

**DISEÑO DE UN MODELO DE PRODUCCIÓN VERTICAL PARA FRESA Y
LECHUGA**

Cristian Camilo Forero Becerra

Paula Sofía Pineda Amador

Universidad Santo Tomás

Maestría Manejo Y Sostenibilidad Ambiental

Facultad Ingeniería Ambiental

Tunja-Colombia

2024

**DISEÑO DE UN MODELO DE PRODUCCIÓN VERTICAL PARA FRESA Y
LECHUGA**

Cristian Camilo Forero Becerra

Paula Sofía Pineda Amador

Proyecto de grado para optar el título de magister en manejo y sostenibilidad ambiental

Doc. Luz Angela Cuellar Rodríguez

Directora

Ing. Luis Fernando Acosta

Codirector

Universidad Santo Tomás

Tunja-Colombia

2024

Resumen

En el último siglo, el aumento desmesurado de la demanda global de alimentos ha exacerbado problemas críticos como el hambre, la malnutrición y la inseguridad alimentaria. Este desafío es directamente atribuible al constante crecimiento de la población, afectando de manera desproporcionada a los grupos más vulnerables. La evolución de los sistemas agrícolas ha intensificado la presión sobre las extensiones de suelo, planteando la necesidad apremiante de encontrar soluciones sostenibles.

Abordar la hambruna y la malnutrición a nivel mundial se ha vuelto imperativo, y la clave reside en garantizar la sostenibilidad agrícola. En este contexto, la planificación del territorio emerge como un elemento esencial, promoviendo proyectos que no solo satisfacen las necesidades alimentarias actuales, sino que también preservan el equilibrio ecológico y fomentan la sostenibilidad.

La investigación adopta una metodología enfocada en identificar lagunas conceptuales en la producción vertical, actualizando conocimientos mediante una revisión bibliográfica integral con análisis cuantitativos y cualitativos. La esencia experimental del proyecto se orienta hacia la generación de diseños innovadores para sistemas integrados en una granja vertical.

Finalmente, el diseño de un prototipo de granja vertical no solo abordará la seguridad alimentaria en áreas rurales y urbanas, sino que también se posicionará como una solución industrial, contribuyendo significativamente a la mitigación de la malnutrición, la erradicación del hambre y la prevención de consecuencias fatales derivadas de la escasez de alimentos. Este enfoque innovador no solo busca satisfacer la demanda actual de alimentos, sino que también pretende sentar las bases para un futuro sostenible en la producción alimentaria, transformando nuestra relación con la agricultura y garantizando la disponibilidad de alimentos.

Palabras claves: Granja vertical, Cultivo de fresa, Cultivo Lechuga, Sostenibilidad

Abstract

Over the past century, skyrocketing global demand for food has exacerbated critical problems such as hunger, malnutrition, and food insecurity. This challenge is directly attributable to constant population growth, disproportionately affecting the most vulnerable groups. The evolution of agricultural systems has intensified pressure on land areas, raising the urgent need to find sustainable solutions.

Addressing global hunger and malnutrition has become imperative, and the key lies in ensuring agricultural sustainability. In this context, territorial planning emerges as an essential element, promoting projects that not only satisfy current food needs, but also preserve ecological balance and promote sustainability.

The research adopts a methodology focused on identifying conceptual gaps in vertical production, updating knowledge through a comprehensive bibliographic review with quantitative and qualitative analyses. The experimental essence of the project is oriented towards the generation of innovative designs for integrated systems in a vertical farm.

Finally, the design of a vertical farm prototype will not only address food security in rural and urban areas, but will also position itself as an industrial solution, significantly contributing to the mitigation of malnutrition, the eradication of hunger and the prevention of consequences. fatalities resulting from food shortages. This innovative approach not only seeks to meet current demand for food, but also aims to lay the foundation for a sustainable future in food production, transforming our relationship with agriculture and ensuring food availability.

Keywords Vertical farm, Strawberry cultivation, Lettuce cultivation, Sustainability

Contenido

Introducción	10
CAPÍTULO 1. Estudio del Problema.....	13
CAPÍTULO 2. Marco Referencial	16
2.1 Estado del Arte	16
2.2 Marco Teórico	18
CAPÍTULO 3. Metodología.....	26
3.1 Tipo de estudio	26
3.2 Método de investigación	29
3.2 Método Metodología de VOSViewer	32
CAPÍTULO 4. Diseño del sistema.....	35
4.1. Sistema mecánico.....	35
4.2. Sistema Hidráulico	44
CAPÍTULO 5. Resultados de la revisión bibliográfica.....	46
5.1 Revisión Literatura De Scopus:.....	46
5.2 Revisión De Literatura De Scopus:	50
5.3 Clusters de Vosviewer:.....	50
5.4 Estructura del Diseño de un Prototipo de Granja Vertical	53
5.5 Parámetros Hidráulicos Prototipo de Granja Vertical.....	55
CAPÍTULO 6. Estructura del diseño del modelo vertical para fresa y lechuga.....	58
6.1Diseño del Prototipo de Granja Vertical	58
6.1.1 Prototipo De Granja Vertical Con La Distribución Del Cultivo De Fresa Y Lechuga	59
6.2 Características de los Materiales Principales del Diseño de un Prototipo de Granja Vertical	60
6.2.1 Estructura de Aluminio	60
6.2.2 Bandejas	62
6.2.2.1 Bandejas de Resina Epóxica	62
6.2.2.2 Bandejas de Tubo PVC	63
6.3 Características de las Especies de Fresa y Lechuga	64
6.3.1 Semilla de Fresa ‘‘Fragaria × Ananassa Mediana’’	64
6.3.2. Semilla de Lechuga Lisa ‘‘Tipo B’’	65
CAPÍTULO 7. Pertinencia Social	67
7.1 Usuarios del Modelo	67

7.2 Análisis De La Necesidad	68
7.2.1 Generación De Valor Desde Las Patentes Actuales En El Mercado.....	74
7.3 Análisis De La Necesidad	75
7.4 Análisis De Oportunidad.....	76
7.5 Impacto ambiental.....	77
7.6 Impactos esperados	78
7.7 Pertinencia y aporte a la línea de investigación	79
CAPÍTULO 8. Resultados Esperados	81
CAPÍTULO 9. Cronograma de Actividades	84
CONCLUSIONES	86
ANEXOS.....	88
Anexo 1. Manual de instrucciones modelo de producción vertical.....	88
Anexo 2. Video del Prototipo de producción vertical para fresa y lechuga	90
Anexo 3. Video del Prototipo de producción vertical para fresa y lechuga ‘‘Escala Real’’	90
Anexo 4. Video del Prototipo de producción vertical para fresa y lechuga ‘‘Revit’’	90
Anexo 5. Estrategias de Comunicación.....	90

Listado de Tablas

Tabla 1. Calculo centros de gravedad por bandejas	39
Tabla 2. Calculo centros de gravedad por soporte	40
Tabla 3. Calculo X C.G -Calculo Y C.G.....	42
Tabla 4. Sistema Hidráulico (secciones Rectangulares y Parabólicas)	44
Tabla 5. Diferencias (secciones Rectangulares y Parabólicas)	45
Tabla 6. sección hidráulica Circular.....	55
Tabla 7. Parámetros de la sección hidráulica circular	57
Tabla 8, Análisis De La Oferta para Fresas 250g.....	69
Tabla 9. Análisis De La Oferta para Fresas 500g.....	69
Tabla 10. Análisis De La Oferta para Fresas 1000g.....	69
Tabla 11. Análisis De La Oferta para Lechuga 250 g	70
Tabla 12. Análisis De La Oferta para Lechuga 500 g	71
Tabla 13. Análisis De La Oferta para Lechuga 1000 g	71
Tabla 14. Costo resina epóxica 1L	72
Tabla 15. Cálculo de costos para una Bandeja Circular, Resina Epoxica.....	73
Tabla 16. Costo de Tubo PVC 6''	73
Tabla 17. Cálculo de costos para una Bandeja Circular, Tubo PVC 6''	74
Tabla 18. Impactos esperados	78

Listado de Ecuaciones

Ecuación 1. Ecuación de Búsqueda.....	33
Ecuación 2. Calculo área de un rectángulo	39
Ecuación 3. X (C.G).....	42
Ecuación 4. Y_(C.G).....	42

Listado de Ilustraciones

Ilustración 1. Método Prisma y Design Thinking,	27
Ilustración 2. Fases Del Método Prisma y Design Thinking.....	28
Ilustración 3. Fase 1 Del Método Prisma	29
Ilustración 4. Fase 2 Design Thinking	30
Ilustración 5. Fase 3 Design Thinking	31
Ilustración 6. Enfoque de la Metodología de VOSViewer	33
Ilustración 7. Estado del Arte.....	34
Ilustración 8. Estructura base para el prototipo de granjas verticales (en metros).....	36
Ilustración 9. Estructura base para el cálculo de Centros de gravedad para el prototipo de granjas verticales (en metros)	38
Ilustración 10. Representación gráfica de los centros de gravedad de las bandejas de la granja vertical, implementando el motor grafico Inicial DESMOS.....	40
Ilustración 11. Representación gráfica de los centros de gravedad de los soportes de la granja vertical, implementando el motor grafico Preliminar DESMOS.	41
Ilustración 12. Representación gráfica de los centros de gravedad para la granja vertical, implementando el motor grafico Final DESMOS.....	41
Ilustración 13. Representación gráfica centro de gravedad general de la granja vertical, implementando el motor grafico DESMOS.....	43
Ilustración 14. Documentos por año por fuente 2017-2022.....	46
Ilustración 15. Documentos por país/territorio.....	47
Ilustración 16. Documentos por autor	48
Ilustración 17. Documentos por patrocinador de financiación.....	48
Ilustración 18. Documentos por afiliación	49
Ilustración 19. Resultados VOSviewer	51
Ilustración 20. Resultados VOSviewer Lapso Temporal	52
Ilustración 21. Resultados VOSviewer Densidad	53
Ilustración 22. Diseño de prototipo de sección hidráulica circular para la granja vertical.....	54
Ilustración 23. Prototipo de granja vertical	58
Ilustración 24. Vista en perfil de granja vertical	59
Ilustración. 25 Prototipo de granja vertical Con Cultivo de Fresa y Lechuga.....	60
Ilustración 26. Estructura de Aluminio	61
Ilustración 27. Bandejas	62
Ilustración 28. Selección Especie Fresa "Fragaria × Ananassa Mediana "	65
Ilustración 29. Semilla de Lechuga Lisa "Tipo B"	66
Ilustración 30. Selección Especie de Lechuga Lisa "Tipo B"	66
Ilustración 31. Costo de la Fresa por Distribuidor	70
Ilustración 32 . Costo de la Lechuga por Distribuidor	72
Ilustración 33 . Prototipo integrado de producción vertical para ambientes interiores y exteriores .	81
Ilustración 34 Diseño y Perspectivas del Prototipo de producción vertical para fresa y lechuga "Escala Real"	82
Ilustración 35. Diseño y Perspectivas del Prototipo de producción vertical para fresa y lechuga "Revit"	82
Ilustración 36. Cronograma.....	85

Introducción

La seguridad alimentaria es una problemática para el desarrollo humano, ya que todas las personas tienen el derecho fundamental de alimentarse y nutrirse de manera adecuada. Cuando este derecho se ve amenazado, se habla de "inseguridad alimentaria", lo que conlleva problemas como el hambre, la malnutrición e incluso la muerte en diversas comunidades.

La seguridad alimentaria de las poblaciones vulnerables es una preocupación creciente en el mundo actual, ya que el número de personas que no logran acceder a alimentos es cada vez mayor. Por esta razón, los objetivos de desarrollo sostenible plantean metas para transformar el mundo en el que vivimos.

Es importante destacar que la inseguridad alimentaria se refiere al acceso limitado a los alimentos, sin conocer su duración, calidad, cantidad o carga energética necesaria, lo que puede ocasionar malnutrición. Por otro lado, la hambruna es una sensación física dolorosa causada por la falta de nutrientes y energía necesaria para el cuerpo humano.

La producción agrícola sostenible es fundamental para enfrentar estos desafíos. A través de tecnologías para mejorar sus prácticas agrícolas y a mantener el ecosistema en equilibrio para satisfacer la demanda de alimentos.

Por otra parte, para aprovechar al máximo la agricultura, es importante destacar la contribución de las granjas verticales, con el fin, de hacer el eficiente y sostenible los cultivos. Correlacionando la producción vertical donde se lleva a cabo todos los pasos de la producción dentro de un mismo sistema.

La integración de tecnologías modernas los procesos de producción agrícola han revolucionado la forma en que los productores cultivan y distribuyen sus productos. La implementación de sistemas de riego automatizados, sensores de humedad del suelo y drones para monitorear los cultivos ha permitido a los agricultores optimizar sus recursos y aumentar la eficiencia de sus operaciones. Esta modernización no solo les brinda la capacidad de producir más alimentos en menos tiempo, sino que también les otorga una mayor precisión en el control de la calidad de los cultivos y una reducción significativa de los costos operativos.

Además, el uso de técnicas de cultivo hidropónico y aeropónico ha abierto nuevas posibilidades para el cultivo de frutas y verduras en entornos urbanos y espacios reducidos. Estas innovadoras prácticas no solo reducen la huella ambiental al minimizar el uso de suelo y agua, sino que también permiten a los agricultores producir alimentos frescos y saludables en áreas donde la agricultura tradicional sería inviable.

La agricultura vertical es un enfoque innovador que busca maximizar la producción de cultivos como las fresas y la lechuga, aprovechando al máximo cultivar en un entorno controlado, ya sea en interiores o exteriores, se puede lograr una cosecha más abundante en un período de tiempo más breve. Este método tiene como objetivo primordial promover el crecimiento de las plantas, alineando cuidadosamente el entorno y los sistemas de riego para optimizar el uso de los recursos disponibles (Guerena, M., & Born, H. 2007).

Es crucial evaluar detalladamente cada sistema de producción de fresas y lechugas para comprender plenamente sus beneficios tanto en el entorno como en términos nutricionales. Destacamos las propiedades vitamínicas y los altos niveles de agua presentes en estas frutas, lo que las convierte en una fuente especialmente rica en propiedades hídricas. Además, es fundamental considerar las diferentes etapas del desarrollo vegetativo de los cultivos de fresas y lechugas.

Esta forma de agricultura puede representar un cambio significativo en la forma en que obtenemos nuestros alimentos, ofreciendo beneficios tanto para la producción agrícola como para la nutrición de las personas (Bianchi, P. G. 2018).

Los cultivos verticales presentan una forma innovadora de cultivar fresas y lechugas, ya que requieren condiciones específicas de siembra para cada planta, garantizando así resultados óptimos en cada cosecha. Estos cultivos, al estar dispuestos verticalmente, cuentan con una estructura que ayuda a proteger las plantas de las plagas, fomentando su crecimiento sin necesidad de recurrir a fungicidas. Además, su sistema de riego periódico y las condiciones óptimas del suelo contribuyen a maximizar la productividad de cada especie vegetal.

La implementación de sistemas tecnológicos en la agricultura ha revolucionado la forma en que se busca mejorar la productividad de los cultivos de fresa y lechuga. A través de un enfoque integral que considera el crecimiento vegetal y la calidad de los cultivos, con un enfoque lleva consigo el Modelo de Producción Vertical, el cual se apoya en monitoreos continuos del cultivo para comprender el comportamiento de las plantas en respuesta a las distintas variables ambientales.

En este contexto, una alternativa innovadora y sostenible que podría integrarse en futuras fases del diseño del prototipo es la Web de las Cosas (WoT), también conocida como Internet de las Cosas (IoT). Esta tecnología permite correlacionar la información y los resultados obtenidos de diversas bases de datos y herramientas de búsqueda, facilitando la obtención de documentos necesarios para comparar y analizar la información recopilada. Esta sinergia entre la tecnología y la agricultura representa un avance significativo en la optimización de los procesos de cultivo y en la toma de decisiones fundamentadas con la integración tecnológica en el contexto agrícola, abriendo nuevas posibilidades para el desarrollo sostenible y la eficiencia en la producción de alimentos.

El avance de la inteligencia artificial (IA) ha revolucionado la interacción humana con el mundo y entre sí. Su rápido desarrollo en los últimos años ha demostrado ser beneficioso

para la agricultura. La implementación cognitiva de la IA a través de la constante adquisición de conocimientos, utilizada por humanos a través de sistemas informáticos, ha tenido un impacto significativo en la comunicación y el entretenimiento. Además, la IA ha demostrado un gran potencial para la producción de alimentos.

Las granjas verticales representan una revolucionaria manera de cultivar alimentos, haciendo uso de tecnología de automatización y control en espacios verticales limitados. Mediante sensores y sistemas de monitoreo en entornos cerrados. La implementación de sistemas de tecnología resulta de gran utilidad en la eficiencia en el uso del agua y los nutrientes necesarios para el desarrollo óptimo de especies vegetales como la fresa y la lechuga.

CAPÍTULO 1. Estudio del Problema

La crisis alimentaria actual representa un desafío mundial que afecta a numerosos países, impidiendo que satisfagan la necesidad básica de alimentarse adecuadamente. Este problema se manifiesta a través del hambre, la desnutrición, y diversos problemas de salud. Factores como la erosión del suelo y la disminución de las áreas cultivables, entre otros, han contribuido a la reducción en la producción de alimentos y han generado tensiones geopolíticas constantes. (Nueva et al., 2017)

En la actualidad, el crecimiento de las grandes ciudades ha generado preocupaciones en torno a la seguridad alimentaria. La urbanización masiva ha llevado a un aumento en la demanda de alimentos, provocando incremento en los costos y una presión adicional sobre los recursos naturales. Esta situación plantea desafíos significativos el acceso a alimentos, para una población en constante expansión. Es así, que la necesidad de ser sostenible y equitativa se vuelve cada vez más apremiante en el contexto global. (Nueva et al., 2017)

La lucha contra el hambre a nivel mundial está estrechamente vinculada a la producción de alimentos. La escasez de alimentos es un flagelo que causa sufrimiento a millones de personas y, en ocasiones, incluso la muerte. Según un estudio realizado por Vethencourt en 2018, la falta de alimentos se atribuye principalmente a estructuras administrativas autoritarias presentes en regímenes no democráticos. En estos contextos, la libertad y los derechos políticos juegan un papel crucial en la prevalencia del hambre.

La importancia de la seguridad alimentaria radica en su papel crucial en la erradicación del hambre. Garantizar que todas las personas puedan acceder a alimentos saludables y nutritivos, sin importar la ubicación geográfica y/o factor económico, es fundamental. Este enfoque implica no solo asegurar el acceso a los alimentos, sino también mejorar la producción alimentaria y promover la nutrición. La seguridad alimentaria se posiciona como la escasez de alimentos puede conducir fácilmente a situaciones de extrema pobreza.

Sin embargo algunas poblaciones, cuentan con el miedo a obtener alimentos productos de un laboratorio, los famosos “alimentos transgénicos”, donde cada vez son más frecuentes en la sociedad y por ende mayormente distribuidos, generando una gran incertidumbre en las personas en cuanto a ¿qué tan saludables llegan a ser?, lo que ciertas personas rechacen radicalmente estos productos, como también otro grupo de personas desconfían de los mismos alimentos que produce el campo, ya que en su producción existen químicos letales para mejorar la productividad, como fertilizantes, fungicida y demás. Dentro de este contexto, existe un desconocimiento completo de los alimentos transgénicos, aunque ciertamente tienen beneficios como una mayor resistencia a enfermedades o mayores cosechas, pero por otro lado existe la duda o riesgo de que estos tipos de productos contengan ciertas toxinas (Huerta, H. J. A. 2022).

En consecuencia, la proliferación de productos contaminados se intensifica en la búsqueda de satisfacer la necesidad básica de alimentar a las poblaciones, lo que exige una producción acelerada para hacer frente a la hambruna a nivel mundial. A su vez, a pesar de que ciertos productos químicos se han empleado como herramientas para potenciar el crecimiento de los cultivos, estas prácticas plantean inquietudes significativas en cuanto a sus impactos en la salud humana. Esto genera preocupación, ya que, en muchos casos, tanto los alimentos en sí como los procesos de producción asociados pueden acarrear consecuencias adversas para la salud de las personas. (Huerta, H. J. A. 2022).

Ciertamente, el empleo de agroquímicos, como pesticidas, contribuye al aumento de la producción de alimentos, pero simultáneamente los expone a contaminantes químicos que pueden representar un riesgo significativo para la salud de las personas en general. La consecuencia directa de consumir este tipo de alimentos es, en gran medida, un aumento considerable en la mortalidad de las poblaciones más vulnerables.

La problemática de los desperdicios de comida es una preocupación global que tiene un impacto significativo en la inseguridad alimentaria y la soberanía alimentaria. Según el "Índice de Desperdicios de Alimentos 2021" de la ONU, en el año 2019 se desperdiciaron 931 millones de toneladas de alimentos, lo que representa aproximadamente el 17% de la producción total de alimentos a nivel mundial. Es alarmante que el 61% de este desperdicio provenga de los hogares, seguido por el 26% del sector de servicios de alimentos y el 13% restante del comercio minorista. Estos datos resaltan la necesidad urgente de abordar eficazmente el problema de los desperdicios alimentarios a escala global, considerando las graves repercusiones económicas, sociales y ambientales que conlleva esta situación (Romero, et al 2019).

En la actualidad, América Latina y el Caribe enfrentan una serie de desafíos que van desde problemas económicos hasta el impacto del cambio climático, la sostenibilidad en la producción y el consumo de alimentos, los niveles de nutrición y los cambios demográficos. Estos factores dificultan los esfuerzos para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible y eliminar el hambre. En el año 2018, aproximadamente 42.5 millones de personas en estas regiones padecían hambre, en comparación con 38 millones en 2014, lo que representa un aumento de 4.5 millones de personas en tan solo 4 años (FAO, 2019).

La problemática de la inseguridad alimentaria afecta a 187 millones de personas en América Latina y el Caribe, evidenciando una marcada desigualdad entre géneros. Esta disparidad de género refleja un desafío adicional en la lucha contra el hambre. Cada vez es más evidente la brecha para erradicar esta problemática, lo que requiere un compromiso político e individual más sólido por parte de la población (Mekouar, MA 2019)

En Colombia, existen varios problemas relacionados con la comida que afectan a la población. Estos problemas incluyen la crisis alimentaria, la falta de acceso a alimentos en relación a la crisis alimentaria en Colombia no se debe a la falta de alimentos, ya que el país

tiene la capacidad de producir suficientes alimentos para abastecer a la población. Sin embargo, existen graves problemas nutricionales que van en aumento, especialmente entre la población pobre (Fajardo Bonilla, E 2012). Estos problemas se deben a la imposibilidad de las personas de acceder a alimentos de calidad nutricional debido a su alto costo, lo que resulta en una baja ingesta de nutrientes básicos; esto se agrava por los altos precios de los alimentos, lo que dificulta aún más el acceso a una alimentación adecuada.

