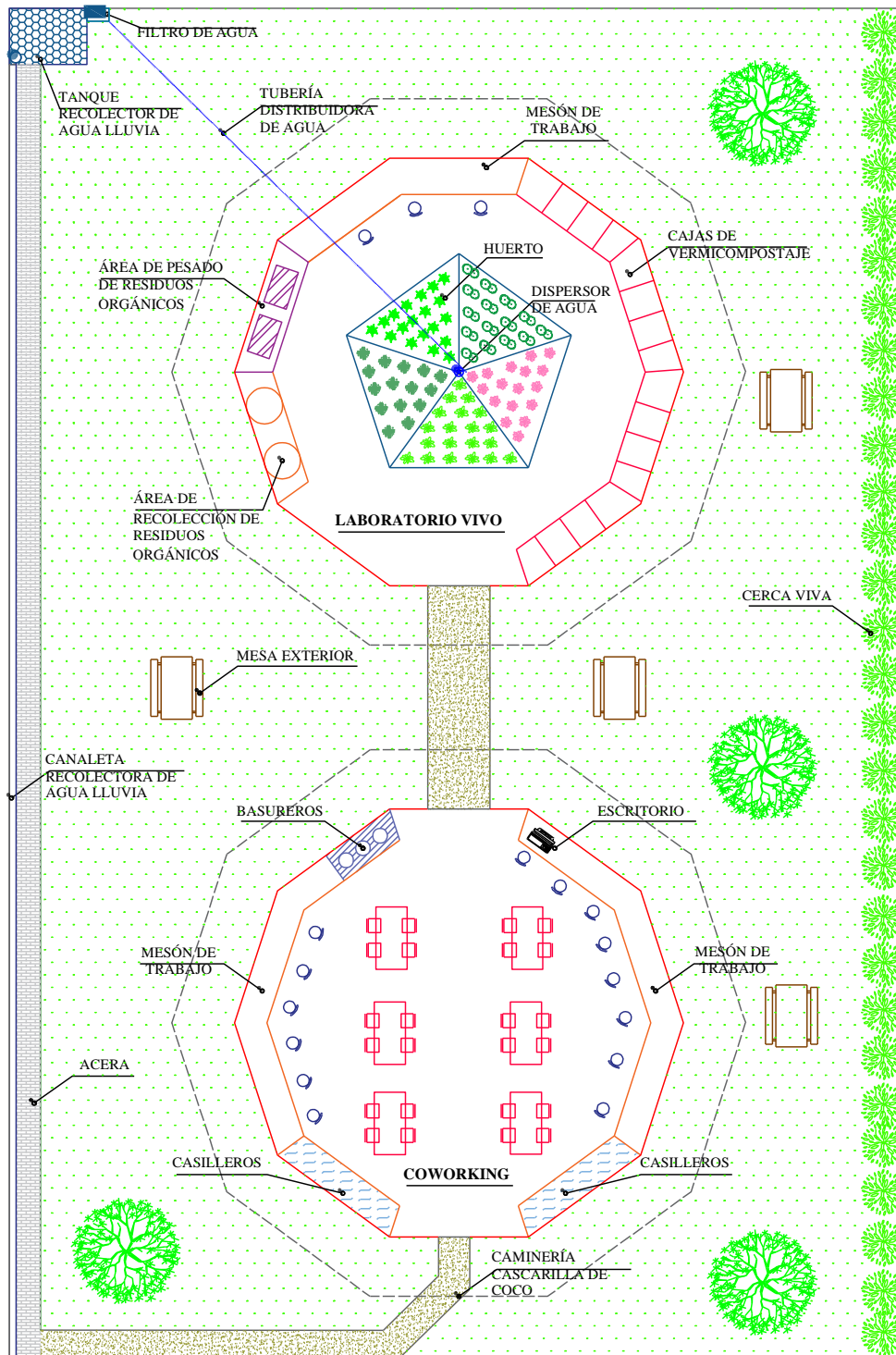
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultados del presente trabajo experimental se obtuvo un prototipo de diseño de un laboratorio vivo, alineado al buen uso del espacio delimitado para este proyecto y a su vez a la necesidad como carrera de ingeniería ambiental de dar un mejor uso de los dos domos ubicados en el lugar.

