



ESCUELA DE ARQUITECTURA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO  
Y ESTUDIOS URBANOS

mase

# ESTUDIO DE ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA EN BASE A TEXTIL DE MICELIO

## PROYECTO DE CENTRO DE INTERPRETACIÓN EN PARQUE OMORA

Profesores Guía:

Francisco Chateau Gannon- Sebastián Rodríguez Jara

Ayudante:

Matías Elliot Oyarce

Tesis para optar al Título Profesional de Arquitecto y Grado de Magíster en Arquitectura Sustentable y Energía

© 2021, Paulina Avendaño Salgado, Santiago, Chile

## ABSTRACT

Los materiales compuestos de micelio nacen debido a la búsqueda de materiales sustentables y biodegradables para reducir la contaminación ambiental y residuos generados por las industrias. El gran interés en estos materiales se debe a su capacidad de poder ser cultivados y no extraídos de la naturaleza como materia prima. En su producción se utilizan desechos de otras faenas para generar un nuevo producto, transformando los ciclos de producción en una economía circular, donde se trabaja con una cantidad finita de recursos que van siendo reutilizados.

El propósito de la investigación es estudiar y analizar los materiales textiles compuestos de micelio para el desarrollo de una envolvente arquitectónica, donde se presenta un desafío al momento de diseñar con el micotextil, ya que aún se encuentra en etapa de experimentación y no se ha logrado generar muestras con el tamaño y la resistencia adecuada para su uso en la arquitectura, pero existen tratamientos y procesos que permiten modificar sus propiedades.

Se clasificaron y estudiaron los tipos de cepas utilizadas para la producción del textil en base a micelio, las cualidades de los productos existentes con este tipo de material y los métodos de elaboración para establecer cómo fabricar y diseñar con este elemento un componente para conformar una envolvente. Mediante la unión por anastomosis del hongo, sería posible generar una superficie flexible, resistente y aislante que, en un futuro, permitiría envolver una estructura secundaria de apoyo conformada por perfiles metálicos y tensores, conformando una envolvente con este material para definir y establecer los diferentes espacios destinados a diferentes programas.

El proyecto realizado con este componente de micelio, como elemento principal conformador de espacios, se diseñó con un sistema de capas al modo del ropaje que conforman diferentes niveles de interioridad y temperie que van aumentando a medida que uno se va introduciendo en los recintos. En estos espacios de aire entre capas se encuentran las circulaciones y programas, pero siempre considerando la vestimenta de las personas como la mayor protección contra las bajas temperaturas que se presentan en el lugar.

### PALABRAS CLAVE:

Textil de micelio  
Trama, Matriz vegetal  
Recubrimientos, Resinas  
Resistencia a la tracción,  
Flexibilidad  
Envolvente

## ÍNDICE

### ABSTRACT

1. **FORMULACIÓN INVESTIGATIVA**
  - 1.1 INTRODUCCIÓN
  - 1.2 MARCO TEÓRICO
  - 1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA
  - 1.4 PREGUNTAS
  - 1.5 OBJETIVOS
  - 1.6 HIPÓTESIS
  - 1.7 METODOLOGÍA
  
2. **CONTEXTO**
  - 2.1 INTRODUCCIÓN
  - 2.2 ANTECEDENTES DEL LABORATORIO DE BIOFABRICACION UC
  - 2.3 BIOFABRICACIÓN
  - 2.4 FABRICACIÓN CON MICELIO Y LABORATORIO DE BIOFABRICACIÓN UC
  
3. **ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE**
  - 3.1 TIPOS DE CEPAS UTILIZADAS
  - 3.2 PROCESOS DE FABRICACIÓN EXISTENTES
  - 3.3 ELEMENTOS EXISTENTES CON MICELIO
  
4. **MATERIALES Y PRUEBAS MECÁNICAS**
  - 4.1 MÉTODOS Y CONDICIONES DE FABRICACIÓN
  - 4.2 CARACTERIZACIÓN MATERIAL
  - 4.3 PRUEBAS MECÁNICAS
  - 4.4 RESULTADOS
  
5. **ARQUITECTURA Y MATERIAL TEXTIL**
  - 5.1 IMPLEMENTACIÓN DEL MATERIAL
  
6. **PROYECTO**
  - 6.1 LUGAR DE EMPLAZAMIENTO
  - 6.2 ANÁLISIS CLIMÁTICO
  - 6.3 PROGRAMA
  - 6.4 ESTRATEGIAS DE DISEÑO
  - 6.5 PLANIMETRÍA
  
7. **SÍNTEISIS PROYECTUAL**
  
8. **CONCLUSIONES**
  
9. **BIBLIOGRAFÍA**
  
10. **ANEXO**

# 1.

## FORMULACIÓN INVESTIGATIVA

### 1.1 INTRODUCCIÓN: REINO FUNGI

El reino fungi es un grupo de diversos organismos que incluyen setas, royas, trufas, mohos y levaduras. Se han descrito cerca de 100.000 especies de hongos, pero se estima que existen cerca de 1,5 millones de especies (Montes *et al.* 2003)<sup>1</sup>.

La mayoría de los hongos presentan una apariencia filamentosa y ramificada llamada micelio, el cual conforma la estructura vegetativa del hongo, semejante a una raíz. El micelio es un conjunto de filamentos llamados hifas, las que crecen en forma de largos brazos tubulares en todas direcciones y se extienden sobre el sustrato, invadiéndolo y produciendo enzimas que permiten la hidrólisis de los nutrientes convirtiéndolos en material soluble para ser absorbidos y usados en procesos metabólicos del hongo para su crecimiento y desarrollo. (Garcés de Granada *et al.* 2003)<sup>2</sup>.

Los hongos se pueden clasificar en 3 tipos según su fuente de alimento:

- Parásitos: se nutren a partir de organismos vivos.
- Simbióticos: se relacionan con otros organismos para nutrirse y beneficiarse.
- Saprófitos: se nutren a partir de la degradación de materia orgánica muerta de origen vegetal o animal.

En un contexto de fabricación alternativa y menos contaminante que la de materiales actuales, nace la idea de “crecer los materiales en lugar de extraerlos”, con una nueva generación de biomateriales sostenibles a partir del uso de microorganismos vivos, como el hongo, destacándose en la literatura el uso de hongos saprófitos o descomponedores de madera, debido a su capacidad de descomponer un sustrato y modificarlo con el micelio, generando materiales nuevos.

Dentro de la categoría de hongos saprófitos existen diferentes tipos, debido a la forma en la que estos descomponen la madera:

- Podredumbre pardo: el hongo se alimenta de hemicelulosa y celulosa, dejando la lignina, siendo esta responsable del color pardo de la madera.
- Podredumbre blanda: el hongo modifica la lignina presente en la madera, generando su ablandamiento.
- Podredumbre blanca: el hongo se alimenta de la lignina dejando la celulosa a la vista, lo que produce el color blanco de la madera.

Los hongos de pudrición blanca para la producción de biomateriales basados en micelio destacan debido a su gran capacidad para degradar y digerir la pared celular vegetal, ya que mientras mayor sea el potencial ligninolítico de las cepas, se espera una mayor capacidad de colonizar el sustrato lignocelulósico utilizado (Feijóo *et al.* 2021)<sup>3</sup>.

<sup>[1]</sup> Montes, Beatriz, y Restrepo, Angela, y McEwen, Juan G., y “Nuevos aspectos sobre la clasificación de los hongos y su posible aplicación médica.” *Biomédica* 23, no. 2 (2003):213-224. Redalyc, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84323212>

<sup>[2]</sup> GARCÉS DE GRANADA, EMIRA, MARINA CORREA DE RESTREPO, BERTA COBA DE GUTIERREZ, MARTHA OROZCO DE AMEZQUITA, ANGELA ZAPATA L., AMALFY CHINGANA, and SANDRA SABOGAL. 2003. *Morfología Y Clasificación De Los Hongos*. [Bogotá, Colombia]: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología.

<sup>[3]</sup> Feijóo, Kevin, Stalin A. Bermúdez, Hernán Rebolledo, José Miguel Figueroa, Pablo Zamora, and Leopoldo Naranjo. 2021. “Bioproductos Desarrollados A Partir De Micelio De Hongos: Una Nueva Cultura Material Y Su Impacto En La Transición Hacia Una Economía Sostenible”. *Revista Bionatura*, , 2021.

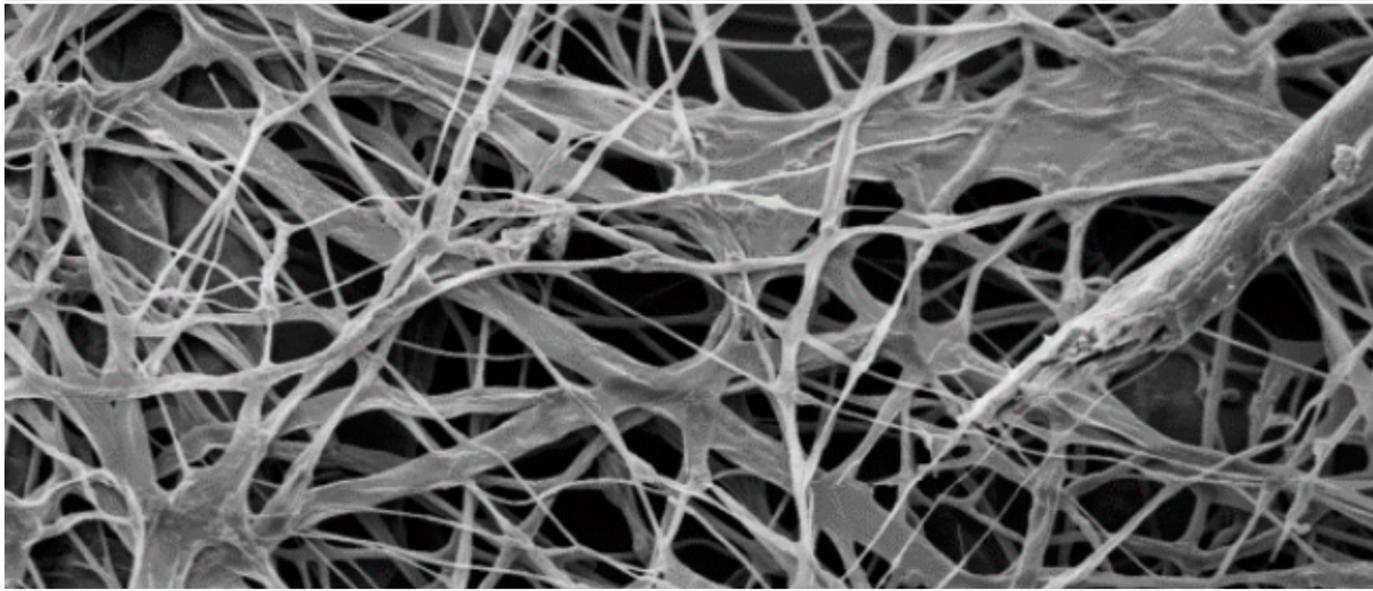
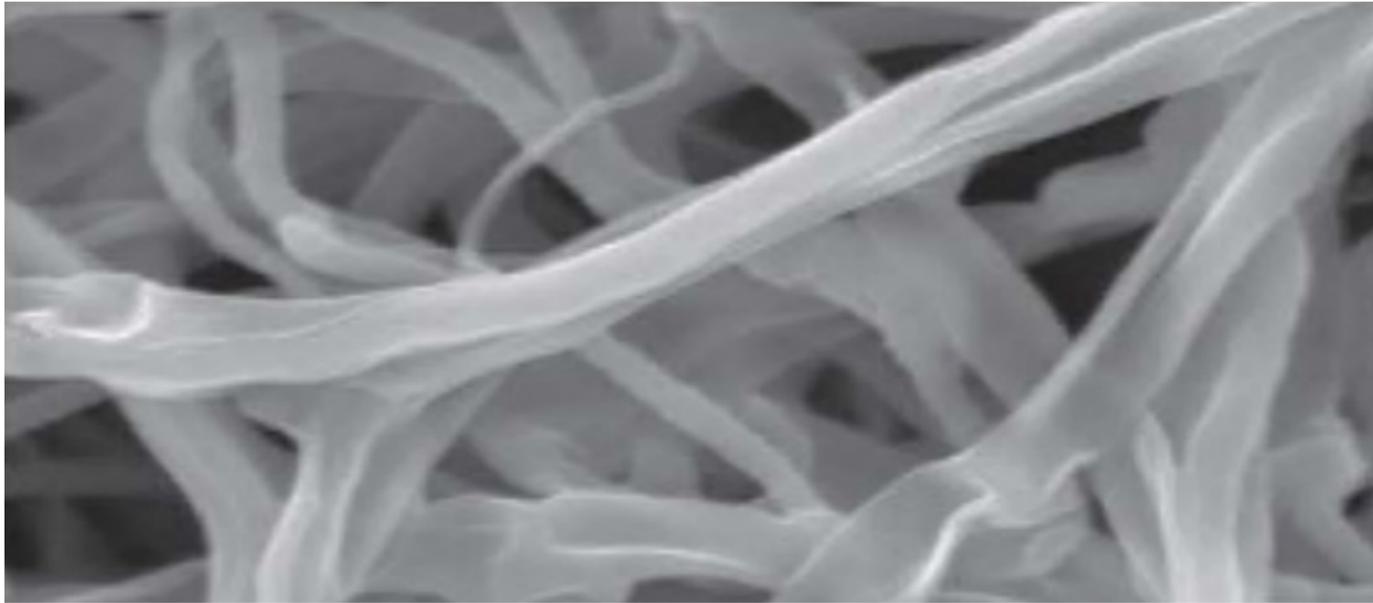


Figura 1-1



Figura 1-2

<sup>[4]</sup> Haneef, Muhammad, Luca Ceseracciu, Claudio Canale, Ilker S. Bayer, José A. Heredia-Guerrero, and Athanassia Athanassiou. 2017. "Advanced Materials From Fungal Mycelium: Fabrication And Tuning Of Physical Properties". Scientific Reports 7 (1). doi:10.1038/srep41292.

<sup>[5]</sup> Karana, Elvin, Davine Blauwhoff, Erik-Jan Hultink, and Serena Camere. 2018. "When The Material Grows: A Case Study On Designing (With) Mycelium-Based Materials". International Journal Of Design 12 (2): 119-136.

<sup>[6]</sup> Avilés, Guillermo, Catalina De Pablo, Francisca Feijoo, Fernán Federici, Claudia Gaete, Tania Pedraza, Fernanda Peñaranda, Sebastián Rodríguez, Andrés Romero, and Axel Sepúlveda. 2019. MICOTEXTIL Textiles De Hongos Y Equipo Científico De Libre Acceso. Danae Catalán Latournerie.

<sup>[7]</sup> Jiang, Lai, Daniel F. Walczyk, and Gavin McIntyre. 2014. VACUUM INFUSION OF MYCELIUM-BOUND BIOCUMPOSITE PREFORMS WITH NATURAL RESINS. Ebook. Green Island, NY. [https://www.researchgate.net/publication/274139042\\_Vaccum\\_Infusion\\_of\\_Mycelium-bound\\_Biocumposite\\_Preforms\\_with\\_Natural\\_Resins/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/274139042_Vaccum_Infusion_of_Mycelium-bound_Biocumposite_Preforms_with_Natural_Resins/citation/download).

Figura 1-1: imágenes por microscopio electrónico de la estructura del micelio de *Pleurotus Ostreatus* en diferentes aumentos (5 $\mu$  y 10 $\mu$ ) y en placa Petri.

Figura 1-2: imágenes del proceso de crecimiento del micelio sobre yute Biolab. UC y material final realizado por mycoworks.

## 1.2 MARCO TEÓRICO

### 1.2.1 FABRICACIÓN DEL MICOTEXTIL

La investigación busca estudiar los diferentes materiales textiles realizados en base a micelio de hongo para su uso arquitectónico, enfocándose en su proceso de producción y las cualidades que entrega el producto final para su uso en la construcción y el diseño de espacios.

El micelio conforma la parte vegetativa del hongo, que crece formando redes entrelazadas de fibras llamadas hifas, las cuales se forman a partir de células alargadas, obteniendo una estructura filamentosa entrelazada (Haneef *et al.* 2017)<sup>4</sup> que se asimila a un tejido de tela. Este se forma mediante la unión o entrelazamiento de fibras o hilos generando un elemento laminar/superficial, al igual que lo que sucede con el micelio de hongo, pero en una escala microscópica.

Para la fabricación de estos tipos de materiales a base de micelio, actualmente se utilizan dos métodos de cultivo. El primero, consiste en hacer crecer al micelio de hongo sobre otras sustancias o elementos (sustratos), los cuales utiliza como fuente de alimento, entrelazándose y creciendo sobre este formando un compuesto. El segundo se basa en el cultivo de micelio puro, haciéndolo crecer en un medio líquido, donde este crece sobre la superficie del medio formando una estera de hifas (Karana *et al.* 2018)<sup>5</sup>.

Ambos métodos fueron utilizados en la guía de micotextil, donde se probaron diferentes tipos de hongos y sustratos para evaluar y comparar los resultados. Con el primer método mencionado anteriormente, se obtuvo el mejor resultado de material textil mediante la utilización de un tejido de yute como sustrato. Este le entrega una matriz de soporte al micelio para su crecimiento, en conjunto del hongo *Trametes Versicolor*; y para el segundo método, el hongo *Neurospora Crassa* (Avilés *et al.* 2019)<sup>6</sup>.

Si bien se han logrado cultivar materiales textiles de micelio con ambos procesos, estos no han presentado un buen comportamiento en cuanto a sus propiedades mecánicas (flexibilidad, resistencia y elasticidad) luego del proceso de secado del material, por lo que se comenzaron a explorar diferentes tratamientos de recubrimientos para el material textil, obtenidos con mezclas de elementos naturales, tales como resinas, que permiten generar una película para mantener cierto grado de humedad del material, mejorar sus índices de flexibilidad y resistencia (Jiang, Walczyk y McIntyre 2014)<sup>7</sup>.