Por lo que es importante comprender que la comida es un derecho humano y debería ser tratada como tal; teniendo en cuenta el déficit de acceso a alimentos saludables y nutritivos, lo que produce que diferentes comunidades tengan un impacto significativo en su vida. Esta situación es aún más preocupante cuando se trata de niños, ya que estos necesitan de una nutrición adecuada y balanceada para su desarrollo físico y mental.

De esta forma, con la implementación del diseño de prototipo de granja vertical donde se implementa la fresa y la lechuga como ejemplos potenciales para el cultivo eficiente de alimentos. El objetivo es crear un sistema más controlado que la agricultura convencional, con el propósito de observar cómo este sistema favorece el crecimiento vegetal y así poder implementar una variedad de alimentos según las necesidades de las poblaciones vulnerables con dificultades para acceder a alimentos.

Asimismo, Cultivar fresas y lechuga en granjas verticales tienen diversas ventajas; en primer lugar, estos cultivos tienen un ciclo de crecimiento rápido, lo que los hace ideales para el espacio limitado de las granjas verticales, también su alto rendimiento por metro cuadrado, la agricultura vertical permite aprovechar al máximo el espacio disponible, lo que significa que se puede obtener una mayor cantidad de cosecha en comparación con otros métodos de cultivo, las fresas, en particular, son conocidas por producir una gran cantidad de frutas por planta, a su vez las plantas de lechuga se caracterizan por sus cortos periodos de tiempo en desarrollarse, lo que las hace ideales para las granjas verticales.

CAPÍTULO 2. Marco Referencial

2.1 Estado del Arte

Se utilizaron tesis de maestría y doctorado de universidades reconocidas para abordar la temática de las granjas verticales, la agricultura y la sostenibilidad ambiental en los cultivos. Este enfoque ayudó a reducir las discrepancias de los tipos de granjas. Así mismo, se correlaciona el conocimiento de los autores en cada artículo, vinculando los objetivos principales y el aporte para el presente documento.

Es por esta razón, que las granjas verticales presentan ventajas significativas en términos de reducción del consumo de suelo, ahorro de recursos naturales y la posibilidad de ubicarse en cualquier lugar, incluso en entornos urbanos. Sin embargo, es importante destacar que el cultivo vertical es factible solo con plantas de pequeño tamaño o que no se desarrolla mucho fuera del suelo. A pesar de estas limitaciones, las granjas verticales ofrecen una eficiencia notable al acercar la producción agrícola al punto de consumo, lo que contribuye a la economía sostenible y al concepto de "kilómetro cero" (González, C et; Al Espinosa, A 2023).

El Internet de las Cosas (IoT) está siendo implementada de manera creciente en la agricultura, con el fin de optimizar el rendimiento y costos. A su vez, las granjas verticales ofrecen ventajas significativas, pero con limitaciones en el tipo de cultivos que pueden ser cultivados verticalmente (Puente Lam, L. J. 2022). La agricultura sostenible es crucial para garantizar la producción de cultivos y la tecnología juega un papel importante en su aplicación.

De este modo, es importante resaltar la agricultura sostenible es fundamental la producción de cultivos. La tecnología es crucial en la gestión correcta del uso de recursos naturales. Además, se destaca que la agricultura sustentable.

En el estudio titulado " Hydroponic Green Roof Systems as an Alternative to Traditional Pond and Green Roofs: A Literature Review ", se exploran aspectos relacionados con la implementación de techos verdes, su impacto ambiental y su contribución al embellecimiento urbano. Con un análisis exhaustivo de los procesos involucrados en el desarrollo de los sistemas de techos verdes hidropónicos (STVH), utilizando un enfoque riguroso en la recopilación de datos (Rapisarda, R et al., 2022).

El " Proyecto de emprendimiento de cultivo de lechugas hidropónicas utilizando la técnica de película nutritiva o NFT" profundiza en diversos aspectos relacionados con la agricultura moderna, la sostenibilidad ambiental, el mercado minorista agrícola, la inversión en micro agricultura y el cultivo de hortalizas. Su principal propósito radica en la creación de una empresa dedicada a la oferta de lechugas de alta calidad nutricional, beneficiosas para la salud (Ríos Machado et al., 2021).

Por otra parte, la diversidad de cultivos y la preservación de la biodiversidad en zonas urbanas y el impacto de las huertas comunitarias que influyen en la diversidad de plantas y artrópodos. En este contexto, el informe examinó las características tanto físicas como sociales de las huertas (Ruiz Ríos, D. M. 2018).

El artículo "Diseño de un sistema tecnológico basado en agricultura inteligente que permita mitigar el impacto del cambio climático en la productividad del cultivo de fresas. Caso de estudio: Hacienda La Colorada en el departamento de Norte de Santander", analiza la implementación de tecnología en la agricultura para optimizar la producción y recolección. El propósito central de esta investigación fue crear un sistema tecnológico que incorpore prácticas de agricultura inteligente y los efectos del cambio climático en el cultivo de fresas (Sierra Cogua et al., 2019).

La investigación de maestría " Plataforma huerta urbana " aborda una variedad de aspectos, incluyendo la seguridad alimentaria, la horticultura, la sostenibilidad agrícola y el desarrollo verde. Este estudio propuso la implementación de un modelo de negocio sostenible, con un enfoque en minimizar el impacto ambiental y fomentar prácticas agrícolas responsables. El propósito principal fue contribuir a establecer huertos en los hogares de la comunidad (Gómez & Sánchez, 2020).

En el contexto de la producción agrícola se identifica una revisión teórica centrada en la agricultura a pequeña escala en el país. La eficiencia mediante la implementación de métodos de cálculo específicos y la utilización de un modelo microeconómico para identificar los factores que la influyen, todo ello respaldado por el análisis de datos, un enfoque empírico (Bernal Ruiz, A. O. 2013).

En cultivos del Oriente Antioqueño, se enfoca en investigar aspectos relacionados con el manejo de plagas en las plantas y se concentra en explorar elementos técnicos esenciales para abordar aspectos importantes además de investigar cómo manejar las plagas, se llevan a cabo análisis multivariados y se exploran las interacciones entre insectos y plantas. Los elementos técnicos necesarios para desarrollar estrategias de control de plagas. Esto implica un análisis detallado de la información recopilada en el estudio (Meneses Ospina, 2015).

Por otra parte, la investigación cualitativa descriptiva. Recopila cuestionarios, revisión de literatura y entrevistas. El artículo se centra en un libro ilustrado de cuentos que aborda temas relacionados con la hidroponía y sus impactos ambientales, presentando de manera sencilla técnicas de cultivo hidropónico (Munib et al., 2021).

De esta forma, se examina la viabilidad de utilizar fuentes de energía alternativas, como la solar, así como sistemas fotovoltaicos y hidropónicos, con el fin de promover prácticas más sostenibles. Este análisis se centra en la integración de una solución eficaz para la carencia de energía en los alimentos.

Y los cultivos verticales que no requieren extensiones de suelo, buscan encontrar el sustrato apropiado para que la vegetación se desarrolle de manera óptima a través de un análisis de la información necesaria para proyectos modernos (Rapisarda et al., 2022).

En este escenario, es relevante destacar la importancia componentes necesarios para el desarrollo de un sistema de automatización hidropónico. Esta investigación aporta ideas innovadoras para diseñar un sistema moderno.

El trabajo innovador que destaca la influencia del alimento en entornos urbanos y se investiga cómo las variaciones en las temperaturas afectan el cultivo de hortalizas, frutas y hierbas en huertos urbanos. Las estrategias sostenibles para adaptarse a estas condiciones cambiantes y garantizar la seguridad alimentaria en entornos urbanos. Los hallazgos se basan en investigaciones llevadas a cabo en diversas ciudades (García et al., 2023).

La eficiencia de los recursos hídricos de un cultivo en suelo; con el fin de analizar la potencia de las estructuras agrícolas verticales a pequeña escala como una alternativa sostenible que optimiza la utilización de recursos en la agricultura (Buyeye et al., 2022). Este enfoque innovador busca ofrecer nuevas perspectivas sobre cómo mejorar la eficiencia de los recursos en la agricultura, abriendo el camino hacia prácticas más sostenibles con el medio ambiente.

Finalmente, en el ámbito de evaluar la sostenibilidad de las granjas, el impacto abarca aspectos fundamentales en la agricultura, considerando también el impacto ambiental, la viabilidad económica y el bienestar social. Es esencial considerar estas dimensiones para de operaciones agrícolas.

2.2 Marco Teórico

La importancia de los cultivos en la actualidad son la base de la alimentación y el consumo diario, como lo son cereales, frutas, verduras y legumbres. Enfocado en garantizar la seguridad alimentaria enfocado en cada uno de los avances de la agricultura, para mejorar la productividad de los cultivos.

De esta forma es de vital importancia correlacionar la sostenibilidad ambiental como la agricultura sostenible en los cultivos teniendo en cuenta cada uno de los beneficios para el medio ambiente; es así que la implementación de los cultivos pueden ayudar a preservar la biodiversidad, mantener la calidad del suelo y conservar los recursos hídricos, teniendo en cuenta cada una de las características físico químicas en las cuales se encuentre la zona de las prácticas agrícolas enfocadas en el entorno de rotación de cultivos (Reyes L. S et; AL Gama, J. M. 2017).

Es así, que los cultivos favorecen prevenir la erosión del suelo, con el fin de minimizar los impactos ambientales en la calidad del agua y contribuyen a la biodiversidad de los

ecosistemas, de esta forma se implementan estrategias que están ligadas con el desarrollo rural y como estos dependen de la agricultura como su principal fuente de sustento (Urrestarazu, M., & del Carmen Salas, M. 2002). La producción de cultivos puede promover el desarrollo económico en áreas rurales con la protección del medio ambiente y desarrollo rural; son fundamentales para la alimentación. Por lo tanto, el eje fundamental de la agricultura moderna, se correlaciona con la innovación y la tecnología; con la finalidad de implementar avances en la genética de los cultivos, las técnicas de cultivo y la gestión agrícola (Martínez R & Leyva G 2014).

De este modo los cultivos de fresa son una parte importante de la agricultura en muchas ciudades, municipios y países. Teniendo en cuenta que la fresa es una planta que se cultiva en diversas regiones del mundo, donde se deben de cumplir con las siguientes condiciones, para garantizar la viabilidad del cultivo:

- Requerimientos de luz y sustrato
- Impacto del clima.
- Manejo de nutrientes
- Manejo de plagas y enfermedades
- Producciones orgánicas
- Investigación- desarrollo

De esta forma los cultivos de fresa y lechuga pueden ser una oportunidad para la innovación y prácticas sostenibles en la agricultura en Colombia, los cultivos de fresa ofrecen varios beneficios enfocados en la capacidad de producir frutas durante todo el año, lo que brinda una ventaja en contribuir con la diversificación de la agricultura y la dependencia de otros cultivos y brinda opciones adicionales a los agricultores.

De esta manera las fresas se pueden cultivar en diferentes climas y regiones, lo que las convierte en un cultivo versátil (Pacheco C.2001). Esto permite su producción en diversas partes del mundo, lo que beneficia tanto a los agricultores como a los consumidores. Correlacionado que los cultivos de fresas pueden contribuir a mejorar la calidad de las plantas ayudan a mantener la estructura y a aumentar su contenido de materia orgánica. Además, el uso de prácticas sostenibles, como la rotación de cultivos.

Con base a lo anterior se resalta la importancia y los beneficios que conllevan los cultivos de fresa con el fin de ayudar a mitigar la problemática de algunos territorios y con ello se correlación el económico, su capacidad de generar empleo, su valor nutricional y su versatilidad de cultivo (Pacheco C.2001).

A su vez la importancia de los cultivos de Lechuga en la agricultura se basa en la demanda en el mercado, contribución a la salud del suelo, disponibilidad todo el año (Guerrero, E. M et; Al Moncayo, C. Á. 2014). Estos factores hacen que el cultivo de lechuga sea beneficioso para la agricultura.

Demanda de mercado de lechuga en muchos países, genera una demanda constante en el mercado. Los agricultores pueden obtener beneficios económicos al cultivar y vender lechuga.

Rotación de cultivos: La lechuga se cultiva en rotación, lo que ayuda a mantener el suelo y contribuye a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

Cultivo todo el año: Dependiendo de la variedad y las condiciones climáticas, la lechuga se puede cultivar durante todo el año. Esto permite a los agricultores tener un flujo constante de ingresos y asegurar el suministro de lechuga fresca en el mercado.

De esta forma; los cultivos de lechuga en Colombia, no solo satisface las necesidades de los consumidores (Vargas, P. D et; Al González, G. A. 2001), sino que también contribuye al desarrollo agrícola y económico del país teniendo en cuenta:

Condiciones climáticas favorables: Colombia cuenta con una variedad de climas y altitudes que son propicias para el cultivo de la lechuga. Las temperaturas moderadas y la disponibilidad de agua facilitan su crecimiento.

Demanda en el mercado: La lechuga es una hortaliza popular y ampliamente consumida tanto en el mercado nacional e internacional. Por lo tanto, su cultivo se ha desarrollado para satisfacer esta demanda.

Beneficios para los suelos: El cultivo de lechuga puede tener beneficios para los suelos, ya que las raíces de la planta ayudan a mejorar los cultivos de lechuga se puede integrar en sistemas de rotación de cultivos, lo que ayuda a prevenir la erosión del suelo y mantener su fertilidad (Martínez Carrillo, G et; Al Llamas Llamas, J. J. 2015).

De hecho, se pueden obtener varios beneficios, enfocados en monitorear y controlar de manera remota diferentes aspectos de los cultivos como la humedad, la calidad de los recursos agrícolas (Chanchí G et;al & Saba, M 2022).

Favoreciendo el uso de sensores y actuadores conectados a través del Internet de las cosas IoT, es posible automatizar tareas agrícolas precisas, evitando el desperdicio y mejorando la sostenibilidad. Los datos recopilados a través de los dispositivos IoT en los cultivos pueden ser utilizados para realizar análisis y predicciones. Esto ayuda a predecir enfermedades y plagas, identificar patrones de crecimiento y optimizar la planificación de la siembra y la cosecha (Gómez, J et; Al Garcia, J 2017); teniendo en cuenta un mayor control sobre las condiciones de cultivo y al optimizar el uso de recursos, el IoT puede contribuir a un aumento en la productividad.

El IoT ofrece una serie de ventajas para los cultivos, incluyendo la automatización de tareas, la optimización en recursos, predicción y análisis; para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

De esta forma, el cultivo de fresas que pueden brindar beneficios significativos. Algunas de estas aplicaciones incluyen:

- Supervisión y regulación de parámetros ambientales: La implementación de sensores IoT en los cultivos de fresas posibilita la supervisión y regulación de aspectos ambientales cruciales. Esto facilita el desarrollo de las plantas y posibilita la toma de decisiones fundamentadas en datos para optimizar la producción.
- Riego automatizado: Los sistemas de riego impulsados por IoT pueden ajustar de manera automática la cantidad de agua suministrada a los cultivos de fresas según las necesidades reales de las plantas. Esta tecnología contribuye a evitar el desperdicio del recurso hídrico esencial.
- Los sensores y cámaras: las herramientas tecnológicas como lo son las cámaras o los sensores que se entrelazan o son conectados a través de IoT permite tomar medidas rápidas y precisas para controlar y prevenir la propagación de plagas y enfermedades, reduciendo así el impacto en la producción.
- Etiquetas o códigos QR: Permite llevar un registro preciso de cada lote de fresas desde el momento de la siembra hasta la entrega al consumidor final. Esto facilita el seguimiento de la trazabilidad de los productos, lo que es especialmente importante en términos de seguridad alimentaria.

Algunas formas en las que las granjas verticales mejoran la eficiencia de los cultivos son:

Estas utilizan estructuras apiladas para cultivar plantas verticalmente. Esto permite aprovechar al máximo el espacio disponible, lo que resulta en una mayor cantidad de cultivos en comparación con los métodos tradicionales de cultivo en terrenos horizontales. Se puede controlar el entorno en el que crecen las plantas. Esto incluye la temperatura, la humedad, la luz y los nutrientes y aumentar la eficiencia de los cultivos y obtener cosechas más rápidas y consistentes.

Además, se considera la eficacia de las granjas verticales y cómo estas estructuras están asociadas con una agricultura moderna. Las granjas verticales permiten sistemas de recirculación del agua y la utilizan de manera más eficiente, lo que contribuye a reducir el consumo total de agua.

Es por esta razón que, al cultivar en un entorno controlado, las plantas en las granjas verticales están menos expuestas a plagas y enfermedades. Esto reduce la necesidad de utilizar pesticidas y productos químicos, lo que a su vez mejora la eficiencia de los cultivos y produce alimentos más saludables; con la finalidad de brindar un control del entorno, las granjas verticales pueden cultivar plantas durante todo el año, independientemente de las estaciones.

Esto permite una producción constante y estable, lo que aumenta la eficiencia de los cultivos y la disponibilidad de alimentos frescos.

En este orden de ideas las granjas verticales son una solución eficiente para mejorar la producción de cultivos. Aprovechan el espacio de manera óptima, controlan el entorno de crecimiento, ahorran agua, reducen plagas y enfermedades, y permiten la producción continua durante todo el año. Estas ventajas contribuyen a una mayor eficiencia de producción de alimentos.

De esta forma se tiene en cuenta los enfoques jerárquicos del monitoreo de la biodiversidad, que es fundamental para comprender y conservar los ecosistemas. Los indicadores juegan un papel importante en este proceso, ya que proporcionan información cuantificable y medible sobre la biodiversidad y los cambios en los ecosistemas. Un enfoque jerárquico en el desarrollo de indicadores de biodiversidad (Godoy Liere, C. E. 2017).

Estos indicadores para el monitoreo de la biodiversidad se pueden categorizar en diferentes niveles jerárquicos, desde indicadores de nivel superior hasta indicadores más específicos y detallados. Algunos ejemplos de indicadores en cada nivel pueden incluir:

- Indicadores de nivel superior: Estos indicadores brindan una visión general de la biodiversidad y su estado general. Pueden incluir la diversidad de especies, la cobertura de hábitats y la integridad ecológica de los ecosistemas.
 - Indicadores de nivel intermedio: Estos indicadores se centran en aspectos específicos de la biodiversidad, como la abundancia de especies clave.
 - Indicadores de nivel inferior: Estos indicadores son más detallados y se centran en aspectos específicos de la biodiversidad, como la composición de especies, la estructura del hábitat y la salud de las poblaciones.

La aplicación eficiente de un enfoque jerárquico en el desarrollo de indicadores posibilita una evaluación más exhaustiva y con una precisión aceptable de la biodiversidad, al abarcar distintos niveles de organización y proporcionar información detallada sobre los componentes clave de los ecosistemas. Esta metodología ayuda a científicos, conservacionistas en los cambios en la biodiversidad y a tomar medidas adecuadas para su conservación.

Es importante tener en cuenta que los indicadores para el monitoreo de la biodiversidad deben ser seleccionados cuidadosamente y adaptados a las características específicas de cada ecosistema y región. Además, es fundamental contar con programas de monitoreo a largo plazo para poder detectar tendencias implementadas.

Por esta razón el monitoreo de la biodiversidad con un enfoque jerárquico permite en indicadores que abarcan diferentes niveles de organización y proporcionan información

detallada sobre los componentes clave de los ecosistemas, lo que ayuda a comprender y conservar la biodiversidad de manera efectiva.

Teniendo en cuenta los avances tecnológicos, se resalta el potencial de la Agricultura 4.0, que consiste en tecnologías digitales del sector agrícola.

El ámbito específico de la producción de piña, la Agricultura 4.0 puede ofrecer numerosas ventajas. Algunas de las tecnologías asociadas a la Agricultura 4.0 que podrían implementarse en la producción de cultivos. Considerando cada uno de los usos de los sensores y dispositivos IoT, es posible monitorear y controlar diferentes variables ambientales en tiempo real. Esto permite realizar ajustes precisos en el riego y la fertilización, optimizando los recursos (Cáceres S & García A, 2022).

La Agricultura 4.0 permite el uso de técnicas de precisión, como fertilizantes y plaguicidas de manera específica y en cantidades adecuadas según las necesidades de cada planta. Esto reduce el uso excesivo de productos químicos y mejora la eficiencia de los cultivos.

Los Sistemas de información geográfica (SIG) juegan un papel importante para la agricultura, con el fin de utilizarlos para realizar mapas de la zona y analizar la información geoespacial de los terrenos destinados a la producción de piña. Esto ayuda a identificar las áreas más de cultivo, con factores suelo, topografía y disponibilidad de agua.

Por consiguiente, la recopilación masiva de datos agrícolas, combinada con técnicas de análisis predictivo, puede ayudar a predecir y prevenir enfermedades y plagas en los cultivos. Esto permite tomar medidas preventivas de manera temprana y minimizar los impactos negativos en la producción.

La Agricultura 4.0 representa una oportunidad significativa; no obstante, es esencial tener en cuenta que su implementación requiere inversión en infraestructura, capacitación y una colaboración estrecha entre los diversos actores del sector.

Por otra parte, el paradigma de la agricultura industrial mejora en gran medida la productividad. La agricultura industrial se caracteriza por la maquinaria y la aplicación de técnicas de monocultivo. Estas prácticas permiten aumentar la producción de alimentos de manera significativa en comparación con métodos tradicionales, en los cuales se pueden incluir:

- **Mecanización:** El uso de maquinaria agrícola moderna permite realizar tareas agrícolas de manera más eficiente y rápida. Esto incluye actividades como la siembra, el riego, la cosecha y el manejo de cultivos. La mecanización acelera los procesos agrícolas, lo que aumenta la productividad.
- **Uso de fertilizantes y pesticidas:** Los fertilizantes químicos proporcionan nutrientes adicionales a las plantas, lo que estimula su crecimiento y aumenta la producción.

Los pesticidas ayudan a controlar las plagas y enfermedades, evitando pérdidas de cultivos y mejorando la calidad de los productos.