Para este diseño se hizo uso de dos programas como son: autocad y Revit, con los cuales se logró diseñar y obtener los planos arquitectónicos tanto planimétricos como en 3D, los cuales se exponen a continuación.

Figura 4.

Plano arquitectónico laboratorio vivo.

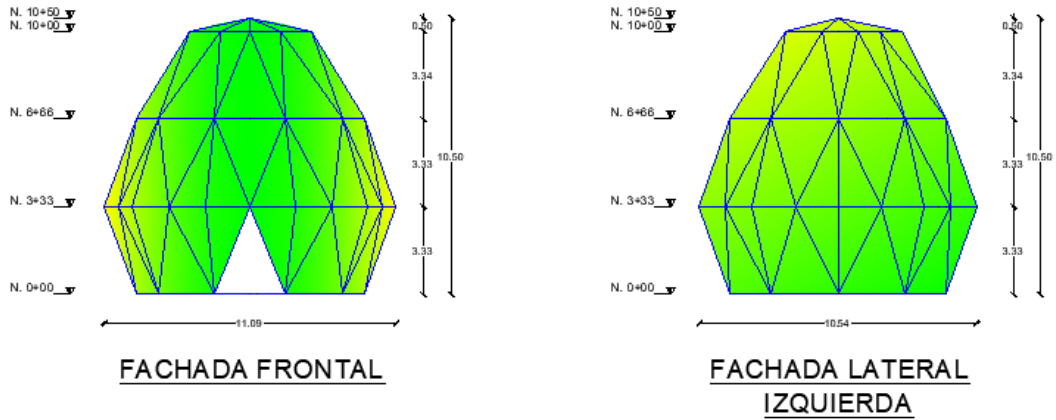


Nota: En la imagen se puede observar el plano arquitectónico del laboratorio vivo.

Fuente: Elaboración propia de la autora (2024).

Figura 5.

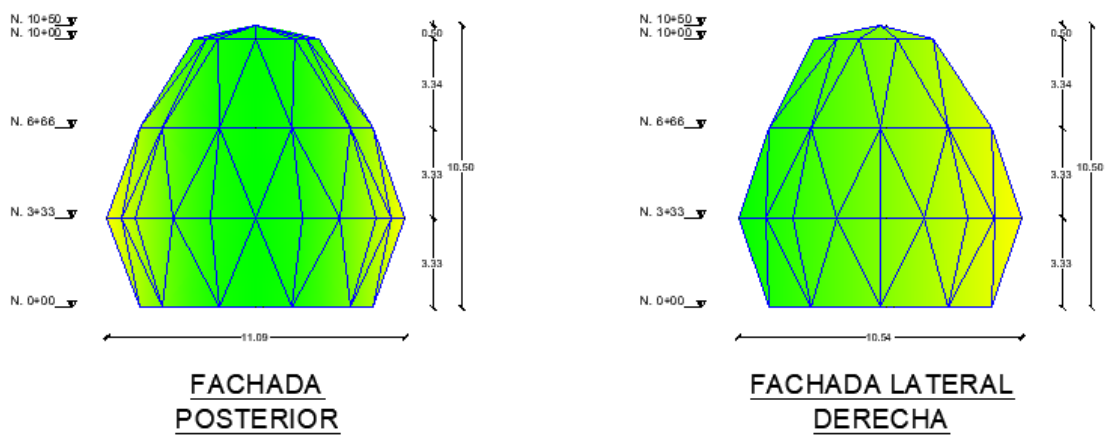
Fachada frontal y lateral izquierda de los DOMOS.



Nota: En la imagen se puede observar el plano arquitectónico en autocad de las fachadas frontal y lateral izquierda de los Domos. *Fuente: Elaboración propia de la autora (2024).*

Figura 6.