### 1.2.2 DESARROLLO TEÓRICO DE LA ARQUITECTURA Y EL TEXTIL

Abordar la arquitectura textil implica visitar algunas proposiciones de orden teórico que permitan situar el problema. Para ello se revisó la propuesta de Gottfried Semper, quien propone que el comienzo de la construcción coincide con el comienzo de los materiales textiles debido a la necesidad de protección, cobertura y cierre espacial. Las telas y materiales textiles tradicionales nacen de la técnica del tejido, la cual consiste en la unión o entrelazamiento de elementos lineales para

conformar una superficie, convirtiéndose en un elemento para cubrir, proteger, cerrar y definir espacios.

También plantea la idea de la envolvente arquitectónica como herramienta primordial para definir el espacio, donde la envolvente espacial de origen textil logra captar la esencia de la arquitectura. De esta forma, delimita y crea espacios, debido a que este material es un elemento superficial y ligero que permite conformar envolventes arquitectónicas con el apoyo de una estructura secundaria como soporte, tomando el protagonismo. Se asimila a una especie de vestimenta para el cuerpo humano, entregando protección y diferentes condiciones espaciales (Semper y Azpiazu 2013)<sup>8</sup>.

Así, el entendimiento del material textil de micelio se contextualiza de una forma más general, con la idea de capas a modo de vestimenta, que va generando espacios que protegen las condiciones exteriores.

## 1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Dado que el micotextil aún se encuentra en una etapa de experimentación, todavía no está completamente desarrollado y definido su proceso de cultivo. Esto presenta interrogantes en cuanto a su implementación en diferentes escalas, debido a que no se conoce su comportamiento físico-mecánico ni sus cualidades materiales, siendo un desafío al momento de diseñar con él.

Si bien, se especula que este elemento en su mayor potencial podría asimilarse en cualidades a materiales textiles existentes-debido a que el micelio se presenta como una estructura de tejido de fibras- todavía no se ha logrado realizar muestras de textiles en base a micelio con una resistencia, flexibilidad y tamaño que permitan utilizar el material en el ámbito de la construcción. Por estas razones los principales problemas a resolver son el cultivo, desarrollo a gran escala del material con una alta resistencia, su testeado y prototipo de soluciones arquitectónicas que permitan su uso en envolventes.

## 1.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

### PREGUNTA GENERAL:

¿Cómo es la envolvente arquitectónica derivada del material micotextil cultivable?

### PREGUNTAS ESPECÍFICAS:

- ¿Qué especies de hongos se utilizan para conformar materiales textiles de micelio?
- ¿Cuáles son las cualidades que entrega el material textil para la conformación de envolventes?
- ¿Es posible unir piezas de micotextil mediante el proceso de anastomosis del hongo?
- ¿Cómo se ven afectada la resistencia del material mediante la utilización de

<sup>[8]</sup> Semper, Gottfried, and Juan Ignacio Azpiazu. Semper : El Estilo : El Estilo En Las Artes Técnicas Y Tectónicas, O, Estética Práctica Y Textos Complementarios. 2013.

una matriz de fibras vegetales como sustrato?

- ¿Cómo influye la aplicación de recubrimientos naturales en la flexibilidad del material?

## 1.5 OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL:

Determinar y evaluar las posibilidades que entregan los materiales textiles de micelio, reflejadas en los productos creados hasta el día de hoy, para ser desarrollado en una escala arquitectónica, mediante el diseño de un componente de envoltivo.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar los tipos de cepas de hongos y sustratos utilizados para el cultivo del material micotextil.
- Caracterizar y estudiar los materiales textiles de micelio existentes para identificar sus cualidades.
- Generar y experimentar con muestras de micotextil, para testear el proceso de unión por anastomosis.
- Analizar y comparar materiales textiles de micelio puro con micotextiles cultivados con una matriz.
- Identificar y estudiar los tipos de recubrimientos utilizados en los micotextiles y sus beneficios.

## 1.6 HIPÓTESIS

La envoltivo arquitectónica generada con textil de micelio unido por anastomosis del hongo, es una superficie flexible, resistente y aislante que entrega una nueva alternativa sustentable y aplicable en diferentes estructuras, para desarrollar un componente arquitectónico de envoltivo con este material.

## 1.7 METODOLOGÍA

La investigación está enfocada en la fabricación de materiales en base a micelio, los cuales se componen de un hongo y un sustrato. Se experimentará sobre la fabricación específica de materiales textiles de micelio, con sustratos de fibras vegetales. Estos materiales finales serán testeados para establecer su resistencia y cualidades para evaluar su posible uso en la construcción.

Se propone la siguiente metodología de trabajo:

1. Clasificar y caracterizar los tipos de hongos y los sustratos utilizados en los diferentes experimentos ya realizados, para establecer la mejor combinación de estos al momento de generar un material textil.
2. Estudiar los materiales textiles de micelio y sus procesos de fabricación existentes, para establecer un método de producción para cultivarlos. Además de los recubrimientos existentes para tratar el material.

3. Cultivar y producir diferentes muestras de micotextiles con y sin matriz de fibras vegetales como sustrato y probar su unión por anastomosis de algunas muestras.

4. Realizar pruebas a las muestras obtenidas para testear su resistencia según la matriz de crecimiento, su flexibilidad al ser cubierto en un coating y establecer sus cualidades.

5. Registrar y documentar las pruebas realizadas para analizar los resultados.

## 2. CONTEXTO

### 2.1 INTRODUCCIÓN

Los materiales en base a micelio nacen debido a una necesidad y búsqueda de elementos sustentables y biodegradables que permitan reducir la contaminación ambiental y los residuos generados por distintas áreas de producción, formando una oportunidad nueva de crear un material a partir de la naturaleza, que muere y se degrada en ella misma. Estos materiales brindan una fabricación alternativa a los materiales comunes, ya que este se cultiva y crece a diferencia de los otros materiales que se extraen de la naturaleza.

Este tipo de materiales bio-basados utilizan residuos agrícolas como sustrato, los cuales se inoculan con el hongo generando una red filamentosa que une a la materia prima, entregando como resultado un material ligero y biodegradable. Este producto final se presenta como una alternativa más sustentable en comparación con los materiales de construcción actuales, que requieren de un alto consumo energético para su producción y donde las materias primas son extraídas de la naturaleza para luego ser utilizados y desechados. Con los materiales en base a micelio se ve replanteado como un ciclo cerrado, en donde estos residuos vuelven a ser usados y generan nuevos productos, lo que permite trabajar con una cantidad finita de recursos que van siendo aprovechados y así permitiendo reducir en gran cantidad los desechos, reduciendo el uso de recursos naturales y basándose en recursos renovables (Ellen MacArthur Foundation, 2021)<sup>9</sup>.

Los materiales bio-basados se conforman principalmente a partir de un tipo de hongo junto con un sustrato, siendo este último el componente principal que afecta las características y las propiedades mecánicas del material obtenido (Attias *et al.*, 2020)<sup>10</sup>. Por esta razón existen una gran variedad de materiales con diferentes comportamientos físico-mecánico y características que permiten definir ciertas tipologías de material, bloques/ladrillos, paneles/tableros y textiles, obtenidos a partir del micelio de hongo.

Esta investigación se centrará en los materiales clasificados como textiles de micelio, que se han caracterizado por tener propiedades similares, pero en un menor nivel que los materiales textiles tradicionales, siendo estas la flexibilidad, elasticidad, resistencia a la tracción y ligereza.

### 2.2 ANTECEDENTES DEL LABORATORIO DE BIOFABRICACIÓN UC

El presente trabajo se inscribe en la investigación en base a fabricación con micelio desarrollada por el equipo del laboratorio de Biofabricación UC.<sup>11</sup>

Iniciada en el año 2017, sus objetivos son desarrollar investigación aplicada en torno a proceso de fabricación que involucren el uso de micelio de hongos descomponedores de celulosa. Así, buscan la producción de biomateriales y la divulgación de los procesos y las tecnologías involucradas.

En dicha iniciativa participan investigadores de las Facultades de Ciencias Biológicas, Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos e Ingeniería de la Pontificia Universidad

<sup>[9]</sup> Ellenmacarthurfoundation.org. 2021. What is a Circular Economy? | Ellen MacArthur Foundation. Available at: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>> Accessed 13 June 2021.

<sup>[10]</sup> Attias, N., Danai, O., Abitbol, T., Tarazi, E., Ezov, N., Pereman, I. and Grobman, Y., 2020. Mycelium bio-composites in industrial design and architecture: Comparative review and experimental analysis. *Journal of Cleaner Production*, 246.

<sup>[11]</sup> El laboratorio de biofabricación UC ha participado en diversos proyectos con las siguientes fuentes de financiamiento: 2015 Concurso VRI para desarrollo de seminario Interdisciplinario "Biodesign". 2016 concurso VRI interdisciplinario en temas de sustentabilidad "BIODISEÑO fabricación de nuevos materiales sustentables". 2018 FONDART N° 446812, "Biodesign: Diseño de sistemas constructivos de código abierto a partir de hongos nativos". 2018 Fondo Redsemilla, Centro de Innovación UC, "Biodesign: Diseño de sistemas constructivos a partir de hongos nativos". 2019 concurso VRI interdisciplinario en temas de sustentabilidad "Desarrollo de bloque estructural de micelio de hongo para construcción de prototipo escala 1:1 en Puerto Williams". 2019 concurso ArTeCiH, Artes & Tecnologías, Ciencias y Humanidades UC "Monumento Abierto. Escultura de micelio a gran escala para habitar el futuro". 2019 Fondart N° 503201- Micotextil. Desarrollo de textil de alta resistencia y código abierto, biobasado en micelio de hongo para su aplicación en indumentaria. 2019 Biomaker Challenge, University of Cambridge, entre otros.

MATERIALES  
COMPUESTOS  
DE MICELIO

TABLEROS



BLOQUES



TEXTIL



VOLUMEN

RESISTENTE A LA  
COMPRESIÓN

BIODEGRADABLES

FLEXIBLE

RESISTENTE A LA  
TRACCIÓN

RIGIDEZ

LIGERO

AISLANTE

SUPERFICIE

Católica de Chile. Actualmente se aloja en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos (FADEU) de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Figura 2-1: Esquema de las tipologías que existen de materiales de micelio con sus características principales. Elaboración propia.

## 2.3 BIOFABRICACIÓN

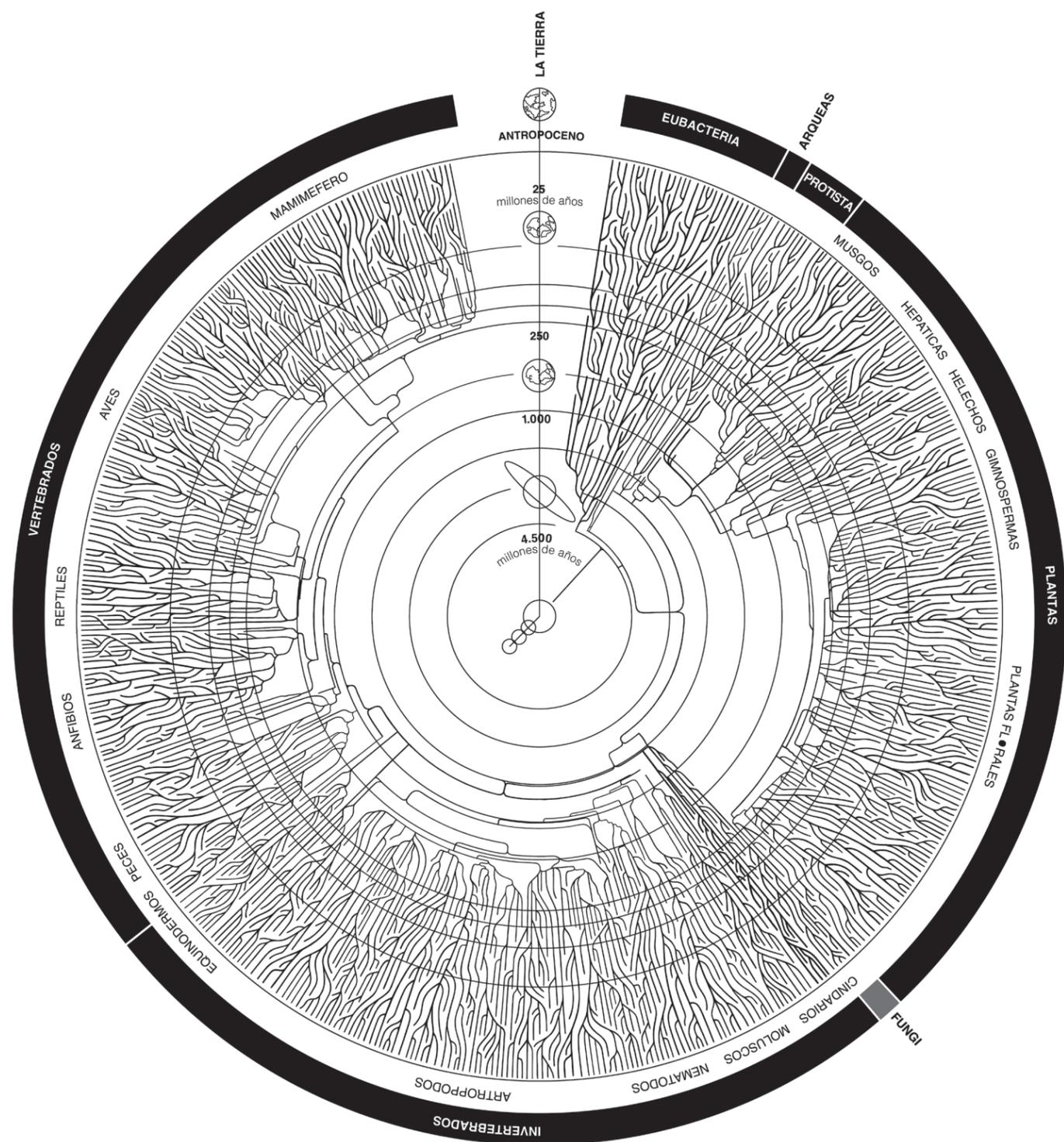
Hablar de diseño y biofabricación significa hablar de materiales y productos generados a partir de moléculas orgánicas tales como proteínas y carbohidratos; células y sus distintas formas de organización-pasando desde tejidos a organismos pluricelulares complejos-; llegando a considerarse incluso el uso de moléculas inorgánicas como el CaCO<sub>3</sub> (carbonato de calcio), el cual cumple roles estructurales vitales en diversos organismos. También significa hablar de procesos productivos, ciclos de vida, economías circulares, sustitución de materiales sintéticos fabricados a gran escala o fabricación de componentes compatibles con otros organismos vivos.

Durante los últimos años, las tecnologías de biofabricación y el desarrollo de biomateriales han permitido instalar una agenda centrada en la obtención de biomateriales renovables, cuya producción y ciclo de vida tiene el potencial de reducir el impacto en el medio ambiente. Esto permite articular de forma eficiente y territorial las necesidades de las comunidades en relación a la disponibilidad de sus materias primas y requerimientos propios.

Considerando esto, el éxito en la implementación de esta tecnología no depende exclusivamente de sus atributos internos (baja huella de carbono, bajo consumo energético, uso eficiente de los recursos naturales, etc.), sino que también se vincula con el modo en que se conciben los procesos de investigación, producción y divulgación en relación al territorio, la gestión de las comunidades locales involucradas, el modo en que se administra la propiedad de los medios de producción, la procedencia de los insumos y el manejo de los desechos vinculados al proceso productivo. Además, de la forma en que los productos derivados de estas nuevas industrias se comercializan y compiten en el mercado. (Chateau, Romero, Rodríguez y Elliott 2019).

## 2.4 FABRICACIÓN CON MICELIO Y LABORATORIO DE BIOFABRICACIÓN UC

Entre el año 2018 y el 2019 se llevaron adelante tres proyectos de investigación complementarios, orientados a instalar en el Laboratorio de Biofabricación UC las capacidades para producir materiales conformados por el micelio de hongos y residuos agroindustriales. Se proyectó en estos dos años testear sus posibilidades en el ámbito de la arquitectura y el diseño, para posteriormente prototipar una línea de producción de escala industrial orientada a la producción de bloques estructurales de micelio. Todo esto para lograr validar empíricamente la hipótesis de que es posible producir materiales resistentes en base a micelio y sustratos lignocelulósicos con un uso útil para componentes constructivos, fabricados a una escala apropiada para la industria y proporcionando una alternativa efectiva de materiales con baja huella ecológica y posibilidades de integrarse efectivamente en un ciclo que abarque la fabricación, el uso y la descomposición.



La experiencia se llevó a cabo en colaboración con Rafael Astaburuaga Armanet y la empresa Hongos de Chile —entidad privada dedicada a la producción industrial de champiñones comestibles—, los que permitieron el despliegue in-situ de un “laboratorio de campaña” para el escalamiento de los procesos de inoculación y cultivo ensayados en el laboratorio durante los años 2017 y 2018.

El cultivo, testeo y prototipado involucró dos especies de hongos lignocelulolíticos: *Trametes Versicolor* y *Pleurotus Ostreatus*, los cuales fueron colectados en el arque Karukinka, ubicado en la región de Magallanes en la Isla Grande de Tierra del Fuego y la industria agropecuaria, respectivamente. La secuencia completa de cultivo y fabricación se llevó a cabo haciendo uso de ambas especies, lo que finalmente llevó a optar por la utilización de *P. Ostreatus* debido a su mayor robustez y velocidad de crecimiento en el rastrojo de trigo, llegando a producirse aproximadamente 250 bloques estructurales de 10 x 20 x 50 cm, con una densidad aproximada de 25 kg/m<sup>3</sup>; y un protocolo para la producción industrial de estos.

Derivado de esta experiencia, actualmente se trabaja en la caracterización físico-mecánica de los bloques y de forma paralela se busca reproducir, en el Laboratorio de Biofabricación, el proceso desarrollado que se realizó en Hongos de Chile, variando los sustratos con los que se cultiva el micelio para controlar la densidad y resistencia final del material.

