

PANEL NO ESTRUCTURAL PARA FACHADAS EXTERIORES

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Emily Sofia Gonzalez Ayure



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Arquitectura, Facultad de Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C

2024

Panel No Estructural Para Fachadas Exteriores

Mustopia: Adaptación De Musgo Y Polinizadores En Paneles De Hormigón

Emily Sofia Gonzalez Ayure

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Arquitecto

Fernando Martinez Forero



Arquitectura, Facultad de Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C

2024

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Tabla De Contenido

Tabla De Contenido.....	3
Resumen.....	8
Abstract.....	9
Estructura Del Trabajo De Investigación.....	12
Objetivo General.....	13
Objetivo Específico.....	13
Pregunta Problema.....	14
Planteamiento Del Problema.....	14
Justificación.....	20
Hipótesis.....	27
Marco Conceptual.....	28
Marco Teórico.....	30
• Integración Del Musgo En El Arte Y La Arquitectura: La Serie "Convivencia" De Mineo Mizuno.....	31
• La Alfombra De Musgo De Nguyen La Chanh: Naturaleza En El Interior.....	33
• Arquigreen - Jardines Verticales Preservados: Integrando La Madera En El Diseño.....	34
• Moss Column I - Juhyun Maeng, Sangha Jeong.....	38
• Ikea Diseña Una Casita Para Abejas Que Puedes Construirte Tú Mismo.....	40
Metodología.....	42
El Hormigón.....	44

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

● Componentes Del Hormigón Prefabricado.....	45
● Métodos De Dosificación.....	47
● Ensayos Y Pruebas Para La Conformación De Paneles De Hormigón.....	49
● Tesis: "Hormigón Biológico: Una Propuesta Innovadora Para La Construcción Sostenible".....	52
● Materiales Del Hormigón Biológico.....	53
● Implantación De Musgo En Entornos Urbanos.....	57
● El Musgo Y Su Integración En Materiales De Construcción.....	60
Morfología De Elementos.....	64
Objetos Naturales.....	65
Objetos Artificiales.....	65
Características Físicas Comunes.....	66
● Mosscube li – El Revestimiento Completo De Un Edificio Con Paredes De Musgo.....	68
El Musgo Y Los Polinizadores.....	71
Tipos De Musgo En Bogotá.....	72
Beneficios Del Musgo.....	74
1. Hábitat De Polinizadores En Bogotá:.....	77
2. Beneficios De La Integración De Polinizadores En La Arquitectura.....	78
3. Ejemplos De Integración De Polinizadores En La Arquitectura De Bogotá.....	78
Polinizadores.....	82
Importancia De Los Polinizadores.....	83
Polinizadores En Peligro.....	83

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Polinizadores En América Latina Y Colombia.....	83
Amenazas Y Conservación.....	84
Componentes Clave De Los Hábitats De Polinizadores.....	84
Ejemplos De Hábitats Específicos.....	86
Conservación De Hábitats De Polinizadores.....	86
Espacios De Anidación.....	87
1. Para Abejas Solitarias (Hoteles De Abejas).....	87
2. Para Mariposas (Casas De Mariposas).....	88
3. Para Abejorros Y Otros Insectos Polinizadores.....	88
4. Para Murciélagos Polinizadores (Casas De Murciélagos).....	89
5. Herramientas Necesarias.....	89
Diseño De Módulos.....	91
Morfología Del Panel.....	92
Tipos De Paneles.....	95
Panel Básico.....	95
Panel Regulador.....	96
Panel Polinizador.....	97
Terminación Esquinera.....	99
Sistema De Desagüe.....	100
Sistema Estructural.....	103
Sistema De Anclaje De Superposición Lateral.....	104

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Fase Experimental.....	108
Plantación Del Musgo Al Hormigón.....	108
1. Selección De Las Especies De Musgo.....	108
2. Cosecha Del Musgo.....	111
Procedimiento De Plantación Del Musgo.....	111
3. Preparación Del Musgo Para La Implantación.....	113
4. Preparación De Los Paneles De Hormigón.....	115
5. Implantación Del Musgo En Los Paneles.....	120
6. Monitoreo Y Ajuste Del Riego.....	123
7. Evaluación De La Integración Del Musgo En Los Paneles.....	124
Aligerantes En El Hormigón.....	125
Moldes De Cemento Y Aligerantes.....	129
Cemento Y Aserrín.....	129
Cemento Y Cascarilla De Arroz.....	131
Hormigón Y Bolitas De Icopor.....	132
Tabla 1. Peso De Las Mezclas.....	133
Comportamiento De Los Aligerantes.....	133
Resultados Del Peso.....	134
Resultados En La Adaptación Del Musgo.....	137
Tabla 2. Adición Del Musgo A Las Mezclas.....	142
Diseño De Paneles Finales.....	143

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Conclusión.....	152
Bibliografía.....	154

Tabla de Figuras

Figura 1. Cerámica de Musgo “Proyecto Convivencia”.....	35
Figura 2. Alfombra de Musgo.....	37
Figura 3. Muros verde con Musgo.....	39
Figura 4. Proyecto Muss Colum II.....	42
Figura 5. Casa Polinizadora.....	44
Figura 6. Mezcla de pastas con elemento vegetal.....	58
Figura 7. Proyecto GoresPyre “Integración del musgo y el hormigón”.....	64
Figura 8. Muros de Musgo.....	72
Figura 9. Proyecto Polinizador.....	93
Figura 10. Diseño de módulos.....	96
Figura 11. Panel básico.....	99
Figura 12. Panel regulador.....	100
Figura 13. Panel polinizador.....	101
Figura 14. Terminación esquinera.....	102
Figura 15. Sistema de drenaje en módulos.....	104
Figura 16. Sistema de anclaje de superposición lateral.....	108
Figura 17. Axonometría explotada del proceso constructivo.....	110

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Figura 18. Musgo <i>Leucodon sciuroides</i>	112
Figura 19. Musgo <i>Homalothecium lutescens</i>	113
Figura 20. Cosecha del musgo.....	116
Figura 21. Diseño de módulos.....	119
Figura 22. Sistema de anclaje y desagüe.....	120
Figura 23. Anclaje del musgo con los paneles.....	126
Figura 24. Cemento y Aserrín.....	133
Figura 25. Cemento y cascarilla de arroz.....	134
Figura 26. Cemento y bolitas de icopor.....	135
Figura 27. Prueba de peso.....	138
Figura 28. Aserrín.....	140
Figura 29. Bolas de icopor y musgo.....	142
Figura. 30 Cascarilla de arroz y musgo.....	143
Figura 31. Aserrín y musgo.....	143
Figura 32. Aligerantes y musgo.....	144
Figura 33. Panel polinizador.....	147
Figura 34. Panel básico y sistema de desagüe.....	148
Figura 35. Sistema estructural.....	148
Figura 36. Mezcla de hormigón y aligerante.....	149
Figura 37. Secado de la mezcla.....	150
Figura 38. Secado de los paneles.....	151

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Figura 39. Paneles para la implantación.....	152
Figura 40. Paneles con la implantación de Musgo.....	153
Figura 41. Crecimiento del musgo.....	154
Figura 42. Panel polinizador con sistema de anidación.....	154

Tabla De Tablas

Tabla 1. Peso de las mezclas.....	139
Tabla 2. Adición del musgo a las mezclas.....	148

Resumen

Este proyecto se centra en el **desarrollo de paneles prefabricados de hormigón aligerado** que integran **musgo y polinizadores**, con el fin de aportar soluciones sostenibles a los problemas ambientales en entornos urbanos. La **problemática principal** radica en la necesidad de diseñar fachadas que no solo cumplan con criterios estéticos y funcionales, sino que también abordan la creciente preocupación por la sostenibilidad, la eficiencia en el uso de recursos, y la creación de hábitats urbanos para polinizadores, en un contexto de **crecientes costos de construcción utilizando procedimientos industrializados y mantenimiento a las fachadas más eficientes**. Dentro del sistema constructivo se utilizó el **modelo de superposición** ubicado en la fachada estructural de la edificación.

Durante la investigación, se analizaron tres tipos de aligerantes naturales y artificiales: **aserrín**, **cascarilla de arroz y bolas de icopor**. Se concluyó que el **aserrín** fue el material más adecuado, ya que reduce significativamente el peso del panel, aumenta la porosidad y retiene la humedad, características que favorecen la implantación del musgo. También se diseñaron tres tipos de paneles prefabricados: el **panel básico**, el **panel regulador** con un sistema de desagüe y un **panel polinizador** con cerramiento de acero para su seguridad, que incluye cavidades hexagonales para la nidificación de polinizadores.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Abstract

This project focuses on the development of prefabricated lightweight concrete panels that integrate moss and pollinators, aiming to provide sustainable solutions to environmental problems in urban settings. The main challenge lies in designing façades that not only meet aesthetic and functional criteria but also address the growing concern for sustainability, resource efficiency, and the creation of urban habitats for pollinators, within a context of rising construction costs using industrialized methods and more efficient façade maintenance. The construction system utilized a superimposed model placed on the

During the research, three types of natural and artificial lightweight materials were analyzed: sawdust, rice husks, and polystyrene balls. It was concluded that sawdust was the most suitable material, as it significantly reduces the panel's weight, increases porosity, and retains moisture—features that promote moss growth. Additionally, three types of prefabricated panels were designed: the basic panel, the regulator panel with a drainage system, and a pollinator panel with a protective steel enclosure, featuring hexagonal cavities for pollinator nesting.

Introducción

La incorporación de elementos naturales en entornos urbanos y arquitectónicos ha ganado interés significativo en las últimas décadas, no sólo por razones estéticas, sino también por sus beneficios ambientales y funcionales. Entre estos elementos, el musgo ha surgido como una opción particularmente atractiva debido a su capacidad para mejorar la calidad del aire, absorber sonidos, y contribuir al equilibrio térmico.

En el contexto de la construcción sostenible y la búsqueda de soluciones eco-amigables, la implantación de musgo en paneles de hormigón prefabricado se presenta como una innovación prometedora. Sin embargo, para que esta integración sea efectiva, es esencial considerar la morfología más adecuada que permita no solo la supervivencia del musgo, sino también su adaptación óptima al entorno urbano.

La pregunta problema que guía esta investigación es: ¿Cuál sería la morfología más efectiva para lograr la implantación y adaptación del musgo en un panel de hormigón prefabricado? Esta interrogante no sólo plantea un desafío técnico y científico, sino que también abre un amplio abanico de posibilidades para la aplicación de conocimientos en biología vegetal, arquitectura sostenible, y diseño urbano.

En esta tesis, se abordará detalladamente la importancia de esta cuestión, se revisará la literatura existente sobre la implantación de musgo en entornos artificiales, y se propondrán diferentes enfoques morfológicos que podrían favorecer la adaptación y desarrollo exitoso del musgo en los paneles de hormigón. Además, se realizarán experimentos prácticos para evaluar la viabilidad y efectividad de estas propuestas, con el objetivo final de proporcionar recomendaciones claras y prácticas para la implementación de musgo en la construcción sostenible y urbana del futuro.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Esta investigación no solo busca contribuir al conocimiento científico en el campo de la biología y la arquitectura, sino también ofrecer soluciones tangibles y aplicables que puedan tener un impacto positivo tanto en la calidad ambiental de los espacios urbanos como en la eficiencia y sostenibilidad de la construcción moderna.

Estructura Del Trabajo De Investigación

El trabajo investigativo se divide por capítulos, en los cuales se verá el procedimiento investigativo y experimental del trabajo donde se evidencian los resultados del producto final

1. CAPÍTULO I: Se realizará una introducción al proyecto, incluyendo objetivos generales y específicos, principal problemática a tratar y justificación.
2. CAPÍTULO II: Es un capítulo general sobre el hormigón, se iniciará con una introducción al material describiendo sus componentes, los métodos de dosificación y los ensayos que se realizan para establecer los componentes específicos a utilizar dentro de la investigación.
3. CAPÍTULO III: Este capítulo es investigativo, donde se hablará sobre la morfología de los objetos naturales y artificiales donde se implantará el musgo, analizando sus características físicas
4. CAPÍTULO IV: Describe la composición del musgo, las tipologías encontradas en la ciudad de Bogotá, sus beneficios en la vida cotidiana, además se investigará sobre el hábitat de los polinizadores y su integración en la arquitectura
5. CAPÍTULO V: Este capítulo se centra en la fase experimental del proyecto, la caracterización del sistema de drenaje, la morfología del panel de hormigón y el sistema estructural para la modulación de paneles
6. CAPÍTULO VI: Este capítulo es la fase experimental central del proyecto donde se centrará en la implantación del musgo como un sistema compositivo final
7. CAPÍTULO VII: El capítulo final hablará sobre las conclusiones correspondientes del proyecto

Objetivo General

Proponer un sistema modular óptimo para lograr una implantación exitosa del musgo en un panel de hormigón prefabricado, adaptando el entorno para favorecer un ecosistema polinizador saludable.

Objetivo Específico

1. Realizar una revisión de la literatura científica y técnica relacionada con la implantación de musgo en entornos urbanos y su integración en paneles de hormigón prefabricado, con el fin de entender cómo factores morfológicos del musgo, como la densidad de hojas, tamaño de raíces y capacidad de absorción de agua, influyen en su supervivencia y crecimiento en estos materiales de construcción.
2. Investigar la adaptación y el comportamiento de los polinizadores en entornos urbanos construidos, específicamente en relación con paneles de hormigón prefabricado que integran musgo, evaluando su interacción con este y otros elementos del sistema para fomentar la biodiversidad y sostenibilidad en la arquitectura urbana.
3. Determinar la relación entre las propiedades morfológicas de los paneles de hormigón (porosidad, textura superficial, composición) y la efectividad de la implantación y adaptación del musgo, con un enfoque particular en la promoción de un ecosistema polinizador saludable, con el fin de relacionar esto en un prototipo
4. Diseñar una serie de prototipos mejorados de paneles compuestos, incorporando sistemas de drenaje y estructuras que favorezcan la implantación exitosa del musgo y la atracción de polinizadores, teniendo en cuenta la morfología óptima determinada en la fase experimental.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

5. Diseñar el prototipo del sistema final que integre todos los sistemas diseñados, incluyendo aquellos que promuevan la salud del ecosistema polinizador, así como la selección de plantas adecuadas para atraer y mantener a los polinizadores.

Pregunta Problema

¿Cómo puede la integración de una morfología específica en paneles de hormigón prefabricado, junto con el uso de aligerantes naturales, un sistema de riego eficiente y la incorporación de hábitats para polinizadores, optimizar la implantación y sostenibilidad del musgo en fachadas urbanas, considerando los costos asociados y los beneficios ambientales y ecológicos?

Planteamiento Del Problema

La integración del musgo en paneles de hormigón prefabricado representa una estrategia innovadora y prometedora en el ámbito de la construcción sostenible y el diseño urbano. Sin embargo, para lograr una implantación exitosa y una adaptación efectiva del musgo en este tipo de superficies, es esencial abordar cuidadosamente su morfología.

La pregunta problema que guía esta investigación es: ¿Cuál sería la morfología más efectiva para lograr la implantación y adaptación del musgo en un panel de hormigón prefabricado? Este interrogante surge de la necesidad de comprender en profundidad cómo las características morfológicas del musgo pueden influir en su capacidad para arraigarse, crecer y sobrevivir en un entorno artificial como es el hormigón prefabricado.

En la actualidad, la integración de elementos vegetales en la arquitectura y la construcción se ha vuelto una prioridad debido a sus múltiples beneficios ambientales y estéticos. El musgo, en particular,

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

ha destacado por su capacidad para purificar el aire, absorber dióxido de carbono, y mejorar la biodiversidad en entornos urbanos. Sin embargo, su aplicación en superficies de hormigón presenta desafíos específicos relacionados con la adherencia, la retención de humedad, y la resistencia a condiciones adversas.

El éxito de esta integración radica en comprender cómo la morfología del musgo, incluyendo su estructura foliar, densidad de ramificación, y capacidad de absorción, puede influir en su supervivencia y adaptación en un panel de hormigón prefabricado. Asimismo, es crucial considerar cómo estas características morfológicas pueden optimizarse para mejorar la eficiencia en la captura de carbono, la resistencia al estrés ambiental, y la estabilidad a largo plazo.

Por tanto, el objetivo principal de esta investigación es explorar y analizar en profundidad las diversas morfologías del musgo y su impacto en la implantación y adaptación en paneles de hormigón prefabricado. A través de la revisión crítica de la literatura científica actualizada y la realización de experimentos específicos, se busca identificar las características morfológicas óptimas que puedan guiar el diseño y la implementación de sistemas efectivos de musgo en la construcción sostenible del futuro.

En última instancia, esta investigación aspira a proporcionar a arquitectos, ingenieros y diseñadores una base sólida de conocimiento para la creación de entornos urbanos más verdes, saludables y sostenibles, donde la integración del musgo en paneles de hormigón prefabricado no sólo sea factible, sino también altamente beneficiosa para el medio ambiente y la calidad de vida de las personas.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Ahora bien, hablemos del "muro verde" en las fachadas, también conocido como jardín vertical o pared verde, puede presentar una serie de desafíos y problemáticas. Aunque son una excelente manera de incorporar vegetación en entornos urbanos y mejorar la calidad del aire, también pueden enfrentar problemas que incluyen:

1. **Riego y Mantenimiento:** Uno de los desafíos más importantes es el adecuado riego y mantenimiento de las plantas en la pared. Es esencial contar con sistemas de riego automatizados y profesionales capacitados para mantener el equilibrio hídrico de las plantas.
2. **Selección de plantas:** No todas las plantas son adecuadas para un muro verde. Se deben seleccionar especies que se adapten bien a las condiciones de luz, humedad y sustrato disponibles en la fachada.
3. **Sustrato y drenaje:** El sustrato utilizado en la pared verde debe ser ligero para no sobrecargar la estructura, pero lo suficientemente nutritivo para las plantas. Además, es fundamental un sistema de drenaje efectivo para evitar encharcamientos y problemas de raíces.
4. **Peso y Estructura:** El peso de un muro verde puede ser significativo, especialmente cuando está completamente saturado de agua. Las estructuras deben diseñarse y reforzarse adecuadamente para soportar esta carga adicional.
5. **Exposición al Sol y Viento:** La exposición excesiva al sol o al viento puede afectar negativamente a las plantas en el muro verde. Se deben considerar las condiciones climáticas locales al diseñar e instalar el sistema.
6. **Pérdida de Vegetación:** En ocasiones, algunas plantas pueden no prosperar o morir, creando espacios vacíos en el muro verde. Esto puede afectar tanto estéticamente como funcionalmente, al permitir la erosión del sustrato y la proliferación de malezas.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

7. Control de Plagas y Enfermedades: Al estar en un entorno urbano, los muros verdes pueden ser más susceptibles a plagas y enfermedades. Se debe realizar un monitoreo constante y tomar medidas preventivas y correctivas.

8. Costos: La instalación inicial y el mantenimiento continuo de un muro verde pueden ser costosos. Esto puede ser una barrera para su implementación en algunos proyectos.

Teniendo en cuenta esto para determinar el costo de un muro verde en un proyecto arquitectónico puede variar considerablemente dependiendo de varios factores, como el tamaño del muro, la ubicación, los materiales utilizados, el tipo de sistema de riego, la selección de plantas y la complejidad del diseño. Sin embargo, se pueden proporcionar algunas estimaciones generales en términos de porcentaje del costo total de la construcción:

Instalación Inicial:

1. Materiales: Los materiales necesarios para el muro verde pueden representar aproximadamente el 20% al 40% del costo total de la instalación. Esto incluye la estructura de soporte, el sistema de riego, el sustrato, las plantas y cualquier otro equipo necesario.

2. Mano de Obra: La mano de obra para la instalación del muro verde puede ser otro 20% a 40% del costo total. Esto incluye el trabajo de ingenieros, arquitectos paisajistas, instaladores y otros profesionales.

Mantenimiento Anual:

1. Riego y Mantenimiento: El mantenimiento anual de un muro verde puede costar alrededor del 5% al 15% del costo total de la instalación. Esto incluye los costos de agua, energía para el sistema de riego, poda, fertilización y control de plagas.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Es importante recordar que estos son sólo estimaciones generales y los costos reales pueden variar significativamente. Algunos muros verdes más simples y pequeños pueden tener costos más bajos, mientras que los muros verdes más grandes, complejos y con tecnologías avanzadas pueden tener costos mucho más altos. Además, estos costos pueden variar según la región geográfica, ya que los precios de los materiales y la mano de obra pueden ser diferentes en diferentes lugares.

Aunque esta técnica del diseño de muros verdes puede ser beneficiosa en muchos aspectos, también presenta desafíos y consideraciones que pueden llevar a que su implementación no funcione como se esperaba. Aquí hay algunos ejemplos de estructuras arquitectónicas donde el muro verde no ha funcionado como se planeó:

1. CaixaForum, Madrid, España: En 2008, la famosa institución cultural de Madrid, CaixaForum, inauguró su sede diseñada por los arquitectos suizos Herzog & de Meuron. Esta sede cuenta con un impresionante muro verde diseñado por el botánico Patrick Blanc. Sin embargo, tras su construcción, se descubrió que el muro presentaba problemas de filtraciones de agua y pérdida de vegetación en algunas áreas. Esto llevó a costosos trabajos de reparación y ajuste en el diseño original.

2. Hotel One Central Park, Sídney, Australia: Este edificio, diseñado por Jean Nouvel y construido en 2013, fue uno de los primeros en incorporar un muro verde de gran escala en Australia. Sin embargo, el sistema de riego automatizado diseñado para mantener las plantas no funcionó como se esperaba, lo que resultó en áreas del muro con plantas muertas o marchitas. Se necesitaron ajustes y mejoras en el sistema para resolver este problema.

3. Edificio Santalaia, Bogotá, Colombia: Este es uno de los muros verdes más grandes del mundo, con 3.117 metros cuadrados de área cubierta por plantas. Sin embargo, desde su construcción en 2015, ha enfrentado desafíos significativos en términos de mantenimiento y control de plagas. La

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

vegetación exuberante del muro ha sido propensa a enfermedades y atrae insectos, lo que ha requerido esfuerzos continuos y costosos para mantener su aspecto original.

4. Edificio Bosco Verticale, Milán, Italia: Diseñado por el arquitecto Stefano Boeri, este innovador proyecto consiste en dos torres residenciales cubiertas por más de 20,000 plantas, incluyendo árboles de diferentes especies. Aunque el diseño es impresionante, ha habido informes de que el peso de los árboles y la vegetación en los balcones ha causado problemas de estabilidad y mantenimiento. Además, la poda y el cuidado de las plantas en las alturas son complicados y costosos.

Estos son solo algunos ejemplos de proyectos arquitectónicos que han enfrentado desafíos con sus muros verdes. En muchos casos, los problemas pueden atribuirse a factores como un diseño inadecuado del sistema de riego, selección incorrecta de plantas, falta de mantenimiento adecuado, o condiciones climáticas desfavorables.

Justificación

La justificación de esta investigación radica en la necesidad urgente de desarrollar soluciones que promuevan la sostenibilidad y la armonía entre la arquitectura urbana y el medio ambiente. Los muros verdes, especialmente aquellos que incorporan musgo en paneles de hormigón prefabricado, representan una estrategia prometedora para mejorar la calidad de vida en las ciudades, al tiempo que contribuyen a la mitigación de los efectos del cambio climático y la contaminación.

Al lograr que el musgo prospere en estos entornos artificiales, no solo estaremos creando espacios urbanos estéticamente agradables, sino que también estaremos generando beneficios tangibles para la salud pública y el medio ambiente. El musgo, al absorber dióxido de carbono y liberar oxígeno, puede ayudar a reducir la contaminación del aire y mitigar los efectos del calentamiento global.

Además, la incorporación de muros verdes en la infraestructura urbana puede contribuir a la gestión eficiente del agua, al actuar como filtros naturales y reducir la escorrentía en áreas urbanas densamente pobladas. Esto no solo beneficia a la ciudad en términos de control de inundaciones y mejora de la calidad del agua, sino que también puede tener un impacto positivo en la biodiversidad local, al proporcionar hábitats para diversas especies de fauna y flora.

En última instancia, esta investigación no solo busca llenar un vacío en el conocimiento científico sobre la integración del musgo en paneles de hormigón prefabricado, sino que también aspira a ofrecer soluciones prácticas y aplicables que puedan ser adoptadas por arquitectos, urbanistas y autoridades locales. Al proporcionar pautas claras y científicamente fundamentadas, esta investigación pretende allanar el camino hacia un futuro urbano más verde, saludable y sostenible.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Durante la búsqueda de soluciones arquitectónicas y paisajísticas que integren la naturaleza con el entorno urbano, los muros verdes han surgido como una opción innovadora y sostenible. Estos jardines verticales no solo aportan una estética visualmente atractiva, sino que también ofrecen una serie de beneficios ambientales y para el bienestar humano. Dentro de las diversas opciones vegetales para estos muros, el musgo se destaca como una elección especialmente ventajosa. En esta justificación, exploramos las razones por las cuales el musgo es una opción valiosa y efectiva para los muros verdes, destacando su adaptabilidad, bajo mantenimiento, contribución estética y beneficios ambientales. Al considerar estos puntos, se evidencia que el musgo no solo embellece los espacios arquitectónicos, sino que también fomenta la sostenibilidad, la salud ambiental y el bienestar de quienes interactúan con estos entornos verdes verticales. Aquí se presenta una justificación detallada del por qué se debe considerar el musgo en estos proyectos:

1. **Atractivo Estético:** El musgo agrega una textura suave y exuberante que es estéticamente agradable. Su color verde intenso y su apariencia natural pueden proporcionar un aspecto fresco y vibrante a los muros verdes, creando una sensación de calma y serenidad.
2. **Adaptabilidad y Versatilidad:** El musgo es altamente adaptable a una variedad de condiciones ambientales, incluidas áreas con sombra y alta humedad. Esto lo convierte en una opción versátil que puede prosperar en lugares donde otras plantas pueden tener dificultades para sobrevivir.
3. **Bajo Mantenimiento:** En comparación con muchas otras plantas utilizadas en muros verdes, el musgo requiere un mantenimiento mínimo. No necesita ser podado, regado con frecuencia o fertilizado de manera regular. Esto puede reducir significativamente los costos y el esfuerzo asociados con el cuidado de la vegetación vertical.
4. **Resistencia a la sequía:** Algunas especies de musgo son capaces de sobrevivir períodos de sequía moderada. Tienen la capacidad de entrar en un estado de letargo cuando las condiciones son

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

demasiado secas y reactivarse cuando vuelven las condiciones húmedas, lo que los hace ideales para áreas con problemas de riego.

5. Capacidad de Filtración: El musgo puede actuar como un filtro natural, capturando partículas de polvo y contaminantes del aire a medida que pasan a través de él. Esto contribuye a mejorar la calidad del aire y a crear entornos más saludables, especialmente en áreas urbanas.

6. Absorción de Sonido: Debido a su estructura porosa, el musgo puede ayudar a absorber y reducir el ruido ambiental. Esto es especialmente beneficioso en entornos urbanos ruidosos, contribuyendo a crear espacios más tranquilos y relajantes.

7. Sostenibilidad: El musgo es un recurso renovable y fácilmente disponible en la naturaleza. Su uso en muros verdes respalda prácticas sostenibles y ecológicas, en línea con los principios de diseño verde y la conservación del medio ambiente.

8. Durabilidad: A diferencia de algunas plantas que pueden tener ciclos de vida cortos en muros verticales, el musgo puede mantenerse durante largos períodos si se proporcionan las condiciones adecuadas. Esto garantiza la longevidad y estabilidad del muro verde a lo largo del tiempo.

9. Contribución a la Biodiversidad: Al utilizar musgo en los muros verdes, se puede crear un hábitat para microorganismos beneficiosos, insectos y otros seres vivos. Esto fomenta la biodiversidad local y promueve un equilibrio ecológico saludable.

En la ciudad de Bogotá, Colombia, es común encontrar varios tipos de musgos que crecen en áreas urbanas, especialmente en calles, parques y zonas verdes. A continuación, se mencionan algunos de los tipos de musgos que pueden encontrarse en Bogotá:

1. *Bryum* spp.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

→ Descripción: Este musgo forma densas alfombras de color verde intenso. Tiende a crecer en suelos húmedos y sombreados, como en bordes de caminos y debajo de árboles.

→ Características: Las hojas son pequeñas y ovaladas, dispuestas en forma de roseta. Pueden ser bastante resistentes y adaptarse a diversas condiciones.

2. *Marchantia polymorpha*

→ Descripción: Este musgo tiene una apariencia distintiva con tallos aplanados que se extienden horizontalmente sobre el suelo.