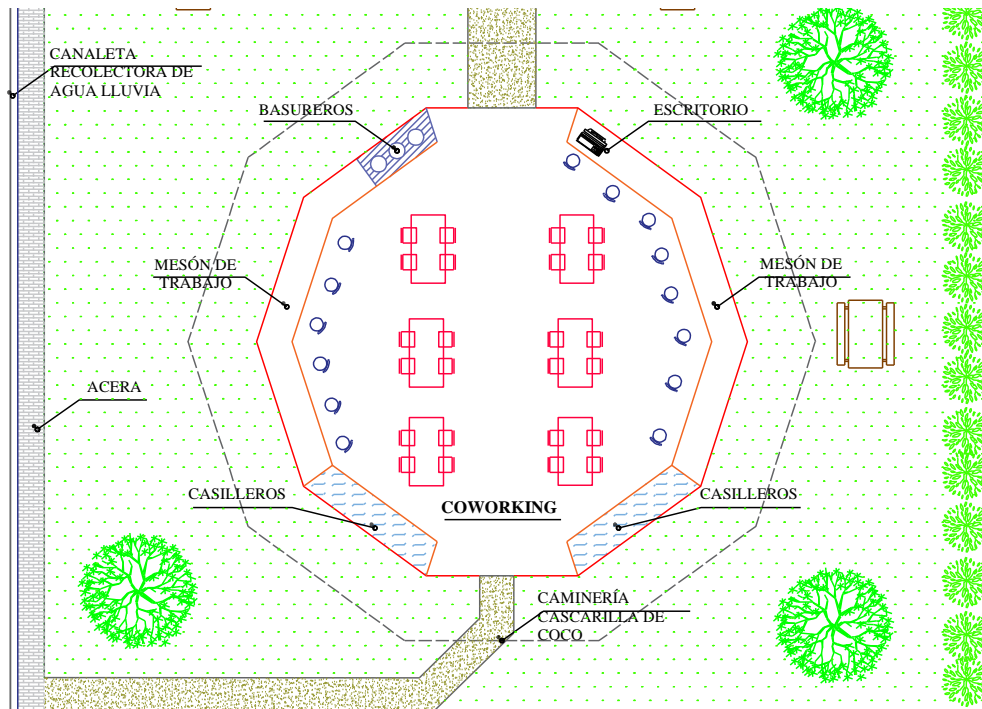
Fachada posterior y lateral derecha de DOMOS.



Nota: En la imagen se puede observar el plano arquitectónico de las fachadas posterior y lateral derecha en autocad de los Domos. *Fuente: Elaboración propia de la autora (2024).*

Figura 7.

Plano arquitectónico Coworking.