Paralelamente a partir del año 2019, mediante un FONDART de Investigación en Diseño, se desarrolló una investigación alternativa cuyo objetivo fue desarrollar un textil a partir de micelio y fibras naturales, además de una incubadora de bajo costo y de código abierto. Esta última no sólo permite a los interesados replicar los resultados de la investigación, sino que también da la posibilidad de manejar variables de interés en el crecimiento del hongo, otorgando la posibilidad de experimentar en el área sin la necesidad de invertir grandes sumas de dinero en equipamiento. (Chateau, Romero, Rodríguez y Elliott 2019)

Figura 2-2: Árbol filogenético del reino fungi. En gris la rama de los basidiomicetes, a la que pertenecen las especies estudiadas por el Laboratorio de Biofabricación UC para el desarrollo de materiales. Laboratorio de Biofabricación UC. Ilustración: Franco Nieri

## 3. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

### 3.1 TIPOS DE CEPAS

En Ecovative, una empresa dedicada a la creación de biomateriales a partir de micelio de hongo, un producto terminado se conforma de dos elementos: desechos agrícolas y micelio.

Esta tecnología de unión del micelio también funciona con textiles naturales y sintéticos como arpillera, cáñamo, yute, fibra de vidrio y de carbono, donde se utiliza el micelio para adherir fibras en vez de resinas químicas. La fisiología del micelio es la determinante de la fuerza y características del producto final, debido a que las paredes celulares del micelio están compuestos de quitina, el mismo biopolímero presente en el cuerpo de los insectos y caparazón de langostas. Esto significa que el material es fuerte y resistente al agua (Zeller y Zocher 2012)<sup>13</sup>.

A continuación, se clasifican y describen los tipos de cepas presentes en diferentes investigaciones sobre micotextil, donde la mayoría de estas cepas pertenecen a la categoría de degradadores de madera:

#### -*Pleurotus Pulmonarius* y *Pleurotus Ostreatus*:

Las cepas de la familia *Pleurotus* o también llamados ostras, pertenecen al grupo de hongos comestibles. Son descomponedores de madera y se encuentran en todo el mundo. Producen un micelio bien desarrollado que crece de manera rápida, formando estructuras de tejidos aún cuando se hace crecer sobre desechos orgánicos de industrias. Sus condiciones de crecimiento son relativamente simples, en cuanto a niveles de temperatura y humedad (Gavidia y León 2016)<sup>14</sup>.

#### -*Penicillium Camemberti*:

Los *Penicillium* son mohos que crecen sobre una gran variedad de sustratos, estos se caracterizan por la forma en que crece su micelio con una estructura ramificada similar a un pincel. Este moho tiene la ventaja de producir sustancias que inhiben a otros organismos que compiten por el sustrato en el que se encuentra. Esta especie, *Penicillium Camemberti*, es utilizada para la industria de los quesos (Carrillo 2003)<sup>15</sup>.

#### -*Ganoderma Lucidum*:

Las especies de hongo de la familia *Ganoderma* necesitan de diferentes condiciones de crecimiento y cultivo, debido a que están presente en varias regiones del mundo. El hongo *Ganoderma Lucidum* requiere de condiciones cálidas y húmedas para su crecimiento, las que resultan fáciles de replicar para generar un cultivo estandarizado. El crecimiento del micelio de esta especie es lento, pero el cambio en sus condiciones de cultivo y composición del medio de crecimiento permiten influenciar su crecimiento (Benzie and Wachtel-Galor 2011)<sup>16</sup>.

<sup>[13]</sup> Zeller, Penelope, and Dena Zocher. 2012. "Ecovative'S Breakthrough Biomaterials". FUNGI 5:1: 51-56.

<sup>[14]</sup> GAVIDIA, BRILLIT, and YADIRA LEÓN. 2016. "EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA PRODUCCIÓN DE *Pleurotus Pulmonarius* EN VAINAS DE FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris*), VAINAS DE ARVEJA (*Pisum Sativa*) Y TAMO DE RETAMO ESPINOSO (*Ulex Europaeus*) COMO SUSTRATOS ORGÁNICOS". Licenciatura, UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN.

<sup>[15]</sup> CARRILLO, LEONOR. 2003. LOS HONGOS DE LOS ALIMENTOS Y FORRAJES. Ebook. Salta.

<sup>[16]</sup> Benzie, Iris F. F, and Sissi Wachtel-Galor. 2011. Herbal Medicine. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press.

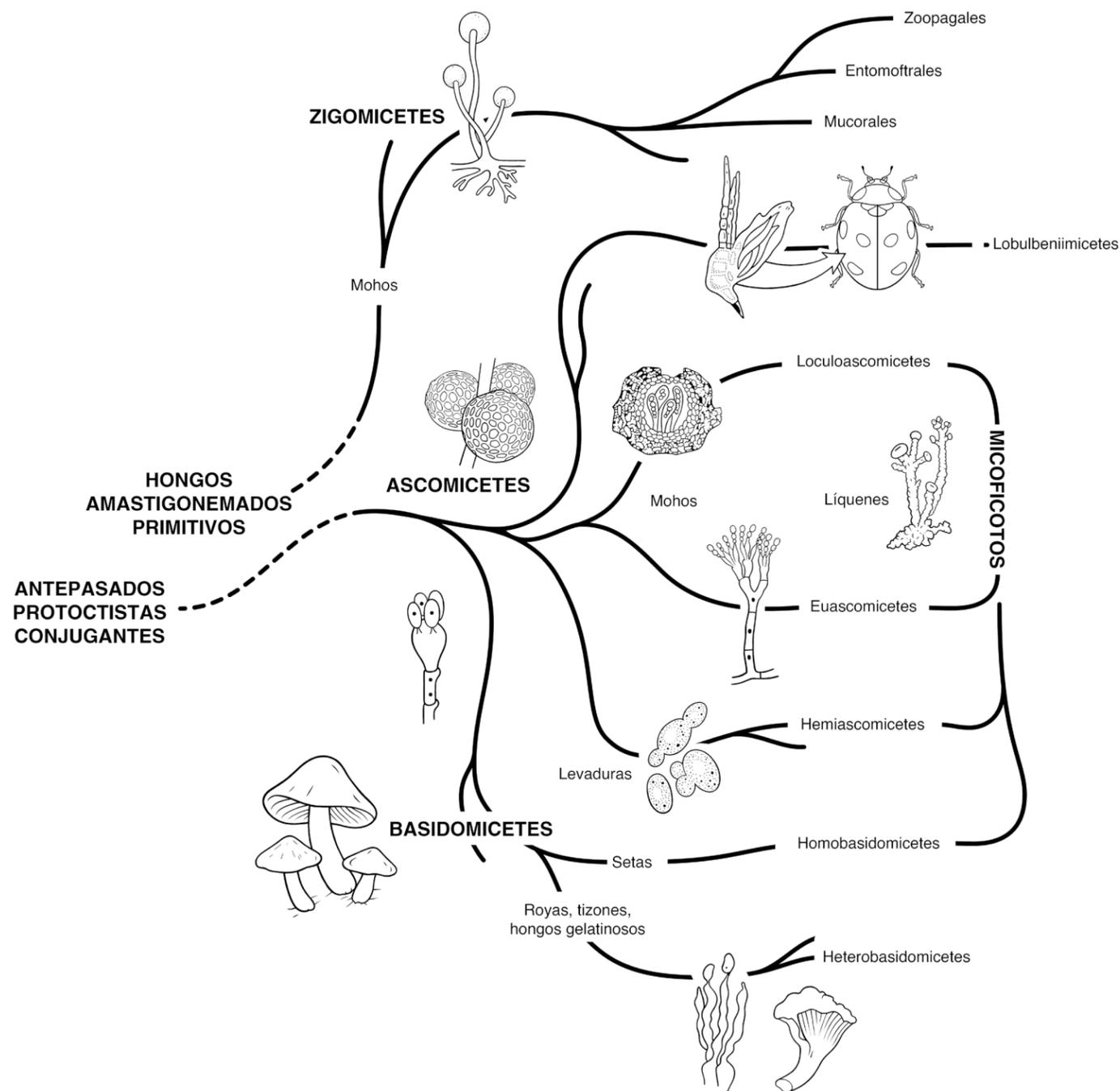


Figura 3-1

**-Trametes Versicolor:**

Este hongo se encuentra en casi todo el mundo, presenta un crecimiento de micelio denso y rápido, lo que lo hace ideal para el cultivo de biomateriales. Además, sus condiciones de crecimiento son similares a las del hongo *Pleurotus Ostreatus*, las que resultan fáciles de replicar en un laboratorio.

**-Neurospora Crassa:**

Este hongo tiene la ventaja de poder cultivarse en laboratorio, ya que tiene requerimientos nutricionales simples. Presenta crecimiento rápido y es uno de los hongos filamentosos más estudiados (Pérez 2014)<sup>17</sup>.

**3.2 ELEMENTOS EXISTENTES CON MICELIO**

Si bien este tipo de material textil sigue en una etapa de investigación, existen desarrollos tecnológicos de micotextil de diferentes empresas que se presentan a continuación. Estos se estudiaron para poder tener una noción de sus características y posibles usos para así poder desarrollar un componente arquitectónico con este material.

**SPORATEX: EMPRENDIMIENTO DE BOTEXTIL A PARTIR DE MICELIO**

Este emprendimiento surge debido a la preocupación sobre la contaminación que genera la industria textil en el mundo, entregando como solución materiales biotextiles a partir del micelio de hongo, como explica Hernán Rebolledo, uno de los fundadores de sporatex, “El micelio está formado por hifas que se entrelazan entre sí, lo que logramos nosotros es dotar al organismo del medio necesario para que crezca imitando una piel sobre un cultivo orgánico”, generando una alternativa sustentable al cuero de animal y sintético (Figura 3-2).

El proceso de cultivo de este material, consta principalmente de la utilización de micelio para crear tejidos que al combinarlos con diferentes medios orgánicos permite que este crezca, generando la estructura del material final. Mediante este proceso se obtiene una lámina flexible como producto final, la cual se cosecha y atraviesa un curtido vegetal para volverla resistente a la tracción y semejante al cuero animal (Droppelmann 2020)<sup>18</sup>.

**MYCOTEX: METODO DE CULTIVO DE MATERIALES A PARTIR DE HONGOS**

Es un método para crear textiles a partir de elementos vivos y aprender a cómo utilizarlos para desarrollar un material que permita crear vestuarios a partir de él. Tras su investigación, Aniela Hoitink creó un patrón modular para generar distintas prendas de vestir (Figura 3-3), permitiendo reparar y reconstruir partes de una prenda según sea necesario, mediante la incorporación de otra de estas piezas modulares del material (Nai y Meyer 2016)<sup>19</sup>.

Para la construcción de este vestido se utilizaron placas Petri para cultivar el micelio, dejándolo crecer por un periodo de una semana y media, debido a que el material

<sup>[17]</sup> Pérez, Ana Marión. 2014. “PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA VIDA CON ORIENTACIÓN EN MICROBIOLOGÍA”. Licenciatura, CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA.

<sup>[18]</sup> Droppelmann, Veronica. 2021. “Sporatex: El Emprendimiento Que Fabrica Biotextil A Partir Del Micelio De Los Hongos | Ladera Sur”. Ladera Sur. <https://laderasur.com/articulo/sporatex-el-emprendimiento-que-fabrica-biotextil-partir-del-micelio/>.

<sup>[19]</sup> Nai, Corrado, and Vera Meyer. 2016. “The Beauty And The Morbid: Fungi As Source Of Inspiration In Contemporary Art”. *Fungal Biology And Biotechnology* 3 (1). doi:10.1186/s40694-016-0028-4.

Figura 3-1: Árbol filogenético de las especies de hongos.



Figura 3-2



Figura 3-3

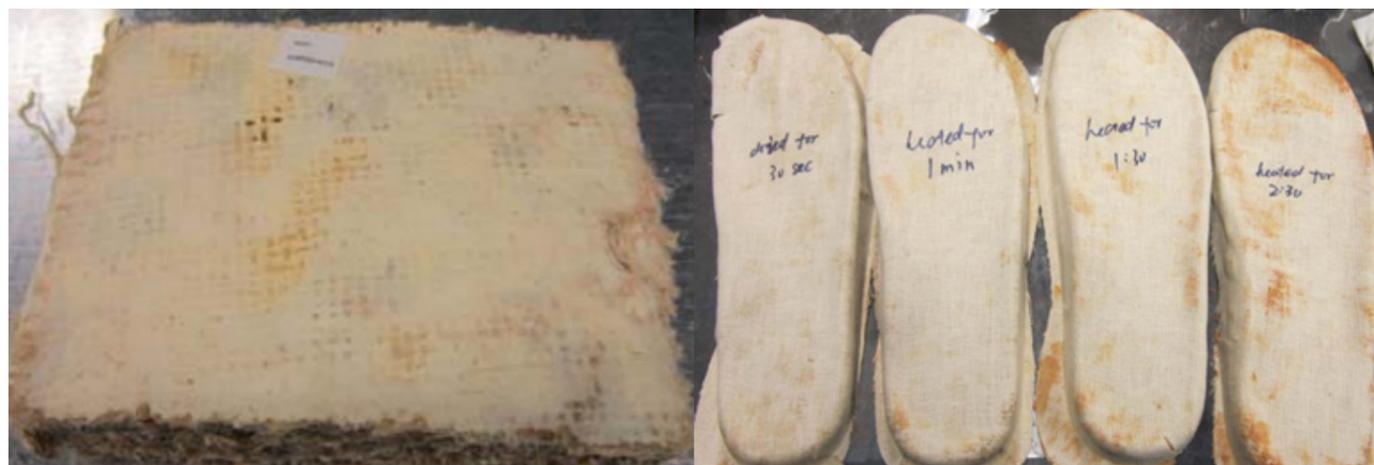


Figura 3-4

de micelio al secarse se vuelve frágil, quebradizo y rígido. Las piezas de micelio se bañaron en una solución que permite mantener la flexibilidad del material, para luego ubicar estas piezas de menor tamaño en el molde del vestido y así permitir que se unieran mediante el proceso de osmosis del micelio, generando una pieza final de gran tamaño con la forma del vestido sin necesidad de costuras o patrones. Este material patentado como mycotex, se produce sin generar desechos, es completamente biodegradable, ligero y con una textura similar al papel (Diaz 2016)<sup>20</sup>.

### ECOVATIVE DESIGN: COMPAÑÍA DE DISEÑO DE MATERIALES DE MICELIO

Es una empresa que ha creado distintos materiales de micelio con insumos naturales, con el fin de generar materiales biodegradables que tienen un ciclo de vida finito, a diferencia de los materiales sintéticos de hoy como el plástico que permanece durante miles de años en el planeta y genera grandes contaminaciones y desechos.

Uno de los productos es una suela de zapato (Figura 3-4) hecha con estructuras laminares y de sándwich con material de micelio, estas se conforman con una base de tejidos o alfombras de fibras naturales, siendo utilizadas como sustrato y refuerzo para el micelio (Jiang, Walczyk and McIntyre 2014)<sup>21</sup>. Mediante la unión de estas capas laminares de material, se generan estructuras sándwich aún más resistente, que en este caso conforman la suela de zapato, la cual además se encuentra impregnada en resina natural para mejorar sus propiedades mecánicas, entregando como producto final un material resistente y flexible.

Mediante el estudio de estos materiales presentados y de los presentes en diferentes investigaciones, se observa que es un material ligero, flexible y biodegradable. Para poder guiar el estudio sobre él, se le entrega una definición propia al micotextil, como un material creado a partir del crecimiento del micelio de hongo sobre un tejido natural, utilizado como una matriz de soporte para el micelio, o sustrato vegetal que permite generar un material flexible y resistente a la tracción.

### 3.3 PROCESOS DE FABRICACIÓN EXISTENTES

De acuerdo con la revisión de la literatura, se puede establecer que para la producción del micotextil existen dos métodos principales, los cuales han sido probadas en diferentes investigaciones con el fin de analizar cómo las diferentes etapas o elementos utilizados afectan el crecimiento del micelio y las propiedades mecánicas del material obtenido. A continuación, se presentan métodos descritos en diferentes investigaciones con el fin de tener una mejor comprensión sobre el proceso de fabricación de este material y sus etapas, para así generar un material flexible, aislante, resistente a la tracción y a condiciones ambientales tales como la lluvia y humedad.

#### GUIA DE MICOTEXTIL, TEXTILES DE HONGOS Y EQUIPO CIENTIFICO DE LIBRE ACCESO

Se propone un desarrollo de un textil en base a micelio de hongo. Esto se aborda de dos maneras, en primer lugar, utilizando una matriz de fibra vegetal, con yute, sobre

<sup>[20]</sup> Diaz, Rocio. 2021. "Moda Futurista: Vestido Hecho De Micelio De Hongos > VIATEC". VIATEC. <https://viatec.do/moda-futurista-vestido-hecho-micelio-hongos/>.

<sup>[21]</sup> Jiang, Lai, Daniel F. Walczyk, and Gavin McIntyre. 2014. A New Process For Manufacturing Biocomposite Laminate And Sandwich Parts Using Mycelium As A Binder.. Green Island, NY.

Figura 3-2: Muestra textil de micelio hecho por sporatex con cualidades similar al cuero.

Figura 3-3: Vestido con piezas modulares de material puro de micelio.

Figura 3-4: Suelas de zapato con material textil de micelio hecho con estructura sándwich por ecovative.