→ Características: Son de color verde oscuro y tienen forma de hoja lobulada. A menudo se encuentran en áreas húmedas y sombreadas, como cerca de fuentes de agua o en zonas con alta humedad.

3. *Hypnum cupressiforme*

→ Descripción: Es un musgo que forma mechones o cojines densos de color verde brillante.

→ Características: Sus tallos son ramificados y parecidos a los de un ciprés, lo que le da su nombre común de "musgo ciprés". Crece en suelos húmedos y sombreados, como en rocas y paredes.

4. *Dicranum spp.*

→ Descripción: Este musgo forma matas densas y puede tener un tono verdoso o amarillento.

→ Características: Sus tallos son erectos y las hojas están dispuestas de manera que dan un aspecto de "plumoso". Se encuentra comúnmente en suelos húmedos y sombreados, a menudo en áreas con cierta acumulación de hojas o materia orgánica.

5. *Polytrichum commune*

→ Descripción: Es uno de los musgos más grandes que se pueden encontrar en Bogotá.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

→ Características: Tiene tallos largos y erectos, con hojas puntiagudas dispuestas en espiral alrededor del tallo. Puede crecer en suelos húmedos y sombreados, formando colonias densas y vistosas.

6. Funaria hygrometrica

→ Descripción: Este musgo es pequeño y de color verde claro.

→ Características: Sus hojas son delgadas y puntiagudas, con una apariencia delicada. Crece en suelos húmedos y sombreados, a menudo en áreas con disturbios menores del suelo.

Estos son solo algunos ejemplos de los musgos que se pueden encontrar en las calles y áreas verdes de Bogotá. Los musgos son plantas fascinantes y resilientes que a menudo prosperan en entornos urbanos, aportando su belleza natural y contribuyendo al ciclo ecológico del área.

En resumen, el musgo ofrece una serie de ventajas que lo convierten en una opción altamente beneficiosa y atractiva para los muros verdes. Su adaptabilidad, bajo mantenimiento, capacidad estética y beneficios ambientales lo hacen ideal para proyectos que buscan combinar funcionalidad, belleza y sostenibilidad. Ahora bien, surge la pregunta: ¿Existirán recursos naturales que sean aprovechables para la producción sistémica o industrializada de paneles verdes y que ayuden a reducir su costo?

La respuesta es sí, existen varios recursos naturales que pueden ser aprovechados para la producción sistemática industrial de paneles verdes, lo que puede ayudar a reducir sus costos y hacerlos más sostenibles. Algunos de estos recursos son:

1. **Materiales de Construcción Sostenibles:** Los paneles verdes pueden estar hechos de una variedad de materiales, y algunos de estos pueden ser recursos naturales renovables. Por ejemplo, la

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

celulosa reciclada de papel y cartón puede ser utilizada como base para los paneles, reduciendo la necesidad de materiales vírgenes y aprovechando recursos existentes.

2. Fibras Vegetales: Las fibras vegetales, como el cáñamo, el lino, el sisal o el bambú, pueden ser utilizadas para reforzar paneles de construcción. Estos materiales son ligeros, resistentes y biodegradables, lo que los hace ideales para aplicaciones en paneles verdes. Además, el cultivo de estas plantas como materias primas puede ser sostenible y amigable con el medio ambiente.

3. Resinas Biodegradables: En lugar de utilizar resinas sintéticas que pueden ser costosas y no biodegradables, se pueden emplear resinas a base de recursos naturales renovables, como aceites vegetales o almidón de maíz. Estas resinas pueden ser utilizadas para unir y consolidar los materiales de los paneles verdes.

4. Sustratos Orgánicos: Para el crecimiento de las plantas en los paneles verdes, se pueden utilizar sustratos orgánicos como compost, turba, fibra de coco, entre otros. Estos materiales son sostenibles, ayudan a retener la humedad y proporcionan nutrientes para las plantas, contribuyendo al éxito del sistema de pared verde.

5. Energía Renovable para Procesamiento: En la producción industrial de paneles verdes, se puede utilizar energía renovable, como la solar o eólica, para alimentar los procesos de fabricación. Esto no solo reduce los costos operativos, sino que también disminuye la huella de carbono de la producción.

6. Aprovechamiento de Aguas Residuales: En algunos sistemas de paneles verdes, como los muros vegetales, se requiere un sistema de riego. En lugar de utilizar agua potable, se pueden implementar sistemas que aprovechen aguas grises o aguas residuales tratadas para el riego de las plantas. Esto reduce el consumo de agua dulce y hace el sistema más sostenible.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Hay numerosos ejemplos de estructuras arquitectónicas que han implementado fachadas verdes con gran éxito. Estas fachadas no sólo son estéticamente atractivas, sino que también proporcionan beneficios ambientales, térmicos y de aislamiento. Aquí algunos ejemplos:

1. Edificio The WOHA Architects - Singapur : Este edificio de oficinas tiene una fachada verde que abarca la mayor parte de la estructura. La fachada verde se compone de plantas autóctonas y tropicales que requieren poco mantenimiento y agua. Se han utilizado sistemas de riego por goteo y tecnologías de monitoreo inteligente para optimizar el cuidado de las plantas, lo que ha resultado en bajos costos de mantenimiento.

2. Edificio ACROS Fukuoka - Fukuoka, Japón : Este edificio cuenta con una fachada verde en forma de terrazas escalonadas que se elevan desde el suelo hasta el techo. Las terrazas están diseñadas para albergar una diversidad de plantas que requieren poco mantenimiento. Se utilizan tecnologías de riego por goteo y sistemas de recolección de agua de lluvia para minimizar los costos de agua y mantenimiento.

3. Edificio School of Art, Design and Media - Singapur: Esta estructura académica tiene una fachada verde que forma parte de su diseño ecológico. La fachada verde está compuesta por plantas nativas que requieren poco mantenimiento y riego. Se han implementado sistemas de irrigación inteligentes que ajustan automáticamente el suministro de agua según las necesidades de las plantas, lo que ha resultado en costos de mantenimiento reducidos.

4. Museo Quai Branly, París, Francia: Jean Nouvel se inspiró en diferentes edificios verdes para diseñar este museo ubicado en el muelle Branly. Su jardín vertical del museo del muelle Branly tiene una extensión de 800 m², con 376 especies vegetales provenientes de todo el mundo.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Estos son solo algunos ejemplos de estructuras arquitectónicas con fachadas verdes exitosas.

Cada una de estas construcciones demuestra cómo la integración de la naturaleza en el diseño arquitectónico no solo mejora la estética del edificio, sino que también proporciona beneficios ambientales significativos y contribuye a la sostenibilidad urbana.

Hipótesis

1. La eficacia de la integración del musgo en paneles de hormigón está positivamente relacionada con su morfología, mostrando una mejor adaptación en formas morfológicas específicas.

Marco Conceptual

- **Musgo:** El musgo, como organismo vegetal de rápido crecimiento y adaptabilidad a diversos entornos, se ha convertido en un elemento clave en la creación de muros verdes. Su capacidad para absorber CO₂, retener agua y mejorar la calidad del aire lo posiciona como una opción atractiva para la vegetación urbana; En el ámbito de la arquitectura, el musgo se ha convertido en un elemento clave para la integración de la naturaleza en las estructuras urbanas. Su capacidad para crecer en entornos verticales, como fachadas y muros interiores, permite a los arquitectos y diseñadores crear espacios sostenibles y estéticamente atractivos.
- **Panel Prefabricado:** Los paneles prefabricados ofrecen una solución estructural eficiente y adaptable para la construcción de muros verdes. Estos elementos preconstruidos pueden ser diseñados con características específicas que promuevan el enraizamiento y desarrollo del musgo, al mismo tiempo que facilitan su instalación y mantenimiento; Los paneles prefabricados son una solución eficiente y versátil en el diseño arquitectónico moderno. En el contexto de los muros verdes, estos paneles ofrecen la posibilidad de integrar la vegetación de forma sistemática y controlada en los edificios. Esto permite una mayor flexibilidad en el diseño y una ejecución más rápida y eficiente de los proyectos arquitectónicos.
- **Adaptabilidad:** La adaptabilidad de los paneles prefabricados es esencial para su integración en entornos urbanos diversos. Deben ser diseñados para ajustarse a diferentes tipos de edificaciones, permitiendo la creación de muros verdes tanto en edificios residenciales como comerciales, parques urbanos o espacios públicos; Los arquitectos pueden diseñar estos paneles con formas, tamaños y características específicas que se ajusten a las distintas estructuras y estilos

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

arquitectónicos, desde edificios residenciales hasta espacios públicos y comerciales.

- **Polinizadores:** Los muros verdes no solo son beneficiosos para el musgo y las plantas que los conforman, sino que también pueden convertirse en un hábitat vital para los polinizadores. Las abejas, mariposas y otros insectos polinizadores encuentran en estos espacios una fuente de alimento y refugio, contribuyendo así a la biodiversidad urbana
- **Muro Verde:** El concepto de muro verde se refiere a la implementación de vegetación en estructuras verticales, como fachadas de edificios o muros interiores. Estos muros no solo mejoran el aspecto estético del entorno urbano, sino que también ofrecen beneficios ambientales, como la reducción del efecto isla de calor, la absorción de CO₂ y la mejora de la calidad del aire
- **Panel Morfológico:** Un panel morfológico se refiere a un panel prefabricado diseñado específicamente para promover el crecimiento y desarrollo óptimo de la vegetación, en este caso, del musgo. Su morfología incluiría características como textura, porosidad y capacidad de retención de agua adecuadas para favorecer el enraizamiento y el mantenimiento sostenible del musgo en el muro verde

En este marco conceptual, se establece la base para el diseño, desarrollo e implementación de muros verdes utilizando paneles prefabricados morfológicamente adaptados para el crecimiento exitoso del musgo y la promoción de la biodiversidad urbana.

Marco Teórico

La integración de vegetación en espacios urbanos ha cobrado un interés significativo en los últimos años, tanto por sus beneficios estéticos como por sus impactos positivos en la calidad ambiental y el bienestar humano. Dentro de esta tendencia, los muros verdes han surgido como una estrategia versátil para introducir elementos naturales en la arquitectura urbana, ofreciendo beneficios que van desde la mejora de la calidad del aire hasta la reducción del efecto isla de calor urbano.

En particular, el musgo ha captado la atención de los investigadores y diseñadores debido a sus notables capacidades para absorber contaminantes del aire, retener humedad y proporcionar aislamiento acústico. Sin embargo, su integración en estructuras de construcción, como los paneles de hormigón prefabricado, plantea desafíos específicos relacionados con su implantación y adaptación efectiva en entornos urbanos.

La morfología del musgo desempeña un papel crítico en su capacidad para establecerse y prosperar en entornos artificiales como los paneles de hormigón. Aspectos como la densidad de hojas, la longitud y densidad de las raíces, así como la capacidad de absorción de agua, son factores determinantes en la supervivencia y el crecimiento del musgo en estas condiciones.

La literatura científica ha documentado una variedad de morfologías en diferentes especies de musgo, cada una adaptada a condiciones específicas de humedad, luz y sustrato. Sin embargo, la investigación sobre la morfología óptima para la integración del musgo en paneles de hormigón prefabricado es limitada, lo que subraya la necesidad de estudios enfocados en esta área.

Además de la morfología del musgo, las propiedades estructurales de los paneles de hormigón prefabricado también desempeñan un papel fundamental en la eficacia de la integración del musgo. Factores como la porosidad, textura superficial y composición del panel pueden influir en la capacidad

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

del musgo para establecerse, absorber agua y nutrientes, y mantener un crecimiento saludable a lo largo del tiempo. Algunos ejemplos sobre la integración en la Arquitectura son:

- *Integración del Musgo en el Arte y la Arquitectura: La Serie "Convivencia" de Mineo Mizuno*

En el vasto mundo del arte y la arquitectura, la integración de elementos naturales ha sido una fuente constante de inspiración y creatividad. El artista y paisajista japonés Mineo Mizuno no es una excepción, y su serie "Convivencia" ofrece una exploración fascinante de la simbiosis entre materiales y naturaleza.

Mineo Mizuno, conocido por su maestría en el cultivo y diseño de musgo, ha creado una serie de esculturas que desafían las convenciones tradicionales. En lugar de utilizar macetas convencionales, Mizuno cultiva musgo en grandes esferas de cerámica que se asemejan a guijarros. Estas esferas, que podrían confundirse con elementos naturales en un paisaje, se convierten en el lienzo sobre el cual Mizuno esculpe sus creaciones.

Inspirado por su Japón natal, Mizuno infunde en sus esculturas paisajes en miniatura que evocan tierras altas y valles, exuberantes praderas y densos bosques. Cada pieza de la serie "Convivencia" es una invitación a sumergirse en un mundo en miniatura donde la naturaleza y la artesanía se entrelazan de manera armoniosa.

Lo que hace que esta serie sea aún más notable es la relación simbiótica entre las esferas de cerámica y el musgo que las habita. El musgo, con su capacidad para absorber nutrientes del aire y crecer en condiciones aparentemente inhóspitas, se convierte en el corazón de estas esculturas. Las esferas de cerámica no son solo contenedores, sino que también sirven como sustrato para el musgo, creando un ecosistema en miniatura que se autogestiona y evoluciona con el tiempo.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Al observar las obras de Mizuno en la serie "Convivencia", nos enfrentamos a una reflexión sobre la relación entre el ser humano y la naturaleza. Estas esculturas no solo son obras de arte estéticamente hermosas, sino también recordatorios de la importancia de vivir en armonía con nuestro entorno. Mizuno nos invita a contemplar la belleza y la serenidad que se encuentra en la integración de la naturaleza en nuestra vida cotidiana, ya sea a través del arte, la arquitectura o simplemente la observación de un musgo que crece en una piedra.

En el contexto del presente trabajo de investigación sobre la morfología efectiva para la integración del musgo en paneles de hormigón prefabricado, la serie "Convivencia" de Mineo Mizuno ofrece un ejemplo inspirador de cómo el musgo puede ser incorporado de manera artística y funcional en entornos construidos. Este enfoque artístico nos recuerda que la integración del musgo en estructuras no solo tiene beneficios estéticos, sino que también puede crear paisajes vivos y dinámicos que promueven la conexión con la naturaleza y la sostenibilidad ambiental.

Figura 1. Cerámica de Musgo “Proyecto Convivencia”



FIGURA 1. Nota. Adaptado de MOSS [Fotografía], por Mineo Mizuno, 2011, (<https://www.mineomizuno.com/moss.html>)

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- *La Alfombra de Musgo de Nguyen La Chanh: Naturaleza en el Interior*

En la búsqueda de experiencias sensoriales y conexión con la naturaleza en el hogar, el diseño de interiores ha experimentado una fascinante evolución. La alfombra de musgo creada por Nguyen La Chanh es un ejemplo notable de cómo el arte y la funcionalidad pueden fusionarse para traer el exterior al interior de una manera única y natural.

Imagina la sensación reconfortante de la hierba recién cortada bajo los dedos de los pies, especialmente al salir de la ducha. Esta es exactamente la experiencia que ofrece la alfombra de musgo de Nguyen La Chanh, una obra que transforma un gesto cotidiano como secarse los pies en un momento de conexión con la naturaleza.

La exuberante alfombra de musgo verde no solo es un elemento decorativo, sino que también funciona como un ecosistema vivo en el interior del hogar. Nguyen La Chanh ha logrado crear una obra que trasciende lo convencional, al incorporar el musgo como un material que respira y crece, cambiando y evolucionando con el tiempo.

La elección del musgo no es arbitraria. Este tipo de vegetación prospera en ambientes húmedos, lo que convierte al baño en el lugar perfecto para su desarrollo. La humedad residual después de una ducha se convierte en el ambiente ideal para que el musgo crezca y se expanda, creando una sensación de frescura y vida en un espacio que a menudo se asocia con la limpieza y la pureza.

Al tener esta alfombra de musgo en el baño, se invita a una experiencia multisensorial cada vez que uno entra en contacto con ella. La sensación suave y esponjosa del musgo bajo los pies descalzos, el aroma fresco y terroso que emana de él, y la vista de un exuberante tapiz verde creciendo en el suelo, todo esto contribuye a una sensación de conexión con la naturaleza en un ambiente doméstico.

Desde el punto de vista del diseño y la arquitectura, la alfombra de musgo de Nguyen La Chanh desafía las convenciones al traer el paisaje natural al interior de una forma totalmente innovadora. Esta

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

obra no solo es un elemento decorativo, sino también un recordatorio de la importancia de integrar la naturaleza en nuestros espacios habitados, tanto por sus beneficios estéticos como por su impacto positivo en nuestra salud y bienestar.

La alfombra de musgo de Nguyen La Chanh ofrece un ejemplo inspirador de cómo el musgo puede ser utilizado de manera creativa y funcional en el diseño de interiores. Esta obra nos invita a repensar cómo podemos incorporar elementos naturales en nuestros espacios habitados, creando ambientes que no solo sean estéticamente atractivos, sino también saludables y revitalizantes para quienes los habitan.

Figura 2. Alfombra de Musgo



FIGURA 2. Nota. Adaptado de YANKO DESIGN [Fotografía], por RADHIKA SETH, 2009,

[https://www.yankodesign.com/2009/01/09/immaculate-mini-lawn-in-your-loo/!](https://www.yankodesign.com/2009/01/09/immaculate-mini-lawn-in-your-loo/)

- *Arquigreen - Jardines Verticales Preservados: Integrando la Madera en el Diseño*

En la constante evolución del diseño de interiores y exteriores, los jardines verticales preservados han surgido como una tendencia destacada, ofreciendo una forma innovadora de

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

incorporar elementos naturales en espacios construidos. En esta ocasión, exploramos la introducción de la madera como complemento esencial en estos jardines verticales, añadiendo calidez y un toque orgánico a la experiencia sensorial.

La madera ha sido desde siempre un símbolo de lo natural y lo acogedor, transmitiendo una sensación de calidez y conexión con la naturaleza. En la actualidad, la madera ha tomado un papel protagonista en los espacios arquitectónicos, siendo una tendencia en constante desarrollo y evolución. Su uso va acompañado de avances en técnicas constructivas que permiten su integración de manera creativa y sostenible.

Musgogren & Wood nos presenta el modelo "Pure Wood", una creación donde la madera es la estrella principal. En esta versión, se utilizan listones de madera natural procedentes del reciclaje, los cuales han sido sometidos a procesos de reutilización con tratamientos no contaminantes.

Lo que destaca en este diseño son los listones de madera, cada uno con diferentes tonos y tamaños, combinados con musgo en una variedad de tonalidades de verde. Esta combinación ofrece un diseño original y atractivo que puede revestir cualquier pared, creando un impacto visual único.

Los módulos de listones tienen un tamaño base de 68 x 15 cm, y pueden combinarse de manera flexible y creativa, como si fueran piezas de un rompecabezas. Esta versatilidad permite adaptar el diseño a cualquier espacio, desde pequeños rincones hasta grandes paredes completas.

Lo más notable de esta propuesta es su enfoque sostenible y de mínimo impacto ambiental. Al utilizar madera natural reciclada, Musgogren & Wood promueve la reutilización de recursos y la reducción de residuos, contribuyendo así a la preservación del medio ambiente.

En el contexto de nuestro marco teórico, esta propuesta de jardín vertical preservado con madera se presenta como un ejemplo de cómo los materiales naturales pueden ser integrados de manera creativa y sostenible en entornos construidos. Además, nos muestra cómo la tendencia hacia lo "green" en el diseño de interiores y exteriores está en constante evolución, ofreciendo opciones

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

innovadoras para aquellos que buscan una conexión más profunda con la naturaleza en sus espacios habitables.

Figura 3. Muros verde con Musgo



FIGURA 3. Nota. Adaptado de ARQUIGREEN [Fotografía], por ARQUIGREEN, <https://musgogreen.es/>

En conclusión, la integración de elementos naturales en el diseño de interiores y exteriores, como se ha explorado a través de la exposición "Convivencia", la alfombra de musgo de Nguyen La Chanh y el modelo "Pure Wood" de Musgogren & Wood, destaca la importancia fundamental de la morfología en la implantación exitosa del musgo en entornos construidos.

Las últimas tendencias en diseño y arquitectura han puesto de relieve cómo la morfología de los productos utilizados juega un papel esencial en la capacidad del musgo para establecerse y prosperar. Por ejemplo, la serie "Convivencia" de Mineo Mizuno y la alfombra de musgo de Nguyen La Chanh nos muestran cómo la morfología cuidadosamente diseñada de las esferas de cerámica y la alfombra

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

permiten que el musgo crezca de manera saludable y se integre en los espacios interiores de una manera armoniosa y estética.

En el caso del modelo "Pure Wood" de Musgogren & Wood, la morfología de los listones de madera reciclada también desempeña un papel crucial. Los listones, con diferentes tamaños y tonos, proporcionan una superficie estructurada y variada para que el musgo se adhiera y crezca, formando un diseño único y atractivo en las paredes.

Estos ejemplos demuestran que la morfología de los productos utilizados para la integración del musgo en entornos construidos no solo es estética, sino también funcional. La forma, tamaño y disposición de los elementos naturales no solo determinan la apariencia visual del diseño, sino que también afectan directamente la capacidad del musgo para absorber agua, nutrientes y establecerse en el sustrato proporcionado.

En un contexto más amplio, estas tendencias en diseño subrayan la necesidad de considerar cuidadosamente la morfología de los productos cuando se busca integrar elementos naturales como el musgo en nuestros espacios construidos. Una morfología adecuada no solo garantiza la estética deseada, sino que también promueve la salud y el crecimiento del musgo, creando así entornos interiores y exteriores más verdes, saludables y sostenibles.

En resumen, la morfología de los productos utilizados para la implantación del musgo en la exposición "Convivencia", la alfombra de musgo y el modelo "Pure Wood" es de vital importancia. Esta consideración cuidadosa de la forma y disposición de los elementos naturales no solo mejora la estética y funcionalidad del diseño, sino que también facilita el establecimiento y crecimiento saludable del musgo, creando así espacios que promueven la conexión con la naturaleza y la sostenibilidad ambiental.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- *MOSS COLUMN I - Juhyun Maeng, Sangha Jeong*

En un mundo cada vez más consciente de la necesidad de equilibrar la arquitectura con el entorno natural, la Torre Moss surge como un innovador ejemplo de simbiosis entre organismo vivo y diseño urbano. Este proyecto pionero desafía las convenciones tradicionales al fusionar de manera única la materia orgánica con la inorgánica, creando así una nueva narrativa en la arquitectura contemporánea. A través de un meticuloso proceso de diseño y construcción, la Torre Moss no solo busca integrar las plantas en su estructura, sino también promover una interacción simbiótica entre los habitantes y el musgo que la habita. En esta introducción, explicaremos el fascinante mundo de esta estructura viva, sus fundamentos de diseño y cómo redefine nuestra relación con el entorno construido.

La Torre Moss es un prototipo innovador que desafía las convenciones al fusionar organismos vivos con la arquitectura. En un mundo post-COVID-19, donde hay un renovado interés en el entorno construido, esta estructura destaca por su integración directa de plantas en su diseño. Concebida con un algoritmo que simula una célula viva, la torre se materializa mediante una impresora 3D de arena, utilizando métodos sostenibles. Está revestida con musgo de sombra en su interior, creado con una técnica de pixelado triangulado para mantener la estabilidad. Este proyecto representa una solución audaz para unir materia orgánica e inorgánica, fomentando la interacción entre las personas y el musgo, promoviendo un diálogo simbiótico entre la respiración humana y la fotosíntesis. La Torre Moss invita a repensar nuestra relación con la naturaleza y el entorno construido, ofreciendo un modelo a escala 1/2 que despierta la curiosidad y la reflexión sobre nuestro papel en el ciclo ecológico.

La Torre Moss representa un emocionante paso hacia adelante en la arquitectura ecológica, desafiando las barreras entre lo artificial y lo natural, lo estático y lo vivo. En su intrincado diseño, encontramos una invitación a reconsiderar cómo concebimos nuestros espacios habitables y cómo interactuamos con el entorno que nos rodea. Al integrar el musgo en su estructura, esta torre no solo se

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

convierte en un refugio verde en el corazón de la ciudad, sino también en un símbolo de coexistencia armoniosa entre la humanidad y la naturaleza.

A medida que nos adentramos en un futuro donde la sostenibilidad y la preservación del medio ambiente son prioritarias, la Torre Moss brilla como un faro de inspiración. Nos recuerda que la arquitectura puede ser más que meramente funcional; puede ser un catalizador para la regeneración y el equilibrio ecológico. Que cada paso que damos dentro de esta estructura viva nos lleve hacia un mañana donde la simbiosis entre el hombre y la naturaleza sea no solo una posibilidad, sino una realidad arraigada en cada edificio y cada comunidad.

Así, nos despedimos de la Torre Moss, una obra maestra que nos desafía a imaginar un futuro donde la arquitectura y la naturaleza se entrelazan en perfecta armonía. Que su legado perdure como un recordatorio de nuestro potencial para construir un mundo más verde y próspero para las generaciones venideras

Figura 4. Proyecto Moss Colum II

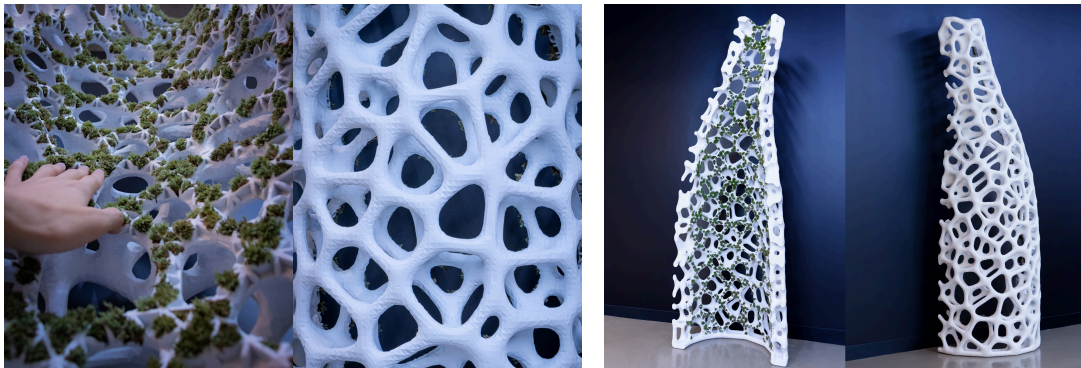


FIGURA 4. Nota. Adaptado de YONGJULEE [Fotografía], por Yong Ju Lee Architecture, <https://www.yongjulee.com/MOSS-COLUMN-I>)

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- *Ikea Diseña Una Casita Para Abejas Que Puedes Construirte Tú Mismo*

Las abejas, estos pequeños y vitales seres que danzan entre las flores, no solo nos regalan la belleza de la naturaleza, sino que sustentan gran parte de nuestra despensa. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), cerca del 90 por ciento de las especies de plantas con flores dependen de los polinizadores animales, un grupo del cual las abejas son las protagonistas destacadas. Este fenómeno representa aproximadamente un tercio del suministro mundial de alimentos, resaltando la importancia crítica de estos incansables trabajadores alados en la producción de alimentos que sustentan nuestras vidas.

Sin embargo, este delicado equilibrio natural se ve amenazado por la acción humana, que ha llevado a la destrucción de los hábitats naturales de las abejas y a la disminución alarmante de sus poblaciones. Ante esta urgente situación, el laboratorio creativo de Ikea, Space 10, ha respondido con una iniciativa que trasciende lo convencional. Bee Home, diseñado por la creativa Tanita Klein en colaboración con el estudio Bakken & Bakken, es mucho más que una simple casita para abejas. Es un llamado a la acción, una invitación para que cada persona se convierta en un guardián de estos esenciales polinizadores y, por ende, de la biodiversidad de nuestro planeta.

Desde la plataforma en línea de Bee Home, cualquier individuo puede sumergirse en el fascinante mundo de las abejas y diseñar su propio refugio para estos valiosos insectos. Este proceso, simple e intuitivo, permite a cada uno crear un espacio vital para las abejas en su propio jardín o balcón. Se trata de un acto de diseño democrático que no solo busca preservar a las abejas, sino que también pretende inspirar un cambio colectivo en la manera en que interactuamos con la naturaleza que nos rodea.

Bee Home, la innovadora iniciativa de Space 10 y Tanita Klein junto al estudio Bakken & Bakken, representa un faro de esperanza en el horizonte. En un mundo donde la pérdida de la biodiversidad y el

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

declive de las poblaciones de abejas plantean desafíos urgentes, esta casita para abejas va más allá de ser un simple refugio; es un símbolo de nuestra capacidad para marcar la diferencia. A través de Bee Home, cada individuo tiene la oportunidad de contribuir directamente a la preservación de estos polinizadores cruciales, construyendo puentes entre la vida urbana y la vida silvestre.