- Estrategias de riego eficientes: La agricultura industrial implementa sistemas de riego modernos y eficaces, que aseguran la entrega precisa de agua a los cultivos en el momento oportuno. Esta práctica reduce el desperdicio d
- Mejora genética de cultivos: La agricultura industrial ha logrado desarrollar variedades de cultivos mejoradas genéticamente, que son más resistentes a enfermedades, plagas y condiciones ambientales adversas. Estos cultivos mejorados genéticamente tienen una mayor productividad y pueden adaptarse a diferentes condiciones de cultivo.

Así mismo es importante tener en cuenta que la agricultura industrial también plantea desafíos, como el impacto ambiental negativo y la dependencia de insumos externos. Por lo tanto, es necesario considerar de manera equilibrada los beneficios y las consecuencias de este paradigma agrícola (CEPAL, N. 2012). Es así, que nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la agricultura puede proporcionar diversos beneficios para los cultivos que se pueden utilizar en la agricultura son:

- Supervisión y gestión del cultivo: Las TIC permiten supervisar y gestionar los cultivos de manera más precisa y eficiente.
- Agricultura de precisión: posibilitan la implementación de técnicas en agricultura de precisión por TIC, que consisten en utilizar datos y tecnología para adaptar las prácticas agrícolas a las características según las necesidades de cada planta, la siembra variable para maximizar el rendimiento y la optimización de la maquinaria agrícola para minimizar el consumo de energía.
- Sistemas de información geográfica: permiten la gestión y análisis de datos espaciales. En agricultura, los SIG pueden utilizarse para mapear y analizar la distribución de los cultivos, identificar áreas de riesgo, planificar la siembra y realizar un seguimiento de la evolución de los cultivos a lo largo del tiempo.
- Interconexión y acceso a información: TIC simplifican la relación de agricultores, investigadores y expertos en agricultura. Por medio de plataformas en línea, redes sociales y aplicaciones, los agricultores pueden acceder a información actualizada sobre buenas prácticas agrícolas, pronósticos climáticos, precios de mercado y otros aspectos relevantes para su actividad.

La integración de TIC en la agricultura puede mejorar la productividad en cultivos al permitir un mejor monitoreo, gestión y toma de decisiones. Estas tecnologías favorecen el uso de recursos, costos e impactos ambientales de la producción agrícola (Pérez, A., Milla, M., & Mesa, M. 2006).

Por otra parte, la IA proporciona importantes beneficios, es así que la recopilación, análisis y procesamiento de grandes cantidades de datos agrícolas, lo que permite identificar patrones,

tendencias y problemas específicos en la agricultura. Esto favorece la implementación de políticas más efectivas, contribuyendo a analizar grandes volúmenes de datos agrícolas, como datos climáticos, datos de suelos, datos de cultivos y datos de mercado (Sánchez C et; Al Salced C 2019). Mediante algoritmos y modelos de aprendizaje automático, la inteligencia artificial puede identificar patrones y tendencias en estos datos, lo que ayuda a comprender mejor los desafíos y oportunidades en la agricultura.

A través del cálculo de cantidades óptimas de estos recursos de productividad, considerando la siembra, el riego y la cosecha. Los sistemas de inteligencia artificial pueden controlar robots y maquinaria agrícola para llevar a cabo estas tareas y aumentando la productividad.

La inteligencia artificial en la formulación de políticas públicas agrícolas para promover una agricultura más eficiente y sostenible. La vocación agrícola se refiere a la inclinación o preferencia de una persona por dedicarse a actividades agrícolas, como la siembra, el cultivo y la producción de alimentos, plantas o productos relacionados con la agricultura.

Para el diseño metodológico se utilizó Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses PRISMA para la realización de metaanálisis. Proporciona directrices detalladas sobre estudios de manera transparente y rigurosa. Es ampliamente reconocido y utilizado en la comunidad científica para mejorar la revisión sistemática (Schreier B et; Al Serrano C 2018).

CAPÍTULO 3. Metodología

En el diseño de un prototipo de granja vertical para el cultivo de fresas y lechuga se implementó el enfoque de la metodología que combina el Design Thinking y Vosviewer. La combinación de estas dos metodologías permitirá abordar de manera integral el diseño de un prototipo de granja vertical para el cultivo de fresas y lechuga. Se utilizó el enfoque centrado en la metodología Design Thinking para comprender las necesidades de las poblaciones vulnerables y así diseñar una solución adecuada.

De esta forma se utilizó el análisis de redes del Vosviewer para obtener información científica relevante que respalde el diseño del prototipo.

Teniendo en cuenta el objetivo principal de esta tesis:

- Diseñar un prototipo de granja vertical, eficiente y eficaz en el crecimiento vegetal

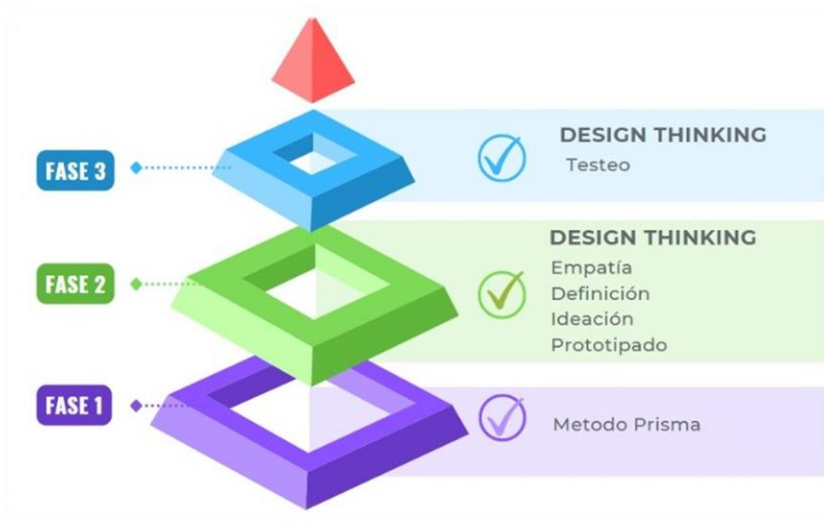
Seguidamente de los objetivos específicos:

- Mediante una revisión bibliográfica, se pretende identificar los vacíos conceptuales sobre la producción vertical para actualizar los conocimientos en el cultivo de fresa y lechuga.
- Diseñar un sistema que involucren al modelo de producción vertical fresa y lechuga
- Seleccionar la variedad de fresas y lechugas más adecuadas para el cultivo en un sistema de granja vertical, considerando su adaptabilidad a las condiciones controladas y su potencial de rendimiento.

3.1 Tipo de estudio

El enfoque de esta investigación es de naturaleza experimental, con enfoque de muestreo centrado en desarrollar un modelo de producción vertical para fresas. Se emplea una técnica de muestreo no probabilística por conveniencia, alineada con el despliegue operacional contextual del método Prisma y Design Thinking, donde se integran las estrategias de investigación mencionadas, proporcionando un panorama general, destacando la interconexión y secuencia de las fases de estos métodos. Esta representación gráfica sirve como punto de referencia clave, subrayando la relevancia de cada paso *de* planificación y ejecución.

Ilustración 1. Método Prisma y Design Thinking,

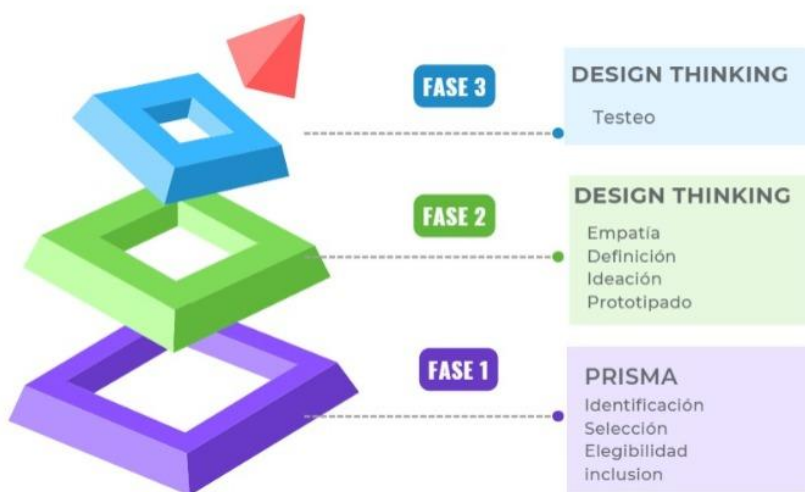


Nota: Este gráfico representa los componentes por los cuales se establece la metodología prima y design thinking

Fuente: Autor

Por tanto, resulta crucial tener un conocimiento detallado de cada fase tanto del Método Prisma como del Design Thinking, tal como se destaca en las fases del Método Prisma y Design Thinking se desglosan en distintos apartados, donde se enfatizará en aspectos específicos y se establecerá una sintaxis. Estos detalles están estrechamente vinculados al cronograma y a la metodología que se implementarán.

Ilustración 2. Fases Del Método Prisma y Design Thinking



Nota: Esta gráfico representa las fases en las cuales se relacionan las metodologías del método prisma y Desing Thinking

Fuente: Autor

En esta línea de pensamiento, es esencial profundizar en las distintas etapas tanto del Método Prisma como del Design Thinking, como se ilustra detalladamente en la Figura 1 "Método Prisma y Design Thinking" y la Figura 2 "Fases del Método Prisma y Design Thinking".

El Método Prisma y Design Thinking constituyen marcos de trabajo que guiarán el desarrollo de esta investigación centrada en la creación de un modelo de producción vertical para fresa y lechuga controlado mediante el Internet de las Cosas (IoT). Ambos enfoques metodológicos ofrecen una estructura sólida para abordar los retos específicos de este proyecto.

Por su parte, la Figura 2 detalla de manera más específica las fases individuales del Método Prisma y Design Thinking. Cada una de estas fases se convierte en un componente esencial las estrategias de investigación a lo largo del proyecto.

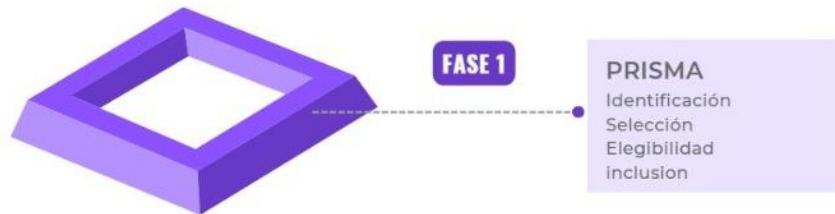
Este enfoque integral permite una consideración detallada de los procesos metodológicos, haciendo hincapié en aspectos críticos en los que se enfocará la atención. Además, esta estructura se alinea con el cronograma establecido para garantizar una implementación eficiente y eficaz de la metodología a lo largo de todo el proceso investigativo.

3.2 Método de investigación

Fase 1. Método Prisma

La etapa es crucial destacar el método Prisma se encarga de identificar la información en el proyecto, mediante una lista o requisitos específicos según las necesidades de este.

Ilustración 3. Fase 1 Del Método Prisma



Nota: Esta gráfico representa la fase prisma

Fuente: Autor

- Identificación:

En esta sección, la lista de verificación Prisma relaciona las características del proyecto y cómo se abordará a lo largo de su ejecución.

- Selección

Está alineada con el cronograma de actividades y el cumplimiento de las metas a corto, mediano y largo plazo. Además, se selecciona los parámetros establecidos por los ítems de la lista de verificación Prisma.

- Elegibilidad

La claridad se relaciona con las características y cómo se cumplirán las metas dentro del presupuesto asignado para la realización del prototipo vertical, así como para probar su eficiencia y efectividad en el crecimiento vegetal.

- Inclusión

Integración planificada está vinculada con las fuentes bibliográficas, donde se evalúa la viabilidad de cada una de las investigaciones realizadas a lo largo del tiempo, considerando aspectos esenciales como geología, climatología y diseños de granjas verticales.

Fase 2. Design Thinking

Este punto, inicia la aplicación del método de Design Thinking, correlaciona cuatro de los cinco ítems importantes del método, como son Empatía, Definición, Ideación y Prototipado. Por esta razón, se busca encontrar soluciones para el diseño.

Ilustración 4. Fase 2 Design Thinking



Nota: esta gráfico establece la fase 2 que comprende lo concerniente con el método Design Thinking

. Fuente: Autor

- Empatía

La empatía se establece teniendo en cuenta las necesidades de la población y beneficiar, la comunidad, empleados y los clientes, por medio de una solución sostenible.

- Definición

Se vincula con evaluar en la fase de Empatía y se contribuye a ofrecer una solución; por lo tanto, es necesario los indicadores de las problemáticas actuales de la zona de aplicación.

- Ideación

Se toma en cuenta problemáticas y se establecen las actividades para la implementación de las granjas verticales.

- Prototipado

El prototipado es la fase posterior al diseño preliminar de las granjas verticales, que podría desarrollarse en una segunda fase del presente proyecto

Fase 3. Design thinking

En esta etapa final del método Design Thinking, se lleva a cabo la prueba del diseño de la granja vertical con el objetivo de incorporar un enfoque iterativo al proyecto.

Ilustración 5. Fase 3 Design Thinking



Nota: esta gráfico representa la fase final del método Design Thinking que establece una fase de testear un prototipo de un proyecto.

Fuente: Autor

- Testeo

Esta fase de Testeo un proyecto es puesto a prueba con la finalidad de observar su eficiencia y eficacia ante diferentes variables y constantes. La importancia estratégica de la fase de Testeo no solo reside en la validación de las hipótesis planteadas, sino también en su capacidad para revelar hallazgos cruciales. Estos descubrimientos no solo iluminan el camino hacia la mejora continua, sino que también ofrecen la oportunidad de realizar ajustes significativos en un diseño.

Es en este contexto se despliega un enfoque experimental para identificar posibles áreas de optimización. Los resultados obtenidos durante el Testeo proporcionan una valiosa retroalimentación, permitiendo la evaluación crítica de la eficacia de cada componente del proyecto. Este análisis minucioso posibilita la detección de posibles desafíos y la formulación de estrategias para superarlos.

Estas mejoras no solo están respaldadas por la evidencia empírica recopilada durante la fase de Testeo, sino que también se alinean con los objetivos y metas establecidos inicialmente en la investigación.

3.2 Método Metodología de VOSViewer

Con el objetivo de obtener artículos relacionados con el propósito principal de este proyecto, se utilizan bases de datos y se implementan fases en las que se correlacionan cada uno de los aspectos más relevantes del mismo, y se detalla a continuación:

Fase 1 Tesauro UNESCO:

Durante la fase preliminar, se estableció una propuesta de palabras clave. Para este fin, se utilizó el tesauro de la UNESCO, que ofrece una lista estructurada de términos para la investigación. El empleo de este tesauro facilitó la identificación y selección de términos relevantes, contribuyendo así a una búsqueda más efectiva y precisa en la investigación.

En la etapa inicial, se desarrolló una propuesta de palabras clave. Para este propósito, se recurrió al tesauro de la UNESCO, el cual proporciona una lista estructurada de términos para la investigación en diversos campos de estudio. La utilización de este tesauro facilitó la identificación y selección de términos relevantes, contribuyendo así a una búsqueda más efectiva y precisa en el proceso de investigación.

Fase 2 Palabras Claves:

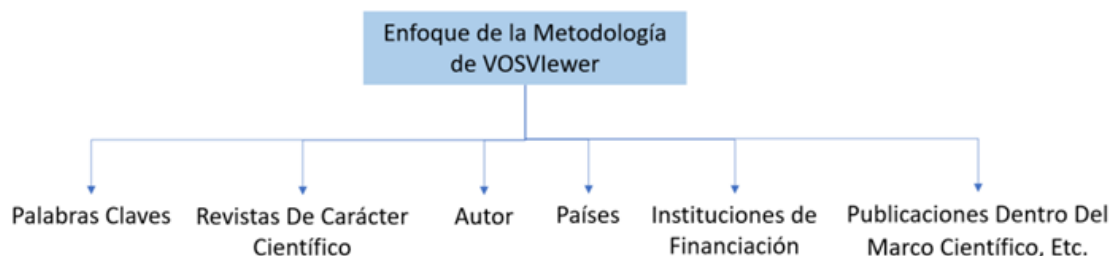
Se implementó una lluvia de ideas para identificar diversas palabras clave a emplear. Posteriormente, se realizó un filtro utilizando el tesauro para seleccionar las más apropiadas para la temática y el campo de estudio. Finalmente, se optó por utilizar "agricultura", "sostenibilidad" y "energías renovables", las cuales se emplean específicamente en estos campos de estudio y son adecuadas para la temática de este artículo.

Fase 3 vosviewer:

En este proyecto, se empleó el software VOSviewer con el fin de identificar las redes bibliométricas relevantes para el tema en cuestión. Este software se convierte en una herramienta invaluable para la visualización de estas bibliografías, permitiendo la construcción a partir de citas extraídas de revistas, artículos, entre otros.

Además, el software permite la visualización de mapas bibliográficos utilizando dos variables fundamentales, lo que facilita la investigación de ciertos elementos y la identificación de la relación entre grupos de investigación. Este aplicativo posibilita la construcción de palabras clave, revistas científicas, autores, países, instituciones de financiación.

Ilustración 6. Enfoque de la Metodología de VOSViewer



Nota: se representa la metodología de referencias por VOSviewer.

Fuente: Autor

Fase 4 Revisión Biobibliográfica en Scopus:

Las palabras clave que se emplearon, favoreció realizar una búsqueda en la plataforma Scopus para elaborar una ecuación bibliográfica (Ver Ecuación 1). El propósito fue establecer criterios de búsqueda lo suficientemente confiables para minimizar las discrepancias en el número de artículos.

Ecuación 1. Ecuación de Búsqueda

(TITLE-ABS-KEY ("sustainability") AND TITLE-ABS-KEY (" renewable energy") AND TITLE-ABS-KEY ("agriculture")) AND PUBYEAR > 2016 AND PUBYEAR < 2023 AND (LIMIT-TO (OA , "all"))

Fuente: Autor

Fase 5 Identificación De Datos Obtenidos en la Base de Datos Y Vosviewer:

Durante el proceso, se localizaron 115 artículos, en formato CSV. Posteriormente, este formato se introdujo en el software con el fin de visualizar de manera precisa la distribución espacial en las redes bibliométricas. Esto nos permitió observar tres vistas diferentes: la superposición y densidad de la visualización, lo que facilitó un análisis más profundo de la información recopilada.

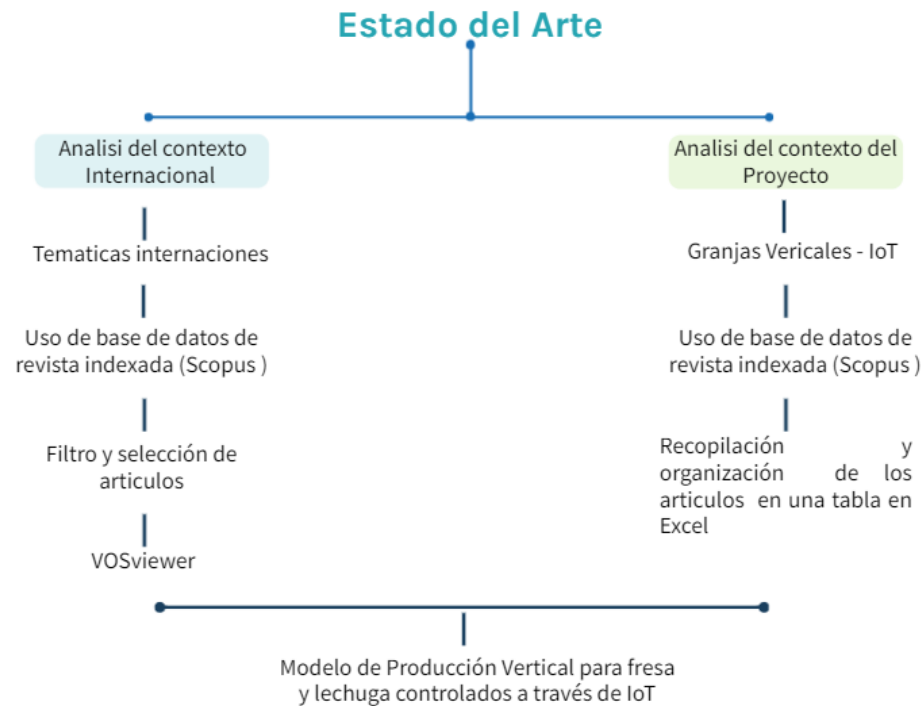
Durante esta etapa del proceso, se identificaron un total de 115 artículos, de los cuales se extrajo la información en formato CSV. Este archivo CSV fue luego importado al software para permitir una visualización precisa de la distribución espacial en las redes bibliométricas. Esta acción nos permitió observar tres perspectivas diferentes: la superposición e incluso la densidad de la visualización. Este enfoque posibilitó un análisis exhaustivo y detallado de la

información recopilada, proporcionando una comprensión más completa del panorama bibliométrico.

Fase 6 Estado Del Arte:

A lo largo de la obtención de cada uno de los resultados de las búsquedas bibliográficas se realizó una caracterización minuciosa de los mismos, con el fin de establecer un estado del arte en el cual se correlacionará el software vosviewer y Scopus. Es así que este aporte se ve reflejado en los resultados del proyecto; es así que de igual forma en la Figura 7 Estado del Arte, se puede apreciar la estructura guía que implemento el Estado del Arte.

Ilustración 7. Estado del Arte



Fuente: Autor

En consecuencia, se implementó la metodología detallada en la Figura 2, la cual presenta los pasos necesarios para llevar a cabo la búsqueda bibliográfica. El objetivo primordial consistía en la información esencial para el presente proyecto. Fue de suma importancia analizar documentos de impacto en el área de estudio con resultados satisfactorios en términos del desarrollo de conocimientos y la opción más eficaz para los cultivos de fresa y lechuga.