### ETAPAS DESARROLLO MICOTEXTIL

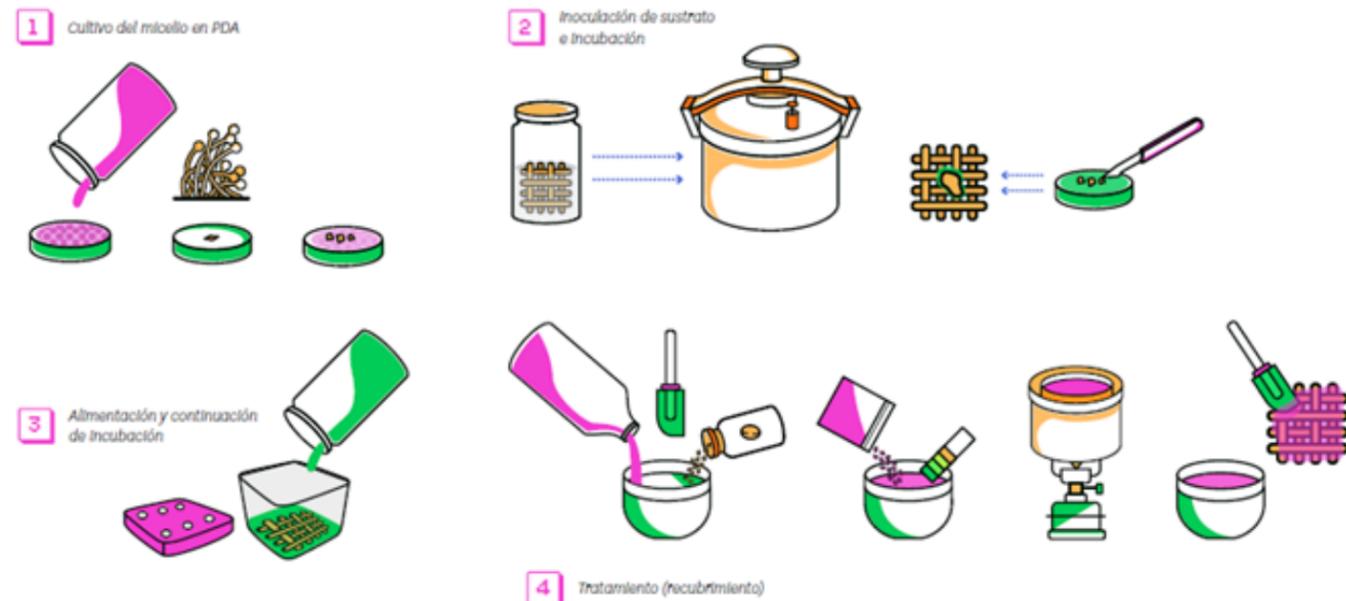


Figura 3-5

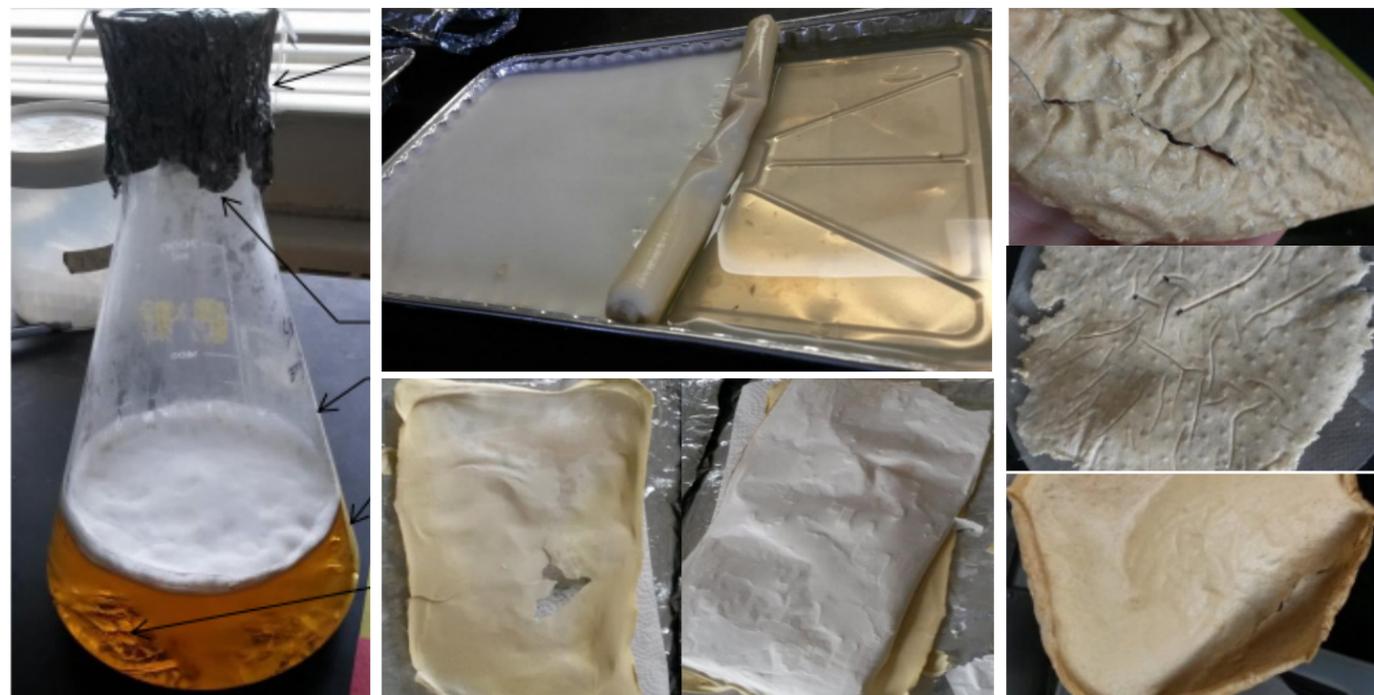


Figura 3-6

la cual se deja crecer el micelio de diferentes hongos, con el fin de obtener una estructura, soporte y alimento por parte del sustrato para permitir el crecimiento del hongo. En segundo lugar, se experimentó con un medio líquido de crecimiento (PDB), y con un hongo *Neurospora Crassa*, debido a que este sí puede crecer en un medio de este tipo (Avilés *et al.* 2019)<sup>22</sup>.

Para el desarrollo de este material micotextil, primero se cultiva el micelio en placa Petri, luego se inocula el sustrato con el hongo según cada experimento, y este se alimenta periódicamente con una preparación de PDB. Después de que el hongo crece por toda la superficie del sustrato, este se recubre con una solución de proteína de soja, agua, glicerol e hidróxido de sodio, para finalmente colgarlo y dejarlo secar a temperatura ambiente (Figura 3-6). Después de una incubación de un mes, el micelio logra colonizar al sustrato y se realiza el tratamiento de recubrimiento posterior al secado, con la solución antes mencionada, para mantener las propiedades de flexibilidad del material.

### INVESTIGACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAMINAS COMPUESTAS DE MICELIO

Se proponen y se ponen a prueba dos métodos de cultivo de micelio puro para generar alfombras de este material con el fin de obtener un producto similar a un textil en cuanto a su comportamiento físico mecánico. El primero sería sobre un medio líquido (caldo de extracto de malta y caldo de dextrosa Sabouraud) con los hongos *Pleurotus Ostreatus* y *Pleurotus Pulmonarius*, el segundo sería sobre un medio sólido (extracto de malta agar y agar lactosa) con el hongo *Penicillium Camemberti*. Para ambos casos, el medio se colocó en un recipiente previamente esterilizado, para luego proceder a inocularlo con micelio y así dejarlo crecer. Pero para obtener las alfombras con el micelio en medio líquido, este se licuó y se vertió dentro de una bolsa zip-lock sellada al vacío para formar una lámina y las del medio sólido se dejaron crecer en el recipiente, finalmente separando el micelio del medio con pinzas (Mazur 2015)<sup>23</sup>.

Los resultados finales arrojaron que el medio sólido como base para el cultivo de micelio ofrece una mayor rapidez de crecimiento del micelio a diferencia del medio líquido. Además, las muestras obtenidas que fueron cultivadas en medio sólido mostraron tener una cierta flexibilidad, elasticidad y resistencia previo al secado y las muestras de medio líquido que resultaron muy frágiles después del proceso de secado necesario para obtener la lámina conformada (Figura 3-6).

### INVESTIGACIÓN SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLEUROTUS OSTREATUS EN DIFERENTES TEXTILES

En este estudio se observó el crecimiento del hongo *Pleurotus Ostreatus* en diferentes textiles hechos tanto con fibras naturales como sintéticas, para ver cómo se comportaba el micelio en estos diferentes sustratos. Para realizar el experimento, primero se lavaron y esterilizaron las telas para evitar contaminaciones. Luego se sumergieron algunos de estos tejidos en agar y se colocaron dentro de una placa Petri con una película de agar sólido, que actuaría como fuente de nutriente para el micelio, y finalmente se inocularon estas telas con micelio, donde se dejaron crecer

<sup>[22]</sup> Avilés, Guillermo, Catalina De Pablo, Francisca Feijoo, Fernán Federici, Claudia Gaete, Tania Pedraza, Fernanda Peñaranda, Sebastián Rodríguez, Andrés Romero, and Axel Sepúlveda. 2019. MICOTEXTIL Textiles De Hongos Y Equipo Científico De Libre Acceso. Danae Catalán Latournerie.

<sup>[23]</sup> Mazur, Ross. 2015. "Mechanical Properties Of Sheets Comprised Of Mycelium: A Paper Engineering Perspective". SUNY College of Environmental Science and Forestry.

Figura 3-5: Muestras de micotextiles con y sin matiz base y descripción del proceso de fabricación utilizado por la guía de micotextil para la investigación.

Figura 3-6: imágenes del crecimiento de micelio sobre medio líquido y sólido y productos finales.

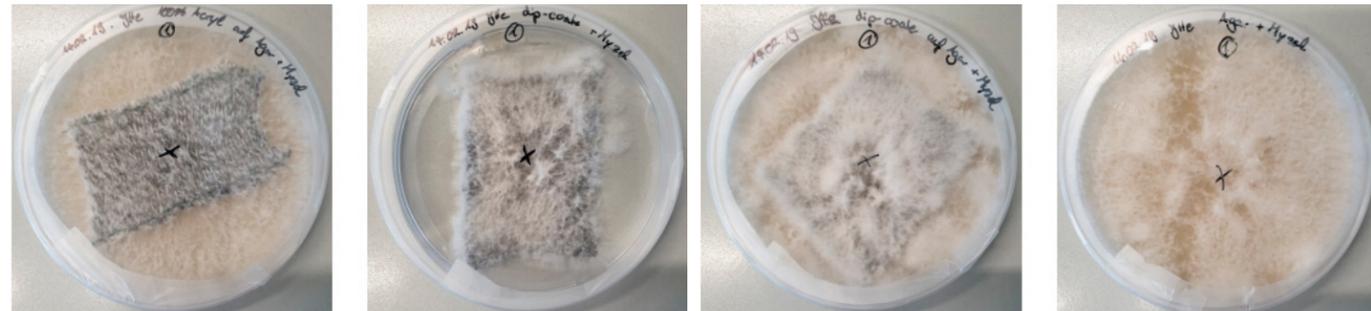
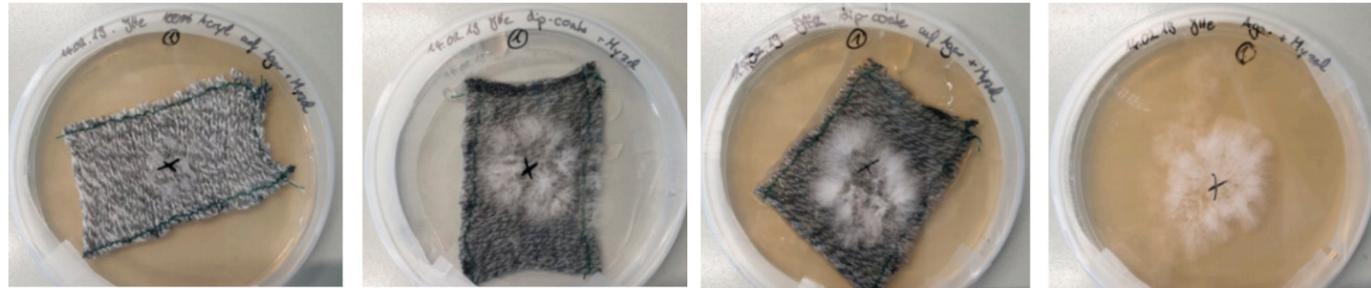


Figura 3-7

en las placas con condiciones ambientales controladas (Figura 3-7).

Los resultados arrojaron que el micelio crece más grueso en placas con el medio de agar y en las placas con telas que fueron sumergidas con agar. Mientras que las placas con las telas que no fueron sumergidas en este medio presentaron un bajo crecimiento, siendo este el factor más importante a la hora de hacer crecer micelio en tejidos, ya que no se mostró una influencia según el origen del textil o su densidad en el comportamiento del micelio (Helberg et al. 2019)<sup>24</sup>.

### INVESTIGACIÓN SOBRE EL PROCESO PARA COMPUESTOS LAMINARES Y SÁNDWICH

Esta investigación está relacionada con la fabricación de materiales a base de micelio con estructuras laminares y de sándwich, donde se busca mejorar la resistencia de este material mediante el uso de capas de tejidos naturales y recubrimientos con resinas naturales. Este proceso (Figura 3-8) comienza con cortar varias capas de tejido de fibra natural con la forma deseada, luego impregnándolas con un pegamento natural y apilándolas para prensarlas, así permitiendo verter el micelio, previamente inoculado con desechos agrícolas, sobre esta base y dejándolo crecer hasta que haya colonizado completamente todo el elemento conformado con las capas del tejido. Una vez colonizado, este material se seca para matar al hongo y finalmente se impregna con una resina natural.

los materiales finales mostraron que aquellos que fueron impregnados con una mayor cantidad de pegamento natural presentaron una mayor resistencia y que el proceso post-secado de impregnar el material con resina natural permite aumentar la flexibilidad y resistencia del material (Jiang, Walczyk and McIntyre 2014)<sup>25</sup>.

Si bien todos los procesos buscan estudiar diferentes aspectos del material, tienen etapas similares en cuanto al cultivo del micelio puro o con una matriz textil, logrando generar un material final. A pesar de esto, se demuestra que el material obtenido de este cultivo no logra cumplir con las características deseadas, por lo que muchos procesos importantes van después de esta parte, con tratamientos post secado del micelio, los cuales permiten mejorar su comportamiento frente a factores ambientales y aumentar su flexibilidad y propiedades mecánicas.

Esta investigación busca establecer la diferencia entre las características del material textil puro de micelio y el material con una matriz de textil vegetal de yute, algodón y lino, para ver cómo esta matriz afecta al material textil y enfocarse en los recubrimientos para ver cómo estos alteran a las propiedades del compuesto final, utilizando los establecidos en las investigaciones ya estudiadas como la guía de micotextil y el proceso de la suela de zapato de ecovative, para poder así conformar una envolvente arquitectónica con el material textil de micelio.

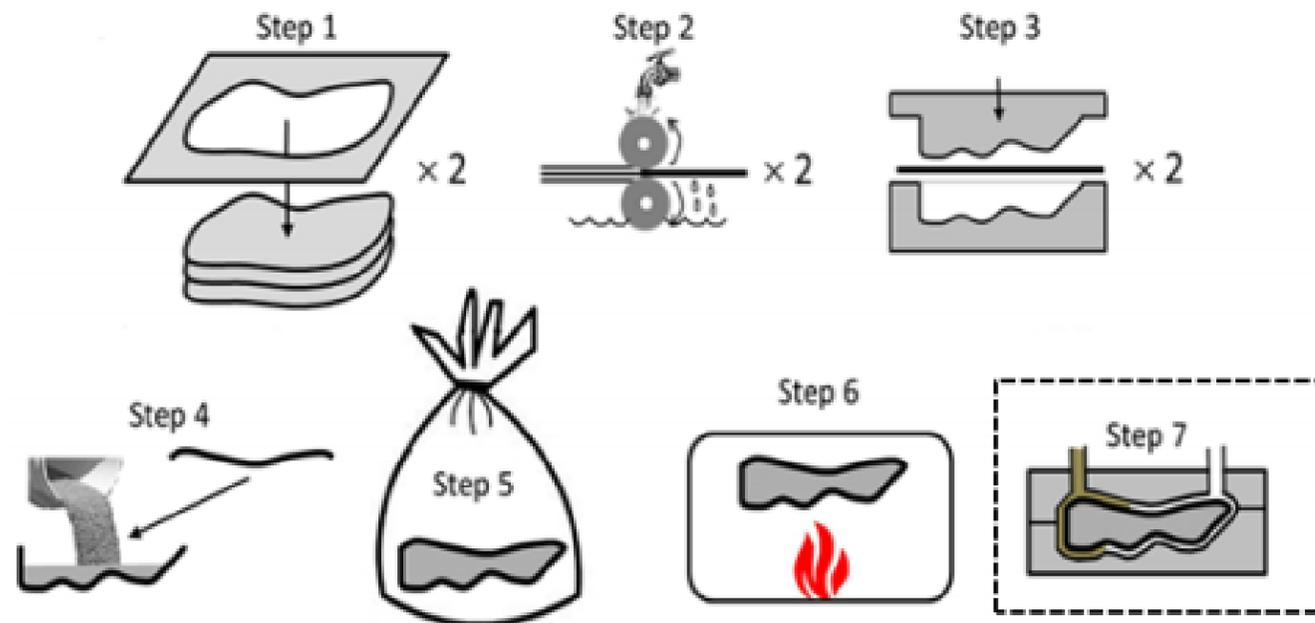


Figura 3-8

<sup>[24]</sup> Helberg, Julia, Michaela Klöcker, Lilia Sabantina, Jan Lukas Storck, Robin Böttjer, Bennet Brockhagen, Franziska Kinzel, Anke Rattenholl, and Andrea Ehrmann. 2019. "Growth Of Pleurotus Ostreatus On Different Textile Materials For Vertical Farming". *Materials* 12 (14): 2270. doi:10.3390/ma12142270.