Al ofrecer una plataforma en línea que democratiza el diseño y la creación de estos refugios para abejas, Bee Home se convierte en un recordatorio tangible de que todos podemos ser agentes de cambio en la restauración y protección de nuestro entorno natural. Es un llamado a la acción, a involucrarnos activamente en la preservación de la biodiversidad que sustenta la vida en nuestro planeta. Así, Bee Home no solo ofrece un hogar para las abejas, sino también un camino hacia un futuro más equilibrado y sostenible para todos.

Figura 5. Casa Polinizadora



FIGURA 5. Nota. Adaptado de SPACE10 [Fotografía], por Brendan Austin,

<https://www.elledecor.com/es/diseño/a32847670/ikea-casa-salvar-abejas-peligro-extincion>

Metodología

Para abordar la investigación sobre la morfología más efectiva para la implantación y adaptación del musgo en un panel de hormigón prefabricado, se propone la siguiente metodología:

1. *Revisión Bibliográfica*

Se realizará una exhaustiva revisión de la literatura científica y técnica relacionada con los siguientes temas:

- Implantación de musgo en entornos urbanos.
- Integración de musgo en materiales de construcción, con énfasis en paneles de hormigón prefabricado.
- Características morfológicas y fisiológicas del musgo relevantes para su adaptación urbana.
- Propiedades estructurales de los paneles de hormigón y su influencia en la implantación del musgo.

2. *Preparación de Paneles de Hormigón Prefabricado*

Se diseñarán y fabricarán paneles de hormigón prefabricado con variaciones en sus propiedades estructurales, tales como:

- Porosidad.
- Textura superficial.
- Composición de materiales.

3. *Experimentación en condiciones reales*

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Se realizarán experimentos en condiciones reales, exponiendo los prototipos al aire libre, lluvia y sol, con el fin de analizar los resultados los más reales posibles

- La capacidad de implantación del musgo en los diferentes tipos de paneles.
- La supervivencia y crecimiento del musgo a lo largo del tiempo.
- La influencia de las características morfológicas del musgo en su adaptación al panel de hormigón.

4. *Análisis de Resultados y Estadísticas*

Los datos obtenidos se analizarán utilizando herramientas estadísticas apropiadas para:

- Determinar la relación entre las variables estudiadas.
- Identificar patrones de crecimiento y adaptación del musgo.
- Comparar el desempeño del musgo en diferentes tipos de paneles de hormigón.

5. *Interpretación y Conclusiones*

Se interpretarán los resultados obtenidos en relación con los objetivos planteados. Se elaborarán conclusiones sobre la morfología más efectiva para la implantación y adaptación del musgo en paneles de hormigón prefabricado. Se discutirán las implicaciones de estos hallazgos y se propondrán recomendaciones para su aplicación en la práctica de la construcción sostenible y el diseño urbano.

Esta metodología busca combinar la revisión teórica con la experimentación práctica para proporcionar un enfoque integral y científicamente fundamentado en la investigación sobre muros verdes con musgo en paneles de hormigón prefabricado.

El Hormigón

El hormigón, uno de los materiales más fundamentales en la construcción moderna, es conocido por su versatilidad, resistencia y durabilidad. Desde las vastas estructuras de puentes hasta los detalles arquitectónicos más delicados, el hormigón ha sido un pilar en la edificación humana durante siglos. Sin embargo, su evolución constante ha dado lugar a una variedad de tipos con propiedades específicas que se adaptan a diversas necesidades y aplicaciones en la construcción.

En esta investigación, exploramos los diferentes tipos de hormigón y sus propiedades distintivas. Desde el convencional hasta el prefabricado, cada variante tiene características únicas que influyen en su uso en proyectos arquitectónicos y de ingeniería civil. Al comprender estas propiedades, podemos discernir cuál es el más adecuado para aplicaciones específicas, como la creación de paneles texturizados con musgo, donde la estética, la durabilidad y la funcionalidad se entrelazan de manera crucial. Se cuentan con tres tipos de Hormigón, estos se exponen a continuación:

1. El hormigón Convencional: El hormigón convencional, a menudo denominado "hormigón estándar", es la forma más básica y ampliamente utilizada de este material de construcción. Compuesto principalmente por cemento, agua, agregados gruesos (grava) y finos (arena), este tipo de hormigón ofrece una base sólida para una amplia gama de aplicaciones. Su resistencia a la compresión y versatilidad lo convierten en la elección principal para cimientos, losas, columnas y otros elementos esenciales de la construcción.

2. Hormigón Ligero: El hormigón ligero, como su nombre indica, es una variante diseñada para reducir su peso específico sin sacrificar su resistencia. Este tipo de hormigón suele utilizar agregados ligeros como perlita, vermiculita o arcilla expandida en lugar de los agregados convencionales. Esto resulta en una densidad menor y, por ende, una carga estructural reducida. Sus propiedades lo

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

hacen ideal para aplicaciones donde el peso es una consideración, como techos, pisos superiores y elementos prefabricados.

3. Hormigón Prefabricado: El hormigón prefabricado ofrece una solución eficiente y controlada para muchas necesidades de construcción. Fabricado fuera del sitio de construcción principal, en fábricas especializadas, este tipo de hormigón se vierte en moldes y se cura antes de ser transportado al lugar de instalación. Esta técnica garantiza una mayor uniformidad, resistencia y calidad en comparación con el hormigón vertido in situ. Paneles de fachada, elementos estructurales y sistemas de muros son ejemplos comunes de aplicaciones de hormigón prefabricado.

A medida que exploramos estas variaciones en el mundo del hormigón, nos adentramos en un universo de posibilidades en la construcción moderna. Cada tipo, desde el convencional hasta el prefabricado, tiene sus propias características que los hacen adecuados para diferentes contextos y requisitos. Al comprender las propiedades únicas de cada uno, podemos tomar decisiones informadas sobre cómo aplicarlos en nuestros diseños, como en la creación de paneles texturizados de hormigón con musgo, donde la innovación y la funcionalidad se encuentran en perfecta armonía.

- Componentes Del Hormigón Prefabricado

El hormigón prefabricado es un material fundamental en la construcción moderna, conocido por su resistencia, durabilidad y versatilidad. Este material, compuesto por una mezcla de cemento, agregados y agua, ha revolucionado la forma en que se construyen estructuras en todo el mundo. En particular, los paneles de hormigón prefabricado se han convertido en una opción popular debido a su facilidad de fabricación y montaje en el lugar de construcción.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Para comprender a fondo el hormigón prefabricado, es esencial conocer sus componentes y cómo interactúan entre sí para formar un material resistente y confiable. En este sentido, este texto explorará los principales componentes del hormigón prefabricado, desde el cemento hasta los aditivos y el refuerzo, destacando su importancia en la composición y las propiedades finales del material.

1. **Cemento:** Es el componente clave del hormigón, actúa como aglutinante que une los otros materiales. El tipo más comúnmente usado es el cemento Portland, que se produce mediante la calcinación de piedra caliza y arcilla a alta temperatura.

2. **Agregados:** Consisten en arena y grava, que proporcionan la resistencia y estabilidad mecánica al hormigón. La arena es fina y ayuda a llenar los espacios entre las partículas de cemento, mientras que la grava es más gruesa y proporciona resistencia a la compresión.

3. **Agua:** Es esencial para la reacción química que ocurre entre el cemento y los agregados para formar la mezcla de hormigón. La cantidad de agua utilizada afecta directamente la trabajabilidad y la resistencia final del hormigón.

4. **Aditivos:** Se agregan al hormigón para modificar sus propiedades en fresco y endurecido. Pueden incluir plastificantes para mejorar la trabajabilidad, retardantes de fraguado para permitir un tiempo de colocación más largo, aceleradores para acelerar el tiempo de fraguado, entre otros.

5. **Refuerzo:** En algunos casos, especialmente en elementos estructurales, se agrega refuerzo de acero al hormigón prefabricado. Esto puede ser en forma de barras de refuerzo de acero (armaduras) que se colocan estratégicamente para mejorar la resistencia a la tracción y la flexión del hormigón.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

6. Colorantes y Pigmentos (Opcional): Para aplicaciones estéticas, como paneles de fachada o elementos decorativos, se pueden agregar colorantes o pigmentos al hormigón para lograr el color deseado.

Estos componentes se mezclan en proporciones específicas según las necesidades del proyecto y luego se vierten en moldes para su curado. Una vez que el hormigón ha alcanzado la resistencia requerida, los elementos prefabricados están listos para su transporte e instalación en el lugar de construcción.

El hormigón prefabricado, con sus componentes cuidadosamente seleccionados y mezclados, representa un avance significativo en la industria de la construcción. A lo largo de este texto, hemos examinado los componentes esenciales del hormigón prefabricado, desde el cemento que actúa como aglutinante hasta los agregados que proporcionan resistencia y estabilidad.

Los aditivos, como plastificantes y retardantes de fraguado, juegan un papel crucial en la mejora de las propiedades del hormigón en fresco, mientras que el refuerzo de acero añadido proporciona resistencia adicional para aplicaciones estructurales. Este conocimiento profundo de los componentes del hormigón prefabricado no solo es fundamental para los profesionales de la construcción, sino que también destaca la importancia de este material en la creación de estructuras duraderas y eficientes en una variedad de aplicaciones constructivas.

- *Métodos De Dosificación*

La dosificación del hormigón es un aspecto fundamental en la preparación de este material de construcción crucial. Es el proceso mediante el cual se determinan las proporciones exactas de los componentes, como el cemento, los agregados, el agua y los aditivos, para lograr las características

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

deseadas en el hormigón final. Este proceso puede realizarse de varias maneras, cada una con sus propias ventajas y aplicaciones específicas.

En este texto, explicaremos los diferentes métodos de dosificación del hormigón, desde el clásico método por peso o volumen hasta el método por proporción o rendimiento. Examinaremos cómo cada uno de estos métodos influye en las propiedades y el rendimiento del hormigón, y cómo se eligen según las necesidades del proyecto y las condiciones de la obra.

1. Método de dosificación por peso:

- En este método, los materiales se pesan en una báscula o balanza. La dosificación se realiza por peso, generalmente en kilogramos o libras. Las proporciones de los materiales se establecen de acuerdo con el peso de cada uno en la mezcla total.

2. Método de dosificación por volumen:

- En este método, los materiales se dosifican por volumen en lugar de peso. Por ejemplo, se puede utilizar una carretilla o cubeta estándar para medir volúmenes de agregados y agua. Este método es más común en obras más pequeñas o donde no se dispone de equipo de pesaje preciso.

3. Método de dosificación por rendimiento:

- En este método, se determina la cantidad de mezcla de hormigón que se produce por unidad de volumen de cemento. Por ejemplo, se puede determinar cuántos metros cúbicos de hormigón se producen por bolsa de cemento. Luego, se ajustan las cantidades de agregados y agua en consecuencia para lograr el rendimiento deseado.

4. Método de dosificación por proporción:

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- Este método implica establecer una proporción fija entre los materiales. Por ejemplo, una proporción típica puede ser 1 parte de cemento, 2 partes de arena y 3 partes de grava. Esta proporción se mantiene constante y se escala según la cantidad de hormigón requerida.

5. Método de dosificación por ensayo y error:

- En algunos casos, especialmente en proyectos especiales o donde se necesitan características específicas del hormigón, se puede realizar un ensayo previo para determinar la mejor dosificación. Esto implica ajustar las cantidades de los materiales y realizar pruebas de resistencia y otras propiedades hasta encontrar la mezcla óptima.

Cada método de dosificación tiene sus propias ventajas y aplicaciones específicas, y la elección del método adecuado depende de una serie de factores, como el tipo de obra, las propiedades requeridas del hormigón y la disponibilidad de equipo de dosificación. En última instancia, la dosificación precisa y cuidadosa del hormigón es esencial para garantizar la calidad, resistencia y durabilidad de las estructuras construidas, lo que asegura un resultado final exitoso en proyectos de construcción.

- *Ensayos Y Pruebas Para La Conformación De Paneles De Hormigón*

La conformación de paneles de hormigón prefabricados requiere una cuidadosa evaluación de su calidad, resistencia y durabilidad. Para asegurar que estos paneles cumplan con los estándares necesarios en la construcción, se realizan una serie de ensayos y pruebas rigurosas. Estos ensayos no sólo garantizan la calidad del producto final, sino que también aseguran la seguridad y confiabilidad de los paneles en su uso.

En esta exploración de los ensayos utilizados en la conformación de paneles de hormigón prefabricados, examinaremos los métodos comunes empleados para evaluar la resistencia a la

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

compresión, flexión, absorción de agua, adherencia del recubrimiento y más. Estos ensayos son esenciales para garantizar que los paneles cumplan con los estándares de la industria y sean adecuados para una variedad de aplicaciones constructivas.

1. Ensayo de Compresión:

- Este es uno de los ensayos más importantes para determinar la resistencia del hormigón.

Se aplica una carga gradualmente creciente a una muestra de hormigón y se registra la carga máxima que puede soportar antes de que falle. Este ensayo se realiza de acuerdo con las normas específicas de resistencia requeridas para el panel.

2. Ensayo de Flexión:

- Este ensayo evalúa la resistencia a la flexión del panel de hormigón. Se aplica una carga

en el centro de una viga de hormigón hasta que se produce la fractura. La resistencia a la flexión es importante para paneles que estarán sometidos a cargas laterales o de flexión en su uso.

3. Ensayo de Absorción de Agua:

- Este ensayo evalúa la capacidad del hormigón para absorber agua. Se sumerge la

muestra de hormigón en agua y se mide el aumento de peso después de un período específico de inmersión. Un alto nivel de absorción de agua puede indicar porosidad y afectar la durabilidad del panel.

4. Ensayo de Densidad:

- Este ensayo determina la densidad del hormigón, lo que es importante para garantizar

que el panel tenga la resistencia y peso adecuados para su aplicación específica.

5. Ensayo de Resistencia al Impacto:

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- Este ensayo evalúa la resistencia del panel a los impactos. Se deja caer un peso desde una altura específica sobre el panel y se mide el grado de daño o deformación.

6. Ensayo de Adherencia del Recubrimiento:

- Si el panel tiene un recubrimiento, como pintura o revestimiento, se realiza este ensayo para evaluar la adherencia del recubrimiento al hormigón.

7. Ensayo de Resistencia al Fuego:

- Para paneles que estarán expuestos al fuego, se puede realizar un ensayo para determinar cuánto tiempo pueden resistir altas temperaturas sin perder sus propiedades estructurales.

8. Ensayo de Durabilidad:

- Este tipo de ensayos evalúa la resistencia del panel a la exposición a condiciones ambientales adversas como ciclos de congelación y descongelación, cambios de temperatura, y ambientes corrosivos.

Los ensayos y pruebas realizados durante la conformación de paneles de hormigón prefabricados desempeñan un papel fundamental en la garantía de su calidad y rendimiento. La resistencia a la compresión y flexión, la absorción de agua, la adherencia del recubrimiento y otros factores son cuidadosamente evaluados para asegurar que los paneles cumplan con los estándares de la industria y las especificaciones de diseño.

Estos ensayos no solo son una medida de calidad, sino también de seguridad y confiabilidad en el uso de los paneles en la construcción. A través de estos procesos rigurosos, se asegura que los paneles de hormigón prefabricados sean capaces de resistir las condiciones ambientales adversas, cargas estructurales y otros factores que puedan afectar su rendimiento a lo largo del tiempo. En última

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

instancia, la realización de estos ensayos es crucial para garantizar la durabilidad y la eficacia de los paneles en una amplia gama de aplicaciones constructivas.

- *Tesis: "Hormigón Biológico: Una Propuesta Innovadora Para La Construcción Sostenible"*

En el contexto actual de creciente conciencia ambiental y la necesidad de soluciones sostenibles en la construcción, el desarrollo de materiales eco amigables y eficientes es de suma importancia. En esta línea, la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) ha presentado un avance significativo con su investigación sobre el hormigón biológico. Este material innovador, concebido por los investigadores Sandra Manso, Ignacio Segura y Antonio Aguado, ofrece no solo una alternativa constructiva, sino una prometedora perspectiva hacia la coexistencia de edificaciones y entornos naturales.

Desarrollo y Características del Hormigón Biológico:

El hormigón biológico, desarrollado específicamente para climas mediterráneos, se compone de dos tipos de cemento: el convencional hormigón carbonatado y el cemento de fosfato de magnesio (MPC). Este último, conocido por su ligera acidez, actúa como un sustrato ideal para el crecimiento acelerado de organismos pigmentados. A través de un proceso multicapa, el material permite la colonización de microalgas, hongos, líquenes y musgos, brindando una fachada dinámica que evoluciona con las estaciones y las condiciones ambientales.

Objetivos y Ventajas del Estudio:

El objetivo principal de esta investigación es explorar las ventajas medioambientales, térmicas y ornamentales del hormigón biológico en comparación con los métodos de construcción tradicionales. Se

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

busca no solo reducir la huella de carbono al absorber CO₂ del aire, sino también regular la temperatura interior de los edificios y proporcionar un paisaje vivo en las fachadas urbanas.

Aplicaciones y Potencial Comercial:

Este hormigón biológico no solo representa un avance técnico, sino también una oportunidad para la integración de la naturaleza en el entorno construido. A través de colaboraciones con empresas como Escofet 1886 y Construction Chemicals, se está explorando su viabilidad comercial y su potencial uso en la construcción de nuevas edificaciones o en la rehabilitación de estructuras existentes.

En resumen, el hormigón biológico presenta un cambio radical en la forma en que concebimos y construimos nuestros entornos urbanos. Más allá de ser un material de construcción, representa una síntesis armoniosa entre la arquitectura y la naturaleza, promoviendo la biodiversidad y la sostenibilidad ambiental. Este estudio doctoral, liderado por Sandra Manso, es un paso significativo hacia un futuro de construcción más verde y consciente del medio ambiente. La innovación y las posibilidades que ofrece este material son un llamado a la acción para una construcción más responsable y respetuosa con nuestro planeta.

- *Materiales Del Hormigón Biológico*

El presente trabajo de tesis se basa en un análisis exhaustivo de los materiales derivados de investigaciones previas que constituyen el estado del arte en el campo de la construcción sostenible. Estos materiales han sido seleccionados cuidadosamente como resultado de una revisión minuciosa de

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

la literatura científica y técnica, con el objetivo de identificar las innovaciones más relevantes y prometedoras en la industria de la construcción.

En esta introducción, se presentan los materiales que han surgido como resultado de investigaciones pioneras, los cuales han sido la base para el desarrollo de nuevas propuestas y tecnologías en la construcción de edificaciones sostenibles. Cada material ha sido evaluado por su potencial para mejorar la eficiencia energética, reducir la huella de carbono y promover un entorno construido más saludable y amigable con el medio ambiente.

Estos materiales son el fundamento sobre el cual se construye la propuesta innovadora que se presenta en este trabajo:

- Cemento CEM I 52,5R;
- Ceniza Volante;
- Óxido de magnesio (MgO);
- Fosfato de potasio monobásico (KH₂PO₄);
- Ácido Bórico (H₃BO₃);
- Bórax;
- Posos de café.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Figura 6. Mezcla de pastas con elemento vegetal

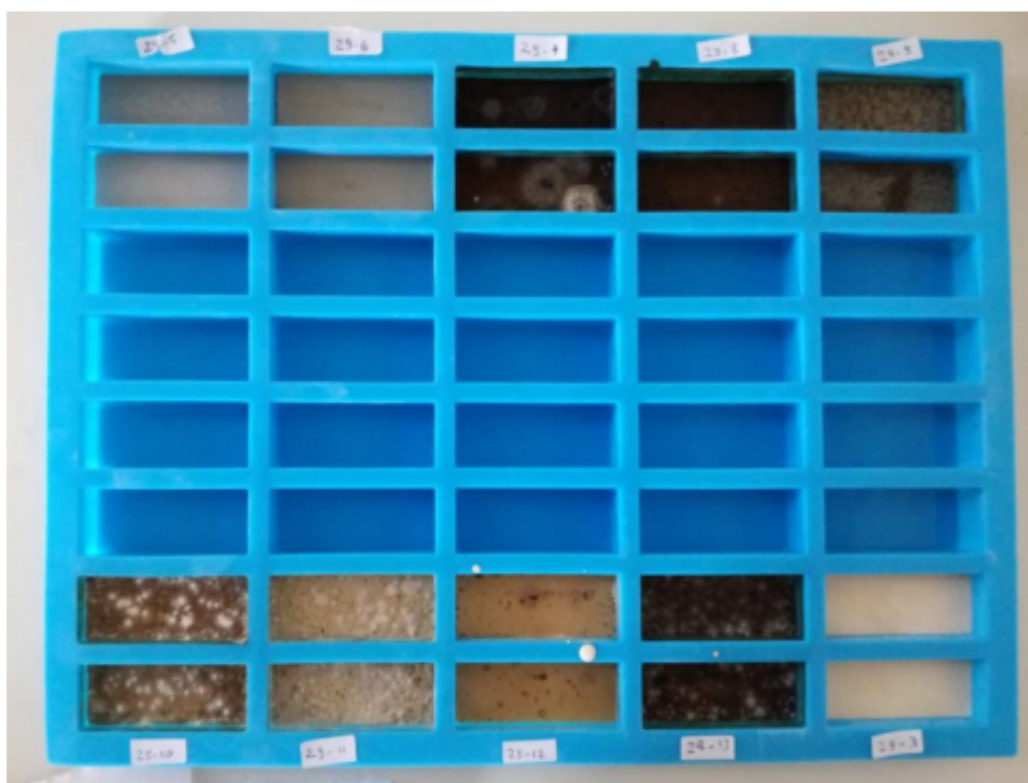


Figura 6.3 - Pastas después de 7 días de su confección

FIGURA 6. Nota. Adaptado de UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA [Fotografía], por Federica Fiamingo ,
<https://repositorio.upct.es/server/api/core/bitstreams/be665dad-b956-44e8-b48c-cc49bc4746bc/content>

Después de un minucioso análisis de los resultados obtenidos en este estudio, se desprenden conclusiones cruciales sobre las propiedades de las pastas y morteros utilizados en la creación de hormigones biológicos. A continuación, se presentan las principales observaciones

1. Influencia del pH en las Pastas: El pH de las pastas se ve afectado por la relación Mg/P en estado fresco, sin embargo, este efecto no se mantiene una vez que la pasta ha endurecido. La introducción de retardantes como bórax o ácido bórico aumenta el pH, mientras que el café,

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

especialmente en cantidades significativas, lo reduce considerablemente. Curiosamente, el café no es compatible con la magnesia.

2. Optimalidad de los Cementos de Fosfato de Magnesio: En términos de promover el crecimiento de microorganismos, los cementos basados en fosfato de magnesio han demostrado ser los más efectivos debido a su pH moderadamente alcalino. Contrariamente, la inclusión de cemento Portland o ceniza volante tiende a elevar el pH, lo que puede no ser propicio para el desarrollo biológico.

3. Consistencia y Resistencia de los Morteros: Los morteros elaborados con magnesia exhiben una consistencia notablemente alta gracias a la rapidez con la que se llevan a cabo las reacciones de hidratación y cristalización. Por otro lado, aquellos con ceniza volante muestran una consistencia inferior debido a su limitada reactividad. En términos de resistencia, los morteros con cemento Portland destacan por su robustez, especialmente cuando se añade una pequeña cantidad de fosfato de potasio monobásico. Por otro lado, la combinación de ceniza volante y magnesia tiende a disminuir significativamente la resistencia del mortero.

4. Retracción y Absorción de Agua: Durante las primeras etapas después de su formación, los morteros con ceniza volante experimentan pequeñas disminuciones de volumen, mientras que los elaborados con cemento de fosfato de magnesio presentan un ligero aumento. Respecto a la absorción de agua, la magnesia muestra una mayor capacidad de absorción en comparación con la ceniza volante.

5. Peso y densidad: En condiciones de ambiente seco, los morteros con cemento Portland y ceniza volante tienden a perder peso de manera gradual, siendo la ceniza volante la que provoca una pérdida de peso más marcada. En contraste, la magnesia experimenta una pérdida de peso solo en las primeras etapas. En cuanto a la densidad, no se observan variaciones sustanciales entre los diferentes materiales empleados.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

En resumen, se concluye que los cementos a base de magnesita y el más 70% de café son los más adecuados para la elaboración de hormigones biológicos, especialmente cuando se complementan con fosfato de potasio monobásico para mejorar aún más sus propiedades mecánicas y reducir el pH. Estas conclusiones proporcionan una valiosa guía para la formulación y desarrollo de hormigones biológicos con propiedades óptimas para su aplicación en construcción sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

- *Implantación De Musgo En Entornos Urbanos*

PROYECTO OFFSET-MOSS

En un esfuerzo por expandir los límites del monitoreo de la calidad del aire, este estudio pionero introduce el musgo como un biomonitor en ambientes interiores. Tradicionalmente utilizado en la evaluación de la contaminación al aire libre, el musgo *Hylocomium splendens* se convierte ahora en un aliado en la detección de sustancias tóxicas tanto en el interior como en el exterior de los hogares.

Veinte sitios cuidadosamente seleccionados en las ciudades de Girona y Salt, Catalunya (España), se convirtieron en los laboratorios de este estudio. Musgos desplegados en interiores y exteriores, en hogares de no fumadores con terrazas, actuaron como monitores activos de la calidad del aire. Siguiendo los métodos estándar desarrollados por el equipo del Dr. H. Zechmeister de la Universidad de Viena, el musgo fue sometido a un riguroso análisis.

Además del muestreo de musgo, se llevaron a cabo cuestionarios detallados para identificar factores locales que pudieran influir en los resultados. Las muestras de musgo fueron sometidas a análisis de laboratorio utilizando técnicas avanzadas como la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) para medir las concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), y la

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

espectrometría de masas de plasma acoplado por inducción del sector de campo (ICP-SFMS) para detectar metales.

Los resultados no solo demostraron el éxito del despliegue de los monitores de musgo en todos los sitios durante el período de dos meses, sino que también revelaron patrones interesantes. Las concentraciones de HAP fueron notablemente más altas en interiores, mientras que la deposición de metales fue predominante en el musgo al aire libre. Además, se observaron concentraciones por debajo del límite de detección en algunas muestras, señalando la sensibilidad y precisión del método. En un mundo donde la calidad del aire es una preocupación creciente, el musgo emerge como un aliado invaluable. Su capacidad para detectar y caracterizar sustancias tóxicas en ambientes interiores proporciona una herramienta poderosa para la evaluación y mitigación de la contaminación del aire. Este estudio allana el camino para un seguimiento continuo y a largo plazo de la calidad del aire, utilizando al modesto musgo como un centinela silencioso pero efectivo.

A medida que las preocupaciones por la calidad del aire han aumentado en los últimos años, los científicos han descubierto que esta planta briofita tiene un potencial sin explotar para actuar como un eficaz biomonitor y un aliado en la purificación del aire en entornos urbanos.

Investigaciones realizadas por la Universidad de la Prefectura de Fukui en Japón y otros estudios han revelado que el musgo responde a la contaminación y las condiciones de sequía modificando su forma y densidad. Esto ha llevado a la idea de utilizar el musgo como un arma biológica contra la polución en las ciudades. Gracias a su capacidad para retener dióxido de carbono y partículas en suspensión, incluidas las peligrosas partículas ultrafinas, el musgo se ha destacado como un potente filtro natural del aire.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

El musgo ha demostrado ser especialmente valioso en la lucha contra las enfermedades relacionadas con la contaminación del aire, que según un informe de The Lancet, han sido responsables de casi nueve millones de muertes prematuras en 2015. La contaminación afecta desproporcionadamente a los hogares de bajos ingresos, lo que representa el 92% de las muertes relacionadas. Además, el costo en salud pública para mitigar estos efectos es significativo, representando entre el 1.7% y el 7% del gasto total en países desarrollados.

En un esfuerzo por aprovechar el potencial del musgo, se han desarrollado diversas tecnologías y aplicaciones. Proyectos como Mossclone, liderado por José Ángel Fernández de la Universidad de Santiago de Compostela, han demostrado que el musgo puede ser desplegado de manera efectiva en ambientes interiores y exteriores. Además, iniciativas como los jardines verticales biotecnológicos desarrollados por el equipo de Green City Labs en Berlín, han mostrado prometedoras capacidades para mantener a las plantas hidratadas y nutridas, contribuyendo así a la purificación del aire.

Aunque el musgo se ha convertido en una herramienta valiosa en la lucha contra la contaminación, es importante tener en cuenta que no es una solución única. La eficacia de las barreras de musgo o los tejados verdes puede variar según el entorno y la ciudad en la que se implementen. Sin embargo, incluso la presencia de musgo en las áreas urbanas puede contribuir significativamente a la reducción de contaminantes en el aire.