CAPÍTULO 4. Diseño del sistema

4.1. Sistema mecánico

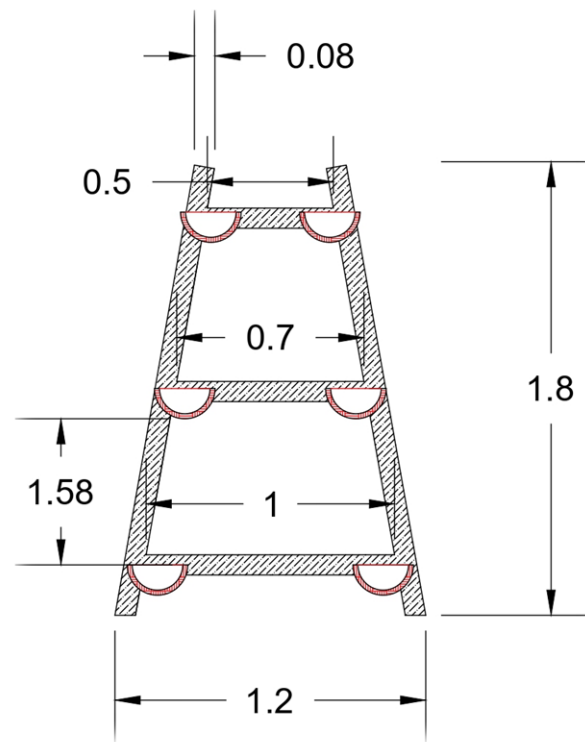
Utilizando el software AutoCAD y Revit, una herramienta líder en diseño asistido por computadora (CAD), nos enfocamos principalmente en la elaboración de dibujos técnicos en 2D y 3D, con especial énfasis en el diseño de estructuras para granjas verticales.

Para el diseño, se empleó AutoCAD para los planos las granjas verticales. Este software sobresale al proporcionar herramientas avanzadas de cálculo y visualización, fundamentales para asegurar la fiabilidad y estabilidad de los diseños. La capacidad de AutoCAD para ofrecer precisión en los cálculos y una representación visual detallada fue fundamental en la creación de una estructura sólida y eficiente para las granjas verticales.

La elección de AutoCAD como software principal se justifica por su capacidad para ofrecer flexibilidad, escalabilidad y precisión. AutoCAD sobresale por su gran capacidad de adaptarse a las complejidades del diseño de una granja vertical, desde la elaboración de un prototipo hasta la integración de sistemas de gestión de recursos. Su escalabilidad permite el manejo de proyectos de diferentes dimensiones, brindando la versatilidad necesaria para la optimización continua del diseño.

La precisión es esencial en la agricultura vertical, y AutoCAD se destaca al proporcionar herramientas avanzadas para la creación de modelos tridimensionales detallados y documentación técnica precisa. Esta precisión asegura la eficiencia operativa y la maximización de la productividad en cada fase del proyecto, donde se diseñó la estructura base de la granja vertical como se observa a continuación:

Ilustración 8. Estructura base para el prototipo de granjas verticales (en metros)



Fuente: Autor

En el diseño de una granja vertical, se optó por un enfoque innovador que combina eficiencia, resistencia y sostenibilidad. La estructura principal estará compuesta principalmente de aluminio, utilizando tubos rectangulares de este material como soporte principal.

La fortaleza de la estructura se garantizará mediante el uso estratégico de ángulos de refuerzo galvanizados, que serán unidos al sistema mediante escuadras de perfil gola y tornillos 1/4 de pulgada. Esta combinación proporcionará una base sólida y duradera para la granja vertical, asegurando la estabilidad necesaria para el desarrollo saludable de los cultivos.

Para amortiguar el peso de la estructura y mejorar su estabilidad, se incorpora tapones rectangulares estratégicamente ubicados. Estos no solo cumplirán una función práctica, sino que también añadirán un elemento estético al diseño general de la granja.

Adicionalmente, se incorporará un ángulo de 1"x1/8 x 6 metros fabricado en acero de carbono. Este componente específico contribuirá a reforzar áreas críticas de la estructura, proporcionando una resistencia adicional donde sea necesaria.

En conjunto, la combinación de aluminio, acero de carbono y elementos de refuerzo galvanizados, respaldada por la meticulosa fijación con tornillos de alta calidad, asegura una estructura robusta y duradera para nuestra granja vertical. Este diseño no solo optimiza la resistencia y la estabilidad, sino que también refleja nuestro compromiso con la sostenibilidad y la eficiencia en la agricultura vertical.

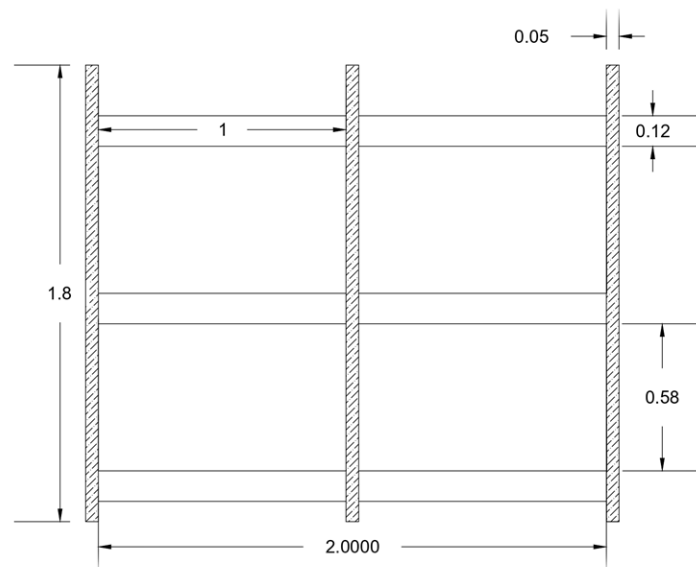
Tras el diseño de las granjas verticales, se calcularon los centros de gravedad. Estos centros son puntos en los que se concentra la fuerza de la gravedad se puede considerar concentrada en ese punto. Es el lugar donde, el centro de gravedad es el punto donde un objeto se equilibraría; de esta forma el centro de gravedad es crucial tanto en la física como en la ingeniería, ya que permite describir el comportamiento de fuerzas. (Gómez Martínez, F. 2023).

Los centros de gravedad tienen una gran importancia en la física, la ingeniería y la biomecánica. Ya que permiten describir el comportamiento de los objetos bajo la acción de la gravedad y otras fuerzas, y son fundamentales para entender el equilibrio y la estabilidad de los objetos. En la ingeniería, el conocimiento del centro de gravedad es esencial para diseñar estructuras y máquinas que sean estables y seguras (Gómez Martínez, F. 2023).

El cálculo del centro de gravedad se utilizó para determinar la ubicación del punto en el cual se concentra todos los cuerpos de un objeto o sistema en cuestión. Este cálculo fue importante porque el centro de gravedad afecta el comportamiento del objeto o sistema en respuesta a las fuerzas externas, como la gravedad.

Por lo que fue importante conocer el centro de gravedad para predecir cómo se moverá un objeto o sistema y asegurar que esté equilibrado y estable. También es importante para el diseño de estructuras, y asegurar que el centro de gravedad en posición adecuada para mantener el equilibrio y la estabilidad.

Ilustración 9. Estructura base para el cálculo de Centros de gravedad para el prototipo de granjas verticales (en metros)



Fuente: Autor

La elección de aluminio para la estructura principal de la granja vertical proporciona una combinación única de ligereza y resistencia, esencial para la estabilidad general del proyecto. Los tubos rectangulares de aluminio, utilizados como elementos de soporte, distribuyen eficientemente las cargas y minimizan la posibilidad de deformaciones estructurales.

Los ángulos de refuerzo galvanizados, unidos estratégicamente con escuadras perfil gola y tornillos de 1/4 de pulgada, refuerzan áreas críticas, fortaleciendo la integridad de la estructura. Esta cuidadosa disposición asegura una conexión sólida y duradera entre los componentes.

La inclusión de tapones rectangulares no solo amortigua el peso de la estructura, sino que también añade estabilidad adicional. Estos elementos, combinados con un ángulo de acero de carbono de 1"x1/8 x 6 metros, refuerzan áreas específicas, contribuyendo a la resistencia global de la granja vertical.

En conjunto, esta selección meticulosa de materiales y la disposición estratégica de componentes garantizan una estructura robusta y estable, cumpliendo con los estándares necesarios para el éxito de la granja vertical. De esta forma se implementa la ecuación del cálculo área de un rectángulo, con el fin de obtener los centros de gravedad.

Ecuación 2. Calculo área de un rectángulo

$$A_{\text{rectangulo}} = B \times H$$

Donde:

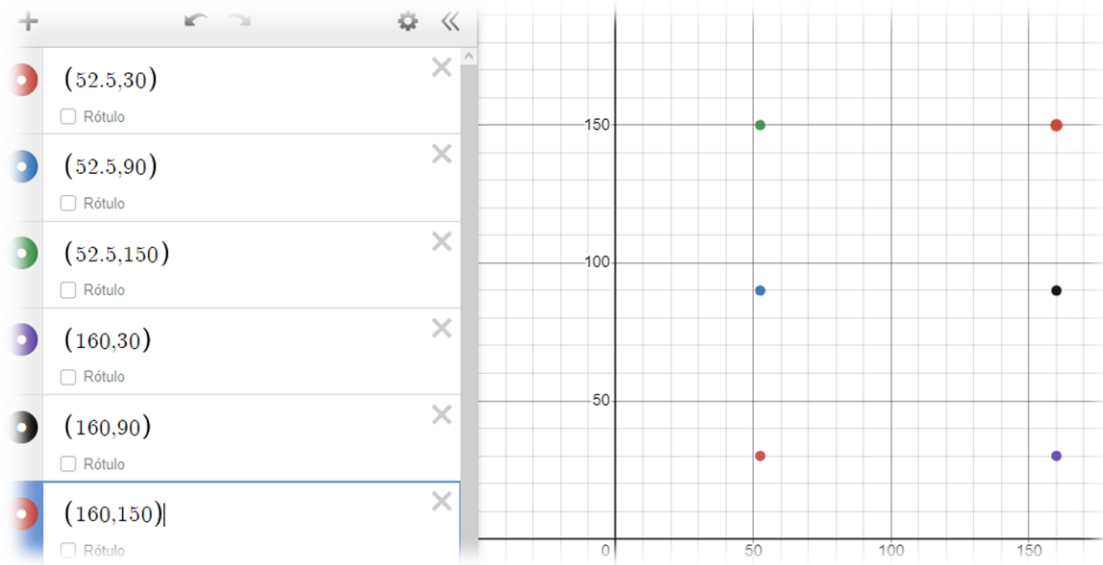
- A= Área
- B= Base
- H= Altura

Tabla 1. Calculo centros de gravedad por bandejas

ÁREA BANDEJAS (CM)	COORDENADAS (CM)
BANDEJA 1: $A_1 = 100 \times 20$ $= 200$	$X_1 = 52.5$ $Y_1 = 30$
BANDEJA 2: $A_2 = 100 \times 20$ $= 200$	$X_2 = 52.5$ $Y_2 = 90$
BANDEJA 3: $A_3 = 100 \times 20$ $= 200$	$X_3 = 52.5$ $Y_3 = 150$
BANDEJA 4: $A_4 = 100 \times 20$ $= 200$	$X_4 = 160$ $Y_4 = 30$
BANDEJA 5: $A_5 = 100 \times 20$ $= 200$	$X_5 = 160$ $Y_5 = 90$
BANDEJA 6: $A_6 = 100 \times 20$ $= 200$	$X_6 = 160$ $Y_6 = 150$

Fuente: Autor

Ilustración 10. Representación gráfica de los centros de gravedad de las bandejas de la granja vertical, implementando el motor gráfico Inicial DESMOS



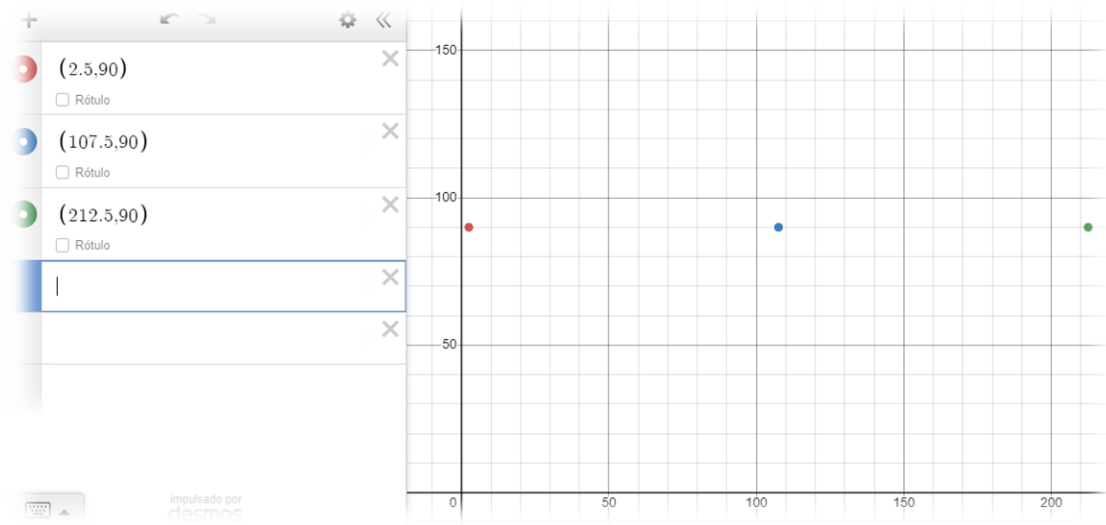
Fuente: Autor

Tabla 2. Calculo centros de gravedad por soporte

ÁREA SOPORTES (CM)	COORDENADAS (CM)
SOPORTE 1: $A_1 = 5 \times 180$ $= 900$	$X_1 = 2.5$ $Y_1 = 90$
SOPORTE 2: $A_2 = 5 \times 180$ $= 900$	$X_2 = 107.5$ $Y_2 = 90$
SOPORTE 3: $A_3 = 5 \times 180$ $= 900$	$X_3 = 212.5$ $Y_3 = 90$

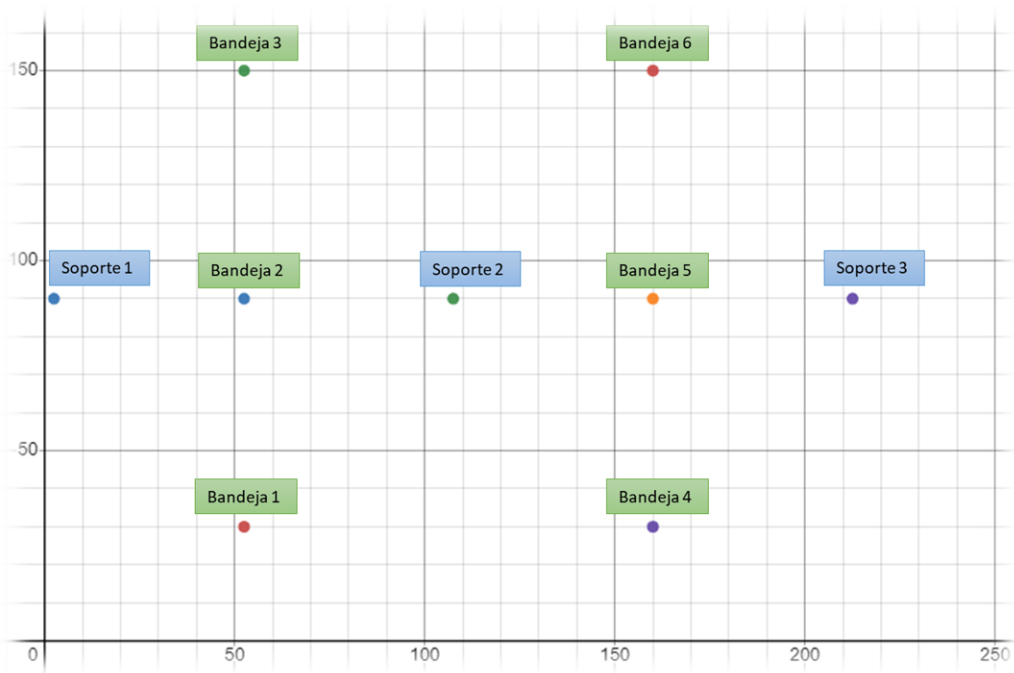
Fuente: Autor

Ilustración 11. Representación gráfica de los centros de gravedad de los soportes de la granja vertical, implementando el motor gráfico Preliminar DESMOS.



Fuente: Autor

Ilustración 12. Representación gráfica de los centros de gravedad para la granja vertical, implementando el motor gráfico Final DESMOS.



Fuente: Autor

Para calcular los centros de gravedad de un objeto o sistema, se debe tener en cuenta el área y la posición de cada una de las partes que lo componen. La fórmula general para calcular el centro de gravedad es sumar el producto de las áreas de cada parte por su posición y dividir el resultado entre las áreas totales del objeto o sistema. Es decir:

Ecuación 3. X (C.G)

$$X_{C.G} = \frac{A_1 \times X_1 + A_2 \times X_2 + A_3 \times X_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$

Ecuación 4. Y_(C.G)

$$Y_{C.G} = \frac{A_1 \times Y_1 + A_2 \times Y_2 + A_3 \times Y_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$

Donde:

- X es la posición del centro de gravedad en el eje de las abscisas
- A es el área de cada parte
- Y es la posición del centro de gravedad en el eje de las ordenadas.

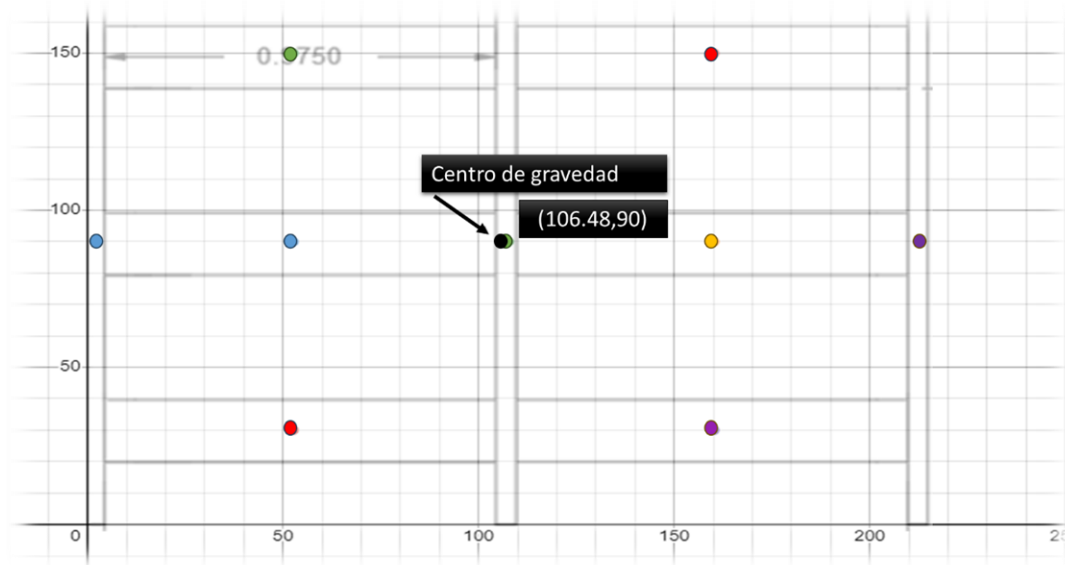
Esta fórmula puede variar dependiendo de la forma y las características del objeto o sistema en cuestión. En algunos casos, puede ser necesario utilizar fórmulas más específicas o realizar cálculos más complejos para obtener el centro de gravedad.

Tabla 3. Calculo X C.G -Calculo Y C.G

CALCULO $X_{C.G}$ (CM)	CALCULO $Y_{C.G}$ (CM)
106.48	90

Fuente: Autor

Ilustración 13. Representación gráfica centro de gravedad general de la granja vertical, implementando el motor gráfico DESMOS.



Fuente: Autor

De este modo se observaron las ventajas del uso del centro de gravedad, tales como:

- Permite determinar la ubicación del punto en el cual se concentra en equilibrio un objeto o sistema, lo cual es esencial para predecir cómo se moverá un objeto o sistema y asegurar que esté equilibrado y estable.
- Resulta fundamental para el diseño de estructuras asegurarse de que el centro de gravedad esté en una posición adecuada para mantener el equilibrio y la estabilidad.
- Toma de decisiones en el uso de recursos y en una adecuada planificación estratégica.
- El análisis del centro de gravedad puede brindar una comprensión más profunda de cómo interactúan las fuerzas externas en un objeto o sistema y la optimización de procesos.

4.2. Sistema Hidráulico

Las secciones hidráulicas se refieren a la forma geométrica de la sección transversal de un canal o tubería. La sección hidráulica puede variar dependiendo del tipo de canal o tubería, y puede ser rectangular, triangular, trapezoidal o circular, entre otras. La selección de la sección hidráulica adecuada es esencial para garantizar un flujo de agua eficiente y seguro a través del canal o tubería (Asenjo, M. C. F 2016).

De este modo, para las canales de las granjas verticales se tuvo en cuenta la sección hidráulica rectangular, y se contrasto con la sección hidráulica parabólica, con el fin de observar similitudes y diferencias en cuanto a sus parámetros por secciones hidráulicas de la siguiente manera:

Tabla 4. Sistema Hidráulico (secciones Rectangulares y Parabólicas)

TIPO DE SECCIÓN	ÁREA A (M²)	PERÍMETRO MOJADO P (M)	RADIO HIDRÁULICO RH (M)	ESPEJO DE AGUA T (M)
RECTANGULAR	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	b
PARABÓLICA	$\frac{2}{3} x Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T + 8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: Autor

De este modo La sección hidráulica que se tomó en cuenta para el presente documento fue la sección rectangular con la cual se elaborarían las bandejas de la estructura, para determinar el área de la sección transversal de un canal, asimismo seleccionó esta sección hidráulica porque una sección hidráulica rectangular es un tipo de canal o conducto que tiene forma rectangular, con lados rectos y fondo plano. Este tipo de sección se usa comúnmente en proyectos de riego, sistemas de drenaje y otras aplicaciones hidráulicas.

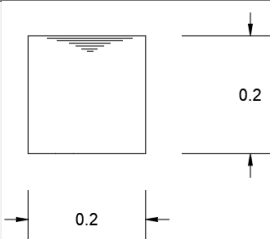
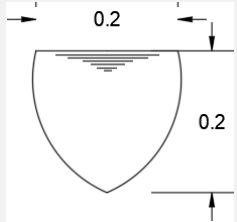
El diseño de una sección hidráulica rectangular implica determinar las dimensiones del canal que proporcionarán la máxima eficiencia hidráulica para un caudal dado. Esto se puede lograr calculando el área de la sección transversal del canal, así como perímetro mojado y radio hidráulico (Ricardo, M. P. 2015).

El radio hidráulico es el área de la sección transversal y perímetro mojado de un canal o conducto; es un parámetro para determinar la eficiencia hidráulica de un canal. Un radio

hidráulico más grande indica que el flujo se ve menos afectado por las pérdidas por fricción, lo que da como resultado un canal más eficiente.