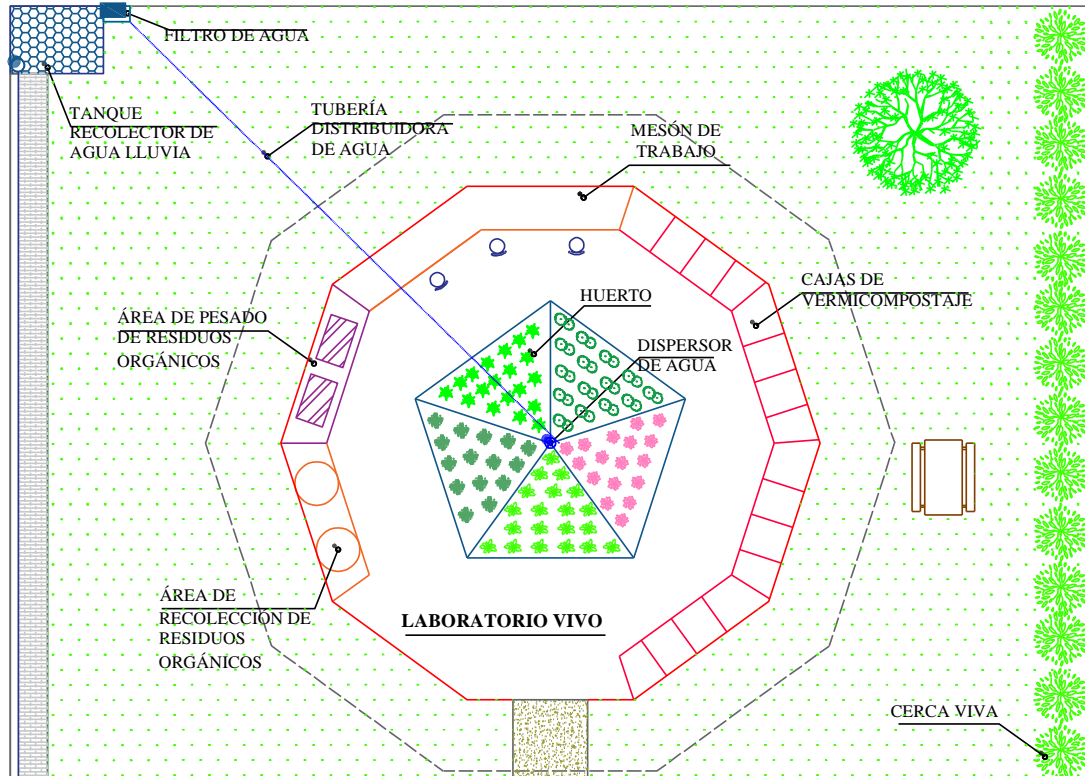


Nota: En la imagen se puede observar el plano arquitectónico del área de Coworking.

Fuente: Elaboración propia de la autora (2024).

Figura 8.

Plano arquitectónico Laboratorio vivo.

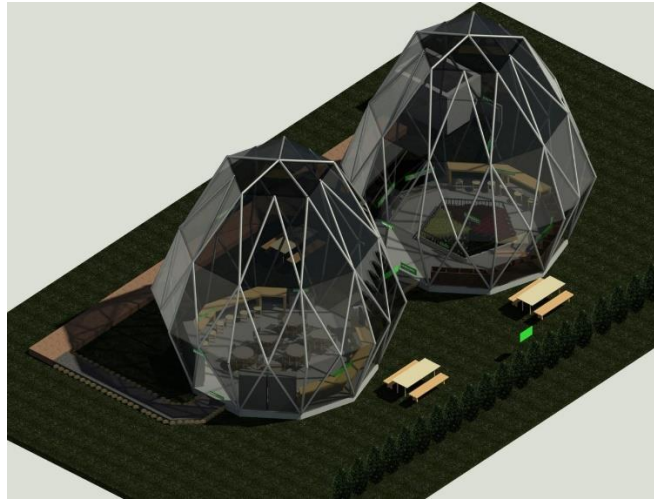


Nota: En la imagen se puede observar el plano arquitectónico del área del laboratorio vivo, dividido en zonas de estudio. *Fuente: Elaboración propia de la autora (2024).*

Posterior a su diseño en planta del laboratorio vivo, se presenta su modelación en 3D, permitiendonos visualizar una idea más apegada a la realidad de como llegaría a ser la implementación real del laboratorio vivo para la carrera.

Figura 9.

Vista en planta en 3D de los domos.



Nota: En la imagen se puede observar el plano arquitectónico en 3D de los domos, vista en planta. *Fuente:* Elaboración propia de la autora (2024).

Figura 10.

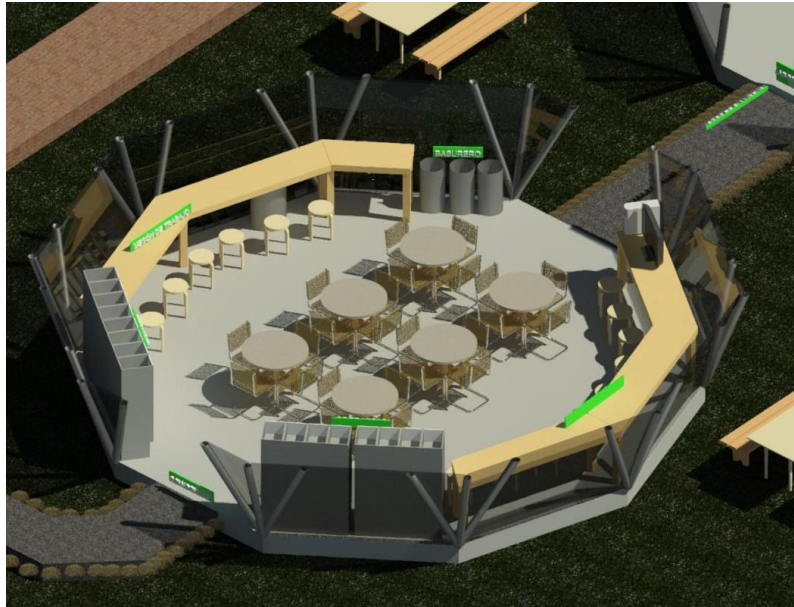
Vista en planta interna en 3D de los domos.