En última instancia, el musgo no solo está siendo reconocido por su papel en la purificación del aire, sino también por sus múltiples beneficios en arquitectura y diseño urbano. Su adaptabilidad, capacidad de aislamiento térmico y acústico, así como su habilidad para reducir el calor mediante el

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

aumento de la humedad, lo convierten en un aliado versátil y valioso en la creación de entornos más saludables y sostenibles. En un futuro próximo, podemos esperar ver más innovaciones que aprovechen el potencial del modesto musgo en la lucha por un aire más limpio y ciudades más habitables.

- *El Musgo Y Su Integración En Materiales De Construcción*

El hormigón ha sido durante mucho tiempo el pilar de la construcción urbana, proporcionando estructuras sólidas y duraderas para nuestras ciudades. Sin embargo, a medida que enfrentamos una crisis climática cada vez más urgente, surge la necesidad de que nuestras infraestructuras no solo sean fuertes, sino también resilientes y sostenibles. En este contexto, el concepto de "hormigón verde" ha surgido como una solución innovadora para construir edificios que no sólo resisten, sino que también mejoran su entorno.

Una de las sorpresas menos conocidas del hormigón es su capacidad para albergar techos y fachadas "verdes". Estos espacios verdes planificados y construidos en los edificios pueden regular la temperatura interior, absorber el CO₂ y otros contaminantes del aire, y en general, tener un impacto positivo en el ambiente urbano.

Sin embargo, a pesar de estos beneficios, la implementación del hormigón verde presenta desafíos únicos. Por ejemplo, en el caso de los techos verdes, su ubicación en la cima de los edificios puede hacer que sea difícil para los residentes notar directamente sus efectos de enfriamiento. Por otro lado, las fachadas verdes requieren un mantenimiento intensivo que incluye un alto consumo de agua, lo que puede aumentar los costos y poner tensión adicional en la estructura del edificio.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Para abordar estos desafíos, Respyre, una start-up neerlandesa, ha desarrollado un nuevo tipo de hormigón diseñado específicamente para optimizar los elementos de los techos y fachadas verdes. Este hormigón verde de próxima generación no sólo ofrece resistencia y durabilidad, sino que también está diseñado para ser más eficiente en el uso del agua, reduciendo así los costos de mantenimiento y el estrés en la estructura del edificio.

Según Auke Bleij, director general de Respyre, esta innovadora solución de hormigón verde está revolucionando la forma en que construimos edificios en entornos urbanos. "Nuestro objetivo es hacer que las fachadas verdes sean más accesibles y rentables para los desarrolladores y propietarios de edificios", afirma Bleij. "Al optimizar el uso del agua y mejorar la eficiencia de enfriamiento, estamos creando un camino hacia un futuro más sostenible y habitable para nuestras ciudades".

Figura 7. Proyecto GoresPyre “Integración del musgo y el hormigón”



FIGURA 7. Nota . Adaptado de Auke Bleij [Fotografía], por gorespyre, <https://www.gorespyre.com/>)

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Desde paneles y bloques hasta techos y compuestos, el musgo se está utilizando para crear estructuras más sostenibles y eficientes energéticamente. A continuación, se exploran las diferentes formas en que este versátil material se incorpora en la construcción moderna, destacando su potencial para transformar prácticas y productos del sector.

1. **Paneles de Musgo:** Los paneles de musgo se utilizan en interiores y exteriores. Estos paneles están hechos de musgo natural preservado adherido a un soporte. Se utilizan para revestir paredes, techos y otras superficies, proporcionando aislamiento acústico y térmico, además de una estética natural.

2. **Bloques de Musgo y Tierra:** En algunas construcciones sostenibles, se utilizan bloques que combinan musgo y tierra compactada. Estos bloques funcionan como ladrillos y ofrecen propiedades aislantes debido a la capacidad del musgo para retener humedad y regular la temperatura.

3. **Musgo en Concreto Verde:** El musgo se incorpora en el concreto ecológico para mejorar la absorción de CO₂. Al crecer en la superficie del concreto, el musgo ayuda a mitigar las emisiones de carbono del entorno, creando un material de construcción más sostenible.

4. **Aislamiento de Musgo:** El musgo seco se usa como material aislante en paredes y techos. Su estructura fibrosa y su capacidad para retener aire lo convierten en un excelente aislante térmico y acústico. Se coloca en cavidades de paredes o entre las vigas del techo.

5. **Techos y Cubiertas de Musgo:** En lugar de techos verdes tradicionales con múltiples capas de vegetación, se pueden usar capas de musgo sobre una base impermeable. Esta opción es más ligera y requiere menos mantenimiento, proporcionando aislamiento térmico y mejorando la eficiencia energética del edificio.

6. **Paneles Compuestos de Musgo y Fibra:** Se desarrollan paneles compuestos que mezclan musgo con fibras naturales (como cáñamo o lino) para crear materiales de construcción ligeros y

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

aislantes. Estos paneles pueden usarse en la construcción de paredes internas y externas, ofreciendo una alternativa ecológica a los paneles tradicionales.

Estos materiales destacan por su capacidad de integrar características naturales del musgo, como la retención de humedad, el aislamiento térmico y acústico, y su contribución a la sostenibilidad ambiental, en aplicaciones prácticas dentro de la construcción.

Morfología De Elementos

En el contexto de la construcción sostenible, la incorporación de elementos naturales en materiales de construcción ha cobrado una importancia significativa. Este capítulo investigativo se centra en el uso del musgo, un organismo simple pero altamente adaptable, en diversos materiales de construcción tanto naturales como artificiales. Se analizará en detalle la morfología del musgo y cómo sus características físicas se integran en distintos objetos y estructuras.

El musgo, con su capacidad para retener humedad y adaptarse a diversas superficies, presenta propiedades únicas que lo hacen ideal para una variedad de aplicaciones en la construcción. Este capítulo explorará cómo se implanta el musgo en materiales como paneles, bloques, concreto verde, aislamiento y cubiertas. Se examinarán las características físicas de estos objetos, como su capacidad de aislamiento térmico y acústico, su durabilidad, y su impacto en la eficiencia energética de los edificios.

En la naturaleza, superficies como rocas y troncos presentan texturas rugosas y porosas que facilitan la adherencia del musgo, permitiendo su crecimiento en diversos entornos. Estos materiales naturales, con su capacidad de retener humedad y nutrientes, sirven de inspiración para el desarrollo de materiales de construcción artificiales que replican estas propiedades beneficiosas.

Esta investigación profundiza en las propiedades físicas y morfológicas de estos objetos, destacando cómo la integración del musgo no solo mejora el rendimiento ambiental de los edificios, sino que también abre nuevas posibilidades en el diseño arquitectónico sostenible. A través de un análisis detallado, se busca proporcionar una comprensión completa de las ventajas y desafíos que implica la incorporación del musgo en la construcción moderna.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

La morfología de los objetos naturales y artificiales donde se implanta el musgo varía significativamente según el tipo de material y la aplicación específica. A continuación, se describen las características físicas y morfológicas de estos objetos:

Objetos Naturales

1. Rocas y Piedras:

- Superficie: Rugosa y porosa, lo que permite que el musgo se adhiera fácilmente.
- Estructura: Las irregularidades y grietas en las rocas proporcionan anclaje y retención de agua, crucial para el crecimiento del musgo.
- Material: Generalmente compuestos de minerales que pueden retener humedad y nutrientes.

2. Troncos y Madera:

- Superficie: Texturizada y fibrosa, favorece la adherencia del musgo.
- Estructura: La madera tiene una estructura porosa que permite la retención de humedad.
- Material: Compuesto de celulosa y lignina, que puede proporcionar nutrientes al musgo.

Objetos Artificiales

1. Paneles de Musgo:

- Superficie: Puede ser suave o texturizada, diseñada para maximizar la adherencia del musgo.
- Estructura: Generalmente, una base de sustrato de fibra o espuma que retiene humedad.
- Material: A menudo hechos de materiales sintéticos o naturales tratados para ser permeables y duraderos.

2. Bloques de Musgo y Tierra:

- Superficie: Rugosa y compacta, ideal para la adherencia del musgo.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- Estructura: Mezcla de tierra y musgo compactados, con alta capacidad de retención de agua.
- Material: Combinación de tierra, arcilla y fibras naturales que proporcionan estabilidad y nutrientes.

3. Concreto Verde con Musgo:

- Superficie: Texturizada para facilitar la colonización del musgo.
- Estructura: Poros y microfisuras que permiten la retención de agua y nutrientes.
- Material: Mezcla de cemento y agregados reciclados, a menudo tratados para ser más permeables y favorecer el crecimiento del musgo.

4. Aislamiento de Musgo:

- Superficie: Fibrosa y suave, diseñada para encapsular el musgo.
- Estructura: Capas de material aislante que retienen aire y humedad.
- Material: Combinación de musgo seco y fibras naturales o sintéticas, proporcionando aislamiento térmico y acústico.

5. Techos y Cubiertas de Musgo:

- Superficie: Variable, pero generalmente diseñada para retener musgo y permitir el drenaje adecuado.
- Estructura: Sistema de capas incluyendo una base impermeable, una capa de sustrato y el musgo.
- Material: Combinación de materiales impermeables, sustratos orgánicos y musgo, optimizados para retención de agua y crecimiento vegetal.

Características Físicas Comunes

- Adherencia: Los objetos deben tener superficies que faciliten la adherencia del musgo, a menudo rugosas o porosas.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- Retención de Humedad: Estructuras capaces de retener agua son esenciales para el crecimiento del musgo.
- Permeabilidad: Materiales que permiten el intercambio de gases y humedad entre el musgo y su entorno.
- Durabilidad: Resistencia a condiciones ambientales adversas, manteniendo la integridad estructural y el soporte para el musgo.
- Sostenibilidad: Uso de materiales que no solo soportan el musgo sino que también contribuyen a la sostenibilidad general del proyecto.

En conclusión, la integración del musgo en materiales de construcción requiere una consideración cuidadosa de varias características físicas fundamentales. La adherencia es crucial, ya que las superficies rugosas o porosas permiten que el musgo se fije firmemente, asegurando su estabilidad y crecimiento. La capacidad de retención de humedad de las estructuras es esencial, ya que el musgo depende de un ambiente húmedo para prosperar. La permeabilidad de los materiales permite un intercambio adecuado de gases y humedad, facilitando un entorno saludable para el musgo.

La durabilidad de los materiales es igualmente importante, ya que deben resistir condiciones ambientales adversas sin perder su integridad estructural ni su capacidad de soporte para el musgo. Por último, la sostenibilidad de estos materiales no solo debe enfocarse en soportar el crecimiento del musgo, sino también en contribuir a la sostenibilidad general del proyecto, minimizando el impacto ambiental y promoviendo prácticas de construcción ecológicas.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Estas características físicas comunes son vitales para el éxito de la implantación del musgo en materiales de construcción, proporcionando beneficios funcionales y estéticos que contribuyen a la creación de entornos más sostenibles y en armonía con la naturaleza.

En un mundo donde la sostenibilidad y la integración con el entorno natural son cada vez más importantes, las innovaciones en materiales de construcción están jugando un papel crucial. La cooperativa de viviendas Gartenheim, con su proyecto del "Moss Cube II" en Hildesheimer Straße, ejemplifica esta tendencia al incorporar musgo en la arquitectura urbana. Este desarrollo no solo mejora la estética y la ecología de las edificaciones, sino que también aborda las características físicas y morfológicas necesarias para el éxito del musgo en superficies construidas.

Analizando las propiedades físicas como la adherencia, retención de humedad, permeabilidad, durabilidad y sostenibilidad, se proporciona una comprensión profunda de cómo estos factores contribuyen a la viabilidad del musgo en la construcción moderna. Al unir estos dos temas, se explora cómo la tecnología y la biología se combinan para crear soluciones innovadoras y sostenibles en la arquitectura urbana.

- Mosscube II – El Revestimiento Completo De Un Edificio Con Paredes De Musgo

En el verano de 2021, la cooperativa de viviendas Gartenheim dio a conocer su innovador revestimiento de musgo en su fábrica de máquinas en Hildesheimer Straße, presentando una amplia cubierta verde para un edificio entero con áreas integradas de musgo. Este avance se suma a su logro previo en 2020, cuando construyeron la primera "casa cubo de musgo" del mundo. Ahora, Gartenheim introduce la cuarta evolución en el uso de sus máquinas de musgo: el "Moss Cube II".

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

En su propio taller situado detrás del complejo residencial Vasati 2.0, se instalaron verticalmente nueve módulos de musgo, cada uno de 4,5 metros de alto y 2 metros de ancho, sumando un total de 81 metros cuadrados de cobertura de musgo alrededor del edificio. Este proyecto marca el pináculo del desarrollo de sus sistemas de máquinas de musgo, destacándose por un sistema de riego centralizado y automatizado, diseñado internamente en su fábrica. Una vez más, Gartenheim impulsa el diálogo sobre la arquitectura verde urbana y la sostenibilidad en las ciudades, reafirmando su compromiso con la innovación ecológica.

Figura 8. Muros de Musgo



FIGURA 8. Nota . Adaptado de Moosmaschine [Fotografía], por Moosmaschine, <https://moosmaschine.de/author/gartenheim/>

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

En conclusión, la integración del musgo en materiales de construcción representa una convergencia innovadora entre tecnología, biología y sostenibilidad. Proyectos como el "Moss Cube II" de Gartenheim demuestran cómo el musgo puede ser utilizado eficazmente para mejorar la ecología urbana y la eficiencia energética de los edificios. Este enfoque no solo aporta beneficios estéticos y ambientales, sino que también plantea importantes consideraciones sobre las características físicas y morfológicas de los materiales que soportan el musgo.

Las superficies rugosas y porosas que facilitan la adherencia del musgo, junto con estructuras capaces de retener humedad y permitir el intercambio de gases, son esenciales para su crecimiento y mantenimiento. La durabilidad y sostenibilidad de estos materiales aseguran que el musgo pueda prosperar en condiciones urbanas adversas, contribuyendo a la resiliencia y el bienestar de las ciudades.

Al combinar estas innovaciones prácticas con un entendimiento detallado de la morfología del musgo y sus requisitos, se sientan las bases para futuras aplicaciones en la construcción verde. Este enfoque holístico no solo mejora la calidad de vida urbana, sino que también impulsa el discurso sobre la arquitectura sostenible y la ecologización de nuestras ciudades.

El Musgo Y Los Polinizadores

La biodiversidad urbana es un componente esencial para el bienestar de las ciudades, y Bogotá no es la excepción. En este contexto, el musgo y los polinizadores juegan roles fundamentales en la mejora de la calidad de vida y el equilibrio ecológico. El musgo, una planta no vascular compuesta por estructuras simples como rizoides, cauloides y filoides, se encuentra en diversas tipologías a lo largo de la ciudad de Bogotá. Estas tipologías varían desde musgos de roca hasta aquellos que crecen en superficies más húmedas, como techos y paredes de edificios.

El musgo ofrece múltiples beneficios en la vida cotidiana urbana, incluyendo la mejora de la calidad del aire, la regulación de la humedad y la contribución a la estética verde de la ciudad. Además, su capacidad de retención de agua ayuda a mitigar el efecto de las lluvias intensas, reduciendo el riesgo de inundaciones.

Paralelamente, los polinizadores, como las abejas y mariposas, son cruciales para la reproducción de muchas plantas y, por ende, para la producción de alimentos. En Bogotá, el hábitat de estos polinizadores se encuentra amenazado por la urbanización, pero su integración en la arquitectura urbana a través de jardines en azoteas, paredes verdes y parques urbanos puede promover su conservación y apoyar la biodiversidad local.

La sinergia entre el musgo y los polinizadores en el entorno urbano no solo fomenta un ecosistema más saludable y sostenible, sino que también resalta la importancia de una arquitectura que integre elementos naturales, contribuyendo así a una mejor calidad de vida y a la sostenibilidad de la ciudad.

Comenzaremos hablando sobre la tipología de Musgos que se encuentran en la ciudad de Bogotá, así mismo sus características y una breve descripción de cada uno de ellos:

Tipos De Musgo En Bogotá

Como anteriormente se comentó, en la ciudad de Bogotá, Colombia, es común encontrar varios tipos de musgos que crecen en áreas urbanas, especialmente en calles, parques y zonas verdes. A continuación, se mencionan algunos de los tipos de musgos que pueden encontrarse en Bogotá:

1. Bryum spp.

- Descripción: Este musgo forma densas alfombras de color verde intenso. Tiende a crecer en suelos húmedos y sombreados, como en bordes de caminos y debajo de árboles.
- Características: Las hojas son pequeñas y ovaladas, dispuestas en forma de roseta. Pueden ser bastante resistentes y adaptarse a diversas condiciones.

2. Marchantia polymorpha

- Descripción: Este musgo tiene una apariencia distintiva con tallos aplanados que se extienden horizontalmente sobre el suelo.
- Características: Son de color verde oscuro y tienen forma de hoja lobulada. A menudo se encuentran en áreas húmedas y sombreadas, como cerca de fuentes de agua o en zonas con alta humedad.

3. Hypnum cupressiforme

- Descripción: Es un musgo que forma mechones o cojines densos de color verde brillante.
- Características: Sus tallos son ramificados y parecidos a los de un ciprés, lo que le da su nombre común de "musgo ciprés". Crece en suelos húmedos y sombreados, como en rocas y paredes.

4. Dicranum spp.

- Descripción: Este musgo forma matas densas y puede tener un tono verdoso o amarillento.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- Características: Sus tallos son erectos y las hojas están dispuestas de manera que dan un aspecto de "plumoso". Se encuentra comúnmente en suelos húmedos y sombreados, a menudo en áreas con cierta acumulación de hojas o materia orgánica.

5. *Polytrichum commune*

- Descripción: Es uno de los musgos más grandes que se pueden encontrar en Bogotá.
- Características: Tiene tallos largos y erectos, con hojas puntiagudas dispuestas en espiral alrededor del tallo. Puede crecer en suelos húmedos y sombreados, formando colonias densas y vistosas.

6. *Funaria hygrometrica*

- Descripción: Este musgo es pequeño y de color verde claro.
- Características: Sus hojas son delgadas y puntiagudas, con una apariencia delicada. Crece en suelos húmedos y sombreados, a menudo en áreas con disturbios menores del suelo.

Estos son solo algunos ejemplos de los musgos que se pueden encontrar en las calles y áreas verdes de Bogotá. Los musgos son plantas fascinantes y resilientes que a menudo prosperan en entornos urbanos, aportando su belleza natural y contribuyendo al ciclo ecológico del área.

Beneficios Del Musgo

El musgo, una planta no vascular que prospera en ambientes húmedos y sombreados, ha sido valorado a lo largo de la historia por sus numerosas propiedades beneficiosas. En la vida cotidiana, el musgo ofrece una variedad de ventajas que van más allá de su estética natural. Este capítulo explorará cómo el musgo contribuye a mejorar la calidad del aire, actúa como un eficiente aislante térmico y acústico, y promueve la biodiversidad en entornos urbanos y rurales. Además, se analizará el impacto positivo del musgo en la salud mental y el bienestar emocional, al proporcionar espacios verdes y relajantes. Desde su capacidad para retener agua y reducir la erosión del suelo hasta su uso en productos de consumo y medicina tradicional, el musgo demuestra ser una planta versátil y beneficiosa en múltiples aspectos de la vida cotidiana. Al comprender estos beneficios, podemos apreciar cómo el musgo desempeña un papel esencial en la sostenibilidad y la mejora de nuestro entorno inmediato.

El musgo, con su apariencia sencilla y su notable adaptabilidad, ofrece una variedad de beneficios en la vida cotidiana, especialmente en contextos urbanos. A continuación se detallan algunos de los principales beneficios:

1. Aislamiento Térmico y Acústico

- Aislamiento Térmico: El musgo tiene la capacidad de regular la temperatura al retener el calor en invierno y mantener frescos los edificios en verano, lo que contribuye a la eficiencia energética y a la reducción de los costos de calefacción y aire acondicionado.
- Aislamiento acústico: Su estructura densa y fibrosa absorbe el sonido, ayudando a reducir el ruido ambiental y creando entornos más tranquilos tanto en interiores como en exteriores.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

2. Mejora de la Calidad del Aire

- Filtración de contaminantes: El musgo puede absorber y filtrar partículas contaminantes del aire, como polvo y metales pesados, mejorando la calidad del aire en áreas urbanas densamente pobladas.
- Producción de Oxígeno: Aunque no producen tanto oxígeno como las plantas vasculares, los musgos contribuyen a la producción de oxígeno y la absorción de dióxido de carbono, ayudando a mitigar los efectos de la contaminación urbana.

3. Beneficios Ecológicos

- Aumento de la biodiversidad: El musgo proporciona hábitats para una variedad de microfauna, incluyendo insectos y pequeños invertebrados, aumentando la biodiversidad en entornos urbanos.
- Retención de Humedad: Su capacidad para retener grandes cantidades de agua ayuda a mantener la humedad del suelo y reducir la erosión, beneficiando tanto a las plantas cercanas como al ecosistema urbano en general.

4. Impacto Positivo en la Salud Mental y el Bienestar

- Estética y Bienestar: La presencia de musgo y otros elementos verdes en entornos urbanos tiene un efecto relajante y restaurador, reduciendo el estrés y mejorando el bienestar emocional de las personas.
- Conexión con la Naturaleza: Los espacios verdes urbanos, incluyendo los recubrimientos de musgo, ayudan a reconectar a los habitantes de las ciudades con la naturaleza, promoviendo un estilo de vida más saludable y consciente del medio ambiente.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

5. Aplicaciones Prácticas en la Construcción

- Durabilidad y Mantenimiento: El musgo es un material de bajo mantenimiento que puede durar muchos años sin necesidad de cuidados intensivos, lo que lo convierte en una opción sostenible y económica para el revestimiento de edificios y otras estructuras.
- Adaptabilidad: Puede crecer en una variedad de superficies, desde paredes y techos hasta mobiliario urbano, proporcionando una solución flexible y versátil para la infraestructura verde.

6. Innovación y Sostenibilidad

- Eficiencia Energética: Al mejorar el aislamiento térmico, el musgo contribuye a la reducción del consumo energético en edificios, apoyando los objetivos de sostenibilidad y reducción de huella de carbono.
- Innovación Arquitectónica: Proyectos como el "Moss Cube II" demuestran cómo el musgo puede integrarse en el diseño arquitectónico moderno, aportando beneficios funcionales y estéticos mientras promueven la ecologización de las ciudades.

En el contexto urbano de Bogotá, la integración de polinizadores en la arquitectura emerge como una estrategia esencial para promover la biodiversidad y mejorar la sostenibilidad de la ciudad. Los polinizadores, como abejas, mariposas y aves, desempeñan un papel crucial en la polinización de numerosas plantas, esenciales tanto para la producción de alimentos como para la salud de los ecosistemas. Sin embargo, la urbanización y el uso intensivo de pesticidas han amenazado sus hábitats naturales.

Para contrarrestar estos efectos, Bogotá ha implementado diversas iniciativas arquitectónicas y paisajísticas que buscan crear entornos favorables para los polinizadores. Estas incluyen jardines en

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

azoteas, paredes verdes y la creación de corredores ecológicos que conectan parques y espacios verdes urbanos. Estos proyectos no solo embellecen la ciudad y mejoran la calidad de vida de sus habitantes, sino que también fomentan la educación ambiental y la concienciación sobre la importancia de estos pequeños pero vitales organismos.

La sinergia entre la arquitectura y la naturaleza en Bogotá demuestra cómo las ciudades pueden evolucionar hacia modelos más sostenibles y resilientes, beneficiando tanto a sus habitantes humanos como a la fauna que coexiste en el entorno urbano. Este enfoque integrador es fundamental para el desarrollo de una metrópoli más verde y saludable, donde la coexistencia armoniosa con la naturaleza se convierte en un pilar de la planificación urbana.

La integración de polinizadores en la arquitectura de Bogotá es una estrategia innovadora que busca promover la biodiversidad y mejorar la sostenibilidad urbana. Aquí hay información relevante sobre este tema:

1. Hábitat de Polinizadores en Bogotá:

En Bogotá, los polinizadores enfrentan desafíos debido a la pérdida de hábitats naturales y el uso de pesticidas. Sin embargo, la ciudad ha emprendido varias iniciativas para integrarlos en el entorno urbano:

- **Jardines en azoteas:** Las azoteas verdes no solo ayudan a reducir la temperatura urbana y mejorar la eficiencia energética de los edificios, sino que también pueden servir como hábitats para los polinizadores. Plantar flores y plantas nativas en estas azoteas proporciona alimento y refugio para abejas y mariposas.
- **Paredes verdes:** Las paredes verdes o jardines verticales son otra forma de integrar la vegetación en la arquitectura. Estas estructuras no solo embellecen el entorno urbano, sino que también

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

pueden ser diseñadas para atraer polinizadores, utilizando plantas que florecen y producen néctar.

- **Parques Urbanos y Corredores Ecológicos:** Bogotá cuenta con varios parques y reservas naturales urbanas que sirven como refugios para los polinizadores. La creación de corredores ecológicos que conectan estos espacios verdes ayuda a mantener la biodiversidad y facilita el movimiento de los polinizadores a través de la ciudad.

2. Beneficios de la Integración de Polinizadores en la Arquitectura

- **Mejora de la Biodiversidad:** Al proporcionar hábitats adecuados para los polinizadores, se fomenta la biodiversidad urbana, lo que a su vez contribuye a la resiliencia de los ecosistemas.
- **Aumento de la Producción de Alimentos Urbanos:** Los huertos urbanos y jardines comunitarios que dependen de la polinización pueden ver un aumento en la producción de frutas y verduras gracias a la presencia de polinizadores.
- **Beneficios Educativos y de Concienciación:** La integración de hábitats para polinizadores en la arquitectura puede servir como herramienta educativa, aumentando la conciencia sobre la importancia de los polinizadores y la necesidad de conservarlos.
- **Mejora Estética y Psicológica:** La presencia de plantas y flores atrae a los polinizadores, creando espacios más agradables y relajantes para los residentes urbanos, lo que puede tener efectos positivos en la salud mental y el bienestar.

3. Ejemplos de Integración de Polinizadores en la Arquitectura de Bogotá

En Bogotá, diversas construcciones han incorporado diseños que favorecen la presencia y actividad de polinizadores. Estos proyectos no solo embellecen la ciudad, sino que también crean hábitats cruciales

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

para estos organismos esenciales. A continuación, se detallan algunas de las construcciones y espacios que abarcan diseños para polinizadores en Bogotá:

- Jardines en Azoteas
 - Edificios Residenciales y Comerciales: Muchos edificios en Bogotá han comenzado a incorporar jardines en sus azoteas. Estos jardines no solo ayudan a regular la temperatura y mejorar la eficiencia energética del edificio, sino que también proporcionan hábitats para abejas y mariposas. Plantas nativas y flores que producen néctar son comunes en estos espacios.
- Paredes Verdes
 - Edificios Públicos y Privados: La implementación de paredes verdes, también conocidas como jardines verticales, en las fachadas de edificios públicos y privados contribuye a la creación de microhábitats para polinizadores. Estas estructuras suelen incluir una variedad de plantas que florecen durante diferentes épocas del año, asegurando una fuente constante de alimento.
- Parques Urbanos y Reservas Naturales
 - Parque Nacional Enrique Olaya Herrera: Este parque es un ejemplo destacado de cómo los espacios verdes urbanos pueden ser diseñados y mantenidos para favorecer a los polinizadores. La diversidad de flora en el parque atrae a una amplia gama de polinizadores.
 - Jardín Botánico de Bogotá: Actúa como un centro de investigación y conservación, con áreas específicamente diseñadas para atraer y mantener polinizadores. Se enfoca en la plantación de especies nativas que son atractivas para abejas, mariposas y otros insectos polinizadores.
- Corredores Ecológicos
 - Corredor Verde de la Carrera Séptima: Este proyecto de corredor verde incluye la plantación de árboles y arbustos que florecen, proporcionando recursos para polinizadores y conectando áreas verdes dispersas en la ciudad, facilitando el movimiento de estos organismos.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- Huertos Urbanos y Jardines Comunitarios
 - Bogotá Huertas Urbanas: Iniciativas como esta fomentan la creación de huertos urbanos en espacios públicos y privados. Estos huertos no solo producen alimentos, sino que también incluyen flores y plantas que atraen a polinizadores, promoviendo un ecosistema urbano saludable.
- Infraestructura Educativa y Cultural
 - Biblioteca Virgilio Barco: Rodeada de jardines que atraen a diversas especies de polinizadores, esta biblioteca sirve como un ejemplo de cómo los espacios educativos y culturales pueden integrar elementos naturales para fomentar la biodiversidad.