En este sentido se aprecia la sección rectangular con sus componentes hidráulicas, y en comparativa con una sección parabólica, con el fin de observar las diferencias, en cuanto a la eficiencia en su capacidad de no obtener perdidas por fricción.

Tabla 5. Diferencias (secciones Rectangulares y Parabólicas)

SECCIÓN HIDRÁULICA	PLANO	PARÁMETROS	RESULTADOS
RECTANGULAR		área	0,04
		Perímetro mojado	0,60
		Radio Hidráulico	0,07
		Espejo de agua	0,20
PARABÓLICA		área	0,03
		Perímetro mojado	0,73
		Radio Hidráulico	0,02
		Espejo de agua	0,20

Fuente: Autor

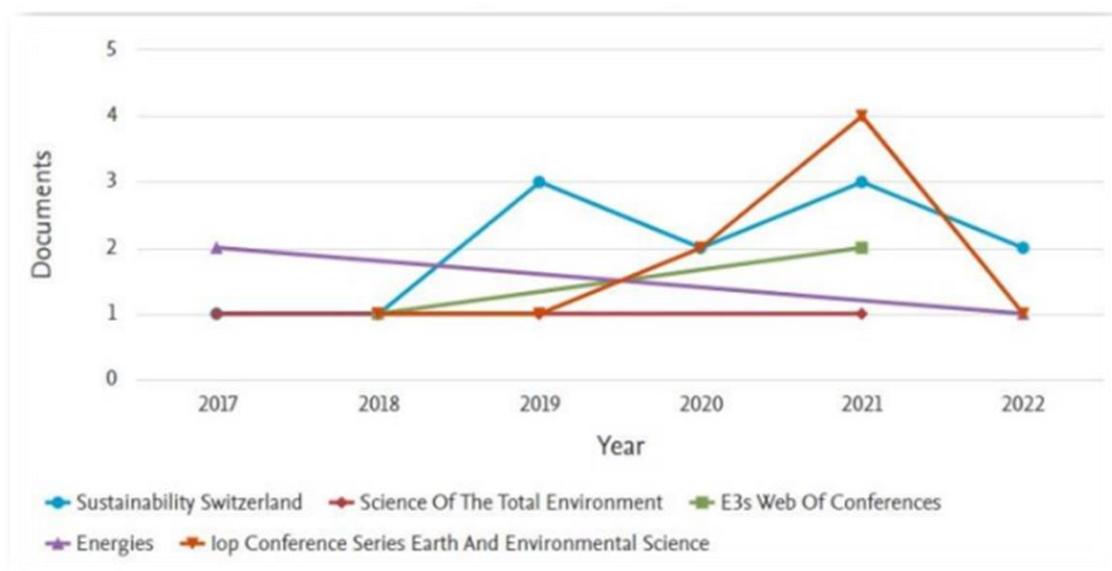
De este modo se seleccionó la estructura hidráulica parabólica debido a la forma en la que reduce las pérdidas por nutrientes y su papel en el suministro de agua para las plantas.

CAPÍTULO 5. Resultados de la revisión bibliográfica

5.1 Revisión Literatura De Scopus:

La revisión identifica los resultados en la base de datos de Scopus. En este contexto, se analizan minuciosamente cada una de las gráficas generadas por el sistema al aplicar filtros y organizar la información de manera óptima. Este enfoque permite destacar los elementos clave que benefician al proyecto, como se puede observar a continuación:

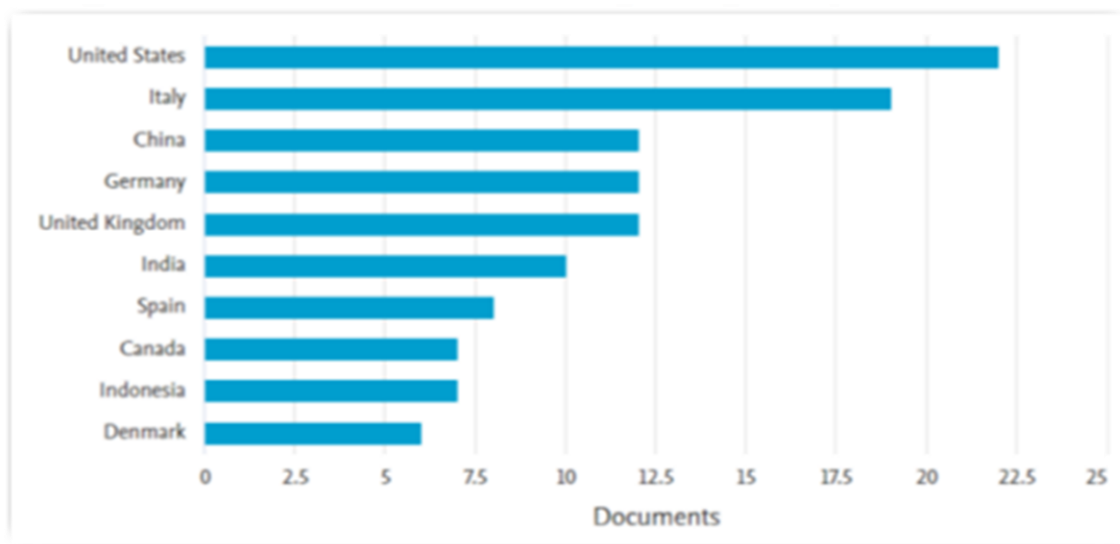
Ilustración 14 Documentos por año por fuente 2017-2022



Fuente: Scopus

A través de la bibliográfica Scopus, se pueden identificar artículos de revistas científicas que han abordado las palabras clave seleccionadas en este estudio. Es notable que, en el año 2021, la IOP Conference Series Earth and Environmental Science lideró en cuanto a la amplitud de publicaciones. Este hecho evidencia la creciente atención a lo largo del tiempo hacia temáticas como la agricultura, las energías renovables y la sostenibilidad, consolidándose como áreas de investigación significativas. Este fenómeno subraya cómo estos temas se han convertido en objetivos fundamentales de investigación.

Ilustración 15. Documentos por país/territorio

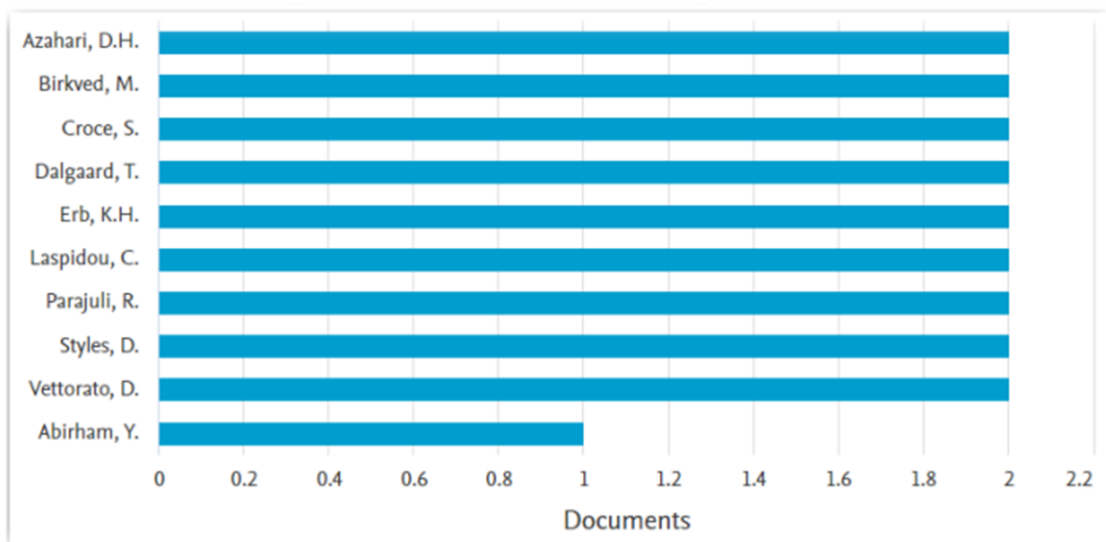


Fuente: Autor

En el análisis de los 15 países que destacan por la cantidad de artículos publicados sobre las temáticas abordadas en este documento, Estados Unidos lidera con un impresionante total de 22 artículos. Por otro lado, Suecia se sitúa como el país con menor participación en esta investigación, logrando únicamente la publicación de 5 documentos en esta plataforma.

Estas cifras subrayan la significativa relevancia global que la agricultura y la sostenibilidad han adquirido a lo largo del tiempo. Las estadísticas reflejan claramente la importancia atribuida por numerosos países a estas temáticas, lo que ha motivado a investigadores de diversas partes del mundo a fomentar el avance de conocimientos en estos campos. Este fenómeno evidencia cómo, con el paso del tiempo, la agricultura y la sostenibilidad se han consolidado y seguirán siendo temas relevantes en la agenda global.

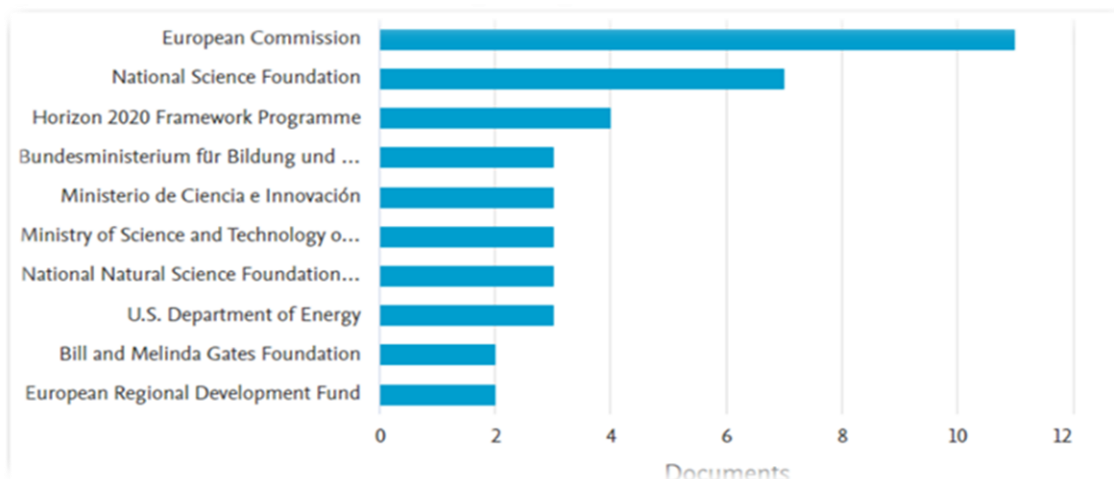
Ilustración 16. Documentos por autor



Fuente: Autor

En el gráfico de documentos por autor, se destaca la participación de diversos investigadores, entre los cuales se encuentran destacados nombres como Azahari, D.H. Birkved, M., Croce, S., Dalgaard, T., y otros destacados profesionales en el campo. Este análisis es esencial para comprender la importancia crucial del factor humano y en la investigación de temáticas que respaldan; promueven el uso sostenible de los recursos, abarcando tanto la esfera agrícola como la sostenibilidad y la incorporación de nuevas tecnologías. Este enfoque subraya la capacidad inherente del ser humano para explorar y contribuir de manera significativa a campos de estudio cruciales para el avance y la preservación sostenible de nuestro entorno y recursos.

Ilustración 17. Documentos por patrocinador de financiación

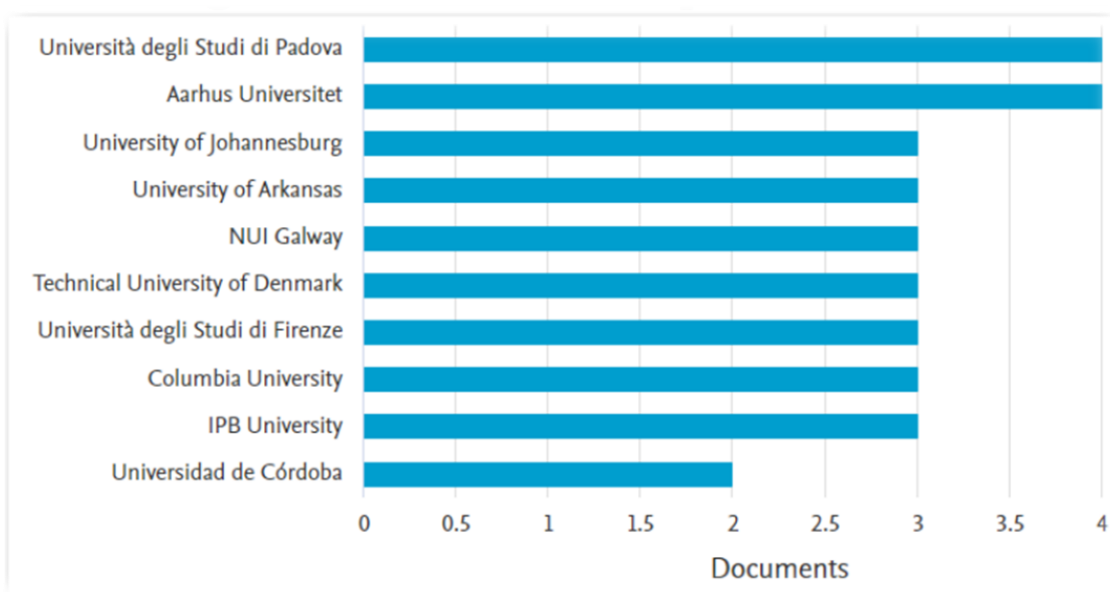


Fuente: Autor

La revisión de documentos por patrocinador de financiación reviste gran importancia al proporcionar una visión detallada de los actores involucrados en la investigación. Observar quiénes respaldan estas iniciativas resulta crucial para comprender el respaldo a estas temáticas, y las estadísticas en este documento brindan una reveladora perspectiva.

De esta forma en el contexto de este análisis, destacan significativamente la "European Commission" y la "National Science Foundation", ambas patrocinadoras que han respaldado con su apoyo a un total de 11 documentos de investigación cada una en esta plataforma. Por otro lado, el patrocinador financiero con menor impacto en este estudio fue el "European Regional Development Fund", con la publicación de dos artículos de investigación. Este análisis pormenorizado revela las contribuciones significativas de diferentes patrocinadores, arrojando luz sobre el panorama de apoyo financiero y destacando la relevancia de sus roles en la promoción de la investigación en estas áreas específicas.

Ilustración 18. Documentos por afiliación



Fuente: Autor

Los documentos por afiliación permiten identificar aquellas organizaciones a las cuales van sujetas los artículos que han sido publicados en esta plataforma bibliográfica. Es por esto que la Università degli Studi di Padova ha tenido una gran repercusión dentro de cuatro artículos en esta base de datos, así mismo como también la Aarhus Universitet, por otra parte, la Universidad de Córdoba fue la que menos apoyo iniciativas de tal índole con tan solo dos artículos de investigación.

5.2 Revisión De Literatura De Scopus:

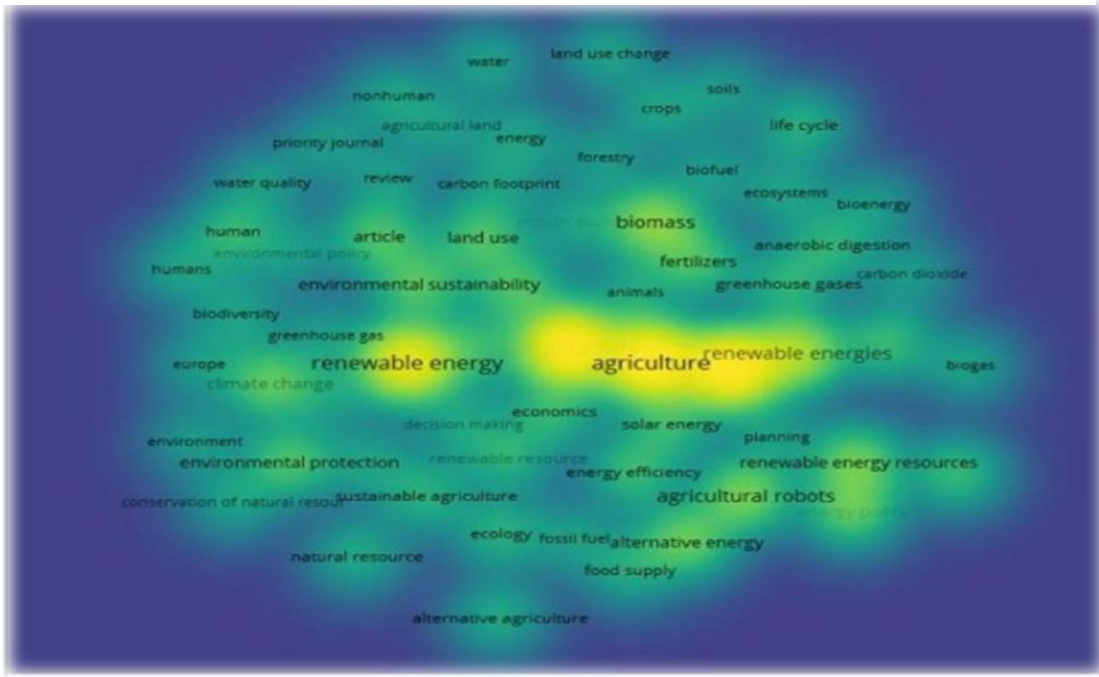
En el proceso de extracción textual de 115 artículos, se implementó una representación visual a través de un aplicativo, permitiendo una comprensión más intuitiva y accesible. En esta visualización gráfica, se destaca la densidad temática agrupada en tres categorías principales: agricultura, sustentabilidad y energías renovables. Este enfoque estratégico facilita la identificación y análisis de patrones a lo largo de un periodo de seis años, basándose en las publicaciones relacionadas con estas temáticas específicas. La inclusión de esta perspectiva gráfica no solo enriquece la presentación de los datos, sino que también proporciona en la evolución y prevalencia de estos temas a lo largo del tiempo, contribuyendo así a una comprensión más profunda de la investigación en estas áreas clave.

5.3 Clusters de Vosviewer:

Se llevó a cabo el análisis de 115 artículos como fundamento principal, con el objetivo de reorganizarlos en clusters. Este enfoque se propuso con el fin de discernir de manera más efectiva las temáticas o palabras clave más prominentes dentro de la cantidad inicial, tomando como referencia el código de búsqueda establecido.

La aplicación de este método de agrupación ofrece una perspectiva más detallada y estructurada de la información, permitiendo una identificación más precisa de los patrones y tendencias presentes en el conjunto de datos. Para visualizar de manera más clara y concisa este proceso, se encuentra disponible la Figura 8, que proporciona una representación gráfica de la distribución temática emergente a partir de la reorganización de estos artículos en clusters. Este enfoque estratégico no solo optimiza la comprensión del contenido, sino que también destaca las áreas de enfoque más sobresalientes, contribuyendo así a una interpretación más completa de los resultados obtenidos.

Ilustración 21. Resultados VOSviewer Densidad



Fuente: Autor

Este software también facilita la representación visual de la información mediante un mapa de densidades, ofreciendo una perspectiva más detallada sobre las áreas donde la información se agrupa con mayor intensidad según los temas de interés. Optar por examinar esta gráfica proporciona una vía más efectiva para explorar las temáticas en las que este proyecto contribuirá significativamente a los objetivos establecidos. Al utilizar esta herramienta de mapeo de densidades, se puede realizar una investigación más precisa y orientada hacia los aspectos clave que impactarán positivamente en la consecución de los objetivos propuestos.

5.4 Estructura del Diseño de un Prototipo de Granja Vertical

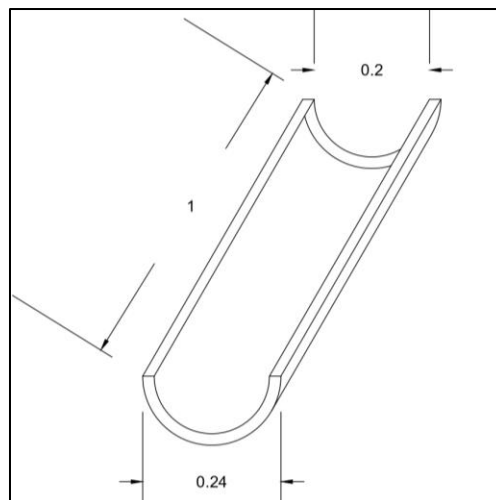
El diseño del prototipo de las granjas verticales se basa en la importancia de incorporar un canal hidráulico, el cual se basa en una estructura fundamental para el transporte y distribución del agua. Los canales hidráulicos permiten llevar el agua a diferentes lugares, como presas, sistemas de abastecimiento de agua potable, alcantarillados, canales de riego, entre otros. Estos canales son vitales para asegurar el suministro de agua y contribuir al desarrollo de actividades agrícolas, industriales y domésticas (Clement, V., & Gabriel, F. 1993).

Por otro lado, los canales en las granjas verticales tienen varios usos y funciones importantes. Algunos de los usos comunes de los canales en las granjas verticales son:

- *Distribución de agua de riego:* Las canales se utilizan para distribuir el agua de riego de manera eficiente a los cultivos en los diferentes niveles de la granja vertical. El agua se puede recoger y almacenar en las canales, y luego se libera gradualmente para regar las plantas de manera controlada.
- *Recirculación de agua:* En las granjas verticales, se busca minimizar el desperdicio de agua y aprovechar al máximo los recursos. Las canales pueden ser utilizadas para recoger y recircular el agua de riego sobrante, permitiendo su reutilización en los sistemas hidropónicos.
- *Drenaje y recolección de nutrientes:* Las canales también pueden ser utilizadas para recoger el agua de drenaje de los cultivos y recolectar los nutrientes que se liberan durante este proceso. Esto permite reciclar los nutrientes y reutilizarlos en el sistema de cultivo, reduciendo la necesidad de fertilizantes externos.
- *Control de la humedad:* Las canales pueden ayudar a mantener los niveles de humedad adecuados en la granja vertical al proporcionar un medio para controlar y regular la cantidad de agua. Esto es especialmente importante en los sistemas hidropónicos, donde la humedad y el riego preciso son fundamentales.

De este modo, se determinó que la sección hidráulica a emplear para el prototipo de granja vertical es la sección hidráulica circular, ya que, este tipo de canal se utiliza para transportar líquidos, como agua, en aplicaciones hidráulicas (Madrid, C., & Velázquez, E. 2008). La sección circular proporciona una distribución uniforme del flujo a lo largo del canal a minimiza pérdidas de energía por fricción. Y observa en la siguiente figura, el prototipo de sección hidráulica circular para la granja vertical.