Nota: En la imagen se puede observar el plano arquitectónico interno en 3D de los domos, vista en planta. *Fuente:* Elaboración propia de la autora (2024).

Figura 11.

Vista interna en 3D del Coworking.

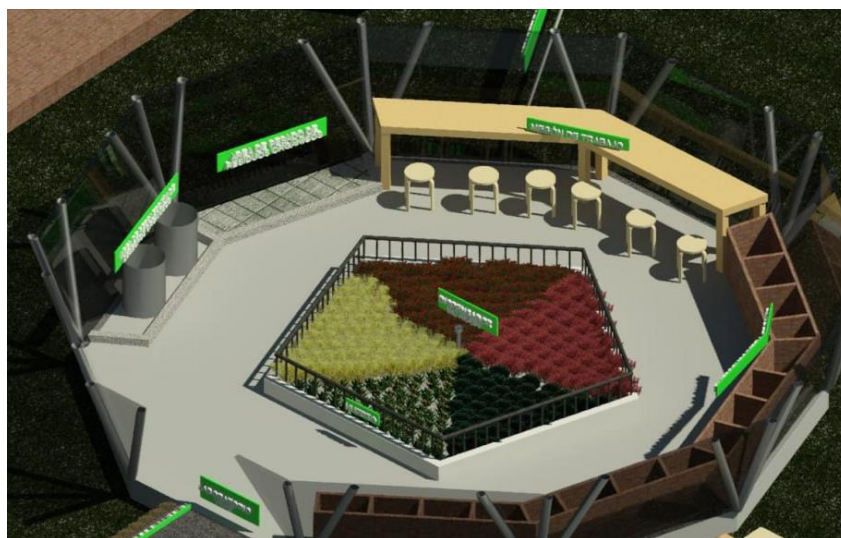


Nota: En la imagen se puede observar en 3D el área interna del Coworking.

Fuente: Elaboración propia de la autora (2024).

Figura 12.

Vista interna en 3D del laboratorio vivo.



Nota: En la imagen se puede observar en 3D el área interna del laboratorio vivo y sus zonas de trabajo. *Fuente:* Elaboración propia de la autora (2024).

Por último como aporte personal hacia la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana, se realizó la intervención del espacio dispuesto para el proyecto, dando así una pauta inicial a lo que sería la implementación física del laboratorio.

Dicha intervención se ve reflejada en el movimiento y nivelación del terreno donde se asientan los domos, la construcción del huerto central y la adaptación del sistema de riego a base de aguas fluviales tratadas por medio de un filtro de agua ubicado al final del tanque recolector de agua situado en la parte posterior de los domos, y la limpieza, mantenimiento de áreas externas e internas del espacio dispuesto para éste proyecto.

Figura 13.

Inicio de trabajos de limpieza interna de domos.



Nota: En la imagen se puede observar el inicio de la limpieza interna de los domos.

Fuente: Elaboración propia de la autora (2024).

Figura 14.

Verificación de niveles en terreno.



Nota: En la imagen se puede observar la nivelación realizada en el piso de los domos.

Fuente: Elaboración propia de la autora (2024).

Figura 15.

Revisión de tanque recolector de agua lluvia.



Nota: En la imagen se puede observar la revisión del estado del tanque. *Fuente:*

Elaboración propia de la autora (2024).

Figura 16.

Limpieza interna y externa del tanque y sistema de tuberías.



Nota: En la imagen se puede observar la limpieza y remoción de lodo y hojas dentro del tanque recolector. *Fuente:* Elaboración propia de la autora (2024).

Figura 17.

Cambio de accesorios dañados en sistema de tubería.



Nota: En la imagen se puede observar el retiro y cambio de accesorios dañados en tubería. *Fuente:* Elaboración propia de la autora (2024).

Figura 18.

Limpieza y cambio de filtro de agua.