Estas construcciones y espacios son ejemplos de cómo Bogotá está adoptando un enfoque proactivo para integrar polinizadores en su infraestructura urbana. Este tipo de diseño no solo mejora la biodiversidad y la sostenibilidad de la ciudad, sino que también proporciona múltiples beneficios ecológicos y sociales para sus habitantes.

La integración de polinizadores en la arquitectura de Bogotá representa un avance significativo hacia una ciudad más sostenible y resiliente. Al crear hábitats adecuados en jardines en azoteas, paredes verdes y corredores ecológicos, Bogotá no solo promueve la biodiversidad urbana, sino que también mejora la calidad de vida de sus habitantes. Estos esfuerzos ayudan a preservar especies vitales para la polinización, que son esenciales para la producción de alimentos y la salud de los ecosistemas.

Los beneficios de esta integración son multifacéticos, abarcando desde la mejora estética y psicológica de los entornos urbanos hasta el aumento de la producción de alimentos en huertos urbanos y la educación ambiental. La experiencia de Bogotá puede servir de modelo para otras ciudades que buscan armonizar el desarrollo urbano con la conservación de la naturaleza.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

En conclusión, la incorporación de polinizadores en la arquitectura urbana de Bogotá subraya la importancia de diseñar ciudades que respeten y valoren la biodiversidad. Este enfoque no solo contribuye a un ambiente urbano más saludable y agradable, sino que también establece las bases para un futuro más sostenible y ecológicamente equilibrado.

Polinizadores

Los polinizadores desempeñan un papel crucial en la sostenibilidad de los ecosistemas urbanos y en la producción de alimentos a nivel global. En las ciudades, donde el espacio verde es limitado y los hábitats naturales se ven fragmentados, la integración de polinizadores en el entorno construido se convierte en una estrategia vital para preservar la biodiversidad y mantener los servicios ecosistémicos esenciales. Este proyecto se centra en la incorporación de paneles de hormigón prefabricado que integran musgo y otros elementos que crean microhábitats apropiados para los polinizadores en áreas urbanas. Estos paneles no solo proporcionan una solución estética y sostenible para las fachadas, sino que también actúan como refugios y fuentes de alimento para especies clave como abejas, mariposas y otros insectos polinizadores.

La adaptación de polinizadores a estos entornos artificiales depende de múltiples factores, incluidos el diseño y la composición de los paneles, la disponibilidad de recursos florales y la conectividad ecológica dentro del paisaje urbano. Comprender cómo los polinizadores interactúan con estos paneles de musgo, y cómo sus necesidades pueden ser satisfechas en un entorno urbano, es fundamental para desarrollar estrategias de diseño que no solo embellecen el entorno urbano, sino que también contribuyan activamente a la conservación de la biodiversidad y la resiliencia ecológica en las ciudades. Este enfoque no solo promueve la coexistencia de la infraestructura urbana con la naturaleza, sino que también resalta la importancia de diseñar ciudades que apoyen a los polinizadores y, por ende, a la salud ambiental global.

Los polinizadores son fundamentales para la salud de los ecosistemas y la seguridad alimentaria a nivel global. A continuación, se presenta información relevante sobre los polinizadores, con datos numéricos a nivel global y nacional:

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Importancia de los Polinizadores

- **Globalmente**, más del 75% de los cultivos alimentarios dependen en cierta medida de la polinización por animales, lo que incluye frutas, verduras, semillas, frutos secos y aceites. Se estima que el valor económico de la polinización global se encuentra entre **235 mil millones y 577 mil millones de dólares anuales**.
- **A nivel mundial**, las abejas son los polinizadores más conocidos y efectivos, pero también otros insectos como mariposas, avispas, moscas, escarabajos, así como algunos vertebrados (aves y murciélagos) desempeñan un papel crucial en la polinización de plantas.

Polinizadores en Peligro

- **Globalmente**, se estima que el 40% de las especies de polinizadores, particularmente abejas y mariposas, están en riesgo de extinción debido a factores como la pérdida de hábitat, el uso de pesticidas, la contaminación, el cambio climático y la introducción de especies invasoras.
- **En Europa**, el 9% de las especies de abejas y el 7% de las especies de mariposas están amenazadas. En América del Norte, la situación es similar, con una disminución notable en las poblaciones de polinizadores nativos.

Polinizadores en América Latina y Colombia

- **América Latina** es una región rica en biodiversidad, y en países como Colombia, los polinizadores juegan un papel crítico debido a la enorme diversidad de flora que depende de ellos. En Colombia, se estima que existen alrededor de **550 especies de abejas nativas**, que son vitales para la polinización de cultivos y plantas silvestres.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- **A nivel nacional**, en Colombia, la polinización es esencial para cultivos de alto valor comercial, como café, cacao, aguacate y frutas tropicales, los cuales dependen en gran medida de los polinizadores para producir frutos de calidad y en cantidad adecuada. Se estima que la polinización natural contribuye con **más de 400 millones de dólares anuales** a la economía agrícola colombiana.

Amenazas y Conservación

- Las principales amenazas para los polinizadores incluyen la **deforestación**, la **agricultura intensiva**, el uso indiscriminado de **plaguicidas**, la fragmentación de los hábitats naturales, y el **cambio climático** que altera los patrones de floración y disponibilidad de recursos.

- Iniciativas de conservación están en marcha a nivel global y nacional para proteger a los polinizadores. Esto incluye la creación de **corredores ecológicos**, la promoción de **prácticas agrícolas sostenibles**, y la restauración de hábitats naturales que proveen recursos esenciales para los polinizadores.

Los hábitats de los polinizadores son diversos y varían según las especies, pero todos comparten ciertas características esenciales que les permiten sobrevivir, reproducirse y llevar a cabo su papel crucial en la polinización. A continuación se describen los componentes clave de los hábitats polinizadores, con un enfoque en aquellos más comunes como abejas, mariposas, aves y murciélagos.

Componentes Clave de los Hábitats de Polinizadores

1. Disponibilidad de Recursos Florales:

- Los polinizadores dependen de una diversidad de plantas con flores que proporcionan néctar y polen. Estos recursos son esenciales para su alimentación y, en el caso de las abejas, también para la producción de miel.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- Un hábitat ideal debe tener flores que florezcan en diferentes épocas del año, asegurando un suministro continuo de alimento.

2. Diversidad de Plantas Nativas:

- Las plantas nativas son cruciales para los polinizadores porque están adaptadas a las condiciones locales y a menudo tienen relaciones ecológicas estrechas con especies de polinizadores específicos.
- La presencia de una amplia variedad de plantas nativas ayuda a mantener la salud y diversidad de las poblaciones de polinizadores.

3. Espacios de Anidación:

- **Abejas:** Muchas abejas solitarias anidan en el suelo, en cavidades naturales como troncos o tallos huecos. Las abejas melíferas y algunas abejas sociales construyen colmenas en lugares protegidos, como huecos en árboles o estructuras hechas por el hombre.
- **Mariposas:** Las mariposas depositan sus huevos en plantas específicas conocidas como plantas hospedadoras, que proporcionan alimento a las orugas.
- **Murciélagos:** Los murciélagos polinizadores suelen refugiarse en cuevas, grietas de rocas, árboles huecos o estructuras humanas como puentes y edificios.
- **Aves:** Los colibríes, que son importantes polinizadores, anidan en árboles y arbustos, generalmente cerca de fuentes de néctar.

4. Fuentes de Agua:

- El agua es un recurso vital para todos los polinizadores. Pueden obtenerla de fuentes naturales como charcos, ríos, y humedales, o de agua acumulada en plantas y otros depósitos pequeños.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

5. Cobertura Vegetal y Refugio:

- La vegetación densa, como arbustos, hierbas altas y árboles, proporciona refugio contra depredadores y condiciones climáticas adversas. Este tipo de cobertura también ofrece áreas de descanso y protección durante las diferentes etapas del ciclo de vida de los polinizadores.

6. Conectividad Ecológica:

- Los polinizadores necesitan un entorno donde los diferentes hábitats estén conectados para poder desplazarse en busca de recursos. Los corredores ecológicos que conectan áreas verdes fragmentadas en entornos urbanos son esenciales para su supervivencia y dispersión.

Ejemplos de Hábitats Específicos

- **Campos de flores silvestres:** Proporcionan abundantes recursos florales y son ideales para una gran variedad de polinizadores, incluyendo abejas, mariposas y aves.
- **Bosques y márgenes de bosques:** Estos hábitats son cruciales para muchos polinizadores debido a su diversidad de plantas y refugios naturales.
- **Áreas urbanas con jardines y parques:** En las ciudades, los jardines, parques y techos verdes pueden servir como refugios para polinizadores, especialmente si contienen plantas nativas y recursos florales diversos.
- **Humedales:** Son especialmente importantes para especies de polinizadores que requieren alta humedad y acceso a agua.

Conservación de Hábitats de Polinizadores

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- **Restauración de hábitats:** Involucra la plantación de plantas nativas y la creación de hábitats adecuados, como praderas y jardines específicos para polinizadores.
- **Prácticas agrícolas sostenibles:** Evitar el uso de pesticidas nocivos y mantener áreas no cultivadas con vegetación nativa puede beneficiar a los polinizadores.
- **Diseño urbano sensible:** Integrar hábitats para polinizadores en entornos urbanos mediante jardines comunitarios, techos verdes y corredores ecológicos es clave para su conservación.

En resumen, los hábitats de los polinizadores deben ofrecer una combinación de recursos alimenticios, refugio, sitios de anidación y agua, con una alta conectividad para permitir su movimiento y sostenibilidad a largo plazo. La conservación y restauración de estos hábitats son esenciales para proteger la biodiversidad y mantener los servicios ecosistémicos que los polinizadores proporcionan.

Espacios de anidación

Crear espacios de anidación casera para polinizadores es una excelente manera de apoyar la biodiversidad en tu entorno. Los materiales necesarios varían según el tipo de polinizador que deseas atraer, pero en general, aquí tienes una lista de los materiales más comunes para construir refugios para abejas, mariposas, y otros insectos polinizadores:

1. Para Abejas Solitarias (Hoteles de Abejas)

- **Madera No Tratada:** Usada para construir la estructura principal del hotel de abejas. Puede ser madera de pino, roble, abedul, entre otras.
- **Tallos de Bambú o Cañas:** Corta los tallos en secciones de 15-20 cm. Asegúrate de que los diámetros internos sean variados (3-10 mm) para atraer diferentes especies de abejas.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- **Bloques de Madera con Agujeros Perforados:** Usa bloques de madera dura, como roble o fresno, y perfora agujeros de diferentes diámetros (2-10 mm) con una profundidad de 10-15 cm. Los agujeros deben ser lisos por dentro.
- **Ladrillos con Huecos o Bloques de Arcilla:** Los ladrillos con huecos o bloques de arcilla pueden usarse para proporcionar cavidades adicionales para las abejas.
- **Tubos de Papel o Cartón:** Se pueden utilizar como una alternativa a los tallos de bambú. Asegúrate de que sean resistentes al agua.
- **Tela Metálica o Malla:** Para cubrir la abertura del hotel de abejas, protegiendo a los habitantes de depredadores, pero permitiendo el paso de las abejas.

2. Para Mariposas (Casas de Mariposas)

- **Tablas de Madera No Tratada:** Para construir la estructura de la casa. Necesitarás madera para las paredes, techo y piso. Las tablas pueden ser de cedro, pino o cualquier otra madera resistente a la intemperie.
- **Listones de Madera Fina:** Se colocan verticalmente dentro de la casa, creando ranuras estrechas (1-2 cm de ancho) donde las mariposas pueden refugiarse.
- **Tela Metálica o Malla Fina:** Para cubrir la entrada y proteger el interior de la casa contra depredadores.
- **Pintura No Tóxica (opcional):** Para proteger la madera del clima y atraer mariposas, puedes usar pintura no tóxica en colores brillantes.

3. Para Abejorros y Otros Insectos Polinizadores

- **Macetas de Terracota:** Coloca una maceta invertida en el suelo con un pequeño agujero en la base para permitir la entrada de los abejorros. Llena el interior con paja o musgo seco.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- **Trozos de Corteza de Árbol o Troncos Huecos:** Colocados horizontalmente, proporcionan refugio para insectos. Pueden estar llenos de paja o aserrín para mayor confort.
- **Paja, Hojas Secas y Musgo:** Utilizados para rellenar los espacios de anidación, proporcionando aislamiento y protección.

4. Para Murciélagos Polinizadores (Casas de Murciélagos)

- **Tablas de madera Resistente:** Madera de cedro o pino para construir la estructura principal. Asegúrate de que las tablas estén bien ajustadas.
- **Malla Plástica o de Nylon:** Para colocar dentro de la casa, ayudando a los murciélagos a colgarse.
- **Pintura Oscura No Tóxica:** Usada para pintar el exterior, lo que ayuda a mantener la casa caliente.

5. Herramientas Necesarias

- **Sierra Manual o Sierra Eléctrica:** Para cortar la madera a las dimensiones necesarias.
- **Taladro con Brocas de Diferentes Diámetros:** Para perforar agujeros en los bloques de madera o tallos de bambú.
- **Martillo y Clavos o Tornillos:** Para ensamblar las estructuras.
- **Lija:** Para suavizar los bordes y superficies de la madera, evitando astillas.

Consideraciones Adicionales:

- **Ubicación:** Coloca los espacios de anidación en un lugar soleado, protegido de la lluvia y viento directo, idealmente a una altura de 1-2 metros del suelo.
- **Orientación:** Orienta las aberturas hacia el sureste o sur para recibir la mayor cantidad de luz solar, lo que ayuda a mantener el refugio cálido y seco.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- **Mantenimiento:** Revisa los refugios regularmente y realiza mantenimiento cuando sea necesario, cómo limpiar o reemplazar materiales.

Estos materiales son fáciles de encontrar y económicos, lo que permite a cualquiera crear un hábitat para polinizadores en su jardín, balcón o patio. Con estos refugios, puedes contribuir significativamente a la conservación de estas especies esenciales para nuestros ecosistemas.

Figura 9. Proyecto Polinizador



FIGURA 9. Nota . Adaptado de NeedPixs [Fotografía], por alicja,

<https://www.needpix.com/photo/1689421/hotel-insects-holes-insects-hibernate-bee-perforated-youth>

Diseño De Módulos

En este capítulo se aborda la fase experimental del proyecto, centrada en tres componentes fundamentales: la caracterización del sistema de drenaje, la morfología del panel de hormigón y el sistema estructural para la modulación de paneles.

Primero, se realiza una caracterización exhaustiva del sistema de drenaje. Este análisis incluye el diseño y la funcionalidad del sistema, evaluando su capacidad para manejar eficientemente el flujo de agua y prevenir problemas como la acumulación y filtraciones. La correcta implementación de este sistema es crucial para la sostenibilidad y la integridad estructural del proyecto.

En segundo lugar, se examina detalladamente la morfología del panel de hormigón. Este estudio considera la forma y estructura de los paneles, así como su resistencia y durabilidad ante diferentes condiciones. La morfología del panel es un aspecto esencial para garantizar su adecuado desempeño dentro del sistema constructivo, asegurando que pueda soportar las cargas estructurales y ambientales esperadas.

Finalmente, se analiza el sistema estructural para la modulación de los paneles. Este análisis abarca los materiales utilizados, las técnicas de ensamblaje y las configuraciones modulares posibles. El objetivo es desarrollar un sistema estructural que sea robusto y flexible, permitiendo una fácil adaptación a diversas necesidades constructivas y asegurando una integración coherente y eficiente de los paneles en la estructura general.

En conjunto, estos componentes proporcionan una visión integral y detallada del proyecto, asegurando que todos los elementos interactúen de manera armoniosa y eficiente para cumplir con los objetivos establecidos y garantizar la viabilidad y sostenibilidad del sistema constructivo propuesto.

Morfología Del Panel

En segundo lugar, se examina detalladamente la morfología del panel de hormigón. Este estudio considera la forma y estructura de los paneles, así como su resistencia y durabilidad ante diferentes condiciones. La morfología del panel es un aspecto esencial para garantizar su adecuado desempeño dentro del sistema constructivo, asegurando que pueda soportar las cargas estructurales y ambientales esperadas.

En el contexto del proyecto de integración de musgo y polinizadores en paneles de hormigón, la morfología de los paneles adquiere una importancia adicional. La forma y estructura de estos paneles no solo deben cumplir con los requisitos estructurales tradicionales, sino que también deben facilitar la adhesión y crecimiento del musgo, así como la creación de microhábitats adecuados para los polinizadores. Los paneles deben estar diseñados para proporcionar una superficie rugosa y porosa que permita el anclaje del musgo, garantizando su supervivencia y funcionalidad.

Además, la resistencia y durabilidad de los paneles de hormigón se evalúan bajo diversas condiciones ambientales para asegurar que puedan soportar la exposición continua al agua, la luz solar y los cambios de temperatura sin deteriorarse. Esta robustez es crucial no solo para la integridad estructural del sistema, sino también para mantener las condiciones óptimas para el musgo y los polinizadores a lo largo del tiempo.

La combinación de un sistema de drenaje eficiente y una morfología bien diseñada asegura que los paneles de hormigón puedan desempeñarse de manera efectiva en entornos urbanos, contribuyendo a la sostenibilidad y resiliencia de las construcciones. De esta manera, el proyecto no solo mejora la

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

estética y calidad ambiental de las ciudades, sino que también promueve la biodiversidad y la sostenibilidad urbana de una manera integral.

Figura 10. Diseño de módulos

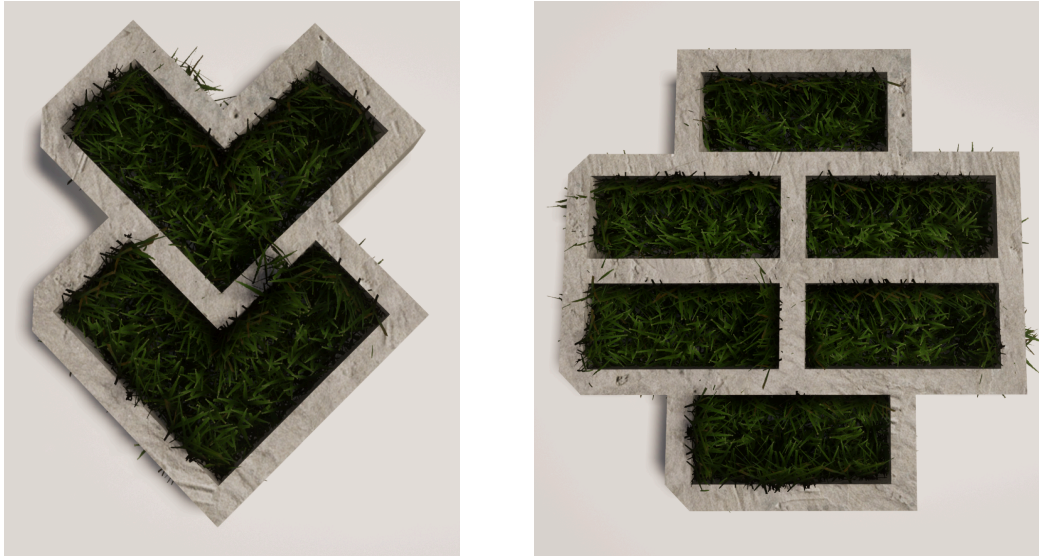


FIGURA 10. Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

La morfología del panel de hormigón, la cual incluye configuraciones horizontales y diagonales. Estas configuraciones no solo deben cumplir con los requisitos estructurales tradicionales, sino que también deben facilitar la adhesión y crecimiento del musgo, así como la creación de microhábitats adecuados para los polinizadores. Los paneles horizontales proporcionan una superficie estable y continua que favorece el crecimiento uniforme del musgo, mientras que los paneles diagonales pueden ofrecer una mayor exposición a la luz solar y un drenaje más eficiente, evitando la acumulación de agua.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

La resistencia y durabilidad de los paneles de hormigón se evalúan bajo diversas condiciones ambientales para asegurar que puedan soportar la exposición continua al agua, la luz solar y los cambios de temperatura sin deteriorarse. Esta robustez es crucial no solo para la integridad estructural del sistema, sino también para mantener las condiciones óptimas para el musgo y los polinizadores a lo largo del tiempo.

La combinación de un sistema de drenaje eficiente y una morfología bien diseñada, con configuraciones horizontales y diagonales, asegura que los paneles de hormigón puedan desempeñarse de manera efectiva en entornos urbanos, contribuyendo a la sostenibilidad y resiliencia de las construcciones. De esta manera, el proyecto no solo mejora la estética y calidad ambiental de las ciudades, sino que también promueve la biodiversidad y la sostenibilidad urbana de una manera integral.

El diseño de la morfología de los paneles en un sistema constructivo es fundamental para garantizar su funcionalidad, estética y adaptación a diferentes necesidades arquitectónicas. En este proyecto, se han desarrollado cuatro tipos de paneles de hormigón prefabricado, cada uno con características específicas que responden a diversas funciones dentro de la edificación.

El **panel básico** actúa como el elemento estructural principal, proporcionando soporte y estabilidad. Los **paneles de detalle** incluyen el **panel regulador** y el **panel de puerta**, diseñados para integrar aberturas esenciales, manteniendo la integridad estructural y optimizando el flujo de luz y acceso. Finalmente, el **panel especial**, denominado **panel polinizador**, está diseñado no solo para cumplir con las funciones tradicionales de un panel de hormigón, sino también para fomentar la biodiversidad, integrando elementos que atraen y sustentan a los polinizadores en entornos urbanos.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Esta diversidad en la morfología de los paneles permite una flexibilidad en el diseño arquitectónico, adaptándose a las demandas estéticas y funcionales, al mismo tiempo que contribuye a la sostenibilidad y la interacción con el entorno natural.

Tipos de Paneles

Panel Básico

El **panel básico** constituye el núcleo de cualquier sistema constructivo modular en hormigón prefabricado. Diseñado para ofrecer resistencia y durabilidad, este panel sirve como el componente estructural principal en edificaciones, asegurando la estabilidad y soporte necesarios para la construcción. Su simplicidad en el diseño no solo facilita su producción y montaje, sino que también permite su adaptación en una amplia variedad de aplicaciones arquitectónicas.

Este panel ha sido concebido para cumplir con los estándares más exigentes en cuanto a resistencia a cargas y condiciones ambientales, asegurando una larga vida útil y un rendimiento óptimo en diversas situaciones. Además, su versatilidad en el diseño permite que pueda ser utilizado tanto en construcciones residenciales como comerciales, integrándose de manera efectiva en diferentes tipos de edificaciones. En resumen, el panel básico es el pilar sobre el cual se construyen soluciones arquitectónicas robustas, eficientes y sostenibles.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Figura 11. Panel básico



FIGURA 11. Nota .Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

Panel Regulador

El **panel regulador** ha sido diseñado con un enfoque en la funcionalidad y la protección contra los elementos, asegurando un acceso seguro y eficiente en cualquier tipo de edificación. Este panel presenta una pendiente en su parte superior a dos aguas, lo que permite el desvío del agua de lluvia hacia los lados, protegiendo la entrada y evitando que el agua se acumule en la zona de la puerta y la ventana.

En la parte inferior, se ha integrado una canaleta metálica que recoge y redirige el agua hacia los paneles básicos ubicados a los costados, facilitando un drenaje eficaz y evitando posibles filtraciones o daños estructurales. Este diseño no solo refuerza la durabilidad y resistencia del sistema constructivo, sino que también asegura que el acceso a la edificación se mantenga seco y seguro, incluso en condiciones climáticas adversas.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

El **panel regulador** combina ingeniería precisa y funcionalidad, integrándose perfectamente con los demás paneles modulares para crear una estructura coherente y resistente, al mismo tiempo que proporciona un acceso cómodo y protegido.

Figura 12. Panel regulador

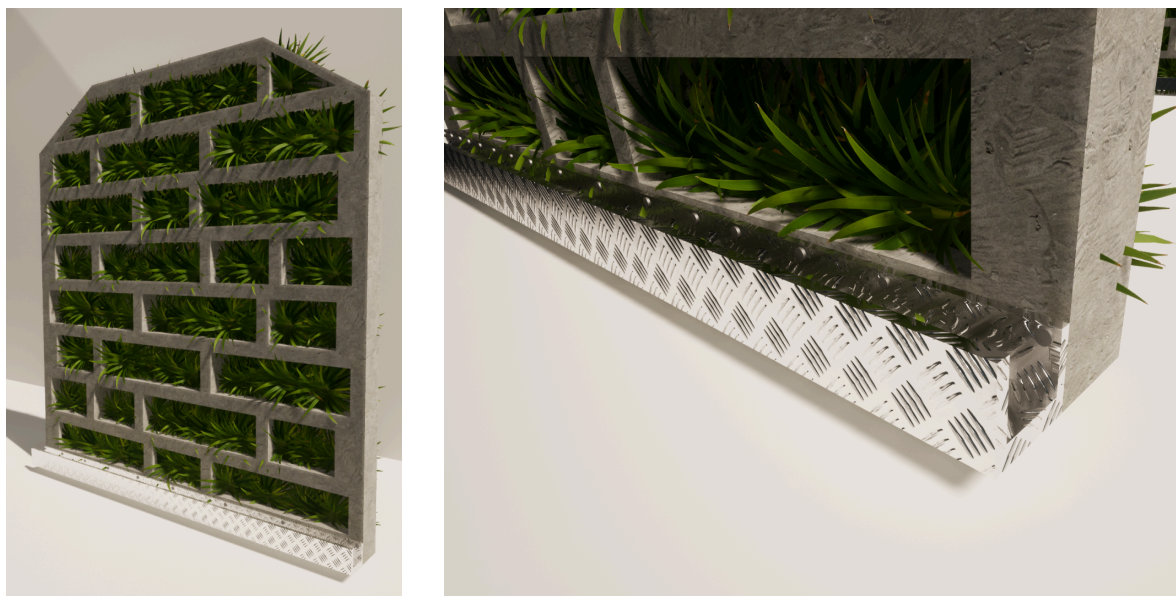


FIGURA 12. Nota .Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

Panel polinizador

El panel polinizador ha sido diseñado con el propósito de fusionar la arquitectura moderna con la sostenibilidad ecológica, creando un espacio que no solo cumple con funciones estructurales, sino que también promueve la biodiversidad en entornos urbanos. Fabricado en hormigón, este panel cuenta con aberturas hexagonales de 7 cm de profundidad, estratégicamente distribuidas para servir como hábitats ideales para polinizadores como abejas y otros insectos beneficiosos.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Dentro de cada abertura, se han colocado objetos de madera, proporcionando un entorno cómodo y natural para los polinizadores, lo que favorece su adaptación y permanencia en el área. Además, el panel está equipado con un cerramiento de madera de 1 milímetro de profundidad, diseñado para proteger a las abejas y otros polinizadores de posibles molestias externas, asegurando que puedan realizar su importante labor sin interrupciones.

El panel polinizador no solo refuerza la estructura de la edificación, sino que también desempeña un papel crucial en la preservación de especies esenciales para el ecosistema, integrándose perfectamente en el sistema modular de paneles de hormigón y contribuyendo al bienestar ambiental a largo plazo.