<sup>[25]</sup> Jiang, Lai, Daniel F. Walczyk, and Gavin McIntyre. 2014. *VACUUM INFUSION OF MYCELIUM-BOUND BIOCOMPOSITE PREFORMS WITH NATURAL RESINS*. Ebook. Green Island, NY. [https://www.researchgate.net/publication/274139042\\_Vacuum\\_Infusion\\_of\\_Mycelium-bound\\_Biocomposite\\_Preforms\\_with\\_Natural\\_Resins/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/274139042_Vacuum_Infusion_of_Mycelium-bound_Biocomposite_Preforms_with_Natural_Resins/citation/download).

Figura 3-7: Crecimiento del micelio de Pleurotus Ostreatus sobre tejido de algodón y lino.

Figura 3-8: Proceso de fabricación para realizar materiales textiles de micelio con estructura de sándwich.

## 4. MATERIALES Y PRUEBAS MECANICAS



Figura 4-1

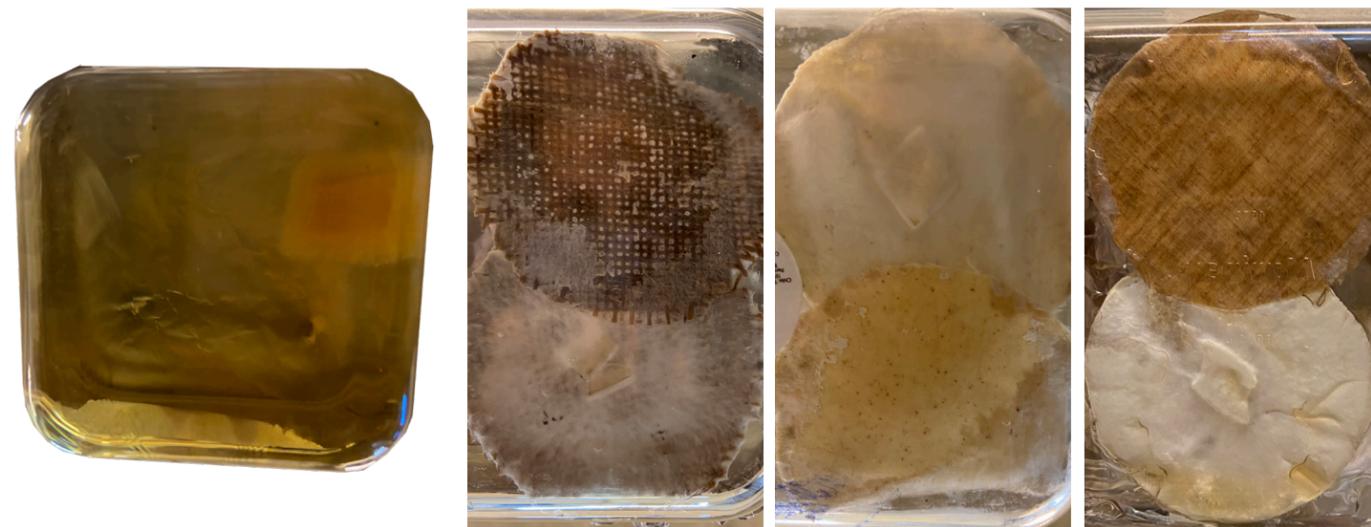


Figura 4-2

Figura 4-3



Figura 4-4

## 4.1 MÉTODOS Y CONDICIONES DE FABRICACIÓN

Antes de comenzar a cultivar el material textil de micelio, se revisaron diferentes investigaciones para establecer los métodos y las condiciones de crecimiento ideales para fabricar el material. En el caso de las muestras con diferentes tejidos naturales, como sustratos, se replicó el método del paper "Growth Of Pleurotus Ostreatus On Different Textile Materials For Vertical Farming"<sup>[26]</sup> y los tejidos utilizados fueron algodón, lino y yute para observar cómo el micelio crecía sobre estos. Por otra parte, se cultivó micelio puro con el método del paper "Mechanical Properties Of Sheets Comprised Of Mycelium: A Paper Engineering Perspective"<sup>[27]</sup>, para luego, establecer las diferencias del micotextil con y sin matriz.

Se trabajó con el micelio del hongo *Trametes Versicolor* debido a que es un hongo lignocelulósico (degradador de madera), que ha sido utilizado en varios experimentos para el desarrollo de textil de micelio entregando buenos resultados y un rápido crecimiento.

Las máquinas utilizadas durante todo el proceso fueron la campana de flujo de aire ascendente para evitar contaminaciones y la autoclave para esterilizar las telas, recipientes y herramientas antes de ser utilizadas.

Previo al desarrollo del material, se cultivó el hongo en placa Petri por un periodo de 7 días en una incubadora a una temperatura de 25°C y un porcentaje de humedad de 10% para luego inocular las matrices de tejido vegetal.

El material se desarrolló en placas Petri que poseen una capa de PDA, sobre esta capa se ubicaba el tejido vegetal previamente bañado con PDB e inoculado con el micelio de *Trametes versicolor* (Figura 4-1). En cuanto, al caso del micelio puro, este se ubicó sobre el PDB directamente (Figura 4-2).

Las muestras se llevaron a la incubadora, donde las placas con matrices de yute y algodón se dejaron crecer por 7 días, mientras que las placas con tela de lino, por 9 días y en el caso de los recipientes con micelio puro tuvieron un periodo de 12 días, todos a una temperatura de 25°C y un porcentaje de humedad de 10%.

Luego en varios recipientes de vidrio, previamente esterilizados en autoclave, se unieron en pares, 6 muestras de cada tela (Yute, algodón y lino) con una parte sobrepuesta con los micelios tocándose, para observar si estas generaban una unión mediante el proceso de anastomosis del hongo (Figura 4-3). Las muestras de los materiales con matriz de yute y algodón se dejaron crecer por 7 días, mientras que las muestras con lino solo por 5 días, todas dentro de la incubadora para permitir que el micelio siguiera creciendo en condiciones ideales.

Finalmente, para evitar el crecimiento de micelio se cubrieron las muestras con glicerol por ambos lados y se colgaron para secarlas durante un día, luego se preparó el recubrimiento para evitar que las muestras se sequen y mantengan su flexibilidad, mezcla realizada bajo la referencia de la investigación "MICOTEXTIL, Textiles De Hongos Y Equipo Científico De Libre Acceso"<sup>[28]</sup> que es a base de proteína de soya, agua e hidróxido de sodio, con la cual se cubrieron las muestras y se colgaron para secarlas por un día para realizar las pruebas mecánicas (Figura 4-4).

[26] Helberg, Julia, Michaela Klöcker, Lilia Sabantina, Jan Lukas Storck, Robin Böttjer, Bennet Brockhagen, Franziska Kinzel, Anke Rattenholl, and Andrea Ehrmann. 2019. "Growth Of Pleurotus Ostreatus On Different Textile Materials For Vertical Farming". *Materials* 12 (14): 2270. doi:10.3390/ma12142270.

[27] Mazur, Ross. 2015. "Mechanical Properties Of Sheets Comprised Of Mycelium: A Paper Engineering Perspective". *SUNY College of Environmental Science and Forestry*.

[28] Avilés, Guillermo, Catalina De Pablo, Francisca Feijoo, Fernán Federici, Claudia Gaete, Tania Pedraza, Fernanda Peñaranda, Sebastián Rodríguez, Andrés Romero, and Axel Sepúlveda. 2019. *MICOTEXTIL Textiles De Hongos Y Equipo Científico De Libre Acceso*. Danae Catalán Latournerie.

Figura 4-1: Crecimiento de hongo *Trametes Versicolor* en yute, algodón y lino.

Figura 4-2: Crecimiento de hongo *Trametes Versicolor* en medio líquido PDB.

Figura 4-3: Unión por anastomosis en las muestras de yute, algodón y lino.

Figura 4-4: Imágenes del proceso de recubrimiento y colgado de las muestras.

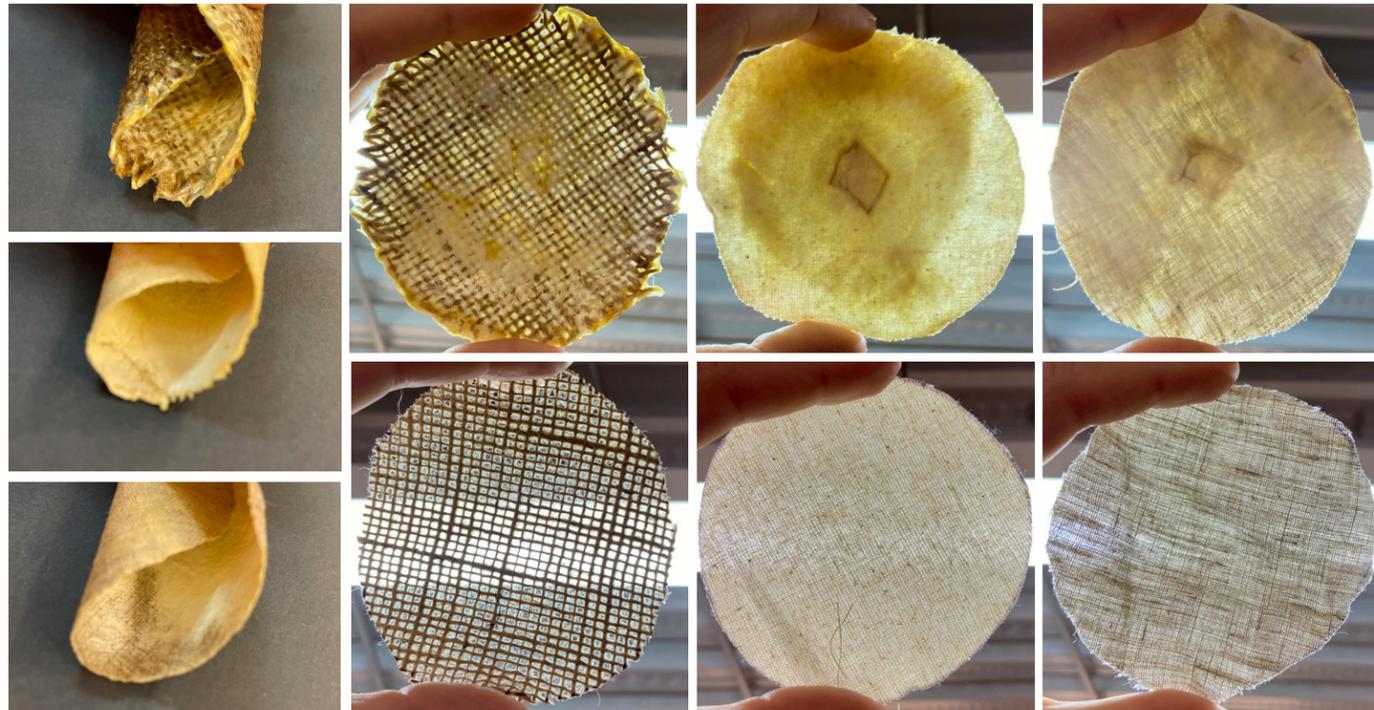


Figura 4-5

Figura 4-6

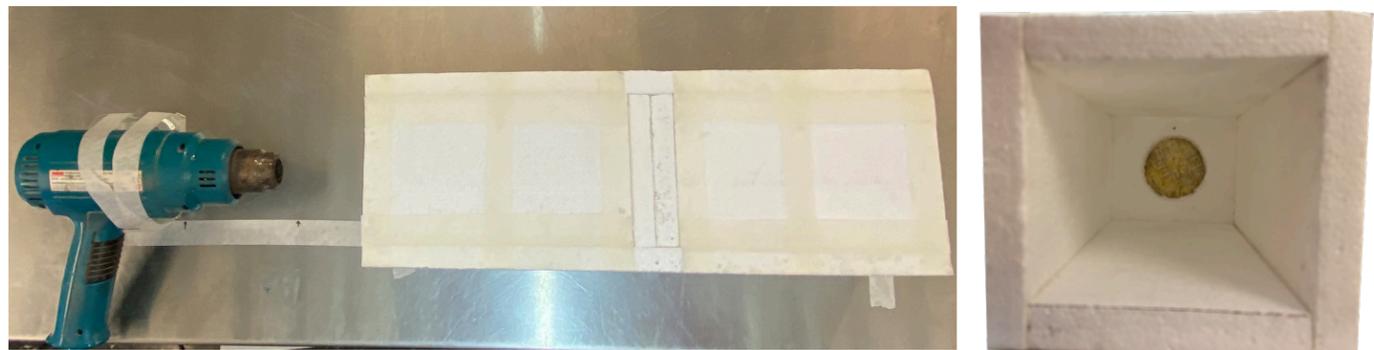


Figura 4-7



Figura 4-8

## 4.2 CARACTERIZACIÓN MATERIAL

Los materiales textiles de micelio cultivados conservaron las características originales de los tejidos utilizados como matiz, tales como su ligereza, flexibilidad y transparencia.

Estas cualidades fueron modificadas en cierto nivel por el micelio concibiendo un material final más denso, debido a que el micelio creció por los espacios existentes entre las fibras de los tejidos utilizados y la flexibilidad se mantuvo gracias al tratamiento que se le realizó con el recubrimiento y permitió mantener humedad en el micotextil (Figura 4-5). El grado de transparencia de las muestras disminuyó en relación a las telas sin intervenir, ya que los únicos puntos donde atraviesa la luz son los espacios donde, como se mencionó anteriormente, solo hay micelio (Figura 4-6).

Las muestras finales tienen un atractivo visual en cuanto a los colores que produce el micelio en la tela entregando un material final con diferentes tonalidades, esto debido a que crece con densidades distintas a lo largo de la tela y por esta misma razón se seca rápidamente en algunas zonas, antes de recubrirlo.

## 4.3 PRUEBAS MECANICAS

Las pruebas mecánicas a realizar sobre el objeto de estudio son: la capacidad aislante del material y su resistencia. Previo al testeo de las muestras se revisaron diferentes investigaciones sobre pruebas mecánicas de materiales adaptadas para realizarlas con los elementos disponibles.

Para probar si el material micotextil tiene capacidad aislante se adaptó el método de prueba de destello laser por difusividad térmica, de la investigación "Diseñar un equipo que permita calcular la conductividad térmica de materiales sólidos, a través de la ley de conducción de Fourier"<sup>29</sup>, que consiste en irradiar con calor un lado de la muestra, mientras que, por el lado opuesto se mide la temperatura para establecer si este aumento. Para este experimento se diseñó un dispositivo con poliestireno expandido de alta densidad para evitar pérdidas de calor laterales, con un espacio en el centro para ubicar la muestra a probar y así poder medir con mayor precisión el cambio de temperatura y la capacidad de los materiales de aislación térmica, según el traspaso de temperatura medido con un termómetro infrarrojo de superficie (Figura 4-7).

La resistencia de las muestras se midió según su capacidad de soportar peso hasta romperse, esto se realizó con una perforadora para hacer agujeros en las telas, a 2cm del borde en ambos lados, y así pasar 2 ganchos para sostener las muestras, uno para sujetarla y el otro para sostener el recipiente donde se incorpora el peso (Figura 4-8). Finalmente, este ejercicio permitió establecer cuanto resiste cada muestra en comparación al material sin micelio y también, la resistencia de la unión en el caso de los materiales adheridos por anastomosis.

<sup>[29]</sup> ARAYA, DANIEL. 2017. DISEÑAR UN EQUIPO QUE PERMITA CALCULAR LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE MATERIALES SÓLIDOS, A TRAVÉS DE LA LEY DE CONDUCCIÓN DE FOURIER. Ebook. VALPARAISO. [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-5000/UCC5007\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-5000/UCC5007_01.pdf).

Figura 4-5: Imágenes de los materiales plegados, para mostrar su flexibilidad.

Figura 4-6: Imágenes de los materiales a contra luz.

Figura 4-7: Imágenes del dispositivo para medir el paso del calor a través de las muestras de los diferentes materiales.

Figura 4-8: Imágenes del sistema para medir la resistencia de las muestras y de las uniones por anastomosis.