Nota: En la imagen se puede observar la limpieza y cambio de filtro de agua. *Fuente:* *Elaboración propia de la autora (2024).*

Figura 19.

Instalación del sistema de riego por goteo y construcción de cerca de madera para huerto.



Nota: En la imagen se puede observar la instalación del sistema de riego y colocación manual de la cerca de madera del huerto. *Fuente:* *Elaboración propia de la autora (2024).*

Figura 20.

Instalación del sistema de riego por goteo y construcción de cerca de madera para huerto.



Nota: En la imagen se puede observar la construcción de la cerca del huerto y prueba del sistema de riego. *Fuente: Elaboración propia de la autora (2024).*

Como resultado final se ha visto la necesidad de realizar un presupuesto que se acerque al valor monetario que tendría la implementación del laboratorio vivo.

En la siguiente tabla se explica un presupuesto referencial en base al diseño final de este proyecto.

Tabla 1. Presupuesto final estimado de una implementación, 2024

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
COWORKING				
Mesa de madera incluye cuatro sillas en madera	Unidad	6	\$200	\$1200
Mesón de trabajo en madera y melamínica	Metro	12,45	\$40	\$498
Sillas taburetes en madera y metal	Unidad	12	\$40	\$480
Casilleros metálicos	Unidad	2	\$300	\$600
Basureros plásticos	Unidad	3	\$15	\$45
LABORATORIO VIVO				
Mesón de trabajo en madera y aluminio	Metro	4,5	\$50	\$225
Cajas de compostaje en madera tipo plywood 18mm. 60X60X60cm	Unidad	16	\$45	\$720
Recipiente para acopio de residuos orgánicos	Unidad	1	\$30	\$30
Balanza electrónica 60kg para pesaje	Unidad	2	\$40	\$80
Cerca de madera de duela eucalipto para huerto. H=40cm	Metro	7	\$8,50	\$59,50
Filtro irritec mesh anillado 1"	Unidad	1	\$24	\$24
Tubería pvc de 1/2" incluye accesorios	Metro	7	\$2,50	\$17,70
EXTERIORES				
Mesa y sillas para exterior	Unidad	3	\$250	\$750
Arbusto de especie mediana	Unidad	20	\$1	\$20
Cáscara de coco. (Mulch de coco) 25kg	Funda	10	\$15	\$150
Total				\$4899

Nota: En la tabla se puede observar el presupuesto referencial del diseño final del

proyecto. *Fuente: Elaboración propia de la autora (2024).*

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El diseño de un laboratorio vivo para la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus sur, Quito, representa un paso significativo tanto en la parte académica como en la investigación, ya que permite incorporar prácticas que promuevan a la solución de problemas ambientales actuales y futuros.
- Para el diseño del laboratorio vivo de la carrera se priorizó la elección de materiales que pueden ser reutilizados para su adecuación y la selección de prácticas clave a llevar a cabo dentro del mismo, haciendo que exista una integración de todas las áreas del diseño.
- El diseño de la parte externa del laboratorio con piso de cáscara de coco, bancas y mesas ecológicamente amigables representa un compromiso con la creación de espacios respetuosos con el medio ambiente. Al integrar materiales sostenibles, vegetación nativa y promover prácticas ecológicas, se aspira proporcionar a la comunidad universitaria un entorno agradable y educativo para el disfrute de las generaciones presentes y futuras de la carrera de ingeniería ambiental.
- El diseño del laboratorio vivo con áreas de compostaje, huerto y tratamiento de aguas representa una iniciativa integral para abordar desafíos ambientales. Al fusionar la práctica con la educación y la participación comunitaria, aspiramos a crear un espacio dinámico que no solo investigue soluciones prácticas, sino que también inspire cambios positivos hacia un futuro consciente con el medio ambiente.

- Los resultados obtenidos en el diseño del laboratorio vivo propuesto para la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana, intenta ser una herramienta potente para mejorar las capacidades y una didáctica experimental, muchas veces poco implementada en el desarrollo académico de la carrera.