Figura 13. Panel polinizador

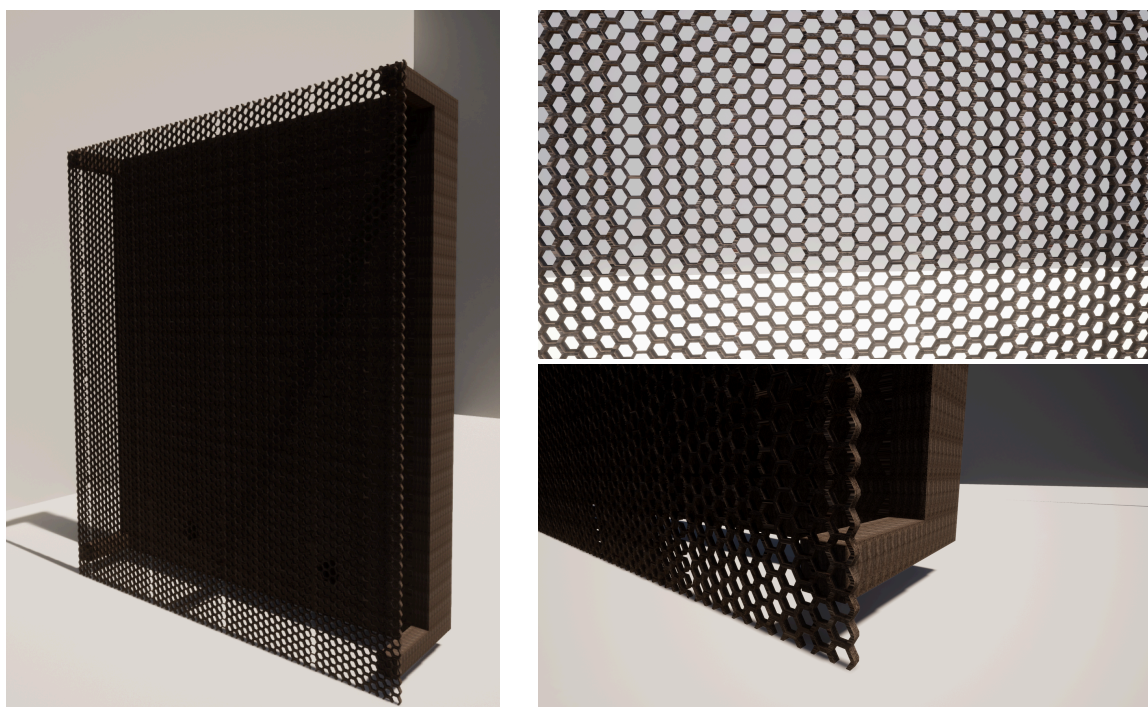


FIGURA 13. Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Terminación esquinera

Además de su función estructural, el **panel** ha sido complementado con un acabado en acero para la terminación de los paneles esquineros. Este detalle, de una profundidad de 2 cm, ha sido diseñado con una finalidad puramente estética, aportando un toque moderno y elegante a la estructura. Este acabado en acero se integra con el panel básico, proporcionando una cohesión visual que realza la apariencia del sistema constructivo en su conjunto.

El diseño de estos acabados en acero no solo refuerza la identidad visual del proyecto, sino que también contribuye a la durabilidad y resistencia de las esquinas del panel, protegiéndolas de posibles daños externos. Así, el **panel** combina funcionalidad estructural y refinamiento estético, creando una solución arquitectónica que no solo es robusta y sostenible, sino también visualmente atractiva y coherente con el diseño global de la edificación.

Figura 14. Terminación esquinera

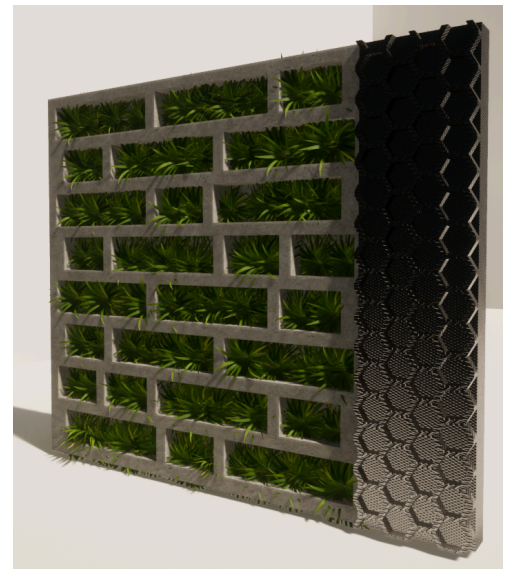
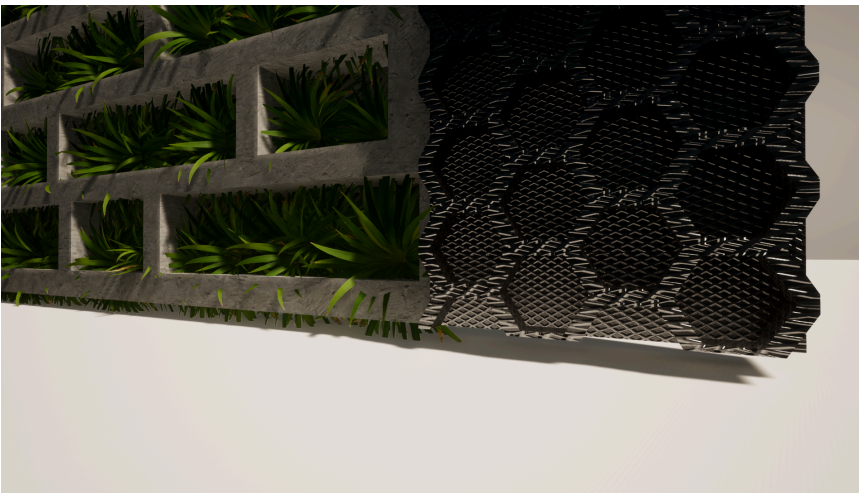


FIGURA 14. Nota .Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

Sistema De Desagüe

En el desarrollo de proyectos de infraestructura sostenible, la gestión eficiente del agua es un aspecto fundamental para asegurar la longevidad y funcionalidad de las construcciones. En el caso de los paneles de hormigón que integran musgo y polinizadores, el sistema de drenaje juega un papel crucial para mantener las condiciones óptimas tanto para el musgo como para los polinizadores, garantizando así su viabilidad a largo plazo. Este estudio se centra en una caracterización exhaustiva del sistema de drenaje implementado mediante orificios verticales dentro de los paneles.

La implementación de este sistema de drenaje se diseña para manejar de manera eficiente el flujo de agua, evitando problemas comunes como la acumulación excesiva y las filtraciones que podrían comprometer la integridad estructural del proyecto. A través de un análisis detallado del diseño y la funcionalidad del sistema, evaluamos su capacidad para contribuir a la sostenibilidad del proyecto y asegurar que el entorno creado sea propicio tanto para el musgo como para los polinizadores. Este enfoque no solo promueve un ambiente más saludable y biodiverso, sino que también fortalece la estructura y durabilidad de los paneles de hormigón en un contexto urbano.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Figura 15. Sistema de drenaje en módulos



FIGURA 15. Nota .Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

El proyecto de integración de musgo en paneles de hormigón aborda múltiples desafíos urbanos relacionados con la sostenibilidad y la calidad ambiental. El musgo, conocido por su capacidad de absorber contaminantes y retener humedad, ofrece una solución natural para mejorar la calidad del aire y reducir el efecto isla de calor en las ciudades. Al incorporar musgo en paneles de hormigón, no solo se promueve un entorno más verde, sino que también se fomenta la biodiversidad al crear microhábitats para pequeños organismos y polinizadores.

El sistema de drenaje es un componente esencial de este proyecto, ya que garantiza que el musgo reciba la cantidad adecuada de agua sin sufrir de encharcamientos que podrían dañar tanto al musgo como a la estructura del panel. El diseño de drenaje implementado en los paneles consiste en una serie de orificios verticales estratégicamente ubicados para permitir un flujo de agua eficiente. Estos orificios aseguran que el exceso de agua se drene adecuadamente, evitando la acumulación que podría llevar a problemas de filtraciones y deterioro del material.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Este enfoque no solo mantiene la integridad estructural de los paneles, sino que también optimiza las condiciones para el crecimiento saludable del musgo. Además, el sistema de drenaje contribuye a la gestión sostenible del agua, un recurso cada vez más crítico en áreas urbanas densamente pobladas. La correcta implementación y funcionamiento de este sistema son fundamentales para el éxito del proyecto, ya que el equilibrio hídrico es crucial para la supervivencia del musgo y la creación de un entorno propicio para los polinizadores.

Sistema Estructural

En el ámbito de la construcción sostenible y la integración de soluciones ecológicas en entornos urbanos, el desarrollo de sistemas estructurales eficientes y adaptables es fundamental. En el proyecto de paneles de hormigón que integran musgo y polinizadores, no solo es crucial garantizar la sostenibilidad ambiental, sino también asegurar la viabilidad y funcionalidad estructural de los paneles en diversas aplicaciones arquitectónicas.

Finalmente, se analiza el sistema estructural para la modulación de los paneles. Este análisis abarca los materiales utilizados, las técnicas de ensamblaje y las configuraciones modulares posibles. El objetivo es desarrollar un sistema estructural que sea robusto y flexible, permitiendo una fácil adaptación a diversas necesidades constructivas y asegurando una integración coherente y eficiente de los paneles en la estructura general.

Al considerar factores como la durabilidad, la resistencia y la facilidad de instalación, se busca crear una solución que no solo soporte las cargas estructurales y ambientales, sino que también facilite el crecimiento del musgo y la creación de hábitats para polinizadores. Esta integración holística de tecnología, ecología y diseño modular pretende establecer nuevos estándares para construcciones urbanas sostenibles, proporcionando beneficios ambientales y estructurales significativos a largo plazo.

Sistema De Anclaje De Superposición Lateral

En el ámbito de la construcción contemporánea, la búsqueda de soluciones eficientes y seguras para la instalación de paneles y elementos estructurales es fundamental para garantizar la estabilidad y durabilidad de las edificaciones. En este contexto, el sistema de anclaje de superposición lateral emerge como una técnica innovadora y versátil que ofrece una conexión robusta y confiable entre los paneles y la estructura base.

Este sistema se basa en la superposición de paneles adyacentes, donde un panel se superpone sobre el borde de otro panel y se fija mediante elementos de anclaje específicos. Esta técnica proporciona una conexión lateral sólida que distribuye las cargas de manera uniforme, asegurando la estabilidad del conjunto y minimizando los riesgos de desplazamiento o separación.

En esta introducción, explicaremos los fundamentos y beneficios del sistema de anclaje de superposición lateral, así como su aplicabilidad en diversos contextos constructivos. Analizaremos su capacidad para mejorar la eficiencia constructiva, la resistencia estructural y la estética de las edificaciones, destacando su potencial para impulsar la innovación en el campo de la arquitectura y la ingeniería.

Figura 16. Sistema de anclaje de superposición lateral

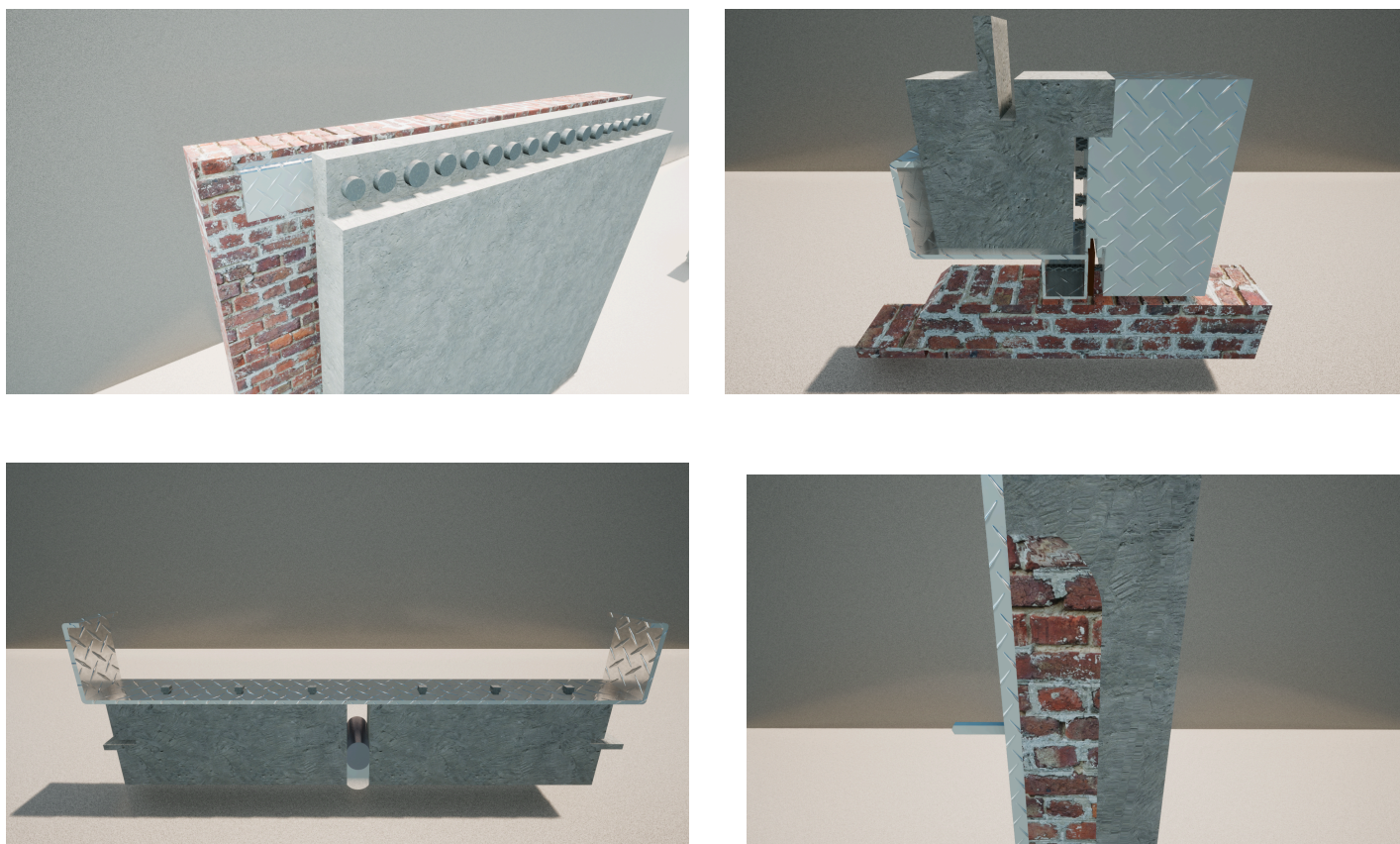


FIGURA 16. Nota .Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

El sistema de anclaje de superposición lateral es una técnica utilizada en la construcción para fijar paneles o elementos estructurales mediante su superposición sobre otros paneles adyacentes. Este sistema ofrece una conexión robusta y segura entre los elementos, proporcionando estabilidad y resistencia a la estructura.

Los paneles se superponen lateralmente, es decir, uno se sitúa sobre el borde del otro, creando una unión sólida. Para asegurar esta unión, se utilizan diversos elementos de anclaje, como tornillos, grapas, o sistemas de enganche específicos diseñados para este propósito.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Entre las ventajas del sistema de anclaje de superposición lateral se incluyen:

1. **Estabilidad estructural:** Proporciona una conexión sólida entre los paneles, distribuyendo las cargas de manera uniforme y minimizando los riesgos de desplazamiento o separación.
2. **Facilidad de instalación:** Permite una instalación rápida y eficiente de los paneles, reduciendo los tiempos de construcción y los costos asociados.
3. **Flexibilidad de diseño:** Al utilizar paneles superpuestos, este sistema ofrece flexibilidad en el diseño arquitectónico, permitiendo la creación de formas y estructuras diversas.
4. **Mantenimiento:** Facilita el mantenimiento y la sustitución de los paneles en caso necesario, ya que estos pueden desmontarse y volver a instalarse con relativa facilidad.
5. **Compatibilidad con diferentes materiales:** Puede utilizarse en una amplia gama de materiales de panel, como hormigón, madera, metal, entre otros.

El sistema de anclaje de superposición lateral es ampliamente utilizado en una variedad de aplicaciones constructivas, desde revestimientos de fachadas hasta cubiertas y estructuras modulares. Su versatilidad y eficiencia lo convierten en una opción popular para proyectos arquitectónicos de diversa índole.

En conclusión, el sistema de anclaje de superposición lateral se presenta como una solución eficiente y versátil para la fijación de paneles y elementos estructurales en la construcción moderna. Su capacidad para proporcionar una conexión robusta y estable entre los elementos, junto con su facilidad de instalación y flexibilidad de diseño, lo convierten en una opción atractiva para una amplia gama de aplicaciones arquitectónicas.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Al distribuir las cargas de manera uniforme y minimizar los riesgos de desplazamiento o separación, este sistema contribuye a la estabilidad y durabilidad de las estructuras, garantizando un rendimiento estructural óptimo a lo largo del tiempo. Además, su compatibilidad con diferentes materiales de panel y su capacidad para adaptarse a diversas configuraciones arquitectónicas lo convierten en una herramienta invaluable para la construcción de edificaciones innovadoras y estéticamente atractivas.

Figura 17. Axonometría explotada del proceso constructivo

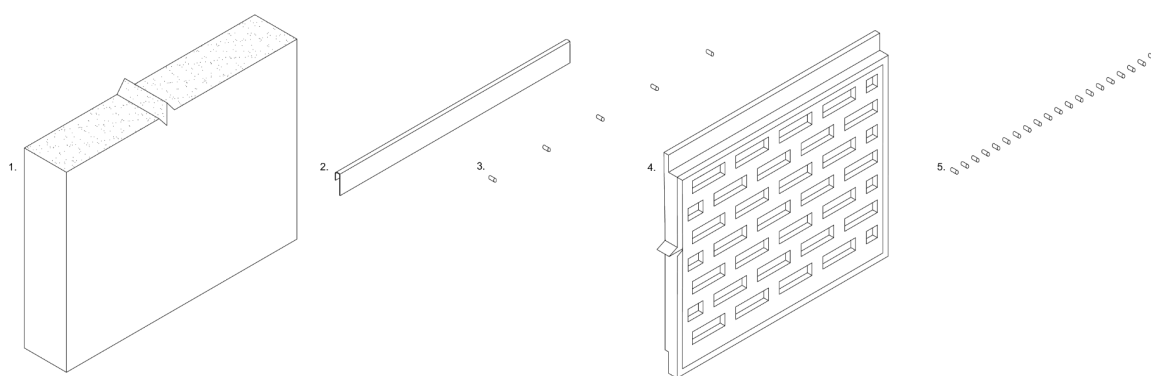


FIGURA 16. Nota .Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

1. Muro estructural
2. Perfil metálico en L
3. Tornillo de 1/4 " x 2" a cada 50cm.
4. Panel modular
5. Tornillo de 1/4 " x 2" a cada 20cm.

Fase Experimental

Plantación del musgo al hormigón

En este capítulo de la fase experimental, se aborda uno de los aspectos más relevantes del proyecto: la cosecha del musgo y su integración en los paneles de hormigón prefabricado. El musgo, como elemento natural clave en el diseño de fachadas urbanas sostenibles, no solo contribuye a la mejora del entorno ambiental al actuar como filtro de partículas y regulador de humedad, sino que también desempeña un papel crucial en la creación de microhábitats para polinizadores.

El proceso de cosecha del musgo implica una serie de pasos meticulosos para garantizar su viabilidad y adaptación en un entorno artificial como el de los paneles de hormigón. Este proceso incluye la selección de las especies de musgo adecuadas, su extracción controlada de entornos naturales, y la preparación para su implantación en los paneles, teniendo en cuenta factores como la retención de agua, la exposición solar y la capacidad de enraizamiento en superficies artificiales. A lo largo de esta fase, se evalúan diversas condiciones que afectan la salud y el crecimiento del musgo, con el fin de asegurar su supervivencia a largo plazo en el contexto urbano.

Este capítulo detalla cada etapa de la experimentación, desde la obtención del musgo hasta su implantación en los paneles, evaluando los resultados obtenidos y su impacto en el desarrollo del proyecto.

1. Selección de las especies de musgo

El primer paso consiste en identificar las especies de musgo más adecuadas para el entorno urbano y para su implantación en superficies de hormigón. Se priorizan aquellas especies que son capaces de adaptarse a condiciones variables de humedad y luz, y que pueden prosperar en superficies

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

duras y porosas. Se realiza una investigación sobre las especies autóctonas de musgo en el área de estudio, enfocándose en aquellas con mayor capacidad de retención de agua y resistencia a la contaminación.

Dos especies principales fueron seleccionadas por sus características favorables: **Leucodon sciuroides** y **Homalothecium lutescens**.

Leucodon sciuroides es una especie de musgo que se distingue por sus tallos aplanados que crecen horizontalmente sobre el suelo. Este musgo es de color verde oscuro y presenta hojas lobuladas, lo que le permite retener humedad y adherirse bien a superficies irregulares como el hormigón. Se encuentra comúnmente en áreas húmedas y sombreadas, como cerca de fuentes de agua o en regiones con alta humedad, lo que lo convierte en una opción ideal para entornos urbanos donde se busca aumentar la capacidad de retención de agua en las fachadas.

Figura 18. Musgo Leucodon sciuroides



FIGURA 18. Nota . Adaptado de INPN [Fotografía], por INPN

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Por otro lado, **Homalothecium lutescens** forma matas densas con un tono verdoso o amarillento, lo que le confiere un aspecto decorativo único. Sus tallos erectos y hojas plumosas no solo ofrecen una estética atractiva, sino que también permiten una mejor captación de humedad. Esta especie es frecuentemente encontrada en suelos húmedos y sombreados, particularmente en áreas con acumulación de hojas o materia orgánica, lo que la hace adecuada para paneles que integran un sistema de drenaje y que buscan promover la biodiversidad en áreas urbanas.

Figura 19. Musgo Homalothecium lutescens



FIGURA 19. Nota . Adaptado de INPN [Fotografía], por INPN

Ambas especies, **Leucodon sciuroides** y **Homalothecium lutescens**, fueron seleccionadas por su capacidad de adaptación a superficies de hormigón, su resistencia a diferentes condiciones climáticas y su habilidad para integrarse armoniosamente en el sistema de riego y retención de humedad de los

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

paneles, facilitando tanto la sostenibilidad ambiental como la funcionalidad estética en las fachadas urbanas.

2. Cosecha del musgo

El proceso de cosecha del musgo fue llevado a cabo con un enfoque sostenible y cuidadoso para preservar el ecosistema del humedal de donde se obtuvo. En colaboración con el Jardín Botánico, se implementaron prácticas de recolección responsables que aseguraron la mínima perturbación del entorno natural y garantizaron la regeneración del musgo en su hábitat original.

El musgo seleccionado para el proyecto fue extraído de un humedal, un ecosistema rico en biodiversidad y humedad constante, que proporciona condiciones óptimas para el crecimiento de musgo como **Leucodon sciuroides** y **Homalothecium lutescens**. Antes de proceder con la recolección, el equipo del Jardín Botánico realizó un análisis del área para identificar las zonas adecuadas y seguras para la extracción, asegurándose de que el ecosistema circundante no fuera afectado negativamente.

Una vez identificado el musgo, se utilizó un método manual de extracción que preservó el sistema radicular, lo cual es fundamental para que el musgo pueda adaptarse a su nuevo entorno. Este musgo fue cuidadosamente retirado junto con una pequeña cantidad de suelo circundante, para aumentar sus probabilidades de supervivencia durante el proceso de trasplante.

Procedimiento de Plantación del Musgo

El musgo recolectado fue plantado en canastos de acero cerrados, diseñados específicamente para su transporte y adaptación. El proceso de plantación siguió los siguientes pasos:

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

1. **Colocación de una bolsa en la base del canasto:** Para evitar que el musgo perdiera contacto con el suelo y asegurar que el agua se mantuviera en el interior, se colocó una bolsa resistente en la parte inferior del canasto. Esta bolsa actuó como barrera para conservar la humedad.

2. **Capa de tierra sobre la bolsa:** A continuación, se añadió una capa de tierra sobre la bolsa. Esta tierra, cuidadosamente seleccionada por su capacidad para retener humedad, sirvió como base nutritiva para el musgo y facilitó el enraizamiento.

3. **Colocación del musgo:** Posteriormente, se implantó el musgo extraído del humedal sobre la capa de tierra. Se distribuyó de manera uniforme para asegurar que tuviera suficiente espacio y nutrientes para crecer y expandirse.

4. **Riego del musgo:** Finalmente, se aplicó una cantidad suficiente de agua para garantizar que el musgo permaneciera hidratado. El riego fue controlado para evitar el exceso de agua, asegurando que la humedad fuera suficiente para mantener el musgo sin provocar saturación.

Estos canastos de acero cerrados, con su diseño protector, permitieron que el musgo se adaptara en un ambiente controlado antes de ser implantado en los paneles de hormigón. El procedimiento fue pensado para maximizar la retención de agua, crear una base sólida para el musgo, y asegurar que el ecosistema no sufriera daños irreversibles durante la cosecha. Este enfoque garantiza la sostenibilidad de todo el proceso, desde la recolección hasta la implantación final en los paneles del proyecto.

Figura 20. Cosecha del musgo



FIGURA 20. Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

3. Preparación del musgo para la implantación

Antes de la implantación del musgo en los paneles de hormigón prefabricado, se llevó a cabo un proceso detallado de preparación para asegurar su adaptación y crecimiento exitoso en el nuevo entorno. Este proceso fue fundamental para maximizar las condiciones favorables de supervivencia del musgo y garantizar su integración sostenible en las fachadas urbanas. A continuación, se describen los pasos clave en la preparación:

1. **Acondicionamiento del musgo:** Tras la cosecha y plantación en canastos, el musgo fue sometido a un período de acondicionamiento en un ambiente controlado. Durante este tiempo, se monitorean constantemente las condiciones de humedad, luz y temperatura, con el objetivo de recrear un entorno similar al del humedal de origen. Este acondicionamiento permitió que el musgo se estabiliza y adaptara a un entorno más controlado antes de su traslado a los paneles de hormigón.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

2. **Limpieza y eliminación de impurezas:** El musgo fue sometido a un proceso de limpieza para eliminar cualquier tipo de impureza, como restos de hojas, ramitas o partículas de suelo no deseadas que pudieran dificultar su implantación. Esta limpieza se realizó de forma manual y con mucho cuidado para no dañar las delicadas estructuras del musgo. Además, se revisó la presencia de parásitos o elementos que pudieran afectar su desarrollo en los paneles.

3. **División y preparación de los brotes:** Para asegurar una distribución uniforme del musgo en los paneles, se llevó a cabo una división de los brotes en pequeñas secciones. Estas secciones se seleccionaron estratégicamente para facilitar la cobertura de los paneles de hormigón, permitiendo que el musgo se propagara de manera uniforme una vez implantado. Esta división también favoreció una implantación más rápida y eficiente, ya que las secciones más pequeñas tienen una mayor tasa de enraizamiento.

4. **Hidratación controlada:** El musgo fue sometido a un proceso de hidratación controlada antes de su implantación. Se utilizó agua en cantidades precisas para asegurar que el musgo no solo estuviera suficientemente hidratado, sino que también se evitará un exceso que pudiera generar podredumbre. Esta etapa fue clave para preparar al musgo a enfrentar condiciones variables en las fachadas urbanas.

5. **Preparación del sustrato:** El sustrato para la implantación del musgo en los paneles de hormigón fue seleccionado cuidadosamente para facilitar su enraizamiento y garantizar un suministro adecuado de nutrientes. Este sustrato incluyó una mezcla de tierra ligera y materia orgánica que ayuda a retener la humedad y proporciona soporte estructural al musgo. Además, se probó la compatibilidad del musgo con el hormigón para asegurar que se adhiriera adecuadamente sin comprometer la durabilidad del panel.

6. **Pruebas de adherencia:** Antes de la implantación en los paneles definitivos, se realizaron pruebas de adherencia del musgo en paneles de prueba, que imitaban las características de la superficie

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

final. Estas pruebas permitieron ajustar las técnicas de colocación y los materiales utilizados para asegurar que el musgo permaneciera estable y tuviera las condiciones necesarias para crecer en el entorno urbano.

Consideraciones para la implantación

Se tuvo en cuenta la orientación de los paneles y las condiciones ambientales a las que estarían expuestos, como la cantidad de luz solar y viento. Estos factores influenciaron la disposición del musgo en los paneles y la planificación del sistema de riego integrado, diseñado para mantener las condiciones de humedad necesarias para su crecimiento sostenible a largo plazo.

Este procedimiento de preparación garantizó que el musgo estuviera en óptimas condiciones para su implantación en los paneles de hormigón prefabricado, maximizando sus posibilidades de éxito en términos de enraizamiento, crecimiento y sostenibilidad.

4. Preparación de los paneles de hormigón

La preparación de los paneles de hormigón para la implantación del musgo fue una etapa clave en la fase experimental del proyecto, con el objetivo de asegurar una correcta adherencia y crecimiento del musgo sobre la superficie de hormigón. Para ello, se utilizaron moldes especiales recubiertos de hormigón que incluyeron un sistema de anclaje, lo que permitió evaluar la capacidad de los paneles para soportar tanto el musgo como los aligerantes, asegurando su funcionalidad en un entorno real. A continuación, se detalla el procedimiento llevado a cabo:

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

1. Diseño de los moldes de icopor recubiertos de hormigón

Se emplearon moldes de icopor para dar forma a los paneles experimentales. Estos moldes fueron diseñados de acuerdo con las especificaciones de tamaño y forma necesarias para imitar los paneles prefabricados en los que se implantaría el musgo. El uso de icopor permitió crear una estructura ligera, fácil de manejar y que facilitaba el proceso de recubrimiento con hormigón.

- **Molde básico de icopor:** Se diseñaron moldes de icopor con dos diseños diferentes
- **Recubrimiento de hormigón:** Los moldes de icopor fueron recubiertos con una mezcla de hormigón cuidadosamente dosificada para asegurar una cobertura uniforme y la creación de una superficie rugosa, favoreciendo la adherencia del musgo. Este recubrimiento permite simular las características del panel final, con la particularidad de mantener un bajo peso estructural.