Ilustración 22. Diseño de prototipo de sección hidráulica circular para la granja vertical



Fuente: Autor

Esta sección hidráulica fue seleccionada, porque La sección hidráulica circular se considera más eficiente en comparación con otras formas de secciones hidráulicas debido a varias razones:

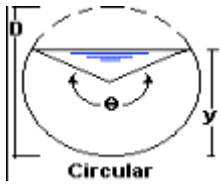
- *Flujo uniforme:* La sección circular permite un flujo más uniforme del agua. Esto se debe a que la superficie circular permite distribuir las velocidades de manera más uniforme en comparación con otras formas de secciones, lo que minimiza la formación de turbulencias y la pérdida de energía.
- *Menor resistencia al flujo:* La sección circular ofrece una menor resistencia al flujo de agua en comparación con otras formas de secciones, como la rectangular o la trapezoidal. Esto se debe a que la forma circular tiene una menor relación perímetro-área, lo que reduce la fricción de agua y paredes del canal. Como resultado, se requiere menos energía para transportar el agua a través de una sección circular, lo que la hace más eficiente.
- *Mayor capacidad de transporte:* Debido a su forma circular, las secciones hidráulicas circulares tienen una mayor capacidad de transporte de agua. Esto es especialmente beneficioso en situaciones donde se necesita transportar grandes volúmenes de agua, como en canales de riego o sistemas de drenaje (Flores Berrones, R. 2000).

Es importante tener en cuenta que la eficiencia hidráulica de una sección no solo depende de su forma, sino también de otros factores como la pendiente del canal, la rugosidad de las paredes y las condiciones de flujo. Sin embargo, en general, la sección circular se considera una de las opciones más eficientes para el transporte de agua en canales abiertos (Cervantes Martínez, A. 2007).

5.5 Parámetros Hidráulicos Prototipo de Granja Vertical

Para la validación del diseño de la granja vertical para los cultivos de fresa y lechuga, se calcularon los diferentes parámetros hidráulicos de una sección circular con el fin de determinar su eficiencia y eficacia en el transporte del recurso hídrico:

Tabla 6. sección hidráulica Circular

Tipo de sección	Aérea A(m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{8})\frac{D}{4}$	$(\text{sen} \frac{\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D - y)}$

Fuente: Autor

De este modo el valor agregado más importante de una sección hidráulica circular puede variar dependiendo del contexto y del propósito específico de dicha sección. Sin embargo, en general, algunos de los valores agregados más importantes de una sección hidráulica circular pueden incluir:

- *Eficiencia hidráulica:* Una sección hidráulica circular bien diseñada puede proporcionar un flujo de fluido suave y eficiente, minimizando las pérdidas de energía y optimizando el rendimiento del sistema hidráulico.
- *Resistencia estructural:* Las secciones hidráulicas circulares suelen tener una estructura sólida y resistente que les permite soportar altas presiones y cargas, lo que garantiza la seguridad y confiabilidad del sistema hidráulico.
- *Facilidad de instalación y mantenimiento:* secciones hidráulicas circulares pueden ser relativamente fáciles de instalar y mantener debido a su diseño simple y modular. Esto puede ahorrar tiempo y costos del sistema hidráulico.
- *Versatilidad y adaptabilidad:* Las secciones hidráulicas circulares pueden adaptarse a una variedad de aplicaciones y entornos, lo que las hace versátiles y adecuadas para diferentes necesidades. En el sistema transporte de fluidos, sistemas de control y otras aplicaciones hidráulicas.

Es por esta razón que es importante tener en cuenta que estos valores agregados pueden variar dependiendo del diseño específico de la sección hidráulica circular y de los requisitos de la aplicación en particular (Béjar, M. V. 2008). De este modo se calcularon los parámetros de la sección hidráulica circular como se observa a continuación:

Tabla 7. Parámetros de la sección hidráulica circular

Sección hidráulica	Plano	Parámetros	Resultados
Circular		área A (m ²)	0.676
		Perímetro mojado P (m)	13.6
		Radio Hidráulico Rh (m)	0.0497
		Espejo de agua T (m)	0.2

Fuente: Autor

CAPÍTULO 6. Estructura del diseño del modelo vertical para fresa y lechuga

6.1 Diseño del Prototipo de Granja Vertical

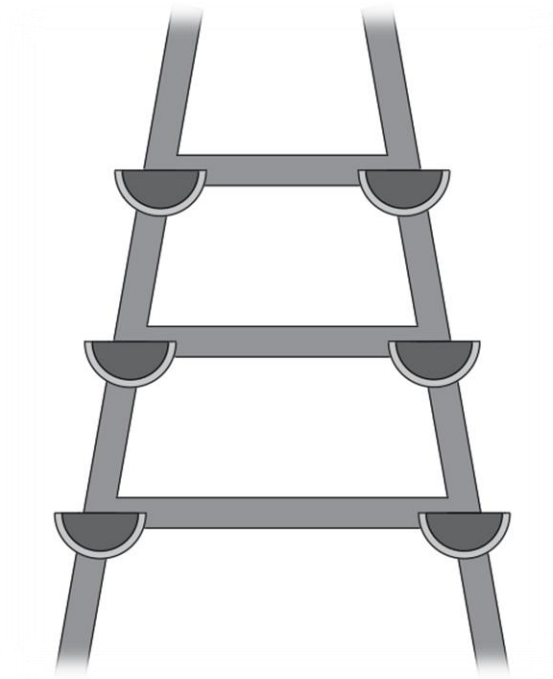
El diseño del prototipo de la granja vertical se basa en buscar la eficiencia de cada uno de los cultivos de fresa y lechuga, es por esta razón que se valida la viabilidad del diseño con base a los cálculos previos, para ello se diseñó una granja vertical de tres niveles, contando con 12 bandejas, cada una de ellas se encuentran determinadas en su morfología por la sección hidráulica circular, como se aprecia en la Ilustración 19. Prototipo de granja vertical e Ilustración 20. Vista en perfil de granja vertical:

Ilustración 23. Prototipo de granja vertical



Fuente: Autor

Ilustración 24. Vista en perfil de granja vertical



Fuente: Autor

De esta forma se logra identificar la composición de la estructura, la cual fue realizada en AutoCAD y Revit, para que de este modo el prototipo, fuera lo más cercano a un modelo real, para llevar a cabo el prototipo en formato físico.

6.1.1 Prototipo De Granja Vertical Con La Distribución Del Cultivo De Fresa Y Lechuga

La distribución del diseño de Granja Vertical se basa en la parte superior de la estructura (Primera bandeja de la estructura) donde se localizan los cultivos de lechuga de acuerdo con el consumo de agua; ya que este puede variar según las condiciones ambientales. De esta forma se puede mantener un riego adecuado y utilizar prácticas eficientes, como la hidroponía (Salazar-Moreno, R., et al 2014).

De igual forma los cultivos de fresas se van a ubicar en las bandejas inferiores del cultivo de lechuga, con la finalidad de abastecerse del riego del cultivo de lechuga, ya que este cultivo consume mayor cantidad de recurso hídrico y con ello se hace más eficaz el diseño de la estructura.

Ilustración. 25 Prototipo de granja vertical Con Cultivo de Fresa y Lechuga



Fuente: Autor

6.2 Características de los Materiales Principales del Diseño de un Prototipo de Granja Vertical

6.2.1 Estructura de Aluminio

El uso del aluminio en la estructura de la granja vertical se enfoca en la resistencia que posee este para la construcción de estructuras. ya que tiene propiedades mecánicas favorables, como resistencia a la tracción y a la corrosión, lo que lo hace adecuado para diversos usos.

El aluminio es más liviano y facilita su manejo e instalación. Además, el aluminio puede ser tratado mediante procesos como el anodizado para mejorar aún más su resistencia y durabilidad (GONZALEZ, M. S. M.2007). En general, el aluminio es una opción popular para estructuras debido a su combinación de resistencia y peso ligero; de esta forma se tiene en cuenta algunos beneficios del aluminio que van a aportar a la estructura de la Granja Vertical:

- **Ligereza:** Es un metal ligero, lo que significa que reduce el peso total de la estructura. Esto facilita el transporte, la instalación y la manipulación de los componentes de aluminio.

- Resistencia a la corrosión: El aluminio es altamente resistente a la corrosión, y es una opción ideal para estructuras expuestas a condiciones ambientales adversas, como la lluvia, la humedad y la salinidad (Montanaro, M. I. 2009).
- Durabilidad: A pesar de ser ligero, el aluminio es un material duradero y resistente. Puede soportar cargas estructurales y mantener su integridad a lo largo del tiempo.
- Versatilidad en el diseño: El aluminio se puede moldear y fabricar en una variedad de formas y tamaños en el diseño de la estructura. Esto es especialmente beneficioso en proyectos arquitectónicos donde se busca la estética y la personalización.
- Propiedades de conductividad: La alta conductividad térmica y eléctrica de este material permite disipar el calor de manera eficiente y transportar corriente eléctrica. Esto resulta útil en aplicaciones que requieren una transferencia eficiente de calor o electricidad, como en sistemas de refrigeración o conductores eléctricos.
- Sostenibilidad: El aluminio es un material reciclable y puede ser utilizado repetidamente sin perder sus propiedades en el medio ambiente y es sostenible para las estructuras.

Ilustración 26. Estructura de Aluminio



Fuente: Autor

6.2.2 Bandejas

Las bandejas del modelo de producción vertical para los cultivos de fresa y lechuga, se basan en la durabilidad y eficiencia de las mismas; es por esta razón, que se consideran dos materiales importantes como son, la Resina epóxica y Tubos PVC, Considerando la necesidad del usuario.

Ilustración 27. Bandejas



Fuente: Autor

6.2.2.1 Bandejas de Resina Epóxica

La resina epóxica, para la fabricación de las bandejas para la granja vertical, es una opción viable ya que es un material ampliamente utilizado debido a sus propiedades versátiles y su resistencia. La resina epóxica se compone de resina y endurecedor. Cuando se mezclan en proporciones adecuadas y se someten a un proceso de curado, la resina epóxica se endurece y forma una estructura sólida y duradera (Gonzalez, M. 2008).

A su vez; la resina epóxica es conocida por su alta resistencia química y térmica, para soportar temperaturas elevadas y tiene una excelente resistencia a los productos químicos.

Este material tiene una excelente adhesión a una variedad de sustratos, lo que la hace ideal para la fabricación de estructuras. Puede unir materiales como metal, plástico, madera y fibra de vidrio, lo que permite la creación de estructuras compuestas fuertes y duraderas (Cánovas, M 1964). Es por esta razón que la resina epóxica también es conocida por su capacidad de absorber vibraciones y choques, lo que la hace adecuada para la fabricación de estructuras que requieren resistencia y durabilidad, como lo son:

- Versatilidad: La resina epóxica es altamente versátil y puede adaptarse a diferentes usos desde recubrimientos de pisos hasta adhesivos y selladores.
- Fácil aplicación: La resina epóxica es fácil de aplicar. Se puede mezclar con precisión y se adhiere de manera efectiva a diferentes materiales, como madera, metal, concreto y plástico (Ayala Pantoja 2021)
- Resistencia química: La resina epóxica es resistente a varios productos químicos, incluidos ácidos, bases y solventes. Esto la hace ideal para entornos donde se requiere resistencia química, como laboratorios y plantas de procesamiento químico.
- Adhesión fuerte: La resina epóxica tiene una capacidad de adhesión fuerte. Se utiliza ampliamente como adhesivo para unir materiales diversos y proporciona una unión duradera y resistente (Aguión, A 2022).

6.2.2.2 Bandejas de Tubo PVC

El tubo de PVC ha tenido una gran importancia en la implementación de cultivos modernos, especialmente en el contexto de bandejas y sistemas de cultivo verticales. Este material en técnicas de cultivo revolucionarios que ofrecen ventajas significativas en términos de eficiencia y versatilidad.

Es por esta razón, que se plantea una segunda opción para la implementación de las bandejas del prototipo de producción vertical, donde el sistema de cultivo de fresa y lechuga plantados en las bandejas de tubos de PVC permite cosechar de forma versátil y se adaptada con el diseño del prototipo. Además, el PVC es un material muy valorado en el sector de la construcción por su capacidad aislante, lo que lo hace perfecto para las bandejas. Esta característica lo hace ideal para su aplicación en sistemas de cultivo modernos, donde se busca maximizar la eficiencia y el control ambiental.

Así mismo, la durabilidad del tubo de PVC es un aspecto clave a considerar. Según los estudios, El PVC es conocido por su durabilidad, siendo catalogado como un producto de larga vida útil, con un período de uso de hasta 50 años. (Carreras N et; Al Medina M. L 2015), de acuerdo con los mantenimientos y las exposiciones que se le den al mismo; por otra parte, se tienen en cuenta algunas características y ventajas:

- Resistencia al impacto: El PVC ofrece una resistencia al impacto inigualable, lo que lo convierte en un material altamente resistente para la fabricación de las bandejas.

- **Facilidad de mecanizado:** El PVC es un material fácil de cortar y adecuar a la estructura del prototipo, lo que lo hace altamente versátil en aplicación de los cultivos de fresa y lechuga.
- **Bajo costo de instalación y mantenimiento:** El PVC es conocido por se convierte en un material atractivo para la aplicación de las bandejas del prototipo.
- **Versatilidad:** El PVC posee una amplia gama de aplicaciones en proyectos del sector industrial, urbanización, residencial y comercial, lo que demuestra su versatilidad y adaptabilidad en diferentes entornos y usos.

6.3 Características de las Especies de Fresa y Lechuga

La clasificación de semillas de la especie tanto para fresas como para lechugas, impactando diversos aspectos de la producción agrícola. En primer lugar, este proceso permite adaptar el cultivo a condiciones específicas, desde el tipo de suelo hasta las variaciones climáticas, maximizando así el potencial de crecimiento y rendimiento de las plantas.

Por otra parte, un beneficio significativo de la clasificación radica en la resistencia a enfermedades y plagas. Al seleccionar minuciosamente las semillas, se pueden identificar variedades que demuestren una mayor resistencia a amenazas comunes, lo que no solo contribuye a mantener la salud del cultivo, sino que también reduce la necesidad de utilizar productos químicos dando como resultado de la clasificación, la elección de semillas que cumplan con las preferencias de los consumidores y potenciar la aceptación en el mercado.

6.3.1 Semilla de Fresa ‘Fragaria × Ananassa Mediana’

Fragaria × ananassa mediana, es una de las semillas de fresas que más se cultivan a nivel mundial. Es el resultado de un cruce experimental entre *Fragaria chilensis* de Chile y *Fragaria virginiana* del este de Norteamérica (León López, L. et; Al Cabriales, J. J 2014). Los cultivos de esta especie han reemplazado a otras variedades en gran medida debido a su tamaño. Por otra parte, la fresa y su producción contribuye significativamente a la disponibilidad de alimentos frescos permite garantizar la seguridad alimentaria al ofrecer una amplia gama de opciones alimenticias.

La fresa es una planta herbácea y perenne con temperaturas medias anuales entre 15-20°C. De esta forma crecen entre 6 y 12 pulgadas de alto y 1 a 2 pies de ancho. Por consiguiente, en el modelo de producción vertical, se realizó la selección de cada una de las especies vegetales para el cultivo de fresa por medio de la especie *Fragaria × ananassa mediana*.

Ilustración 28. Selección Especie Fresa "Fragaria × Ananassa Mediana"



Fuente: Autor

6.3.2. Semilla de Lechuga Lisa "Tipo B"

La lechuga lisa tipo B, también conocida como lechuga de cogollo, se distingue de otras variedades principalmente por sus características morfológicas únicas, que incluyen hojas finas, verdes y largas unidas a un tallo corto, blanco y redondo. Esto ha contribuido a una mayor distribución geográfica y producción. La lechuga se cultiva en numerosos países, con China, Estados Unidos, España, Italia e India entre los principales productores (De Cortés, F. 2015). La lechuga ha aumentado los últimos años, por la diversificación de tipos varietales de lechuga, como la lechuga tipo B, cuya temporada de cultivo es principalmente la primavera.

Ilustración 29. Semilla de Lechuga Lisa "Tipo B"



Fuente: Autor

Ilustración 30. Selección Especie de Lechuga Lisa "Tipo B"



Fuente: Autor

CAPÍTULO 7. Pertinencia Social

7.1 Usuarios del Modelo

El área de estudio del proyecto la concepción y desarrollo un modelo innovador de producción vertical destinado a los cultivos de fresa y lechuga. Esta iniciativa se orienta hacia las necesidades de aquellos usuarios interesados en la adopción de estrategias de cultivos verticales con el fin de fortalecer la seguridad alimentaria. La relevancia de este enfoque radica en la cuidadosa planificación del diseño estructural y componentes esenciales para asegurar un rendimiento óptimo de los cultivos.

Las granjas verticales desempeñan un papel fundamental al proporcionar una gestión precisa de agua y nutrientes, contribuyendo así al crecimiento saludable de las plantas y garantizando la calidad de los productos agrícolas. Al situar la producción agrícola en proximidad al punto de consumo, estas instalaciones no solo optimizan la eficiencia logística, sino que también desempeñan la reducción de la dependencia de extensas cadenas de suministro y la minimización del desperdicio de alimentos se erigen como beneficios significativos asociados con la implementación de granjas verticales.

las prácticas agrícolas verticales se presentan como una estrategia integral para abordar los desafíos contemporáneos en la producción de alimentos. Además de sus impactos positivos en la seguridad alimentaria, estas iniciativas también promueven la sostenibilidad ambiental al optimizar el uso de recursos y reducir la huella ecológica asociada con la agricultura convencional. En este sentido, el proyecto busca no solo diseñar un modelo de producción, sino también contribuir al cambio hacia prácticas agrícolas más eficientes, sostenibles y resilientes.

Considerando lo expuesto anteriormente y el alcance de esta tesis, en cuanto a la identificación de usuarios, instituciones, gremios y demás, se espera que esta investigación se convierta en un referente para futuras investigaciones en este campo del conocimiento. Además, se busca que sirva como una guía valiosa para aquellos que emprendan nuevos estudios en este ámbito.

7.2 Análisis De La Necesidad

La realización de un análisis de mercado resulta fundamental para cualquier cultivo, y esto incluye tanto la producción de fresas como de lechugas, según señala Díaz Salinas en 2016. Este estudio aporta información crucial acerca de la demanda, la oferta, los precios, la competencia y las tendencias presentes en el mercado agrícola. A continuación, se detallan algunas razones que resaltan la importancia de llevar a cabo un análisis de mercado específico para el cultivo de fresas y lechugas:

- **Identificar oportunidades:** El análisis de mercado permite identificar oportunidades comerciales y nichos de mercado para el cultivo de fresa y lechuga. Puede ayudar a identificar segmentos de mercado específicos que tienen una demanda creciente de fresas y lechuga
- **Conocer la demanda:** El análisis de mercado proporciona información sobre la demanda actual y futura del cultivo de fresas y lechuga. Esto incluye información sobre las preferencias de los consumidores y consumo de tendencias de mercado. Con esta información, los agricultores pueden ajustar su producción para satisfacer la demanda del mercado (Fierro Vega, L. 2016).
- **Evaluar la competencia:** El análisis de mercado permite evaluar la competencia en el sector de las fresas y lechuga. Esto incluye identificar a otros productores de fresas y lechuga, conocer sus precios, calidad y estrategias de comercialización (Roselló, J 2009).
- **Determinar precios y márgenes de ganancia:** El análisis de mercado determina los precios adecuados para las fresas y las lechugas, para calcular los márgenes de ganancia esperados. Esto permite a los agricultores establecer precios competitivos y rentables para sus productos (Chiqui Chiqui, F & Lema Cumbe, M 2010)
- **Planificar la producción:** El mercado proporciona información de la demanda estacional en fresas y lechugas. Esto ayuda a los agricultores a planificar su producción de forma más eficiente, evitando la sobreproducción o la escasez de productos en determinadas épocas del año.

Realizar un análisis de mercado para los cultivos de fresas y lechugas resulta crucial en oportunidades comerciales. Este proceso proporciona información esencial sobre la demanda, la competencia, los precios y las tendencias del mercado. Con estos datos en mano, los agricultores pueden ajustar su producción y estrategias de comercialización con el objetivo de lograr el éxito en el dinámico mercado de las fresas y lechugas.

En este contexto, es relevante destacar la importancia de llevar a cabo un análisis de costos específico para la cadena de venta de productos en la nación colombiana. Para ello, se puede tomar como referencia las tiendas reconocidas como Jumbo, Éxito, Makro y Olímpica. Este análisis comparativo permitirá evaluar los precios locales de las fresas en diversas sucursales del país, proporcionando una visión detallada de la competitividad y las oportunidades para los productores en este mercado específico.

Tabla 8. Análisis De La Oferta para Fresas 250g

Fresas 250 g				
Tienda	Producto Total (g)	Costos fijos (COP)	Precio de venta unitario	Ganancia
Jumbo	250	5,495	5,265	-0,230
Éxito	250	5,240		0,025
Makro	250	4,450		0,815
Olímpica	250	5,875		-0,610
Promedio		5,265		

Fuente: Autor

Así, se evidencia que el costo promedio de un paquete de fresas de 250 g, considerado para el presente proyecto, asciende a cinco mil doscientos sesenta y cinco pesos colombianos. Este precio demuestra ser competitivo, generando beneficios en comparación con los establecimientos de cadena como Éxito y Makro.

Tabla 9. Análisis De La Oferta para Fresas 500g

Fresas 500 g				
Tienda	Producto Total (g)	Costos fijos (COP)	Precio de venta unitario	Ganancia
Jumbo	500	10,990	10,023	-0,968
Éxito	500	8,450		1,573
Makro	500	8,900		1,123
Olímpica	500	11,750		-1,728
Promedio		10,023		

Fuente: Autor

En contraste, el costo estimado para un paquete de fresas de 500 g se sitúa alrededor de diez mil veintitrés pesos colombianos, tomando como referencia el promedio de precios en los mercados de cadena más reconocidos del país. Este precio destaca por su relevancia en comparación con las ofertas de Éxito y Makro.