GRÁFICO DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE AMBOS LADOS DE LA MUESTRA

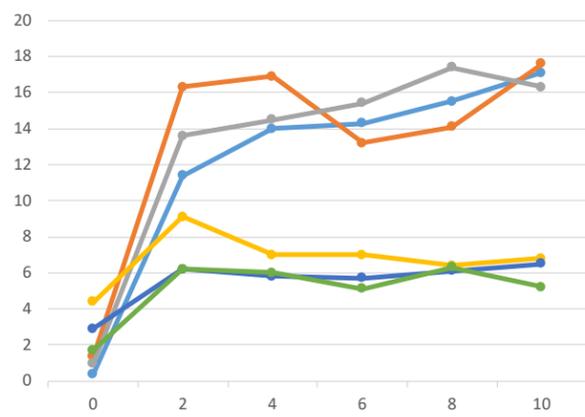


Figura 4-9

GRÁFICO DIFERENCIA DE TEMPERATURA DE LAS MUESTRAS

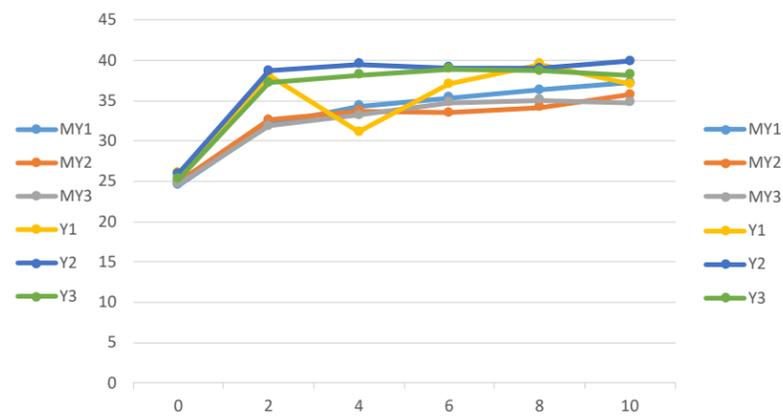


Figura 4-10

GRÁFICO RESISTENCIA DE LAS MUESTRAS (COMPARACIÓN DE TODOS LOS MATERIALES)

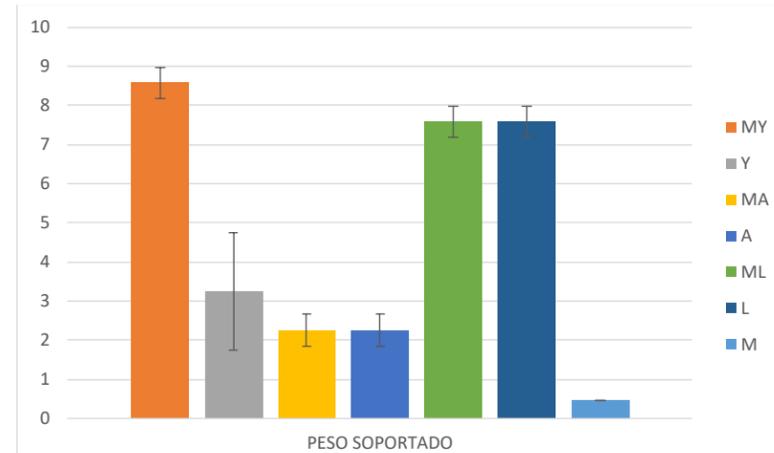


Figura 4-12

GRÁFICO RESISTENCIA DE LA UNIÓN DE LAS MUESTRAS (MICOTEXTIL CON YUTE, ALGODÓN Y LINO)

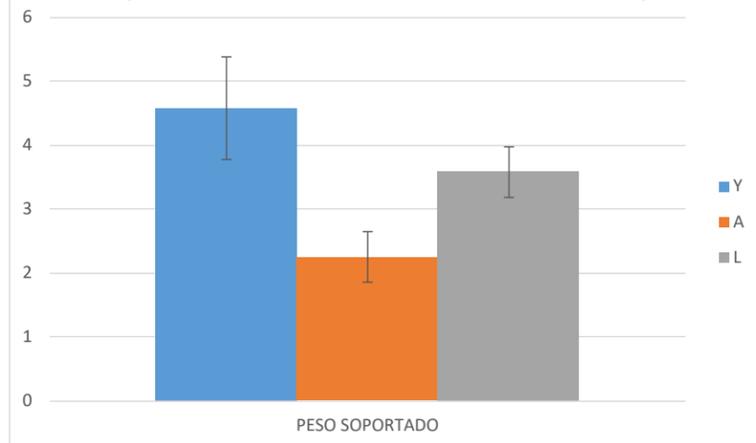


Figura 4-13



Figura 4-14

## 4.4 RESULTADOS

La prueba de capacidad de aislación de las muestras se realizó con un dispositivo fabricado con poliestireno expandido y una pistola de calor que inyectaba aire caliente por un lado de la muestra. Cada muestra se calentó durante un periodo de 10 minutos, y cada 2 minutos se fueron registrando los datos de temperatura a ambos lados del dispositivo, de la muestra y la temperatura ambiente del lugar.

Esto entregó diferentes resultados (ver tablas de datos en anexo, pag 78-81), que fueron graficados comparando las telas sin intervenir y las telas de micotextil del tejido correspondiente. Se observó que las telas de menor densidad de fibras como el yute sin micelio, dejaron pasar más calor que las telas de algodón y lino, que tenían una puntada más fina. Todos los micotextiles conservaron una diferencia de temperatura promedio de 13.5°C entre ambos lados, manteniendo el lado opuesto al de la fuente de calor a no más de 25.5°C (Figura 4-9). Además, las muestras de micotextil presentaron un menor calentamiento, sin superar los 38.3°C, que las muestras de las telas sin intervención que llegaron a superar los 40°C (Figura 4-10).

Las pruebas de resistencia ejecutadas en las muestras, se realizaron con el sistema mencionado anteriormente, que consiste en colgar el material e ir agregándole peso hasta que colapse. Todos fueron probados con los mismos pesos, agregados cada 30 segundo. Los datos fueron registrados en una tabla, marcando el peso total incorporado hasta el punto de colapso de las muestras y de las uniones por anastomosis.

En el caso de las pruebas sobre los materiales textiles (ver tablas de datos en anexo, pag 88-89), se testearon 3 piezas de cada muestra: micotextiles de yute, algodón, lino y micelio puro, y tejidos sin intervenir de yute, algodón y lino. Este ejercicio demostró que los materiales cultivados a base de yute fueron los que más resistieron, con un peso máximo de 8.92Kg (peso máximo que soporto el sistema de medición) sin romperse y marcando una gran diferencia respecto a la tela de yute, de 4Kg. Los materiales cultivados con lino y algodón arrojaron los mismos resultados que sus tejidos respectivos sin intervención, en estas muestrass el micelio creció sobre la matriz y no logro penetrar las fibras (Figura 4-11). Finalmente, las muestras de micelio puro soportaron el menor peso en comparación al resto de las muestras, con un máximo de 0.46Kg (Figura 4-12).

Y para el caso de la resistencia de la unión por el proceso de anastomosis del hongo en las diferentes muestras (ver tablas de datos en anexo, pag 86), los resultados arrojaron que la unión que más peso soportó fueron los micotextiles elaborados con yute, seguido del lino y finalmente el algodón (Figura 4-13). Para los casos de los materiales realizados con matriz de lino y algodón, algunas pruebas fueron inconclusas en relación a la resistencia de la unión, debido a que la tela colapsó antes que zona de adhesión (Figura 4-14).

Figura 4-9: Gráfico diferencia de temperatura entre ambos lados de la muestra de las telas de yute y el micotextil de yute.

Figura 4-10: Gráfico diferencia de temperatura de las muestras de las telas de yute y el micotextil de yute.

Figura 4-11: Imágen del micelio que creció sobre la matriz de algodón y no a través de ella.

Figura 4-12: Gráfico comparación de resistencias entre todas las muestras.

Figura 4-13: Gráfico comparación de resistencia de la unión entre todas las muestras.

Figura 4-14: Imágen del colapso de la tela y no de la unión.

## 5. ARQUITECTURA Y MATERIAL TEXTIL

### 5.1 IMPLEMENTACIÓN DEL MATERIAL: TEXTIL EN LA ARQUITECTURA

<sup>[30]</sup> Semper, Gottfried, and Juan Ignacio Azpiazu. Semper : El Estilo : El Estilo En Las Artes Técnicas Y Tectónicas, O, Estética Práctica Y Textos Complementarios. 2013.

El arquitecto Gottfried Semper, desarrolló una hipótesis sobre la existencia de los principios que determinan los diferentes estilos de las artes técnicas y tectónicas, donde plantea que la forma es la que entrega al material de construcción las propiedades para cumplir su función y que la técnica trata sobre la esencia que le es propia a cada objeto y establece una función con el material, la cual debe expresarse en la parte constructiva de este. Si bien cada técnica tiene un material originario, el cual ofrece el medio más fácil para producir las formas de su dominio, se pueden utilizar también otros materiales.

La necesidad de sujetar y cubrir llevó al hombre a utilizar hilos, bandas y superficies envolventes naturales donde el uso de tejidos comienza con la necesidad de separar la vida interior de la exterior mediante la creación de la cerca, siendo este elemento el que hace perceptible el espacio cerrado y lo presenta formalmente. Los materiales tejidos cumplen su función original como divisores espaciales, donde la cobertura constituye un opuesto a la atadura y se presenta como unidad, apareciendo como elemento formal la superficie y el mecanismo de la costura para unir un conjunto de piezas superficiales del mismo tipo, con el fin de unir estas piezas originalmente separadas con una conexión permanente, expresándose como algo unificado y combinado en uno.

El principio del revestimiento proviene del arte prehelénico, donde sirve exclusivamente a la belleza y la forma. La forma artística y decoración se unifican en la arquitectura griega por medio de la influencia del revestimiento de superficies. Los revestimientos de superficies necesitan de armazones para mantener o soportar cerramientos espaciales y no tienen relación con el espacio o la subdivisión de éste. Lo mismo pasa con los muros de ladrillo, piedra o cualquier material de construcción, que por su naturaleza y uso no tienen relación con el concepto espacial, sino que actúan como un soporte y apoyo del cierre, funcionando como un armazón interno y siendo invisibles para la representación de la idea espacial.

En este sentido podemos relacionar el arte de vestir el cuerpo (invento más nuevo que el uso de superficies de cobertura para cierres espaciales, o que se puede ver reflejado en algunas tribus donde utilizan pieles para la protección de sus campamentos, pero no conocen la vestimenta) con el uso de los materiales textiles en la arquitectura, donde el cuerpo actúa como soporte del vestido como revestimiento textil que lo envuelve (Semper y Azpiazu 2013)<sup>30</sup>.

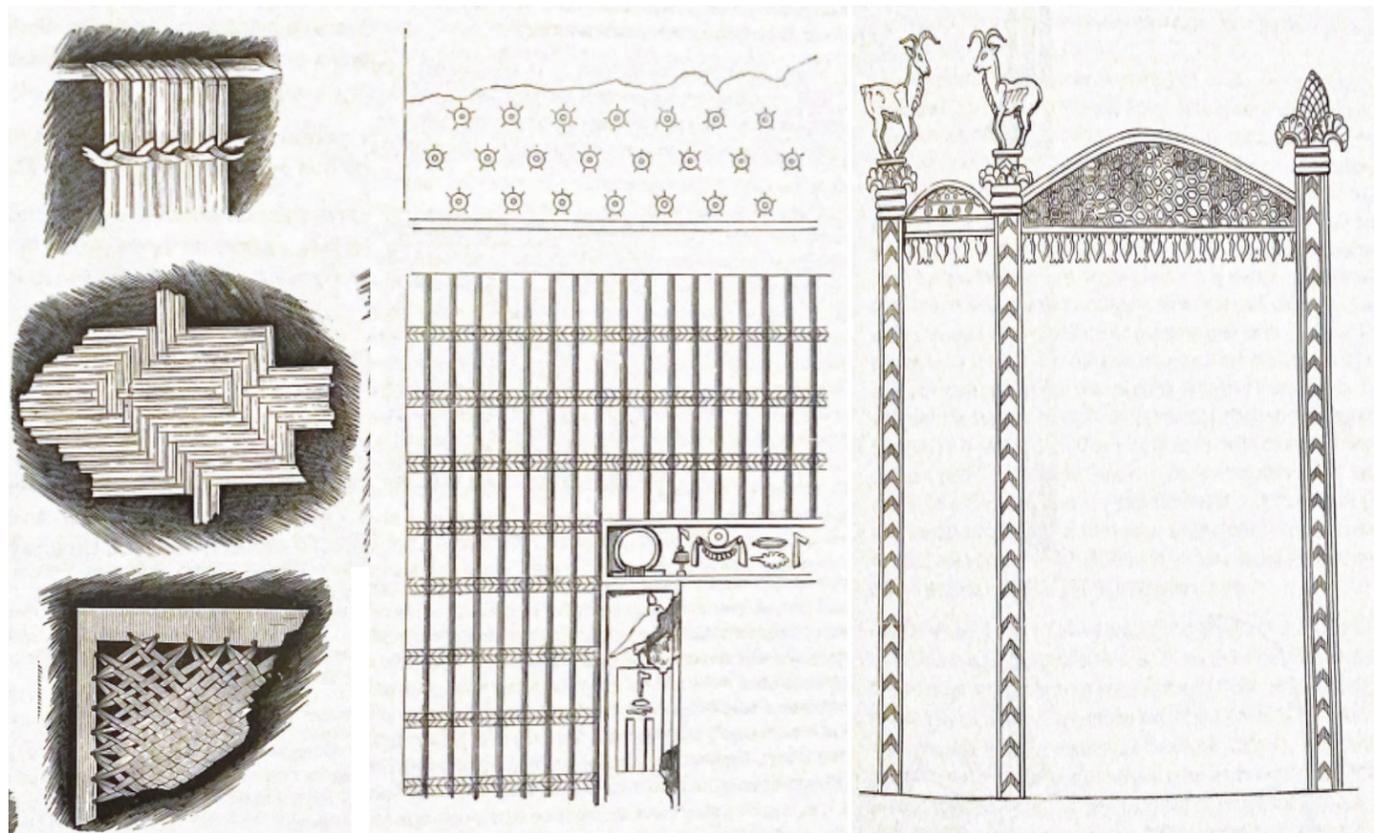


Figura 5-1

Las ilustraciones que utiliza Semper en su libro “El Estilo”, muestran como las civilizaciones antiguas utilizaban la técnica del arte textil. Estas imágenes pertenecen a obras realizadas en Egipto, donde se muestra la utilización de la técnica del revestimiento de diferentes maneras. Uno mediante la generación de una superficie, como cobertura mediante entrelazos de cañas. Y otro con estructuras de soporte y un recubrimiento con otro tipo de materiales (Figura 5-1) como porcelana que utilizan como soporte el muro.

Con esta idea sobre la técnica del arte textil en la arquitectura, se utilizará el material textil de micelio para conformar la envolvente del proyecto con la ayuda de una estructura secundaria como soporte, conformando un componente donde ambas partes trabajan en conjunto, formando un elemento que permita crear espacios interiores y refleje la ligereza del material de micelio.

Actualmente, dentro de la categoría arquitectura textil, las estructuras más comunes son las tensoestructuras, que están compuestas de membranas y cables de acero, y sus principales características son la resistencia a la tracción y la plasticidad de su forma. Estructuralmente este sistema combina 3 elementos: Las membranas, estructuras rígidas (postes y mástiles) y cables, donde los cables son los responsables de la distribución de las tensiones de tracción.

La ventaja que traen este tipo de construcciones es que requiere de poco material, ya que con las membranas se crean grandes superficies y los sistemas son capaces de adaptarse a diferentes condiciones de terrenos, debido a que las intervenciones en el suelo son puntuales y estos elementos construyen espacialidades sin considerar el plano de suelo (Pereira 2019)<sup>31</sup>.

El arquitecto alemán Frei Otto, conocido por sus obras de estructuras ligeras que se soportan mediante la tensión ya sea de las membranas tensadas o las piezas que la conforman, logra crear espacios únicos mediante estas tensoestructuras. Estas permiten generar una envolvente principalmente de cubierta y resuelve las uniones entre la estructura y el suelo, de tal forma que determina el estrato traspasable para ser habitado.

Otto destaca la importancia y la necesidad de la investigación en la arquitectura por medio de experimentos y ensayos físicos (Figura 5-2) como una herramienta de optimización y búsqueda de la forma. Otto dice que “Poder construir presupone el conocimiento de todas las formas de la arquitectura y de la construcción, al igual que de su desarrollo. Construir significa progresar en ese proceso, investigar y hacer. El desarrollo de los edificios comenzó hace al menos 10.000 años y ha alcanzado un altísimo nivel, pero de ninguna manera es un proceso cerrado. Todavía hay innumerables posibilidades abiertas, innumerables descubrimientos por hacer”, haciendo énfasis en que la exploración e investigación por medio de las maquetas permite encontrar cosas que no se han buscado, sobre todo en este tipo de estructuras con materiales textiles tensados, debido a que hasta que se construye no se sabe qué tipo de forma va a tomar (Yunis 2015)<sup>32</sup>.

<sup>[31]</sup> Pereira, Matheus. 2021. “Tensoestructuras: ¿Cómo Funcionan Y Qué Tipos Existen?”. Archdaily Colombia. <https://www.archdaily.co/co/914377/tensoestructuras-como-funcionan-y-que-tipos-existen>.

<sup>[32]</sup> Yunis, Natalia. 2015. “Pritzker 2015: Frei Otto Y La Importancia De La Experimentación En La Arquitectura”. Plataforma Arquitectura. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/763636/pritzker-2015-frei-otto-y-la-importancia-de-la-experimentacion-en-la-arquitectura>.

Figura 5-1: ilustraciones de Semper sobre la arquitectura textil.

Figura 5-2: imágenes de las maquetas de estudio realizadas por Frei Otto.