Figura 21. Diseño de módulos

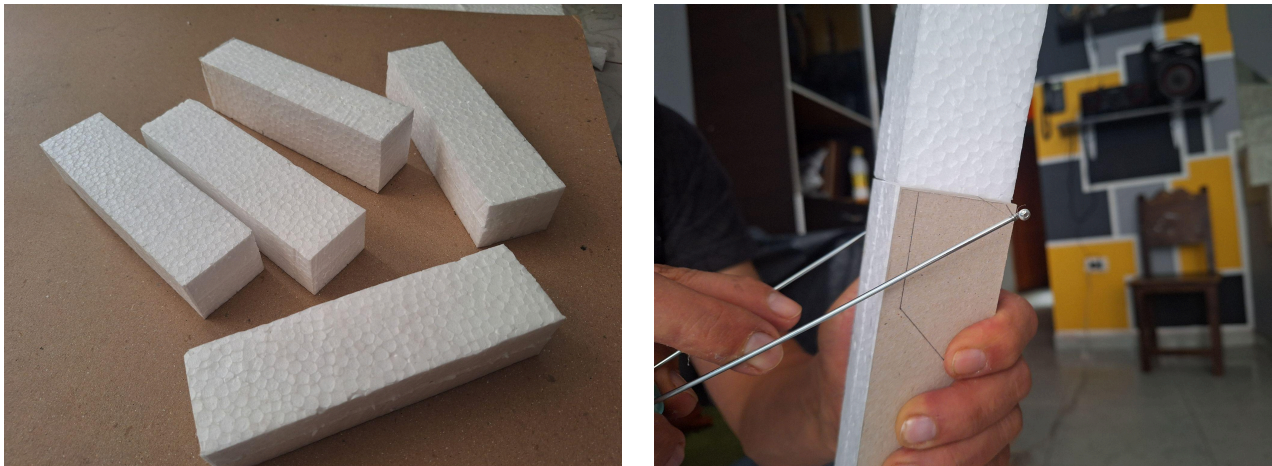


FIGURA 21. Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

2. Sistema de anclaje

El sistema de anclaje fue diseñado para proporcionar soporte estructural adicional a los paneles de hormigón, asegurando la estabilidad tanto de los paneles como del musgo implantado. El anclaje consistió en una serie de refuerzos metálicos insertados en el molde de icopor antes del vertido del hormigón.

- **Anclajes de acero:** Se utilizaron anclajes de acero galvanizado para fijar los paneles a una estructura modular que facilita su manipulación durante las pruebas. Estos anclajes también sirvieron para probar la capacidad del sistema de soportar las tensiones generadas por los cambios de humedad y peso durante el crecimiento del musgo.
- **Refuerzos internos:** Se incluyen refuerzos metálicos internos que no solo proporcionaron estabilidad adicional, sino que también mejoraron la distribución de las cargas a lo largo del panel, permitiendo evaluar su resistencia y comportamiento bajo distintas condiciones.

Figura 22. Sistema de anclaje y desagüe



FIGURA 22. Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

3. Preparación de la superficie del hormigón

El recubrimiento de hormigón en los moldes de icopor fue diseñado con una superficie específica para maximizar la adherencia del musgo. Se optó por una textura rugosa que facilitara el enraizamiento y la fijación del musgo en la superficie del panel.

- **Tratamiento de la superficie:** Tras el recubrimiento de hormigón, los paneles fueron sometidos a un tratamiento superficial que consistió en la aplicación de productos que mejoran la retención de agua y la porosidad del hormigón. Estos productos crearon un ambiente más favorable para la implantación del musgo.

- **Porosidad controlada:** El panel de hormigón fue diseñado con una porosidad controlada que ayudó a retener la humedad necesaria para el crecimiento del musgo, sin comprometer la integridad estructural del panel. Esta característica fue crucial para asegurar que el musgo pudiera sobrevivir y prosperar en las condiciones variables de una fachada urbana.

4. Pruebas de adherencia del musgo al hormigón

Una vez que los moldes fueron recubiertos de hormigón y preparados, se llevaron a cabo pruebas para evaluar la adherencia del musgo a la superficie del panel. El musgo previamente preparado fue implantado en los paneles, y se observaron varios factores clave:

- **Capacidad de adherencia:** Se midió la capacidad del musgo para adherirse al hormigón, considerando la rugosidad y porosidad del panel. Las pruebas incluyeron la observación del comportamiento del musgo bajo diferentes condiciones de humedad y temperatura.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- **Tasa de crecimiento:** Se monitorea el crecimiento del musgo en los paneles de hormigón durante un período de tiempo, evaluando cómo el sustrato de hormigón y el diseño de los paneles afectaron su desarrollo.

- **Retención de humedad:** Se evaluó la capacidad del panel para retener suficiente humedad, permitiendo el crecimiento saludable del musgo sin provocar deterioro en la estructura del hormigón.

5. Resultados esperados

El proceso de preparación de los paneles de hormigón fue diseñado para maximizar la funcionalidad y durabilidad del musgo implantado. Con los moldes recubiertos de hormigón y el sistema de anclaje, se buscó obtener paneles que no solo fueran ligeros y eficientes, sino que también permitieran la integración exitosa del musgo como componente natural en una fachada urbana, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental del proyecto.

Este procedimiento fue fundamental para validar la viabilidad del uso de paneles prefabricados de hormigón aligerado en combinación con musgo, como una solución arquitectónica sostenible para la creación de fachadas verdes en entornos urbanos.

5. Implantación del musgo en los paneles

La implantación de los dos tipos de musgo, **Leucodon sciuroides** y **Homalothecium lutescens**, en los paneles de icopor recubiertos de hormigón fue un proceso clave para evaluar la viabilidad de integrar especies de musgo en sistemas constructivos prefabricados. La selección de estos musgos se realizó debido a su capacidad de adaptarse a ambientes húmedos y sombreados, características que los hacen ideales para fachadas urbanas con sistemas de riego controlado. A continuación, se describe el procedimiento de implantación en los paneles de icopor y hormigón:

1. Preparación de los paneles para la implantación

Los paneles de icopor recubiertos con hormigón se prepararon específicamente para facilitar la adherencia y crecimiento del musgo. La rugosidad de la superficie del hormigón fue diseñada para retener la humedad y proporcionar un ambiente favorable para el musgo.

- **Texturización de la superficie del hormigón:** Los paneles se texturizan para crear una superficie porosa, lo que permitió un mejor anclaje de las raíces del musgo.
- **Retención de humedad:** Antes de la implantación, se aplicó una ligera capa de sustrato orgánico en las áreas donde se implantaría el musgo. Esto ayudó a retener la humedad en los paneles y mejorar la adherencia de los musgos.

2. Proceso de implantación del musgo **Leucodon sciuroides**

El **musgo Leucodon sciuroides**, conocido por su capacidad para extenderse horizontalmente y formar una cobertura densa, fue implantado en las superficies planas de los paneles de hormigón.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- **Colocación:** Se recogieron muestras de *Leucodon sciuroides* y se colocaron cuidadosamente sobre la superficie del panel, asegurándose de que los tallos tuvieran contacto directo con el sustrato.
- **Fijación:** Para asegurar la fijación inicial del musgo, se aplicó una ligera presión manual, ayudando a que los tallos se anclaran a la superficie porosa del hormigón.
- **Riego:** Inmediatamente después de la implantación, se aplicó un riego constante para mantener la humedad, ya que esta especie de musgo requiere un ambiente húmedo constante para prosperar.
- **Observación del crecimiento:** Durante las semanas posteriores, se monitoreó el comportamiento del musgo para evaluar su adherencia y la expansión sobre el panel. La estructura horizontal del *Leucodon sciuroides* permitió una rápida cobertura de la superficie.

3. Proceso de implantación del musgo *Homalothecium lutescens*

El musgo *Homalothecium lutescens*, que forma matas densas con un aspecto plumoso, se implantó en los paneles de hormigón en áreas estratégicas para aprovechar sus propiedades estéticas y su capacidad para retener humedad.

- **Colocación:** Las muestras de *Homalothecium lutescens* se distribuyeron en áreas seleccionadas de los paneles, con énfasis en los puntos donde la humedad se acumula, como las ranuras y pequeñas cavidades creadas por el diseño del panel.
- **Fijación:** Debido a su forma plumosa y la disposición de sus hojas, se utilizó una técnica de fijación similar a la de *Leucodon sciuroides*, pero con mayor cuidado para no dañar las estructuras frágiles del musgo.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- **Riego controlado:** Se implementó un sistema de riego ligero y constante para asegurar que el musgo recibiera suficiente humedad sin encharcar el panel. Este musgo tiene una alta capacidad para retener agua, lo que lo hizo ideal para probar la eficacia del sistema de drenaje del panel.

4. Monitoreo y evaluación

Una vez implantados ambos tipos de musgo, se monitorean los siguientes aspectos para evaluar el éxito del proceso:

- **Adherencia al hormigón:** Se observa cómo ambos musgos se adaptan a la superficie del hormigón. Mientras que *Leucodon sciuroides* mostró una adherencia más rápida, el *Homalothecium lutescens* tardó un poco más en afianzarse debido a su estructura más delicada.

- **Retención de humedad:** Se midió la capacidad de los paneles de hormigón para retener la humedad, factor crucial para la supervivencia de los musgos. Se observó que el sistema de drenaje y las características porosas de los paneles permiten una retención adecuada sin provocar exceso de agua.

- **Crecimiento y expansión:** Se evaluó la expansión de ambos tipos de musgo en la superficie de los paneles. El musgo *Leucodon sciuroides* se expandió horizontalmente cubriendo una mayor área en menor tiempo, mientras que *Homalothecium lutescens*, con su estructura más vertical y plumosa, creó una capa densa en las áreas donde se implantó.

5. Consideraciones adicionales

La elección de estos dos tipos de musgo para la implantación en los paneles de hormigón se realizó teniendo en cuenta no solo su capacidad para adaptarse a las condiciones de humedad y sombra, sino también su impacto visual y su potencial para mejorar la biodiversidad urbana. Además, se tomaron

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

medidas para garantizar que el sistema de riego utilizado mantuviera las condiciones óptimas para el crecimiento del musgo sin comprometer la integridad de los paneles o del sistema de drenaje.

Ambos tipos de musgo demostraron ser adecuados para su integración en paneles prefabricados, proporcionando una solución sostenible y estética para fachadas urbanas que buscan contribuir a la mejora del entorno ambiental y la biodiversidad.

Figura 23. Anclaje del musgo con los paneles

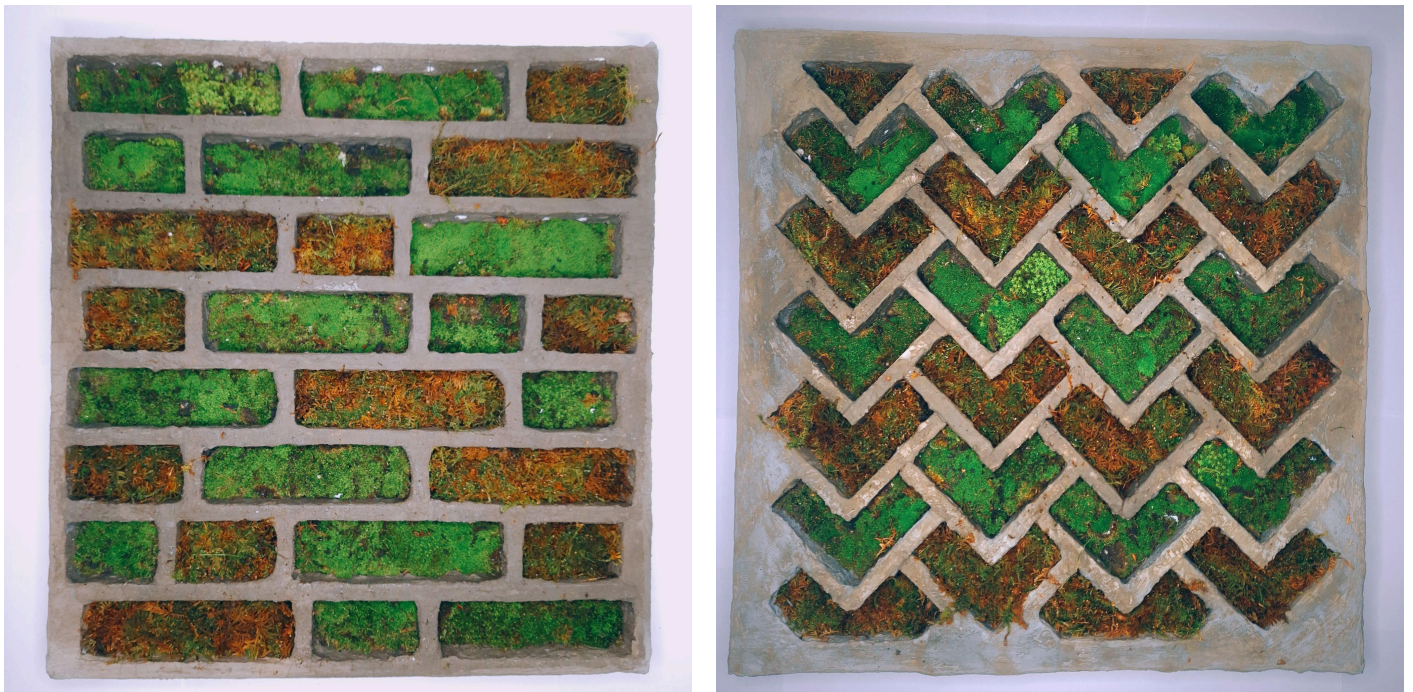


FIGURA 23. Nota .Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

6. Monitoreo y ajuste del riego

Tras la implantación, se implementa un sistema de riego eficiente que se adapta a las necesidades del musgo. Este sistema utiliza el agua recolectada de la lluvia, redirigida a través de canaletas integradas en los paneles, para mantener el nivel de humedad adecuado. Se monitorean los

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

niveles de agua retenida por el musgo y su crecimiento durante un período de tiempo para evaluar la efectividad del sistema.

7. Evaluación de la integración del musgo en los paneles

Finalmente, se evalúa la adaptación del musgo a los paneles de hormigón, revisando parámetros como el crecimiento, la retención de agua y su resistencia a las condiciones urbanas. Este análisis incluye el comportamiento del musgo en diferentes tipos de paneles y en diversas exposiciones a la luz solar, así como su impacto en la mejora de la calidad del aire y la creación de microhábitats.

Aligerantes En El Hormigón

En el esfuerzo continuo por desarrollar materiales de construcción más sostenibles y eficientes, la incorporación de aligerantes en mezclas de hormigón ha ganado considerable atención. La utilización de aligerantes no solo reduce el peso del hormigón, sino que también puede mejorar sus propiedades térmicas y acústicas, así como su sostenibilidad ambiental. En esta fase experimental, se propone la mezcla de hormigón con tres tipos de aligerantes: cascarilla de arroz, bolas de icopor pequeñas y aserrín.

La cascarilla de arroz, un subproducto agrícola abundante, ofrece la ventaja de ser un material ligero y sostenible, que además puede mejorar la trabajabilidad del hormigón. Las bolas de icopor (poliestireno expandido), conocidas por su baja densidad, proporcionan una reducción significativa del peso del hormigón y pueden contribuir a mejorar su aislamiento térmico. El aserrín, un residuo de la industria maderera, no solo aligera la mezcla, sino que también puede influir en la textura y la porosidad del hormigón.

Esta fase experimental tiene como objetivo evaluar las propiedades mecánicas y físicas del hormigón mezclado con estos aligerantes, analizando su resistencia, durabilidad y comportamiento bajo diferentes condiciones ambientales. A través de esta investigación, se busca identificar las combinaciones óptimas que permitan la creación de un material de construcción ligero, resistente y ecológico, adecuado para aplicaciones en entornos urbanos sostenibles.

1. LA CASCARILLA DE ARROZ: Es un subproducto agrícola derivado del procesamiento del arroz. Su utilización como aligerante en mezclas de hormigón ofrece varias ventajas:
 - Ligereza: La cascarilla de arroz es muy liviana, lo que ayuda a reducir el peso total del hormigón.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- **Sostenibilidad:** Al ser un residuo agrícola, su uso promueve la reutilización de materiales y contribuye a la sostenibilidad ambiental.
- **Propiedades Térmicas:** La cascarilla de arroz puede mejorar las propiedades de aislamiento térmico del hormigón, haciendo que las construcciones sean más eficientes energéticamente.
- **Trabajabilidad:** Mejora la trabajabilidad de la mezcla de hormigón, facilitando su manipulación y colocación.

Sin embargo, es crucial tratar la cascarilla adecuadamente antes de su uso para eliminar posibles contaminantes y asegurar una adecuada adherencia dentro de la matriz de hormigón.

2. **BOLAS DE ICOPOR (POLIESTIRENO EXPANDIDO):** Las bolas de icopor, también conocidas como perlas de poliestireno expandido (EPS), son un material sintético ampliamente utilizado como aligerante en mezclas de hormigón:

- **Baja densidad:** El EPS es extremadamente ligero, lo que reduce significativamente el peso del hormigón.
- **Aislamiento:** Proporciona excelentes propiedades de aislamiento térmico y acústico, mejorando la eficiencia energética y el confort en las construcciones.
- **Manejabilidad:** Facilita la mezcla y la colocación del hormigón debido a su ligereza y forma esférica.
- **Durabilidad:** No absorbe agua y es resistente a la humedad, lo que contribuye a la durabilidad del hormigón.

Es importante considerar que el EPS puede afectar la resistencia a la compresión del hormigón, por lo que se debe equilibrar su cantidad para mantener las propiedades mecánicas deseadas.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

3. ASERRÍN: El aserrín es un subproducto de la industria maderera y puede ser utilizado como aligerante en mezclas de hormigón:

- **Ligereza:** Al igual que los otros aligerantes, el aserrín reduce el peso del hormigón.
- **Sostenibilidad:** Utilizar aserrín promueve el reciclaje de residuos madereros, contribuyendo a una construcción más ecológica.
- **Textura y Porosidad:** Puede mejorar la textura del hormigón y aumentar su porosidad, lo que puede ser beneficioso para ciertas aplicaciones donde se requiere mayor absorción de agua o aireación.
- **Aislamiento Térmico:** También puede mejorar las propiedades de aislamiento térmico del hormigón.

El principal desafío con el uso de aserrín es su tratamiento previo para evitar problemas de adherencia y asegurar que no afecte negativamente la resistencia y durabilidad del hormigón. Además, el contenido de lignina y otros componentes orgánicos del aserrín puede influir en las propiedades químicas del hormigón.

COMPARACIÓN Y CONSIDERACIONES

- **Peso:** Todos los aligerantes reducen el peso del hormigón, siendo el EPS el más efectivo en este aspecto.
- **Sostenibilidad:** La cascarilla de arroz y el aserrín son materiales más sostenibles y promueven la reutilización de residuos.
- **Aislamiento:** EPS proporciona el mejor aislamiento térmico, seguido por la cascarilla de arroz y el aserrín.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- **Propiedades Mecánicas:** La incorporación de estos aligerantes puede afectar la resistencia a la compresión del hormigón, siendo crucial encontrar el equilibrio adecuado en la mezcla.

Cada aligerante presenta ventajas y desafíos únicos, y su elección depende de las necesidades específicas del proyecto, considerando factores como peso, sostenibilidad, aislamiento y propiedades mecánicas del hormigón.

Moldes de cemento y aligerantes

En esta etapa del proyecto, se examina el impacto de diferentes proporciones de aligerantes en mezclas de hormigón utilizando dos tipos de moldes: uno de 8 onzas y otro de 16 onzas. El molde de 8 onzas contiene una mezcla compuesta por un 50% de hormigón y un 50% de aligerante, mientras que el molde de 16 onzas se caracteriza por una composición de 70% aligerante y 30% de hormigón. Estos moldes permiten explorar cómo la variación en la proporción de aligerantes afecta el peso final de la mezcla, la capacidad de retención de humedad, y su interacción con el musgo.

El objetivo principal de esta experimentación es comparar el peso de cada molde, considerando la cantidad y el tipo de aligerante utilizado, así como evaluar la retención de humedad, un factor crucial para la integración del musgo en los paneles de hormigón. Los resultados obtenidos de estas pruebas proporcionarán información valiosa sobre cómo optimizar la mezcla de hormigón para lograr paneles más ligeros y compatibles con sistemas de vegetación integrada, promoviendo la sostenibilidad y eficiencia en el diseño de estructuras urbanas.

Cemento y aserrín

En la fase de experimentación de este proyecto, se busca explorar el uso del aserrín como aligerante en la mezcla de cemento, evaluando su potencial para reducir el peso del material sin comprometer su integridad estructural. El aserrín, un subproducto de la industria maderera, ofrece una alternativa sostenible y económica para aligerar el hormigón, aprovechando su capacidad para disminuir la densidad de la mezcla.

Durante esta fase, se realizaron pruebas rigurosas para medir el peso del cemento modificado con aserrín en comparación con mezclas tradicionales, así como su comportamiento frente a la

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

humedad. Estas pruebas son cruciales para determinar si el uso de aserrín puede mejorar las propiedades del hormigón, haciéndolo más liviano y fácil de manejar, sin sacrificar su resistencia y durabilidad. Los resultados de esta experimentación proporcionarán información valiosa sobre la viabilidad de incorporar aserrín como componente en la producción de hormigón aligerado, contribuyendo a soluciones constructivas más sostenibles.

Figura 24. Cemento y Aserrín



FIGURA 24 Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Cemento y cascarilla de arroz

En esta fase de experimentación, se examina el uso de la cascarilla de arroz como aligerante en la mezcla de cemento, investigando su capacidad para reducir el peso del material sin afectar su resistencia estructural. La cascarilla de arroz, un residuo agrícola abundante, presenta una opción sostenible para aligerar el hormigón, aprovechando su ligereza y propiedades aislantes.

Durante esta etapa, se llevarán a cabo pruebas detalladas para comparar el peso de las mezclas de cemento modificadas con cascarilla de arroz frente a las mezclas tradicionales, así como su comportamiento frente a la humedad. Estos ensayos son fundamentales para evaluar si la inclusión de cascarilla de arroz puede mejorar las características del hormigón, haciéndolo más liviano y fácil de manipular, sin comprometer su integridad y durabilidad. Los resultados obtenidos de esta fase experimental proporcionarán una visión crítica sobre la viabilidad de utilizar la cascarilla de arroz como aligerante en la producción de hormigón, promoviendo prácticas constructivas más ecológicas y eficientes.

Figura 25. Cemento y cascarilla de arroz



FIGURA 25. Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Hormigón y bolitas de icopor

En esta fase de experimentación, se investiga el uso de bolas de icopor como aligerante en la mezcla de cemento, con el objetivo de reducir el peso del material sin comprometer su resistencia y durabilidad. Las bolas de icopor, conocidas por su ligereza y propiedades aislantes, ofrecen una alternativa innovadora para aligerar el hormigón, lo que podría mejorar su manejo y reducir los costos de construcción.

Durante esta etapa, se realizaron pruebas comparativas para medir el peso del cemento modificado con bolas de icopor en relación con mezclas convencionales, además de evaluar su comportamiento frente a la humedad. Estas pruebas son esenciales para determinar si el icopor puede ser un componente efectivo en la producción de hormigón aligerado, proporcionando un material más ligero que mantenga su solidez estructural. Los resultados de esta fase experimental permitirán evaluar la viabilidad del icopor como aligerante, contribuyendo a desarrollos constructivos más eficientes y sostenibles.

Figura 26. Cemento y bolitas de icopor



FIGURA 26. Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

Tabla 1. Peso de las mezclas

MEZCLAS		
	50% - 50%	80% - 20%
Bolas de icopor + cemento	322	440
Aserrín + cemento	347	420
Cáscara de arroz + cemento	397	420

Comportamiento de los aligerantes

En esta fase del proyecto, se llevó a cabo un experimento destinado a evaluar la influencia de distintos aligerantes en los moldes de hormigón con el fin de determinar su eficacia tanto en términos de reducción de peso como en su capacidad para favorecer la implantación y crecimiento del musgo. Se utilizaron tres aligerantes principales: aserrín, cascarilla de arroz y bolas de icopor, los cuales fueron integrados en los moldes de hormigón en diferentes proporciones. Para evaluar los resultados, se dividieron los moldes en dos partes: una destinada a la implantación del musgo, con el objetivo de analizar su adaptación a cada aligerante, y otra para ser cortada en secciones iguales y pesada, con el fin de determinar cuál de los aligerantes genera una mayor reducción de peso sin comprometer la integridad estructural del panel.

Este experimento no solo busca identificar el aligerante más eficiente para la reducción de peso en los paneles prefabricados, sino también evaluar qué materiales permiten una mejor implantación del musgo, lo cual es crucial para la sostenibilidad de las fachadas verdes. Los resultados de este análisis

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

serán fundamentales para optimizar el diseño de los paneles de hormigón y su viabilidad en aplicaciones arquitectónicas urbanas.

Resultados del peso

En esta fase del proyecto, se realizó una prueba de peso comparativa entre los tres moldes de hormigón aligerados, utilizando aserrín, cascarilla de arroz y bolas de icopor como materiales principales para reducir la densidad del concreto. Cada uno de los moldes fue partido a la mitad para evaluar de manera precisa el peso de cada sección, considerando la cantidad de aligerante incorporado en la mezcla. Esta prueba tuvo como objetivo identificar cuál de los aligerantes proporciona la mayor reducción de peso sin comprometer la integridad estructural de los paneles, un factor clave para su aplicación en fachadas urbanas y sistemas de construcción sostenibles. Además, se buscó determinar cómo la inclusión de cada material afecta el rendimiento global del hormigón en términos de peso y facilidad de manipulación, aspectos fundamentales para su uso en paneles prefabricados.

Desarrollo del experimento de pesaje de moldes aligerados

Para determinar cuál de los aligerantes es más eficiente en la reducción de peso de los paneles de hormigón, se prepararon seis moldes en total, con dos moldes para cada tipo de aligerante: aserrín, cascarilla de arroz y bolas de icopor. Los moldes fueron divididos en dos grupos según las proporciones de hormigón y aligerante:

1. **Mezcla 1 (50% hormigón - 50% aligerante):** Se realizó una mezcla equilibrada entre el hormigón y el aligerante, manteniendo una proporción igual de ambos componentes para evaluar el comportamiento del hormigón con una cantidad significativa de material aligerante.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

2. **Mezcla 2 (20% hormigón - 80% aligerante):** En esta mezcla, se utilizó una mayor cantidad de aligerante (80%) y una menor cantidad de hormigón (20%), con el fin de observar cómo influye la mayor proporción de aligerante en el peso y la integridad del molde.

Figura 27. Prueba de peso



FIGURA 27. Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

Las pruebas de mayor tamaño contiene el 80% de aligerante y el 20% de cemento; Las pruebas de menor tamaño tienen un porcentaje de 50% aligerante y 50% cemento.

Procedimiento de pesaje

1. **Preparación de los moldes:** Los seis moldes, cada uno con diferentes combinaciones de aligerante y hormigón, se prepararon de manera uniforme en moldes de icopor y se dejaron fraguar. Una vez endurecidos, cada molde fue partido a la mitad para facilitar el proceso de pesaje y análisis.

2. **Pesaje de los moldes:** Cada mitad de los moldes fue pesada en una balanza de precisión para obtener los datos exactos sobre la reducción de peso lograda con los diferentes aligerantes. El

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

objetivo principal era identificar qué combinación de material y proporción ofrecía el peso más bajo, manteniendo una estructura sólida.

- **Bolas de icopor:** Las mitades de los moldes con bolas de icopor, tanto en la mezcla del 50% como en la del 80%, resultaron ser las más ligeras. Sin embargo, a pesar de su capacidad para reducir significativamente el peso del hormigón, el icopor no fue considerado como una opción viable para el proyecto debido a su falta de sostenibilidad y su impacto ambiental negativo.

- **Aserrín:** Los moldes aligerados con aserrín mostraron una reducción de peso significativa, siendo el segundo aligerante más ligero después del icopor. En la mezcla de 50% hormigón y 50% aserrín, el peso fue considerablemente menor que el de la mezcla de cascarilla de arroz. En la mezcla de 80% aserrín y 20% hormigón, el molde también presentó una notable reducción de peso, aunque manteniendo una buena cohesión estructural.

- **Cascarilla de arroz:** Los moldes con cascarilla de arroz fueron los más pesados entre los tres aligerantes, aunque ofrecieron una reducción en comparación con el hormigón sin aligerar. A pesar de ser más pesado que el aserrín, este material mostró una integración adecuada en la mezcla de hormigón, pero no alcanzó los mismos niveles de ligereza que el aserrín o el icopor.