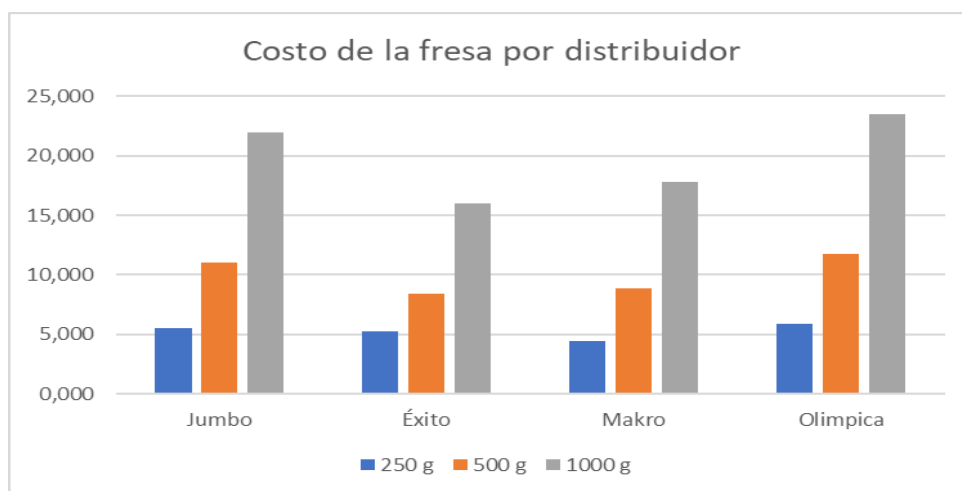
Tabla 10. Análisis De La Oferta para Fresas 1000g

Fresas 1000 g				
Tienda	Producto Total (g)	Costos fijos (COP)	Precio de venta unitario	Ganancia
Jumbo	1000	21,980	19,820	-2,160
Éxito	1000	16,000		3,820
Makro	1000	17,800		2,020
Olímpica	1000	23,500		-3,680
Promedio		19,820		

Fuente: Autor

Considerando los paquetes de fresas de 1000 g, el costo promedio aplicable para este proyecto asciende a diecinueve mil ochocientos veinte pesos colombianos, destacándose frente a las ofertas de Éxito y Makro.

Ilustración 31. Costo de la Fresa por Distribuidor



Fuente: Autor

Se observa una variación significativa en los costos entre los distribuidores de este producto, siendo Olímpica quien lidera con los precios más elevados, seguida por Jumbo, Makro y Éxito. Aunque algunos de ellos tienden a ser generalmente más caros de lo que el sistema vertical costearía, esta estrategia permite obtener una rentabilidad por encima del promedio en términos de ventas comunes de fresas en presentaciones de 250 g, 500 g y 1000 g.

Del mismo modo, se presenta el análisis de costos para la lechuga, considerando los precios de los distribuidores nacionales. Los costos fijos de un producto en los gastos que no fluctúan con la producción y la venta, independientemente del nivel de actividad de la empresa. Aunque la producción aumente o disminuya, los costos fijos permanecen inalterados a corto plazo, como se detalla a continuación:

Tabla 11. Análisis De La Oferta para Lechuga 250 g

Lechuga 250 g				
Tienda	Producto Total (g)	Costos fijos (COP)	Precio de venta unitario	Ganancia
Jumbo	250	3,650	3,882	0,232
Éxito	250	3,564		0,318
Makro	250	4,000		-0,119
Olímpica	250	4,312		-0,431
Promedio		3,882		

Fuente: Autor

En este contexto, se propone un precio tentativo de tres mil ochocientos ochenta y dos pesos colombianos para el paquete de lechuga en el marco de este proyecto. Este precio presenta ventajas con respecto a las ofertas de las tiendas de cadena Éxito y Jumbo.

Tabla 12. Análisis De La Oferta para Lechuga 500 g

Lechuga 500 g				
Tienda	Producto Total (g)	Costos fijos (COP)	Precio de venta unitario	Ganancia
Jumbo	500	9,125	9,704	0,579
Éxito	500	8,910		0,794
Makro	500	10,000		-0,296
Olímpica	500	10,780		-1,076
Promedio		9,704		

Fuente: Autor

En el mismo contexto, se prevé establecer un precio estimado de nueve mil setecientos cuatro pesos colombianos para los paquetes de 500 g en el marco de este proyecto. Este monto exhibe un incremento estratégico en comparación con las ofertas presentes en los mercados del Éxito y Jumbo, lo que se traduce en una propuesta competitiva que busca posicionarse favorablemente en el escenario comercial. Este enfoque de fijación de precios pretende no solo reflejar la calidad del producto, sino también capturar la atención del consumidor al ofrecer una alternativa atractiva en términos de costo-beneficio.

Tabla 13. Análisis De La Oferta para Lechuga 1000 g

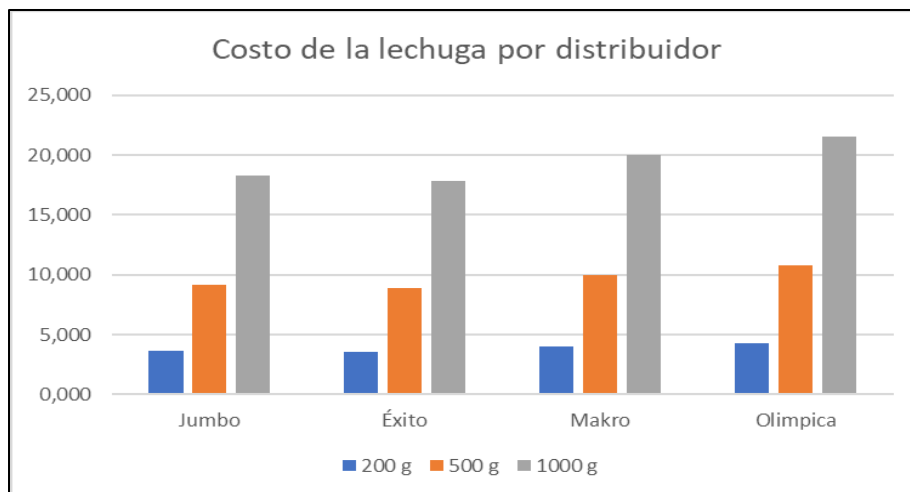
Lechuga 1000 g				
Tienda	Producto Total (g)	Costos fijos (COP)	Precio de venta unitario	Ganancia
Jumbo	1000	18,250	19,408	1,158
Éxito	1000	17,820		1,588
Makro	1000	20,000		-0,593
Olímpica	1000	21,560		-2,153
Promedio		19,408		

Fuente: Autor

Finalmente, los paquetes de 1000 presentan un precio tentativo de diecinueve mil cuatrocientos ocho pesos colombianos, destacándose y superando las ofertas del Éxito y Jumbo. Esta estrategia de fijación de precios busca no solo reflejar la calidad superior del producto, sino también establecer una posición de liderazgo en términos de competitividad frente a las opciones disponibles en el mercado. Con un enfoque proactivo en la diferenciación y la propuesta de valor, se busca captar la preferencia del consumidor al

ofrecer una alternativa atractiva que garantice tanto la calidad del producto como una relación costo-beneficio favorable en comparación con los competidores directos.

Ilustración 32 . Costo de la Lechuga por Distribuidor



Fuente: Autor

En este gráfico, se aprecia la variación de los costos de la lechuga según el distribuidor, mostrando que Olímpica ostenta los precios más elevados en el mercado objeto de estudio de este proyecto, seguida por Makro, Jumbo y Éxito. Este análisis visual resalta la disparidad de costos entre los distintos distribuidores, brindando una perspectiva clara sobre la posición competitiva de cada uno en el contexto del proyecto.

Además, teniendo en cuenta estos costos, es crucial resaltar el precio asociado a la fabricación de las bandejas que servirán como contenedores para el cultivo de estas especies vegetales. En realidad, la fabricación de cada bandeja en canal circular implica un proceso meticuloso y cuidadoso. Uno de los componentes clave en este proceso es la resina epóxica. Esta resina no solo proporciona la rigidez necesaria para la bandeja, sino que también asegura su durabilidad a largo plazo.

El costo asociado a la utilización de esta resina epóxica puede variar en el tamaño de la bandeja, la cantidad de resina necesaria y el proveedor de la resina. Para proporcionar una visión clara de estos costos, hemos establecido una tabla detallada. Esta tabla desglosa el costo de la resina epóxica para cada bandeja en canal circular. De esta manera, se puede comprender de manera clara y precisa de los costos de la fabricación de estas bandejas.

Tabla 14. Costo resina epóxica 1L

Material	Volumen L	Precio
Resina epóxica	1	92.500

Fuente: Autor

El proceso de fabricación de cada bandeja utilizando resina epóxica implica una serie de costos. Estos costos, que se calculan teniendo en cuenta las condiciones económicas locales donde un litro de resina cuenta aproximadamente a los noventa y dos mil quinientos pesos colombianos por bandeja.

Este valor es el resultado de un análisis detallado que incluye el cálculo del volumen de una bandeja. Este cálculo se realiza considerando la sección hidráulica circular, con la cantidad de resina epóxica necesaria para su fabricación. La siguiente tabla representa el desglose de costos asociados a la fabricación de cada bandeja. De esta manera, se tiene una comprensión precisa de cómo se distribuyen estos costos y cómo contribuyen al costo total de cada bandeja.

Tabla 15. Cálculo de costos para una Bandeja Circular, Resina Epoxica

Sección	Volumen (m ³)	Volumen (m ³)	Volumen L	Material	Precio en pesos colombianos
Circular	$\pi h/2$ (radio 20.4)	0.016343	16.34	Resina Epóxica	\$58.275
	Radio 20	0.015708	15.71		
Volumen total		0.000635	0.63		

Fuente: Autor

En el proceso de fabricación de bandejas para la estructura vertical, cada bandeja tiene un volumen de 0.63 litros. El costo de fabricación de una sola bandeja se estima en aproximadamente cincuenta y ocho mil doscientos setenta y cinco mil pesos colombianos.

Este costo incluye todos los materiales y procesos necesarios para la fabricación de la bandeja. Al considerar un sistema vertical que incluye doce de estas bandejas, el costo total de fabricación se eleva considerablemente.

De hecho, el costo total para la fabricación de las doce bandejas se calcula en aproximadamente seiscientos noventa y nueve mil trescientos pesos colombianos. Este costo refleja la inversión necesaria para la producción de un sistema vertical completo con doce bandejas. Por otro lado, con el objetivo de llevar a cabo una comparativa de costos, se realizó un estudio del mercado para el PVC, como se detalla en la siguiente tabla. Se consideraron dimensiones similares a la estructura circular mencionada anteriormente, focalizando el análisis en un tubo de PVC de 6 pulgadas.

Tabla 16. Costo de Tubo PVC 6"

Material	Pulgadas	Metros	Costo
PVC	6"	1	30.900

Fuente: Autor

Así, el costo de un tubo de PVC de 6 pulgadas asciende a treinta mil novecientos pesos colombianos. Al compararlo con el precio de un litro de resina epóxica, se destaca como una opción material más económica.

Tabla 17. Cálculo de costos para una Bandeja Circular, Tubo PVC 6''

INSUMO	Unidades	Metros	Costo
PVC 6''	6	6	185.400

Fuente: Autor

Por este motivo, adquirir seis de estos tubos conllevaría un costo aproximado de ciento ochenta y cinco mil cuatrocientos pesos colombianos, representando económicamente quinientos trece mil novecientos pesos colombianos. Esta opción se muestra más rentable desde una perspectiva monetaria en comparación con la fabricación utilizando resina epóxica.

7.2.1 Generación De Valor Desde Las Patentes Actuales En El Mercado

En relación con la generación de valor desde las patentes actuales en el mercado de las fresas y la lechuga, En el sector agrícola, las patentes pueden aplicarse a diversas tecnologías y mejoras, como semillas modificadas genéticamente, técnicas de cultivo innovadoras, sistemas de riego eficientes, entre otros (Villanueva, J. et; Al Soto, L 2017),

Al tener una patente en el mercado por medio de una posible fase del proyecto en cuanto al diseño de un modelo de Producción Vertical para Fresa y Lechuga, se pueden obtener varios beneficios:

- Ventaja competitiva: La posesión de una patente proporciona una ventaja competitiva sobre la innovación patentada.
- Valorización de la innovación: Las patentes pueden incrementar el valor de una empresa al demostrar su capacidad para innovar y desarrollar tecnologías únicas. Esto puede resultar atractivo para inversores, socios comerciales y clientes potenciales, lo que puede generar oportunidades de colaboración o inversión.

Es importante destacar que el valor generado por las patentes en el mercado de las fresas y la lechuga dependerá de la innovación específica patentada y de cómo se comercialice y aproveche en el mercado. El análisis de mercado y la comprensión de las demandas y tendencias del mercado son fundamentales para maximizar el valor generado por una patente en este sector.

De esta forma; las patentes de producción vertical pueden generar valor en el mercado de las fresas y la lechuga al proporcionar una ventaja competitiva, valorizar la innovación y brindar protección legal contra infracciones. Sin embargo, es necesario realizar un análisis de

mercado específico y una estrategia comercial adecuada para aprovechar al máximo el valor generado por las patentes en este sector (Rodríguez Moncada, L. M. 2020).

Es así como las granjas verticales están adoptando cada vez más nuevas formas de cultivar en la agricultura vertical (Chanchi-Golondrino et; Al Saba, M. 2022). El uso de sensores y monitores conectados permite controlar y optimizar las condiciones ambientales, el riego, la iluminación y otros aspectos clave del cultivo en tiempo real.

En una proyección futura, las granjas verticales podrían avanzar hacia una segunda fase de desarrollo al incorporar sensores destinados a la medición precisa de la humedad y temperatura del entorno. Estos dispositivos capturan datos detallados que son posteriormente recopilados y transmitidos a través de la red de Internet de las Cosas (IoT) hacia un sistema centralizado.

En este punto focal, los datos son minuciosamente analizados, proporcionando información fundamentada en la gestión los cultivos. Este enfoque avanzado no solo optimiza la eficiencia operativa de las granjas verticales, sino que también promueve una agricultura más precisa y adaptativa, mejorando así la calidad y rendimiento de los cultivos mediante la implementación de estrategias informadas y ajustes puntuales basados en datos en tiempo real.

Este monitoreo se realiza en tiempo real a través de IoT permite a los agricultores detectar y responder rápidamente a cambios en las condiciones ambientales, enfermedades o plagas (Ching, I. et; Al & Díaz, J 2020). Además, la automatización basada en IoT puede controlar de manera precisa y eficiente el riego, la iluminación y otros procesos, en una mejora en la calidad del cultivo y un aumento en la productividad.

Es así que el uso de IoT en las granjas verticales ofrece una serie de ventajas, como el monitoreo en tiempo real, la automatización y la optimización de los recursos. Esto puede ayudar a mejorar la sostenibilidad de la agricultura vertical de cultivos de fresa y lechuga (Torres Urrego, J. C., & Gonzáles Carreño, P. A. 2021).

7.3 Análisis De La Necesidad

La demanda de los cultivos de fresa y lechuga puede variar según diferentes factores, como la temporada, la región geográfica y las preferencias del consumidor (Carmona Bayonas, J. 2022). A continuación, se presentan algunos datos sobre la demanda de estos cultivos:

- **Fresa:** La fresa es una de frutas comerciales más importantes y es muy popular entre los consumidores (García Morillo et; Al Hess, T 2012). La demanda de fresas frescas puede ser alta, especialmente durante la temporada de verano.
- **Lechuga:** La lechuga es una verdura con mayor consumo y demanda de mercado (Roselló, J. (2003). La demanda de lechuga fresca puede ser constante a lo largo del año, ya que se utiliza en gran escala en la gastronomía. De esta forma la lechuga también es un cultivo común en sistemas de producción en ambiente controlado, lo que permite su cultivo durante todo el año

7.4 Análisis De Oportunidad

El análisis de oportunidad de los cultivos de fresa y lechuga puede ser prometedora en diferentes aspectos, como lo son:

- **Demanda creciente:** Tanto la fresa como la lechuga son alimentos populares y demandados en el mercado. Existe una tendencia creciente hacia una alimentación saludable y fresca en productos de fresas y las lechugas (Fajardo, D. 2009).
- **Cultivo en ambiente controlado:** La producción de fresas y lechugas en invernaderos o sistemas hidropónicos ofrece ventajas como la capacidad de cultivar estos cultivos durante todo el año, independientemente de variables climáticas (Rodríguez, M. A., & Santana, L. 2015). Esto brinda la oportunidad de satisfacer la demanda constante de estos productos y aprovechar los precios más altos fuera de temporada.
- **Innovaciones en el cultivo:** Existen constantes avances en técnicas de cultivo y variedades de fresas y lechugas que mejoran la productividad, resistencia a enfermedades y calidad de los productos. Estas innovaciones brindan oportunidades para los cultivos (Galan, V et; Al Rocha, H 2018)
- **Exportación e importación:** Los cultivos de fresa y lechuga tienen un potencial en la fresa, los agricultores han encontrado oportunidades de negocios en el mercado exportando e importando estos productos puede acceder a nuevos mercados y oportunidades de crecimiento (Barrientos, J. C., & Castrillón, G. 2007).
- **Valor agregado:** Además de la venta de fresas y lechugas frescas, existen oportunidades para el procesamiento y la elaboración de productos derivados, como mermeladas, jugos, ensaladas envasadas, entre otros (Martínez Bernal et; Al Castellanos Domínguez 2012). Esto puede diversificar la oferta y generar mayor valor económico.

7.5 Impacto ambiental

El presente proyecto de investigación aporta a través de un análisis bibliométrico y espacial, utilizando datos de forma para mejorar la comprensión de aspectos sociales y ecológicos. El objetivo principal es identificar una alternativa sostenible para el sector agrícola que posibilite la producción eficiente y efectiva de alimentos.

Por otro lado, este proyecto es sumamente relevante en el sector social, ya que busca ofrecer solución a la demanda de fresa y lechuga, al mismo tiempo que proporciona garantizar y satisfacer la demanda de estos alimentos.

En consecuencia, se resalta las buenas prácticas agrícolas en la investigación y se empleó el software VosViewer para generar clusters de investigación valiosos para obtener la mejor variable de producción agrícola, como las granjas verticales. Este proceso se llevó a cabo con la intención de avanzar en la dirección correcta en el sector agrícola.

Así, el aporte de las granjas verticales a la seguridad alimentaria favorece la reducción del impacto ambiental tras su implementación. Al ser de naturaleza vertical, ocupan porciones de suelo considerablemente menores en comparación con la agricultura convencional, que utiliza extensiones vastas para la producción de diversos productos.

El área de ocupación de estas estructuras verticales no afecta los drenajes del suelo, porosidad de la vegetación, entre otros aspectos. Con el objetivo es reemplazar el cultivo convencional, que causa un deterioro gradual del suelo, con un sistema innovador y de gran impacto social que reduce los efectos negativos en el suelo. Esto permite la producción de diversas variedades de alimentos de manera eficiente y efectiva.

Por consiguiente, se enmarca como una iniciativa encaminada al desarrollo sostenible y la implementación de nuevas tecnologías en la producción de alimentos. Asimismo, una propuesta innovadora orientada en pro del desarrollo sostenible del sector rural o al público de interés.

Este proyecto, ya que no se han encontrado evidencias de afectaciones o impactos negativos. Se enfoca en el desarrollo sostenible y representa una contribución significativa a la propuesta innovadora que busca el bienestar de las comunidades.

7.6 Impactos esperados

El objetivo central de este proyecto es obtener un diseño de producción vertical específicamente orientado a los cultivos de fresa y lechuga. En consonancia con la orientación de la investigación, se ha identificado que las granjas verticales representan la opción más sostenible y eficiente. La intención es contribuir significativamente a la producción de alimentos, especialmente en espacios reducidos, sin comprometer el entorno ambiental.

La búsqueda de esta alternativa sostenible impulsa el proyecto hacia la creación de un modelo que no solo sea productivo desde el punto de vista agrícola, sino que también minimice su impacto ambiental. En este contexto, las granjas verticales se posicionan como una solución innovadora al abordar los desafíos asociados con la disponibilidad de tierras y la necesidad de una producción alimentaria más eficiente y respetuosa con el medio ambiente. Aspiramos a que este proyecto no solo ofrezca una propuesta viable y efectiva, sino que también establezca un precedente para prácticas agrícolas más sostenibles y amigables con el entorno.

Por otro lado, el diseño de producción vertical para los cultivos de fresas y lechugas permitirá aportar beneficios económicos. Y se relaciona con el objetivo: "Crear un prototipo de granja vertical que sea eficiente y efectivo en el crecimiento vegetal".

Tabla 18. Impactos esperados

Impacto esperado	Plazo	Indicador verificable
<i>Espacio</i>	Mediano	Dimensiones del terreno en el área de estudio
<i>Recursos</i>		
<i>Benéfico a la comunidad</i>	Mediano	Impactos positivos / negativos
<i>Optimización del proceso</i>		
<i>Capacidad de innovación</i>	Largo	Número de prototipos
<i>Integración de nuevos conocimientos</i>		

Fuente: Autor

Por otro lado, la importancia de esta investigación proporciona orientación a otros investigadores interesados en el tema de estudio, al establecerse como un referente, se espera que este trabajo inspire y brinde ideas para futuras investigaciones, fomentando la continuidad del conocimiento en este campo.

Además, al servir como guía, esta tesis tiene como objetivo proporcionar una estructura metodológica clara y eficiente para aquellos que se embarquen en nuevas investigaciones en el área del diseño de granjas verticales para el cultivo de fresas y lechugas. Esto ayudará a los investigadores a evitar obstáculos comunes, a tomar decisiones informadas y a obtener resultados más sólidos.

7.7 Pertinencia y aporte a la línea de investigación

La implementación de granjas verticales emerge como una solución innovadora para la demanda de alimentos. Estos sistemas de producción vertical se pueden instalar en entornos urbanos, brindando la oportunidad de cultivar una amplia variedad de productos en espacios limitados, como los cultivos de fresa y lechuga mencionados aquí. Esta aproximación posibilita un control preciso de las condiciones de crecimiento, abarcando aspectos como la iluminación, temperatura, humedad y suministro de nutrientes. Este enfoque no solo optimiza la producción, sino que también contribuye a la eficiencia de recursos, especialmente agua, y reduce de manera significativa el impacto en el medio ambiente.

En consecuencia, la implementación del modelo de producción vertical para los cultivos de fresa y lechuga aporta de manera significativa a la seguridad alimentaria al acercar la producción agrícola al punto de consumo y la necesidad de transportar los alimentos a largas distancias, con el consiguiente beneficio de minimizar el desperdicio alimentario. Así, la adopción de modelos de producción vertical se erige como una solución prometedora para atender la demanda global de alimentos de manera sostenible y eficiente.