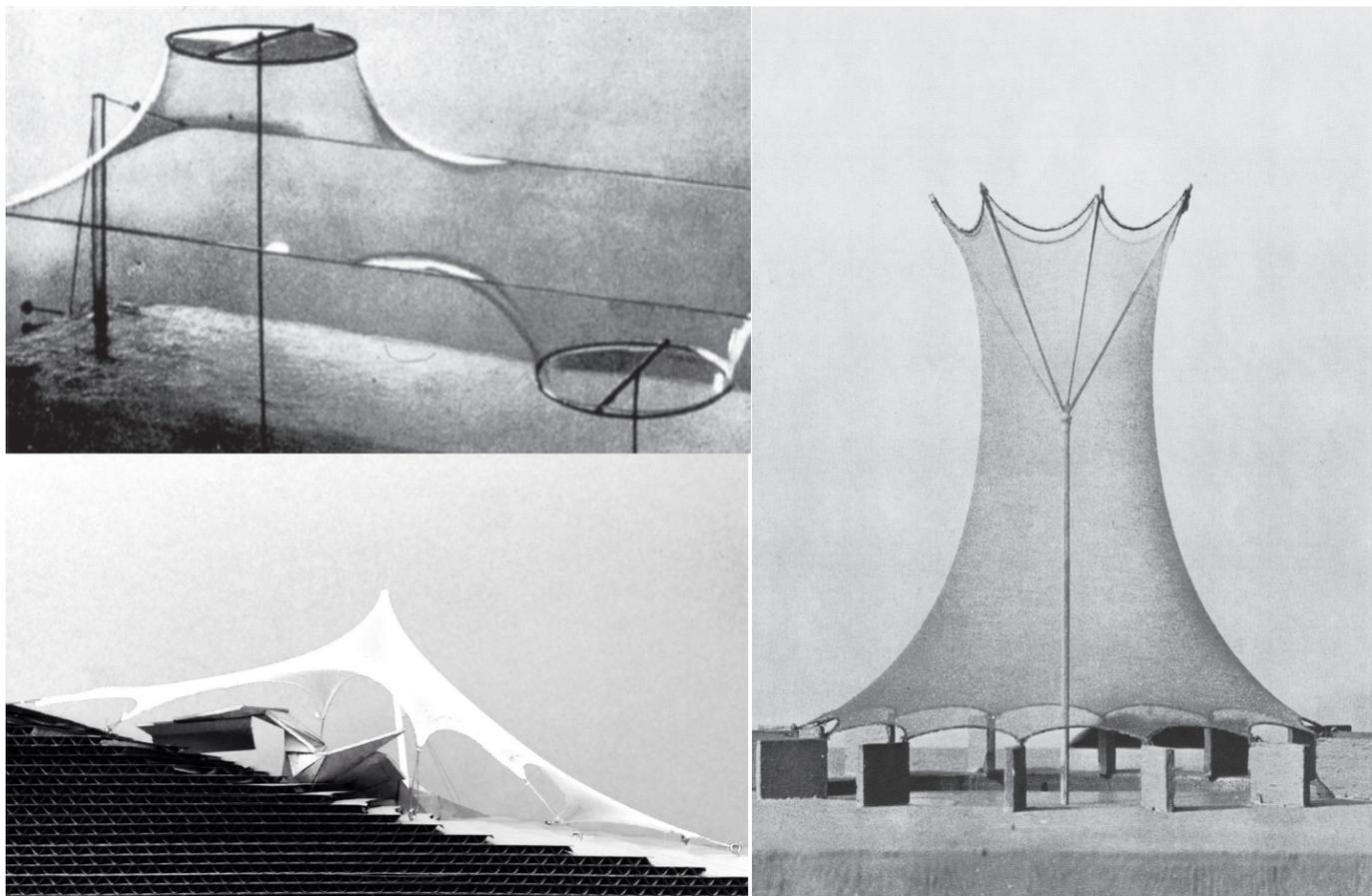


Figura 5-2



Figura 5-3

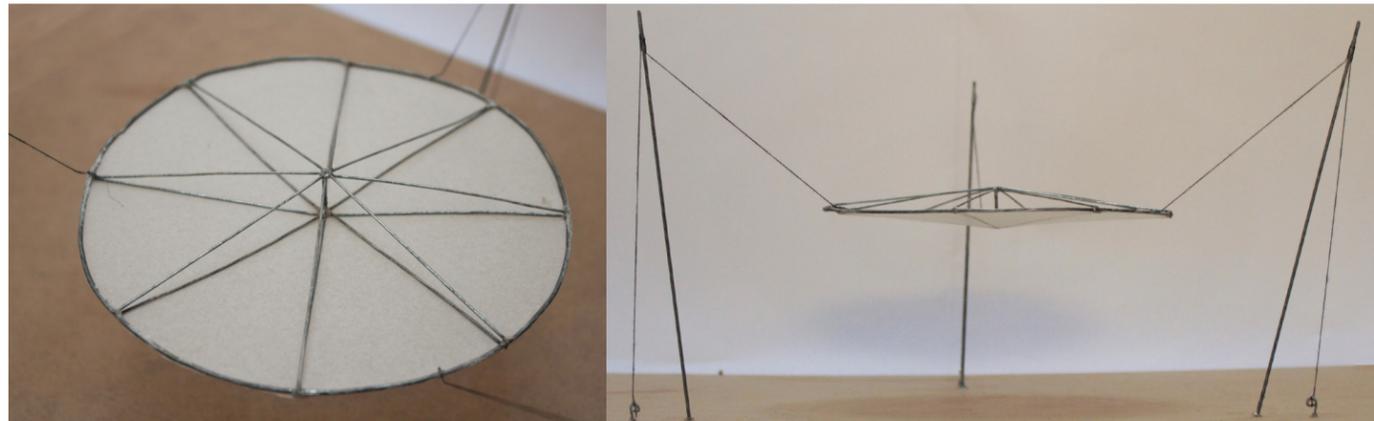


Figura 5-4

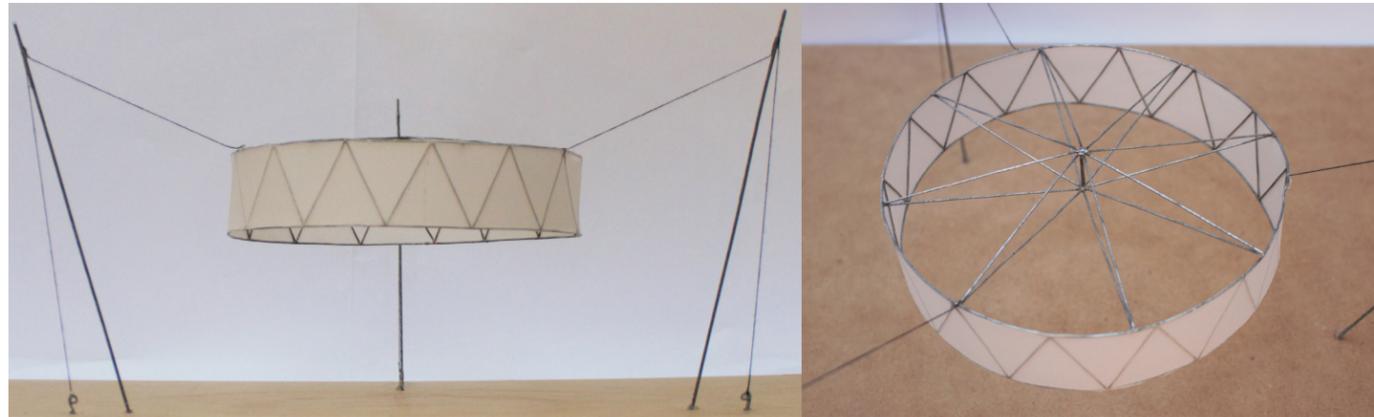


Figura 5-5

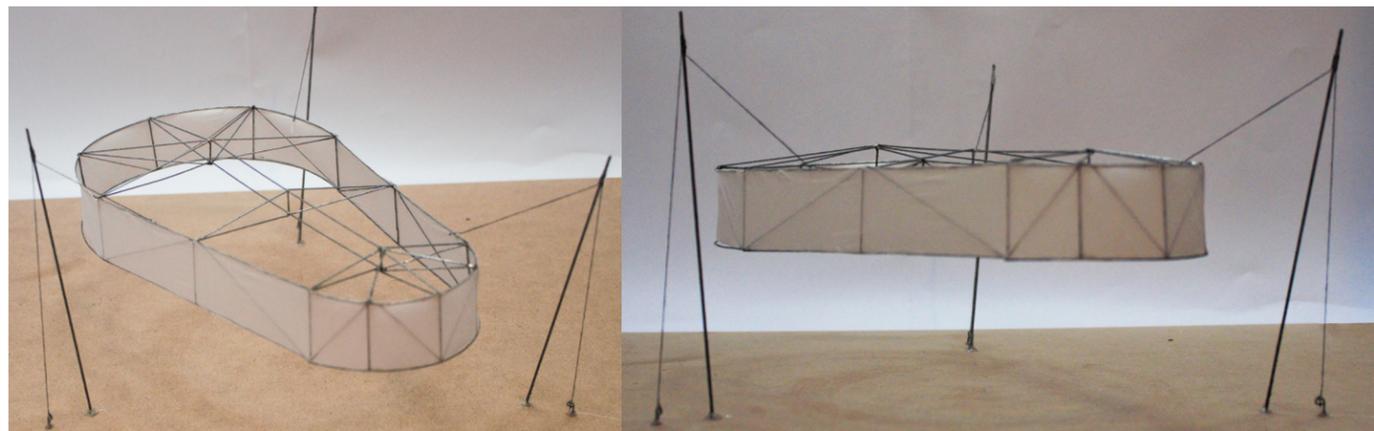


Figura 5-6

Finalmente, se estudió la obra “Moon Shadow, Meeting Point” (Figura 5-3) de los arquitectos Smiljan Radic, Gonzalo Puga y Osvaldo Sotomayor, la que consiste en una estructura inflable que se suspende a 3m del suelo. Esta esfera crea bajo ella un espacio de encuentro y protección, a través de una estructura ligera suspendida mediante tensores y representa la idea de una estructura primaria como soporte del elemento que conforma la envolvente, además de conformar y definir un espacio.

<sup>[33]</sup> Pastorelli, Giuliano. 2009. “Moon Shadow / Smiljan Radic + Gonzalo Puga - [Actualizado]”. Plataforma Arquitectura. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-28693/moon-shadow-smiljan-radic-gonzalo-puga>.

## 5.2 EXPERIMENTOS Y ENSAYOS FÍSICOS

En base a los principios y referentes estudiados, se realizaron diferentes maquetas de estudio para asimilar el sistema estructural, compuesto por una estructura principal de soporte y una estructura secundaria que permitiría recibir y sostener la envolvente formada por el micotextil.

Figura 5-3: imágenes de la obra Moon Shadow que muestran el espacio que genera bajo el globo.

Figura 5-4: Maqueta de elemento colgante como cubierta para conformar un espacio. Elaboración propia.

La primera maqueta consistió en probar la estructura de rueda de bicicleta, conformada por perfiles de acero y tensores como una estructura de soporte para el micotextil (Figura 5-4). Este componente se suspende mediante tres puntales, generando una situación similar a la obra de Moon Shadow, donde se concibe un espacio bajo este plano horizontal de micelio, de reunión y protección (Pastorelli 2009)<sup>33</sup>.

Figura 5-5: imágenes de maqueta para explorar la estructura de elemento colgante como envolvente. Elaboración propia.

Luego con la intención de conformar un recinto más definido, se realizó una segunda maqueta (Figura 5-5) con la misma estructura base de rueda de bicicleta, pero ahora formando un espesor replicando el perfil circular superior y uniéndose mediante perfiles de acero y tensores, donde el material de micelio se ubica en el perímetro, cerrando el espacio mediante una superficie continua vertical del material. Esta estructura también se suspendió para ver su comportamiento en cuanto a la estructura y la espacialidad que genera, entregando buenos resultados.

Figura 5-6: maqueta de elemento colgante con una geometría conformada por círculos y rectas. Elaboración propia.

Finalmente, se hizo una tercera maqueta de este componente con las mismas bases (estructura de rueda de bicicleta y suspendido), donde la forma ahora sería compuesta por círculos y rectas tangentes a estos para conformar los recintos programáticos del proyecto (Figura 5-6). Esta maqueta final permitió ampliar las posibilidades de formas y composición de los programas, adecuando la forma y tamaño según su uso, donde el micotextil se vuelve el protagonista en el proyecto como creador y delimitador de espacios.

## 6. PROYECTO CENTRO DE INTERPRETACIÓN

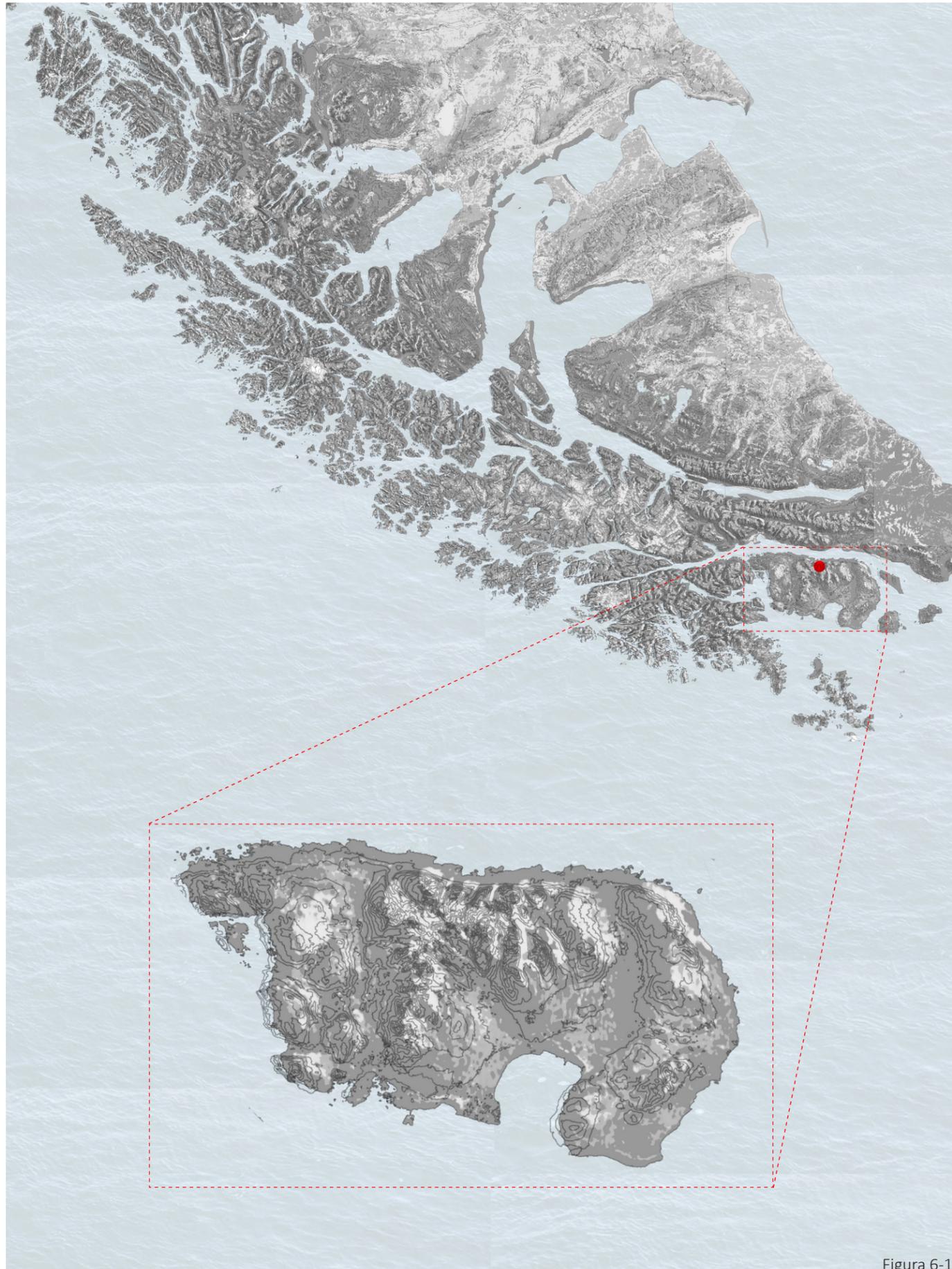


Figura 6-1

## 6.1 LUGAR DE EMPLAZAMIENTO: PARQUE OMORA

El proyecto se emplaza en el Parque Etnobotánico Omora, el cual se ubica en la zona sur del país, en la región de Magallanes, específicamente en la isla Navarinos (Figura 6-1).

### PERFIL DEL PARQUE

El parque Omora se encuentra en la región de Magallanes y Antártica Chilena, en la provincia de Antártica Chilena y en la comuna de Cabo de Hornos. Tiene una superficie total de 1.069,74 hectáreas, siendo esta un área protegida público-privada. Actualmente está concesionada por instituciones, estas son la Universidad de Magallanes y Fundación Omora, las que se dedican a conservar y proteger los recursos naturales de la zona y su flora y fauna. Este lugar cuenta con un ecosistema principal que es de bosque templado subantártico, que constituye el bosque más austral del planeta. Debido a esto, el programa principal del parque está destinado a la investigación.

Las principales actividades y estudios del parque son:

**Monitoreo de aves subantárticas:** Programa de investigación que se encuentra en desarrollo desde el año 2000, teniendo como objetivo monitorear y estudiar los aspectos de la ecología general de las aves de este sitio. Estos monitoreos permiten estudiar los efectos del cambio climático y de las especies invasoras.

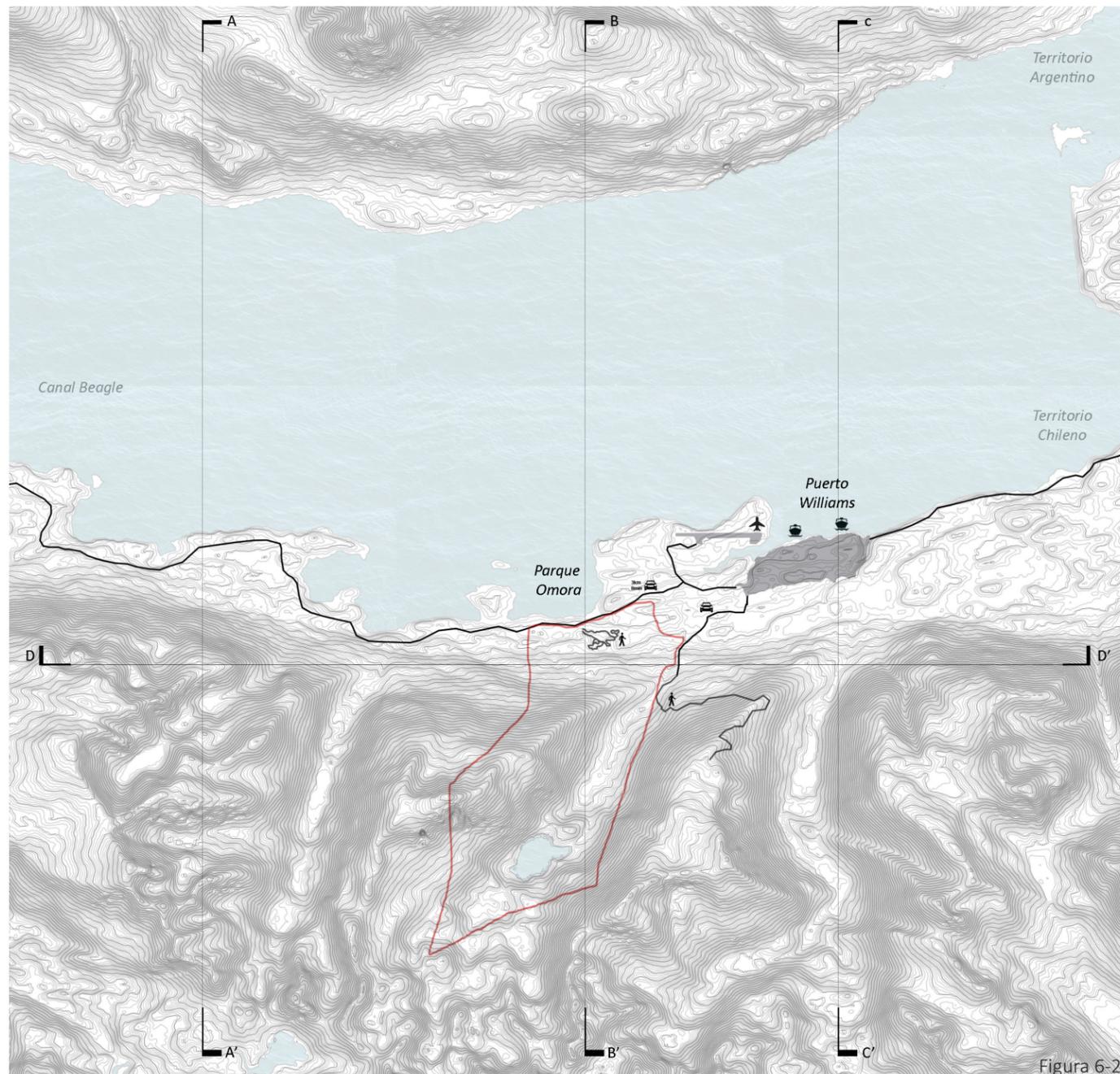
**Invertebrados de río:** Programa de investigación enfocado al estudio de la ecología y fisiología de los invertebrados de agua dulce, teniendo como objetivo contribuir a la conservación de los ecosistemas de agua dulce, ya que estos organismos son fundamentales para mantener la calidad del agua.