5.2. Recomendaciones

- Fomentar la colaboración entre diferentes carreras dentro de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus Sur, Quito, como iniciativa de proyecto que permita lograr llegar a ser un campus sostenible y responsable con el tratamiento adecuado de los desechos orgánicos generados en el mismo, dándose así a conocer como campus responsable ante diferentes entidades. Al incluir esta participación se fortalecerá la conexión entre la investigación académica y las necesidades reales de los problemas ambientales actuales y futuros para su mitigación, lo que hará que se promueva la implementación de más prácticas innovadoras que podrían ser aplicadas en el laboratorio.
- Establecer un sistema de monitoreo continuo para evaluar el desempeño del laboratorio vivo en términos de eficiencia y efectividad de sus prácticas integradas, lo que permitirá tener una mejora continua en sus actividades académicas.
- Se recomienda el cuidado y continuidad con los proyectos y prácticas que se realicen dentro del laboratorio para una mejor eficiencia del mismo.
- Realizar mantenimiento de áreas externas e internas continuas, tanto para inmuebles como para áreas verdes, señaléticas, puntos de agua entre otros.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Almirall, E., & Wareham, J. (2009). Contributions of Living Labs in Reducing Market - Based Risk. *International Conference on Concurrent Enterprise*. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/7461372>
- Brand, E., Ernest, T., & Gabriel, H. (Edits.). (2019). *Urban Living Labs: Experimenting with City Futures*. Obtenido de <https://www.routledge.com/Urban-Living-Labs-Experimenting-with-City-Futures/Marvin-Bulkeley-Mai-McCormick-Palgan/p/book/9781138714779>
- De Moor, K., Deryckere, T., & Schuurman, D. (2013). Environmental Living Labs: Co-creating Sustainable Approaches to Biodiversity Management. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 7(3), 267-286.
- De Valk, K., Van Kenhove, P., & De Flander, R. (2018). Smart Green Innovation: A New Perspective on the Role of Living Labs. *Sustainability*, 10(12), 4596. Obtenido de <https://openlivinglabdays.com/living-labs-for-green-digital-solutions-smart-zero-pollution/>
- Diestra, N. (2017). La contaminación ambiental y su influencia en la salud de la población del distrito de trujillo- La Libertad. *Revista Ciencia y Tecnología*, 13(2), 92-103. Obtenido de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/download/1881/1805>
- Domínguez, J. (2004). Vermicomposting: Reviving the oldest composting method for organically managing manure. *Engineering & Technology for a Sustainable World*, 11(1), 16-18.

- European Network of Living Labs (ENoLL)*. (s.f.). *Open Living Labs*. . (s.f.). Obtenido de <https://www.openlivinglabs.eu/>
- Lanza, A. (2002). *Lo sviluppo sostenibile*. Bologna: Il Mulino.
- Larramendi, E., Millán, G., & Plana, M. (2021). Escasez y contaminación del agua, realidades del siglo XXI. *16 de Abril*, 2(19), 1-7. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/abril/abr-2021/abr21279n.pdf>
- Mabrouki, O., Chibani, A., Amirat, Y., Valenzuela Fernandez, M., & Navarro de la Cruz, M. (2010). Platform in Rural Living Labs. *International Workshop on Cooperation and Interoperability, Architecture and Ontology*, (págs. 65-76).
- Moreno, J., & Moral, M. (1996). *Análisis y calidad del agua para el riego*. Universidad Politécnica de Valencia, España: Editorial Servicios de Publicaciones.
- Navarrete Segueda, A., VelaCorrea, G., López, J., & Rodríguez, M. (2011). Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. *Contactos*, 80, 29-37.
- Nugent, H., Donnelly, D., & Pagetti, M. (Edits.). (s.f.). *Smart Cities: Applications, Technologies, Standards, and Driving Factors*. Springer. Obtenido de <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-59381-4#toc>
- Palacios, Í., & Moreno, D. (2002). Recimundo. *Contaminación ambiental*, 6, 93-102.
- Puñales, T., & Aguilar, C. (2016). La calidad de agua para el riego. Principales indicadores.
- Ramos Vázquez, E., & Zúñiga Dávila, D. (2008). Ecología Aplicada. *Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio*, 7, 123-131.

Suthar, S., & Singh, S. (2008). Vermicomposting of domestic waste by using two epigeic earthworms (*Perionyx excavatus* and *Perionyx sansibaricus*). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 5(1), 99-106.