Asimismo, los modelos de producción vertical para cultivos desempeñan un papel significativo en la ingeniería ambiental al posibilitar un control preciso en las prácticas agrícolas modernas, que incorporan sistemas de Internet de las cosas mediante la implementación de sensores para la monitorización y gestión automatizada de los cultivos, optimizan procesos como el riego, la cosecha y la siembra, entre otros aspectos cruciales. Este enfoque tecnológico está transformando la agricultura al lograr una producción eficiente en espacios limitados, con un menor consumo de recursos, como el agua, y prescindiendo del uso de pesticidas. Esto no solo contribuye a la ingeniería ambiental al reducir el impacto ambiental, sino que también fomenta prácticas agrícolas más sostenibles (Gómez, J. et al., 2017).

La revolución de la agricultura vertical ha llegado para transformar la forma en que cultivamos nuestros alimentos. Con un enfoque innovador y vanguardista, esta tecnología busca constantemente las mejores prácticas y soluciones para implementar en sus sistemas de cultivo patentados.

Este avance revolucionario demuestra el potencial sin límites de la ingeniería ambiental al optimizar la producción de alimentos de manera sostenible. Mediante un control preciso de

reducir significativamente el impacto ambiental y se fomentan prácticas agrícolas más respetuosas con nuestro entorno. (Ríos Hernández, R. E 2020).

Donde se requiere hacer un énfasis en aquellos sistemas agropecuarios que tienen dificultades para adquirir nuevas tecnologías. La propuesta de estructura vertical que se presenta no depende de sistemas convencionales como la energía eléctrica u otros que puedan limitar su uso específico. Gracias a su estructura sencilla y práctica de cultivar, este sistema se convierte en una opción viable para cualquier agricultor en cualquier zona donde se implemente.

Por lo que la manera de llegar al pequeño agricultor es por medio de eventos, socializaciones, promoción de una forma nueva de cultivar como folletos, presentaciones y demás, con la finalidad de darles a conocer de manera sencilla y practica el uso y las ventajas que conlleva la aplicación de un sistema vertical, como una forma sostenible de cultivar.

Finalmente, el diseño de un modelo de producción vertical para los cultivos de fresa y lechuga aportan a la sociedad en la eficiencia de producción de alimentos, promover y fomentar la innovación tecnológica en el sector agrícola reduciendo el impacto ambiental a los suelos y promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles.

CAPÍTULO 8. Resultados Esperados

Este proyecto se centra en el desarrollo y evaluación del diseño de un modelo de granja vertical para optimizar el proceso de cultivo. Se espera que el prototipo demuestre el uso de recursos esenciales, agua y energía, en comparación con métodos de cultivo tradicionales. Este diseño tiene el objetivo de optimizar crecimiento de las plantas y mejorar el rendimiento del cultivo.

Ilustración 33 . Prototipo integrado de producción vertical para ambientes interiores y exteriores



Fuente: Autor

El diseño de una estructura vertical que no solo maximice el espacio para el cultivo, sino que también garantice la eficiencia y estabilidad del sistema. Se espera que la construcción de la estructura demuestre resistencia y durabilidad, asegurando la estabilidad necesaria para soportar el peso de los cultivos en distintos niveles. La eficiencia estructural también se medirá en términos de uso óptimo de materiales, costos de construcción y facilidad de montaje. Este resultado respaldará la viabilidad práctica y económica de la estructura vertical como parte integral de la granja vertical.

Ilustración 34 Diseño y Perspectivas del Prototipo de producción vertical para fresa y lechuga ‘Escala Real’



Fuente: Autor

Ilustración 35. Diseño y Perspectivas del Prototipo de producción vertical para fresa y lechuga ‘Revit’



Fuente: Autor

Asimismo, se explora la eficacia del sistema en la reducción de residuos, ya sea a través de la reutilización de nutrientes, la minimización de envases o la implementación de prácticas sostenibles. La tesis también abordará aspectos económicos, analizando el costo-beneficio del prototipo en términos de inversiones iniciales, costos de mantenimiento y rendimientos obtenidos.

Además, se explorará la usabilidad del prototipo para los agricultores y su potencial de escalabilidad para su implementación en granjas a mayor escala. Finalmente, el proyecto abordará el impacto ambiental del prototipo, considerando aspectos en el fomento de prácticas agrícolas más sostenibles. Estos resultados contribuirán al avance del conocimiento de la agricultura vertical en este contexto.

CAPÍTULO 9. Cronograma de Actividades

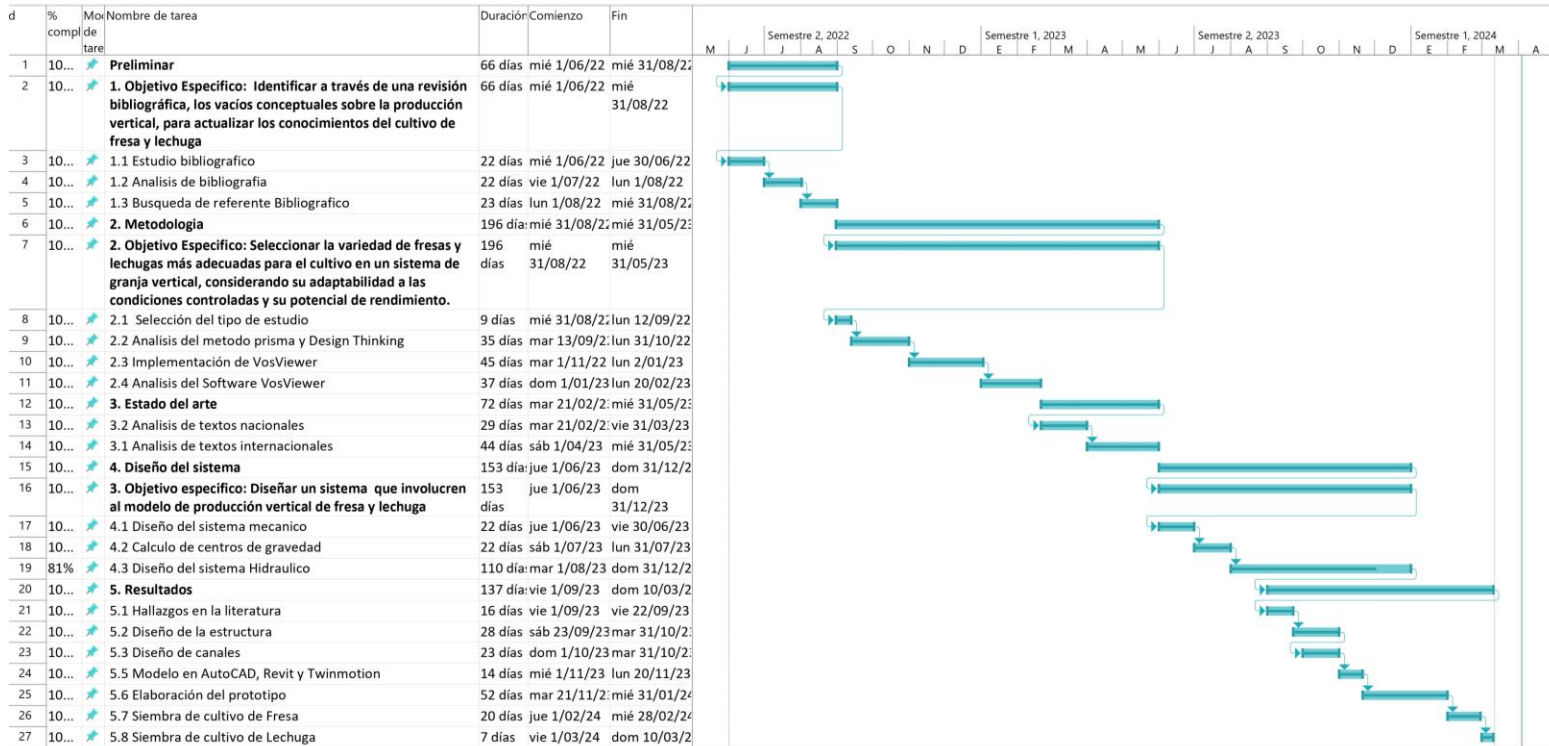
En la sección de cronograma se establecieron tres fases correspondientes al desarrollo de la presente tesis, de modo que el proyecto en cuestión está proyectado para su ejecución a lo largo de veinte tres meses (23 meses); con un aproximado de cuatrocientos quince días (415 días), esto con el fin de realizar las actividades correspondientes a cada fase de los objetivos del proyecto.

La primera de ellas corresponde a la fase 1: Identificar una revisión bibliográfica, de producción vertical, para actualizar los conocimientos del cultivo de fresa y lechuga, dentro de esta categoría se encuentra una serie de subactividades a cumplir como la identificación, selección, elegibilidad e inclusión. Lo que refiere a ejecutar dichas actividades de acuerdo con lo estipulado en la metodología dentro de un rango de tiempo de aproximadamente dos meses, con el fin de obtener, organizar, seleccionar y agrupar toda la información necesaria para el proyecto.

Posteriormente en la fase 2: Diseñar un sistema que involucren al modelo de producción vertical fresa y lechuga, esta fase corresponde a empatía, definición, ideación y prototipado. Que se ejecutaran aproximadamente durante cuatro meses, ay que consagra desde el marco conceptual en la formulación de un proyecto verde hasta la ejecución de un prototipo de granja vertical en formato físico y virtual.

Por último, en la fase 3: Seleccionar la variedad de fresas y lechugas más adecuadas para el cultivo en un sistema de granja vertical; considerando su adaptabilidad a las condiciones controladas y su potencial de rendimiento, que conlleva una valiosa parte de la investigación que es el Testeo, se proyecta desarrollar aproximadamente 4 meses o 118 días, ya que se encarga de revisar a profundidad la efectividad del prototipo diseñado de granja vertical para de fresa y lechuga.

Ilustración 36. Cronograma



Proyecto: Proyecto1	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha limite	
Fecha: jue 4/04/24	División		Tarea inactiva		solo duracion		solo fin		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			

Fuente: Autor

CONCLUSIONES

- En la agricultura moderna los cultivos de fresas y lechugas se implementan para aumentar la eficiencia y la productividad agrícola, optimizar el uso de los recursos, obtener productos de mayor calidad y frescura, con el fin de reducir el impacto ambiental. Estas ventajas hacen que estos cultivos sean cada vez más populares y rentables en la agricultura moderna. Teniendo en cuenta la importancia de los cultivos de fresas y lechugas en granjas verticales permiten la producción de alimentos, y a su vez facilita el ahorro significativo de agua en comparación con los cultivos tradicionales en el suelo.
- Las granjas verticales son importantes en torno a los cultivos porque permiten aprovechar el espacio de manera eficiente, aumentar la producción de alimentos, controlar las condiciones ambientales y utilizar los recursos de manera más sostenible. Estas ventajas hacen que las granjas verticales sean una opción prometedora para la agricultura del futuro.
- Las granjas verticales pueden implementar una nueva tendencia que están cambiando la agricultura, mejorando la eficiencia, reduciendo los costos y contribuyendo a una producción de alimentos más sostenible y eficiente.
- cultivar alimentos eficientes y sostenible en entornos urbanos. Al igual que se posibilita en una segunda fase la combinación de sensores, dispositivos conectados y análisis de datos los cuales permiten un monitoreo y control preciso del entorno de cultivo, lo que resulta en un mayor rendimiento y una mayor productividad.
- Una revisión bibliográfica integral con análisis cuantitativos y cualitativos para un modelo de producción vertical implica la recopilación de información relevante . Este tipo de revisión facilita la adquisición de información disponible, la identificación de los principales autores, el número de publicaciones por año, las principales áreas de trabajo y las tendencias futuras en el tema propuesto.
- Se verifico por medio de método estadísticos como estudio de normalidad, análisis ANOVA, Turkey, Kruskal-Wallis, Estadísticas descriptivas, diagrama de cajas y bigotes, con el fin de evidenciar que datos aportan a la investigación, teniendo en cuenta la importancia de realizar los cálculos estadísticos.
- El diseño de un modelo de granja vertical puede ser una estrategia prometedora para áreas rurales y urbanas, ofreciendo soluciones innovadoras para la producción de alimentos en espacios limitados y contribuyendo a la disponibilidad de cultivos de fresas y lechuga en comunidades diversas.
- La sostenibilidad agrícola que aporta el modelo de producción vertical para los cultivos de fresa y lechuga, es fundamental para asegurar la disponibilidad de alimentos a largo plazo y para preservar los recursos naturales.

- Los cultivos verticales ofrecen la capacidad de optimizar recursos, reducir costos y aumentar el rendimiento, lo que contribuye a un camino más sostenible para el sector agrícola.
- La sostenibilidad agrícola también relaciona estrechamente el medio ambiente, la distribución social y económica de la tierra, y la soberanía alimentaria. La producción vertical de cultivos de fresa y lechuga genera un impacto positivo en los ecosistemas y recursos naturales
- La integración de bandejas circulares para la siembra de fresas y lechugas permite que los nutrientes que arrastra el agua sean más eficientes y sean absorbidos con mayor facilidad por las raíces de las plantas.

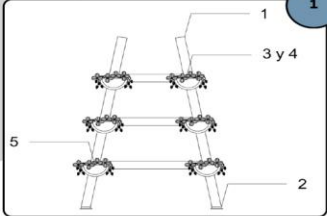
ANEXOS

Anexo 1. Manual de instrucciones modelo de producción vertical

Manual de un modelo de producción vertical
Cristian Camilo Forero Becerra - Paula Sofia Pineda Amador

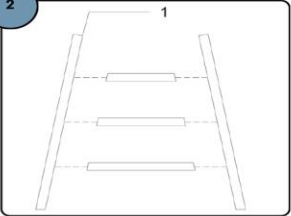
1. Estructura metálica: Tubo rectangular en aluminio 3" x 1 1/2"
 2. Tapón rectangular: en plástico de 3" x 1 1/2"
 3. Angulo de refuerzo Galvanizado 35 x 38 mm
 4. Tornillos: Tornillo de 1/4"
 5. Tubo canal de 6"

1



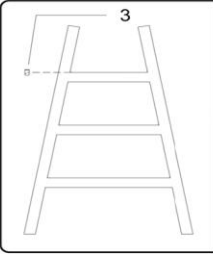
1. Unir las piezas de aluminio con soldadura con el fin de armar la estructura vertical

2

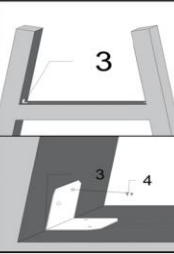


1. Unir las piezas de aluminio con soldadura con el fin de armar la estructura vertical

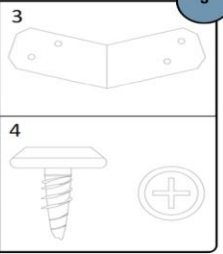
3



3



3

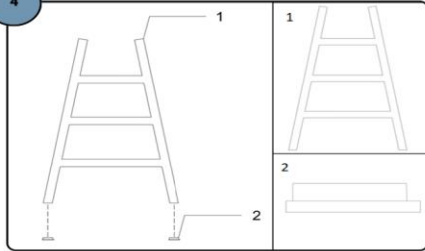


3. Angulo de refuerzo galvanizado
4. Tornillos de 1/4"

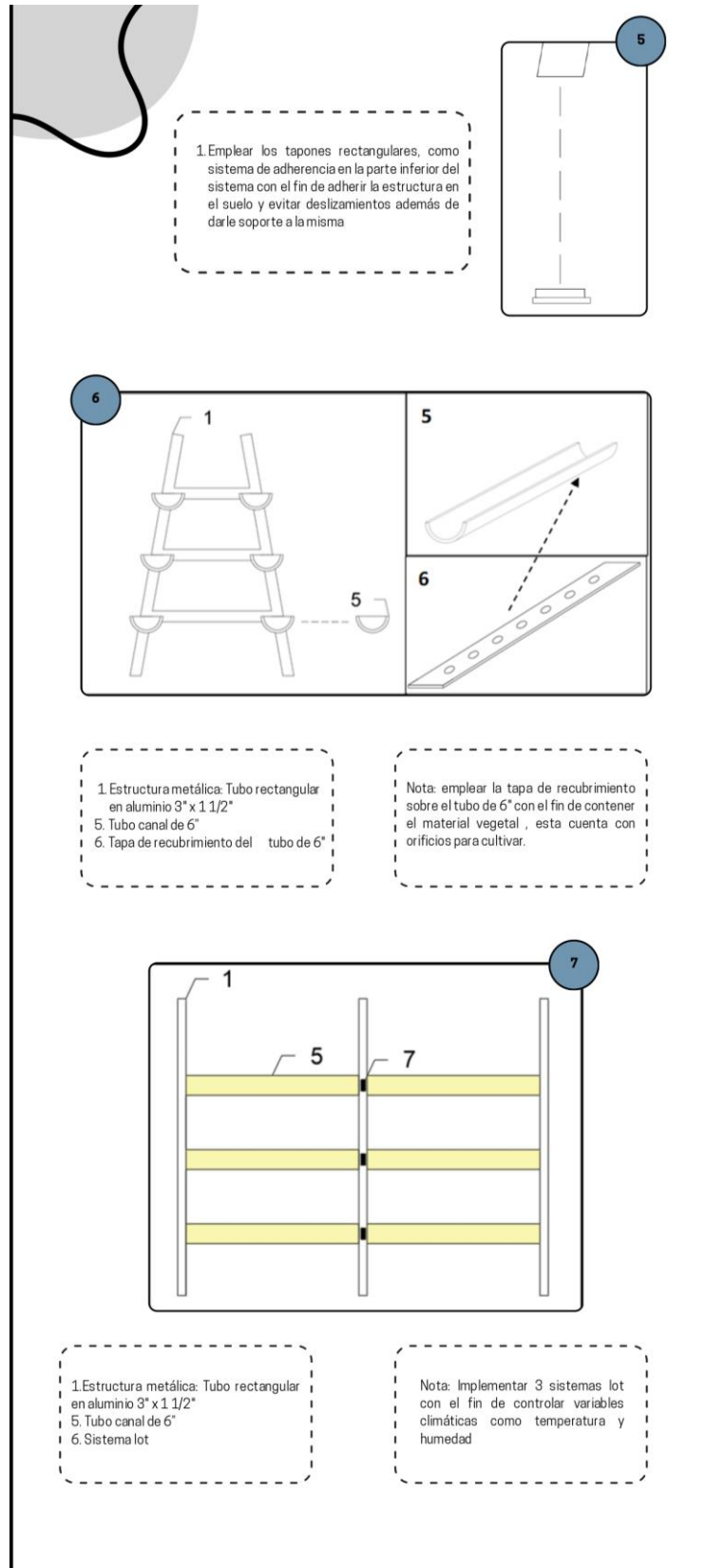
Nota: Usar los ángulos de refuerzo galvanizado en cada nivel de la estructura vertical con el fin de dar soporte a toda la estructura

1. Estructura metálica: Tubo rectangular en aluminio 3" x 1 1/2"
2. Tapón rectangular: en plástico de 3" x 1 1/2"

4



Fuente: Autor



Fuente: Autor

Anexo 2. Video del Prototipo de producción vertical para fresa y lechuga

<https://drive.google.com/drive/folders/1bxucIbGgX5WPgZ-jjMimYZLvvk9EDWxG?usp=sharing>

Anexo 3. Video del Prototipo de producción vertical para fresa y lechuga ‘‘Escala Real’’

https://drive.google.com/drive/folders/1nTTwINLu-T1huqxbwn5BsZAtdtR6jWuC?usp=drive_link

Anexo 4. Video del Prototipo de producción vertical para fresa y lechuga ‘‘Revit’’

https://drive.google.com/drive/folders/17424N8sn1O0Y1ZPrdBjoDU-7QWyAnWGu?usp=drive_link

Anexo 5. Estrategias de Comunicación

El diseño de un modelo de producción vertical para los cultivos de fresa y lechuga, tiene un enfoque de comunicación social, en el cual se realizan conferencias sobre las problemáticas de la falta de diseños sostenibles, como las granjas verticales para diferentes cultivos, de esta forma se busca explicar cada una de las problemáticas de seguridad alimentaria y como se abordan por medio de un modelo de producción vertical, teniendo en cuenta cuatro factores importantes que se exponen en los eventos donde se ha presentado un brochure del proyecto, como se evidencia a continuación:

1. *Concientización y educación:* Ayudan a crear conciencia sobre la importancia de adoptar diseños sostenibles en la agricultura, las granjas verticales, y el papel crucial que desempeñan en la optimización es espacio al cultivar diferentes aliemntos.
2. *Intercambio de conocimientos:* Facilitan el intercambio de ideas y conocimientos entre expertos, investigadores y profesionales del sector agrícola, de soluciones sostenibles.
3. *Promoción de la sostenibilidad:* Permiten promover prácticas agrícolas sostenibles y resaltar la importancia de implementar tecnologías para maximizar y minimizar el impacto ambiental en la producción de cultivos de fresa y lechuga.
4. *Identificación de desafíos y soluciones:* Las conferencias proporcionan un espacio para identificar desafíos actuales en la agricultura y discutir soluciones basadas en diseños sostenibles.

De esta forma, este proyecto tiene como finalidad aportar al conocimiento de usuarios y personas externas, por medio de conferencias sobre las problemáticas de la falta de diseños sostenibles, como las granjas verticales para cultivos, son importantes para fomentar la conciencia, el intercambio de conocimientos, la promoción de la sostenibilidad y la identificación de soluciones en el sector agrícola; y de esta manera, aportar en memorias del CRAI de la Universidad Santo Tomas, Seccional Tunja.

Ponencias Regionales

- Poster De la Teoría a la Práctica en el Cuidado de la Casa Común (mayo, 2022) Universidad Santo Tomas- Tunja -Primer lugar
- Ponencia Expo tomasinos (noviembre, 2022)
- Ponencia en la primera jornada de investigación CITECDES de apropiación de ciencia, tecnología e innovación con el sector académico, productivo y empresarial (septiembre, 2023) Universidad Santo Tomas- Tunja -Primer lugar

Ponencias Internacionales

- Ponente Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI (septiembre, 2023) Cartagena, Colombia
- Postulados en ponencia, congreso XXII Congreso Argentino de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (junio ,2024) Rosario, Argentina

Eventos

- Difusión del proyecto Festival del lago Paipa (octubre, 2022)

Reconocimientos

- Insignia Tomasinos Researchers 2.0 – Tunja (diciembre, 2022)