3. **Resultados y selección del aligerante óptimo:** Tras completar el pesaje de todas las mitades de los moldes, se determinó que, aunque las bolas de icopor proporcionaban el menor peso, el **aserrín** fue seleccionado como el aligerante más adecuado debido a su ligereza combinada con su sostenibilidad ambiental. El aserrín ofreció una considerable reducción de peso en ambas mezclas (50% y 80%) sin comprometer las propiedades estructurales del hormigón, y además, se trataba de un material ecológico, accesible y económico.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

El experimento permitió concluir que, para el diseño de paneles prefabricados aligerados, el aserrín es la opción más equilibrada en términos de peso, sostenibilidad y compatibilidad con el hormigón.

Figura 28. Aserrín



FIGURA 28. Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

Resultados en la adaptación del musgo

En esta fase del experimento, se realizó una prueba de adaptabilidad del musgo en los tres moldes de hormigón aligerados, utilizando aserrín, cascarilla de arroz y bolas de icopor como materiales principales. Cada molde fue partido a la mitad para evaluar cómo las diferentes mezclas de hormigón y aligerantes afectan la capacidad del musgo para adherirse y crecer en la superficie del panel. Esta prueba busca determinar cuál de los aligerantes permite una mejor integración del musgo, considerando factores clave como la retención de humedad, la textura superficial del hormigón y el desarrollo del

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

musgo sobre cada tipo de panel. El objetivo es identificar la combinación óptima de aligerante que favorezca el crecimiento sostenible del musgo en fachadas urbanas, contribuyendo a la creación de un sistema de paneles verdes eficientes y ecológicos.

Desarrollo del experimento de adaptabilidad del musgo en los moldes aligerados

Para evaluar la adaptabilidad del musgo en los tres moldes de hormigón aligerados, se seleccionaron los mismos aligerantes: aserrín, cascarilla de arroz y bolas de icopor. Cada molde fue partido a la mitad, lo que permitió exponer superficies de las diferentes mezclas y estudiar cómo el musgo se comportaba en cada una. El experimento se desarrolló durante un período de 15 días, tiempo en el que se monitorea el crecimiento, la adherencia y la retención de humedad del musgo en los paneles.

Proceso de implantación y monitoreo:

1. **Preparación de los moldes:** Los moldes de hormigón con cada uno de los aligerantes fueron preparados y partidos a la mitad, permitiendo que el musgo se colocara en contacto directo con la superficie de cada tipo de panel. Se utilizó una mezcla de musgo *Leucodon sciuroides* y *Homalothecium lutescens* en todas las muestras, asegurando la consistencia en la observación de la adaptabilidad.
2. **Condiciones del experimento:** Durante los 15 días de estudio, los moldes fueron sometidos a condiciones controladas de humedad y exposición a luz indirecta, simulando un entorno urbano típico para observar cómo el musgo se desarrollaba en los diferentes materiales. El riego se realiza regularmente para mantener un ambiente húmedo y favorable para el crecimiento del musgo.
3. **Observación de la adaptabilidad del musgo:**

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- **Moldes con bolas de icopor:** Durante los primeros días, se observó que el musgo no lograba adherirse adecuadamente a la superficie del hormigón aligerado con icopor. Aunque las bolas de icopor ayudaron a reducir el peso del molde, la falta de porosidad y retención de humedad de este material impidió que el musgo se estableciera de manera efectiva. Al finalizar el periodo de 15 días, el musgo mostró un crecimiento mínimo y su adherencia fue débil.

Figura 29. Bolas de icopor y musgo



FIGURA 29. Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

- **Moldes con cascarilla de arroz:** En los moldes con cascarilla de arroz, el musgo logró una mejor adherencia en comparación con los moldes de icopor, pero la cascarilla no retuvo suficiente humedad para permitir un crecimiento óptimo. A lo largo de los 15 días, se observó un crecimiento moderado del musgo, pero con algunas áreas secas, lo que indicaba que la superficie no proporcionaba la porosidad ni la absorción de agua necesarias para el desarrollo completo del musgo.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Figura. 30 Cascarilla de arroz y musgo



FIGURA 30. Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

- **Moldes con aserrín:** Los moldes aligerados con aserrín demostraron ser los más efectivos para la implantación del musgo. Desde los primeros días, el musgo mostró una excelente adherencia a la superficie del hormigón aligerado con aserrín. La capacidad del aserrín para absorber y retener la humedad fue clave para el crecimiento sostenido del musgo a lo largo de los 15 días. Además, la textura porosa creada por el aserrín proporcionó un sustrato ideal para que el musgo se fijara de manera estable.

Figura 31. Aserrín y musgo



MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

FIGURA 31. Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

4. Resultados del experimento:

Al concluir el experimento, se determinó que el **aserrín** fue el aligerante que mejor se adaptó a la implantación del musgo. Su capacidad para absorber y retener humedad proporcionó las condiciones ideales para que el musgo creciera y se adhiriera de manera uniforme a la superficie del panel de hormigón. En contraste, los moldes de icopor y cascarilla de arroz no ofrecieron una retención de humedad suficiente, lo que resultó en un crecimiento limitado del musgo.

5. Conclusión del experimento:

El aserrín, además de ser el aligerante más efectivo en términos de peso y sostenibilidad, demostró ser el material más adecuado para favorecer la adaptabilidad del musgo en los paneles de hormigón. Su capacidad para crear una superficie porosa y retener la humedad permitió un crecimiento vigoroso y saludable del musgo, lo que refuerza su idoneidad como aligerante en el desarrollo de paneles verdes para fachadas urbanas.

Figura 32. Aligerantes y musgo



MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

FIGURA 32. Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

Tabla 2. Adición del musgo a las mezclas

MEZCLAS	
	Porcentaje
Bolas de icopor + cemento	80%
Aserrín + cemento	73%
Cáscara de arroz + cemento	68%

Diseño De Paneles Finales

En esta fase del proyecto, se procedió con el diseño de tres moldes correspondientes a tres tipos de paneles: el panel regulador, el panel básico y el panel polinizador. Cada molde fue diseñado teniendo en cuenta las características específicas de cada panel, priorizando tanto la funcionalidad estructural como los requisitos para la implantación del musgo.

El sistema de desagüe fue cuidadosamente incorporado en los moldes para asegurar la correcta evacuación de agua, elemento clave para la sostenibilidad y el mantenimiento de los paneles verdes. Además, se incluyó un sistema estructural compuesto por rejillas o mallas de alambre, que brindan mayor resistencia y soporte al hormigón, especialmente en combinación con el aligerante seleccionado, el aserrín.

Una vez diseñado el molde, se vertió la mezcla de hormigón y aserrín, asegurando la uniformidad y calidad del panel. Finalmente, tras el proceso de secado, los paneles fueron preparados para la implantación de musgo, con el objetivo de crear un sistema de paneles que no solo sean livianos y resistentes, sino que también promuevan la sostenibilidad y la integración de elementos naturales en el entorno urbano.

El procedimiento para la realización de la fase de diseño y construcción de los tres moldes correspondientes a los paneles (panel regulador, panel básico y panel polinizador) incluyó los siguientes pasos:

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

1. Diseño del molde

- **Panel regulador:** Se diseñó considerando una pendiente a dos aguas en la parte superior, con una canaleta metálica en la parte inferior para redirigir el agua hacia los paneles básicos laterales.
- **Panel básico:** Se diseñó como un panel estándar sin aberturas, con el objetivo de servir como base estructural y soporte para el sistema de riego y drenaje.
- **Panel polinizador:** Se diseñó con aberturas hexagonales de 7 cm de profundidad, con inserciones de madera para proporcionar un hábitat adecuado para polinizadores.

Figura 33. Panel polinizador



FIGURA 33. Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

2. Preparación del sistema de drenaje

- Se incorporaron orificios estratégicos y canaletas para el correcto flujo y recolección del agua, que es fundamental para mantener el musgo hidratado y funcional.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

- Las canaletas metálicas fueron instaladas en la parte inferior del panel regulador, garantizando una correcta conexión con los paneles adyacentes.

Figura 34. Panel básico y sistema de desagüe



FIGURA 34. Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

3. Instalación del sistema estructural

- Se colocó una rejilla de alambre o malla metálica en el interior de cada molde. Esta rejilla serviría para reforzar el hormigón, mejorando la resistencia estructural de los paneles.
- Se verificó que el sistema estructural estuviera bien asegurado para evitar desplazamientos durante el vertido del hormigón.

Figura 35. Sistema estructural



MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

FIGURA 35. Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

4. Preparación de la mezcla de hormigón con aligerante

- La mezcla de hormigón fue preparada con el aligerante seleccionado (aserrín) en las siguientes proporciones:

- 50% hormigón y 50% aserrín para el molde básico.
- 50% hormigón y 50% aserrín para el molde regulador.
- 50% hormigón y 50% aserrín para el molde polinizador.

- El aserrín fue elegido por sus propiedades de ligereza y capacidad de retención de humedad, lo cual facilita la implantación del musgo.

Figura 36. Mezcla de hormigón y aligerante



MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

FIGURA 36. Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

5. Vertido del hormigón en los moldes

- La mezcla de hormigón y aserrín fue vertida en los moldes diseñados, asegurando una distribución uniforme en toda la superficie del molde.
- Se vigiló que no quedaran vacíos o bolsas de aire en la mezcla para asegurar la solidez del panel una vez seco.

Figura 37. Secado de la mezcla



MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

FIGURA 37 Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

6. Secado del panel

- Los paneles fueron dejados secar en condiciones controladas durante un tiempo adecuado, garantizando la integridad estructural.
- Durante el proceso de secado, se verificó que el sistema de drenaje y las inserciones estructurales estuvieran en su lugar.

Figura 38. Secado de los paneles



MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

FIGURA 38 Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

Figura 39. Paneles para la implantación



FIGURA 39 Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

7. Implantación del musgo

- Una vez los paneles estaban completamente secos, se prepararon las superficies con una ligera capa de humedad para facilitar la adherencia del musgo.
- El musgo previamente cosechado y preparado fue colocado en los paneles, cuidando la distribución homogénea sobre toda la superficie.
- Finalmente, se regaron los paneles para asegurar que el musgo se mantuviera adecuadamente hidratado durante el periodo de adaptación.

Este procedimiento asegura la creación de paneles de hormigón livianos, funcionales y estéticamente agradables, que optimizan la implantación de musgo y facilitan la integración de elementos naturales en el entorno urbano.

Figura 40. Paneles con la implantación de Musgo

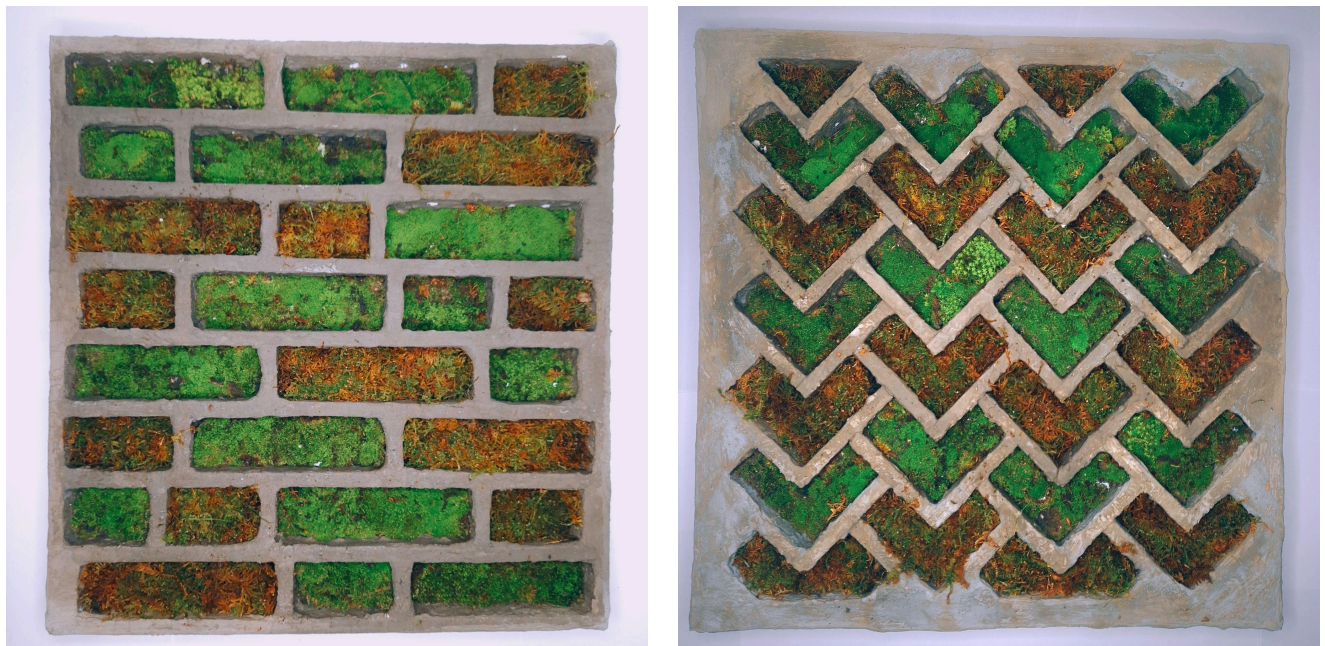


FIGURA 40 Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Figura 41. Crecimiento del musgo



FIGURA 41 Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

Figura 42. Panel polinizador con sistema de anidación



FIGURA 42 Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

Prefactibilidad De Costos Y Presupuestos

En la planificación y desarrollo de proyectos de construcción sostenible, los costos y presupuestos son aspectos fundamentales que determinan la viabilidad y el éxito de las propuestas. En el caso de los paneles de concreto prefabricados con musgo, los costos no solo comprenden el diseño y producción del panel en sí, sino también la integración de materiales aligerantes, sistemas de anclaje, preparación de la superficie para el musgo y posibles sistemas.

Esta sección de costos y presupuestos examina detalladamente los recursos financieros necesarios para llevar a cabo el proyecto, evaluando cada etapa del proceso, desde la selección y adquisición de materiales sostenibles hasta la implementación de tecnologías que permitan el crecimiento óptimo del musgo. Además, se consideran las estrategias para optimizar el uso de los recursos, incluyendo la elección de materiales como el aserrín, que contribuyen a la reducción de peso y costos de transporte, así como los beneficios a largo plazo de un sistema sostenible y de bajo mantenimiento. Este análisis permitirá una mejor comprensión del equilibrio entre costos iniciales, rentabilidad y el valor ecológico de los paneles en entornos urbanos.

A continuación una tabla donde se establecen todos los gastos tanto en materiales, como en mano de obra, transporte y herramientas para la construcción de los paneles:

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Tabla 3. Costos por paneles prefabricados

MATERIALES					
UNIDAD	INSUMOS	VALOR UNITARIO	UNIDAD PANEL	CANTIDAD	VALOR
L	Agua	\$ 4.800,00	L	1	\$ 4.800,00
U	Canal de drenaje prefabricado (Polimeros) para aguas lluvias	\$ 22.400,00	U	1	\$ 22.400,00
Kg	Cemento Portland ASTM C150 tipo I	\$ 8.211,00	Kg	1	\$ 8.211,00
Gl	Impermeabilizante liquido acrilico y/o poliuretano para concreto	\$ 11.253,00	Gl	1	\$ 11.253,00
U	Tornillos de union de D: 12mm	\$ 931,25	U	6	\$ 5.587,50
M2	Hidrosiembra para mantenimiento	\$ 1.977,00	M2	1	\$ 1.977,00
M2	Textil de tejido abierto	\$ 20.603,00	M2	1	\$ 20.603,00
Kls	Bulto de aserrin	\$ 4.000,00	Kls	1	\$ 4.000,00
M2	Cesped	\$ 160,00	M2	1	\$ 160,00
EQUIPOS					
H	Formaleta metalica prefabricada de paneles de concreto (M2)	\$ 1.630,00	H		\$ 1.630,00
H	Taladro de 1/2, pulidora, lijadora y circular	\$ 3.504,00	H		\$ 3.504,00
MANO DE OBRA					
DIA	Maestro	\$ 200.416,00	DIA	200	\$ 2.000,00
DIA	1 operador de maquinaria liviana	\$ 160.333,00	DIA	200	\$ 1.000,00
DIA	Obrero	\$ 80.166,00	DIA	200	\$ 500,00
VALOR TOTAL					\$ 87.625,50

Tabla 3 Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

Tabla 4. Costos por panel unitario de hormigón

MODULO DE PANEL DE MUSGO				
UNIDAD	INSUMO	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR
L	Agua	\$ 4.800,00	1	\$ 4.800,00
Kg	Cemento Portland ASTM C150 tipo I	\$ 8.211,00	1	\$ 8.211,00
Kg	Bulto de aserrin	\$ 4.000,00	1	\$ 4.000,00
M2	Cesped	\$ 160,00	1	\$ 160,00
VALOR TOTAL				\$ 17.171,00
PESO UNITARIO PANEL : 7.30 Kilos				

Tabla 4 Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

Tabla 5. Costos por panel unitario polinizador

MODULO DE PANEL POLINIZADOR				
UNIDAD	INSUMO	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR
L	Agua	\$ 4.800,00	1	\$ 4.800,00
Kg	Cemento Portland ASTM C150 tipo I	\$ 8.211,00	1	\$ 8.211,00
Kg	Bulto de aserrin	\$ 4.000,00	1	\$ 4.000,00
VALOR TOTAL				\$ 17.011,00
PESO UNITARIO PANEL : 7.70 Kilos				

Tabla 5 Nota . Fuente PROPIO [Fotografía], por PROPIA

Con base en la información de costos y presupuestos proporcionados, se puede concluir que la implementación de paneles de concreto prefabricado aligerado con musgo y paneles polinizadores representa una inversión significativa en materiales y mano de obra. El costo total de producción para un

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

panel de este tipo asciende a \$87.625, con elementos como el canal de drenaje prefabricado para aguas lluvias y la mano de obra especial.

Los módulos de paneles específicos, como el de musgo y el polinizador, tienen valores individuales de \$17.171 y \$17.011 respectivamente. Estas cifras reflejan que, aunque los paneles requieren una inversión inicial considerable, el uso de materiales sostenibles como el aserrín aligerado y la incorporación de técnicas de construcción ecológica pueden justificar el costo debido a sus beneficios ambientales.

En conclusión, el presupuesto necesario para estos paneles está alineado con los costos de materiales de alta calidad y las especificaciones técnicas para asegurar la durabilidad y funcionalidad ecológica. Esto representa una inversión orientada hacia el desarrollo sostenible, que puede generar valor a largo plazo al contribuir a la mejora de la calidad ambiental y la biodiversidad urbana.

Conclusión

La conclusión de este proyecto de investigación y experimentación sobre la integración de paneles de hormigón aligerado con musgo y polinizadores es:

En primer lugar, la elección del **aserrín como aligerante principal** se destaca por su capacidad para reducir el peso del hormigón, sin comprometer su resistencia estructural, y por sus propiedades únicas que facilitan la retención de humedad, condición esencial para la correcta implantación y crecimiento del musgo. Tras comparar con otros aligerantes como la cascarilla de arroz y las bolas de icopor, el aserrín demostró ser el más eficiente al proporcionar una estructura más porosa, ligera y compatible con las necesidades del musgo, asegurando así una mayor adaptabilidad y supervivencia de las especies vegetales en un entorno controlado.

El diseño de los tres tipos de **paneles (básico, regulador y polinizador)** también fue fundamental en este proceso. Cada uno de ellos cumplió una función específica en la estructura general del sistema, aportando elementos técnicos y estéticos que responden a las exigencias de una fachada verde urbana. El panel regulador, con su sistema de desagüe eficiente, y el panel polinizador, diseñado con cavidades hexagonales para promover la nidificación de polinizadores. En este sentido, el **panel polinizador** es un hito en la fusión de la arquitectura con la biodiversidad, proporcionando un hábitat seguro para polinizadores esenciales en los ecosistemas urbanos.

En cuanto al **sistema de drenaje**, su correcta implementación permitió un flujo constante y eficiente de agua a lo largo de los paneles, lo que asegura la irrigación del musgo y su salud a largo plazo. Además, la **implantación del musgo** en los paneles fue un desafío superado gracias a la adecuada preparación del sustrato y el aligerante, así como a las pruebas de retención de humedad, que garantizan condiciones óptimas para su crecimiento. La elección de las especies **Leucodon sciuroides** y

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

Homalothecium lutescens fue clave para asegurar la viabilidad de la vegetación en estos paneles, teniendo en cuenta las condiciones específicas de un entorno urbano, donde el control de la humedad y la exposición solar son factores determinantes para la supervivencia del musgo.

Finalmente, la integración **de materiales sostenibles, sistemas naturales y estructuras arquitectónicas** es no sólo posible, sino necesaria para el futuro de la construcción urbana.

Bibliografía

1. Noguera García, J. A. (2013). El hormigón como soporte biológico natural y su aplicación en fachadas. In *Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Ecoeficientes (1º. 2013. Sevilla)*. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I.
2. Franco Mateus, S. A. (2015). Valoración financiera de fachadas verdes-muros verdes en la ciudad de Bogotá.
3. Silvestre Arana, A. P. *Aplicación de musgos oedipodiopsida en placas de hormigón de uso exterior para reducir el dióxido de carbono en la ciudad de La Paz* (Doctoral dissertation).
4. Luzardo, J. M. P. (1992). *Color y textura en el hormigón estructural: influencia de la adición de pigmentos colorantes en las características de los hormigones canarios* (Doctoral dissertation, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria).
5. Campos Salazar, L. V., Gradstein, R., Moncada, B., & Valbuena, G. P. (2008). *Santa María, líquenes, hepáticas y musgos: guía de campo*. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales.
6. Aguirre Ceballos, J, Rangel Churio, J, Avendaño T., K, Ruíz, C y Sipman, H. (2008). Colombia diversidad biótica VI : Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
7. Miguel, S., Figueira, A., Faggi, A., & Portmann, J. G. (2017). Cubiertas verdes y jardines verticales. Comportamiento térmico y acústico de sistemas modulares. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente-AVERMA, 21*, 13-24.
8. Barranco, O. (2015). La arquitectura bioclimática. Módulo Arquitectura CUC, Vol.14 N°2 31-40.
9. *MOSS COLUMN I - Yong Ju lee*. (s/f). Yongjulee.com. Recuperado el 14 de marzo de 2024, de <https://www.yongjulee.com/MOSS-COLUMN-I>

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

10. Revilla, M. J. (2020, junio 15). *Ikea diseña una casita para abejas que puedes construirte tú mismo*. ELLE Decor.
<https://www.elledecor.com/es/disenio/a32847670/ikea-casa-salvar-abejas-peligro-extincion/>
11. *Desarrollan un hormigón biológico para construir fachadas “vivas” con líquenes, musgos y otros microorganismos*. (2015, julio 24). cicconstruccion.com.
<https://www.cicconstruccion.com/texto-diario/mostrar/2747383/desarrollan-hormigon-biologico-o-construir-fachadas-vivas-liquenes-musgos-otros-microorganismos>
12. *AFFSET-MOSS*. (s/f). ISGLOBAL. Recuperado el 8 de abril de 2024, de
<https://www.isglobal.org/-/ffset-moss>
13. Obeso, J. R., & Herrera, J. M. (2018). Polinizadores y cambio climático. *Ecosistemas*, 27(2), 52-59.
<https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1371>
14. Nates Parra, G. (2016). Iniciativa colombiana de polinizadores.
<https://rid.unrn.edu.ar/jspui/handle/20.500.12049/4188>
15. Matellano Villacampa, J. (2023). Jardín para polinizadores. Estudio del ecosistema urbano e infraestructura verde. <https://oa.upm.es/73034/>
16. Hoyos López, D. (2018). *Relaciones entre la morfología y las propiedades hidráulicas de los briofitos* (Bachelor's thesis, Escuela Arquitectura y Diseño).
<https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/3814>
17. Flores, J. W. V., Febres, C. G. V., Alvarez, A. C. A., & Salas, D. G. R. (2021). Inhibición del crecimiento de líquenes y musgos en elementos líticos usados en la construcción de fachadas de iglesias patrimoniales cusqueñas aplicando nanoburbujas de aire. *Ge-conservacion*, 19, 20-30.
<https://www.ge-iic.com/ojs/index.php/revista/article/view/812>
18. Santos Gonzales, B. M., & Gutierrez Aicart, A. (2022). Estructuras de musgo como alternativa para contrarrestar los niveles de contaminación del aire.
<https://repositorio.tls.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12826/231/Tesis%20-%20Estructuras%20d>

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

[e%20musgo%20como%20alternativa%20para%20contrarrestar%20los%20niveles%20de%20contaminaci%C3%B3n%20del%20aire.pdf?sequence=3](#)

19. Abdallah, Y., Estévez, A. T., & Afsar, S. (2023). Sistemas bioaprendidos y bioreceptivos de materiales biocompuestos en Arquitectura. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, (178), 53-69. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8874031>
20. Garabito, D., Vallejo, R., Montero, E., Garabito, J., & Martínez-Abaigar, J. (2017). Envoltentes verdes de edificios con briófitos. Una revisión del estado actual de la cuestión. *Boletín de la Sociedad Española de Briología*, 47, 48. https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Vallejo/publication/334330242_ENVOLVENTES_VERDES_DE_EDIFICIOS_CON_BRIOFITOS_UNA_REVISION_DEL_ESTADO_ACTUAL_DE_LA_CUESTION_GREEN_BUILDING_ENVELOPES_WITH_BRYOPHYTES_A_REVIEW_OF_THE_STATE_OF_THE_ART/links/5d24fd22a6fdcc2462d05b3a/ENVOLVENTES-VERDES-DE-EDIFICIOS-CON-BRIOFITOS-UNA-REVISION-DEL-ESTADO-ACTUAL-DE-LA-CUESTION-GREEN-BUILDING-ENVELOPES-WITH-BRYOPHYTES-A-REVIEW-OF-THE-STATE-OF-THE-ART.pdf
21. Pelegrín Sánchez, F. (2001). Minipresa con pantalla, desagüe-colector y aliviadero prefabricados para la captación y descarga del agua de escorrentía de pequeñas cuencas. <https://idus.us.es/items/c4465a14-ee27-4144-84dd-479722888c4b>
22. Araujo Armero, R. (1997). Hormigón prefabricado y construcción en altura. *Tectónica*, (5), 4-13. https://oa.upm.es/45196/1/1997_prefabricado_RA_opt.pdf
23. Vidal, A. L. (2017). Construcción modular en hormigón: una tendencia al alza. *Revista Técnica CEMENTO HORMIGÓN*• N° 980, 48. <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/359>
24. Chahua Llerena, C. A., & Del Solar Ramos, N. (2024). Análisis comparativo entre el sistema constructivo convencional de albañilería confinada y el sistema constructivo no convencional COVINTEC para evidenciar las ventajas competitivas del sistema constructivo no convencional aplicado en proyectos de vivienda social progresiva en la ciudad de Arequipa, 2021. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/1a691a61-6b44-415a-aa78-402d82ccb9f8>
25. Puerta, A. (1979). Características del hormigón para prefabricados de fachada. *Informes de la Construcción*, 32(314), 43-49.

MUSTOPIA: ADAPTACIÓN DE MUSGO Y POLINIZADORES EN PANELES DE HORMIGÓN

<https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/2410>

26. Prieto Plazas, A. M., Palacios Sánchez, E. A., & Vanegas Zabala, J. J. (2021). Implementación de módulos prefabricados para vivienda.

<https://repositorio.unicolmayor.edu.co/handle/unicolmayor/5395>

27. Pineda Suarez, J. C., Medina Perdomo, J. H., & Giraldo Vargas, A. E. (2017). Sistema de unión para paneles prefabricados en concreto para muros perimetrales.

<https://repository.ugc.edu.co/items/43f1107f-83e0-4e15-be4d-ae316e4c22b2>

28. Alcívar Cruz, B., Quizhpi Llaguno, D. M., & Peralta Jaramillo, J. (2019). *Diseño y construcción de un equipo de pruebas para valoración de la respuesta térmica de paredes prefabricadas* (Doctoral dissertation, ESPOL. FIMCP).

<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52848>

29. Gómez, P. A. S., Ivanissevich, M. A. C., & Cantaloube, É. N. C. (2024). Evaluación de estrategias de enverdecimiento vertical en clima árido. El caso de las fachadas verdes. *Revista de arquitectura*, 26(2), 9. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9675560>

30. González, L. E. Q., & González, J. R. Q. (2019). Infraestructuras verdes vivas: características tipológicas, beneficios e implementación. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 12(23).

<https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cvyu/article/view/25909/>