**Ecoturismo con lupa:** Programa creado en el año 2002, que tiene como objetivo ser un turismo sustentable y ético, poniendo atención a los seres vivos pequeños que generalmente pasan inadvertidos. Existen circuitos en el parque diseñados especialmente para este tipo de turismo.

Este lugar actualmente cuenta con 3 recorridos, los cuales se encuentran ligados a un programa, estos son:

- Los bosques más australes del planeta
- Circuito de los Bosques en Miniatura del Cabo de Hornos en el Parque Etnobotánico Omora
- Habitantes Sumergidos en los Ríos del Cabo de Hornos

Figura 6-1: Planimetría ubicación de parque omora en isla Navarino ubicada en la región de Magallanes. Elaboración propia.



## PLANIMETRÍA BASE DEL LUGAR

En una escala territorial, podemos ubicar el Parque Omora, demarcado por el perímetro rojo (Figura 6-2), a 3km de distancia al oeste de la ciudad de Puerto Williams, a la cual se accede mediante avión o barco. Este lugar se encuentra en una condición única, enfrentando por un lado al territorio argentino que se encuentra separado por el canal Beagle y por el otro lado a las montañas que conforman los dientes de navarino.

Se trazaron diferentes cortes para analizar la condición y espacialidad geográfica de este lugar (mediante el programa Qgis que permitió extraer de imágenes satelitales la información topográfica del sitio), donde se pueden observar grandes cambios de nivel en los cortes sentido norte-sur, donde el terreno comienza accidentarse a medida que se aleja del canal Beagle pasando por un territorio más bien plano para luego llegar a grandes montañas, a diferencia del corte oriente-poniente se destaca una leve inclinación en el espacio central donde estaría ubicado el parque contenido por montañas en ambos bordes (Figura 6-3).

Como panorama general, se observa en el plano de cotas como se repite a lo largo del borde del canal Beagle la topografía descrita en los cortes de sentido norte-sur, presentando una leve inclinación al borde de la costa norte de la isla, y a medida que nos dirigimos al sur de la isla, el terreno va teniendo mayor inclinación debido a las grandes montañas presentes en la zona central.

Respecto al sitio a intervenir en el parque, la planta general (Figura 6-4) muestra las construcciones existentes en el lugar, estas son: estacionamientos en el acceso y recorridos que cuentan con senderos de sistemas de plataformas elevados del suelo, los que están conformados por fundaciones de hormigón, madera y en algunos sectores rejillas metálicas.

En cuanto a la topografía del terreno del parque (Figura 6-5), se repite la situación de la escala geográfica donde el sitio a intervenir cuenta con una inclinación muy leve en sentido oriente-poniente, y se observa un gran relieve con una baja inclinación cerca del canal Beagle, que va aumentando a medida que nos dirigimos hacia el sur.

Debido a la escasez de información sobre la vegetación del sitio, se realizó un levantamiento de la vegetación del sector a intervenir, donde se encuentran los senderos del parque, en base al análisis y cruce de información entre imágenes satelitales e imágenes del sitio para definir una densidad y distancia promedio entre árboles.

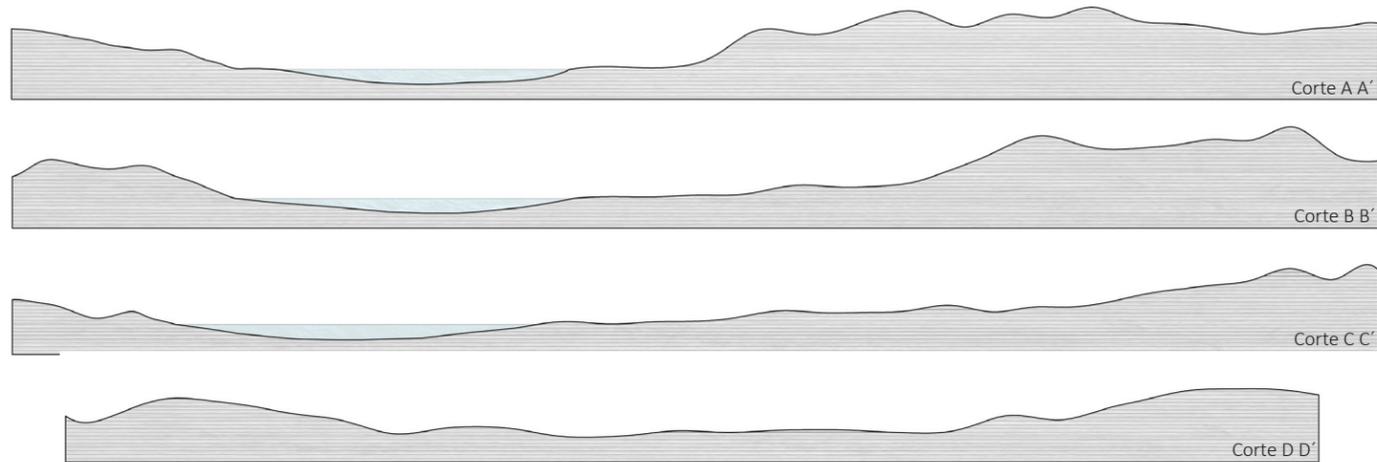




Figura 6-4

## VEGETACIÓN PREDOMINANTE

Se realizó un estudio de la vegetación presente en esta zona, con el fin de establecer los tamaños y alturas de los árboles presentes para así tener una mejor noción de la espacialidad presente en el parque. Esta consta de un bosque conformado principalmente por árboles que van desde los 15 metros hasta los 30 metros de altura, siendo estos el Maitén, Ñirre, Canelo, Coihue y Lengua (Figura 6-6). Donde bajo los 100 metros sobre el nivel del mar la vegetación es alta y frondosa, pero pasando esta barrera comienza a reducir su tamaño y cantidad, debido a los grandes vientos de la zona (Figura 6-7).

Con la planimetría levantada se establecieron dos puntos de emplazamiento, donde se estableció como criterio que las zonas con mayor densidad de árboles no se intervendrán y el proyecto se situaría en las zonas menos densas cercanas a los claros del bosque y a los senderos existentes. También, se propone emplazar el proyecto bajo la copa de los árboles, en la zona bajo los 100m del nivel del mar, donde se encuentran los recorridos existentes en el parque, debido a que estos entregan protección contra factores climáticos como el viento y la lluvia.

Figura 6-4: Planta ubicación árboles y senderos existentes sobre los cuales se emplazara el proyecto. Elaboración propia.

Figura 6-5: Cortes terreno de ubicación del proyecto. Elaboración propia.

Figura 6-6: Estudio de los tamaños de la vegetación predominante en el bosque magallánico. Elaboración propia.

Figura 6-7: Estudio comportamiento vegetación según ubicación. Elaboración propia.



Figura 6-5

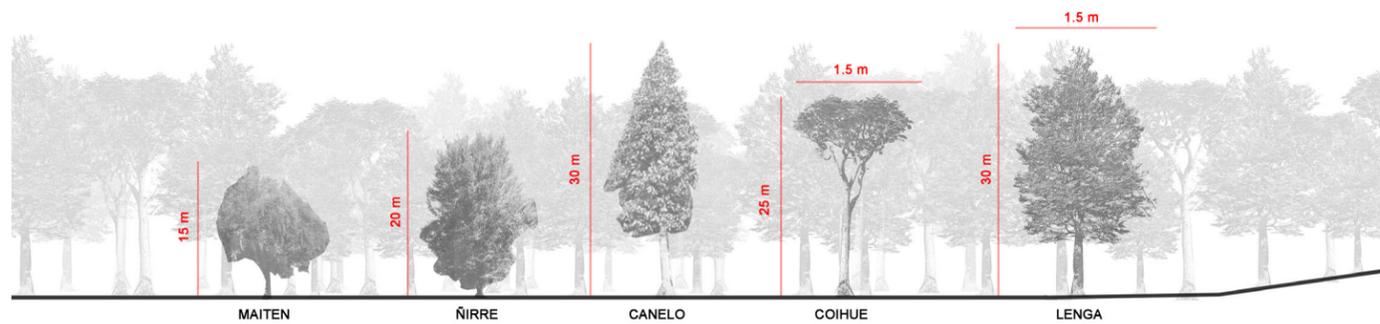


Figura 6-6



Figura 6-7

## 6.2 ANÁLISIS CLIMÁTICO

Figura 6-8: Esquema de comportamiento del proyecto frente a condiciones climáticas. Elaboración Propia.

Mediante el uso de diferentes programas y plataformas (Meteoblue, Sun Earth Tools, Climate Consultant y 3D Sun-Path), se obtuvo la información climática de la ciudad de Puerto Williams, ubicada a 3Km del Parque Omora, ya a que no hay registros sobre este sitio.

En la axonometría (Figura 6-8) se puede ver el proyecto ubicado en el centro, con el recorrido solar anual en esta zona y los ángulos solares del solsticio de verano ( $55.8^\circ$ ), donde el sol ingresa principalmente por las aperturas de la cubierta. En invierno, con un ángulo de  $11.5^\circ$ , el sol ingresa la mayor parte del día tanto por el perímetro como por los agujeros.

Por otra parte, se encuentra el viento que se presenta principalmente por la dirección nororiental. La cubierta permite proteger el espacio interior del proyecto, al igual que los árboles existentes en el sitio que permiten bloquear el viento proveniente de esta dirección.

Finalmente debido a las bajas temperaturas presentes durante todo el año (información climática en anexo) en esta zona, es fundamental considerar las condiciones en las que se cultivará el material de micelio en el lugar y evaluar estrategias para lograr una situación cercana al confort a un bajo costo energético, por lo que se proponen condiciones espaciales con diferentes grados de interioridad, según las necesidades térmicas de los programas que contenga, considerando que la principal protección térmica sería la vestimenta de los visitantes.

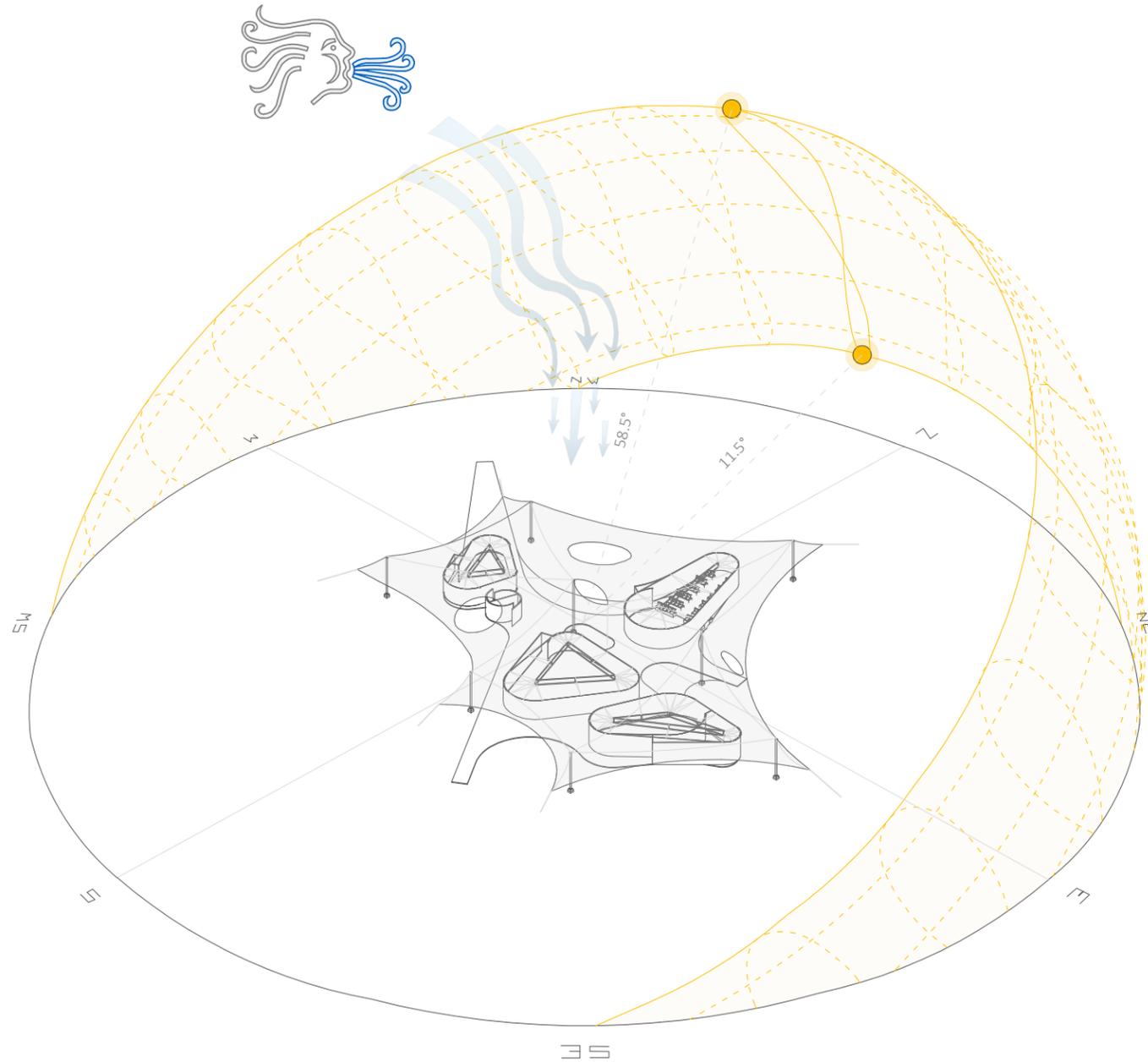


Figura 6-8

### 6.3 PROGRAMA

Se estudiaron centros de interpretación para analizar los programas, tamaños y estrategias. Se realizó una tabla comparativa (Figura 6-9), donde se observa que el área pública generalmente es el mayor porcentaje del programa, variando de un 23-72%. Esto incluye cafeterías, entrada y espacios para exposiciones, un área privada de un 5-20% para las instalaciones y servicios necesarios para el centro, como bodegas y salas de equipamiento. Un área de servicios de un 2-15%, conteniendo baños y cocinas tanto para el público como para los trabajadores. Finalmente un área de 20-70% destinada a las circulaciones, tanto interiores como exteriores.

Se analizó con mayor detalle el proyecto de concurso de diseño infraestructura uso público parque nacional Queulat, de la oficina Polivalente y el Centro de interpretación del románico en Portugal, por la oficina Spaceworkers. El primer centro de información, del parque Queulat, está compuesto por dos tipos de programas: Por un lado lo público, que considera espacio para exposiciones, sala multiusos, cafeterías, baños, fogones y terrazas. Y por el otro lado lo privado, que considera bodegas, talleres, cocina y oficinas para la gente que trabaja en el lugar. Se puede ver además que todas las circulaciones, a pesar de ser exteriores, son techadas y van teniendo un menor ancho a medida que se pasa de lo público a lo privado.

El segundo centro de interpretación del románico, está conformado por diferentes módulos programáticos independientes, los cuales se posan sobre una gran superficie de circulación común que permite la conexión entre estos programas, además de generar un recorrido circular debido a que posee solo un acceso.

Se buscará replicar tanto las estrategias climáticas como de composición de los proyectos de centros de informaciones estudiados, en específico del parque Queulat, donde los recorridos se encuentran elevados del suelo evitando intervenir una gran parte del lugar y facilitando la adaptación a las condiciones geográficas de cada sitio. Las cubiertas son inclinadas debido a las grandes lluvias del lugar, ya que el sitio se encuentra en una zona austral del país donde existen las mismas condiciones antes mencionadas, grandes lluvias, frío y un suelo lleno de vegetación, por lo que se busca generar el menor grado de intervención posible. Y del centro de interpretación de Portugal en cuanto a la composición programática, con esta gran alfombra de circulación que permite contener y conectar los diferentes espacios programáticos del proyecto.

Figura 6-9: Tabla comparativa de superficies de proyectos sobre las áreas destinadas a programas públicos, privados, servicios y circulaciones. Elaboración propia.

BUHAIS GEOLOGY PARK INTERPRETIVE CENTRE	PLAN INFRAESTRUCTURA PARQUE KARUKINKA	OFICINA CENTRAL PARQUE NATURAL FOGO / OTO	NATURUM KOSTERHAVET / WHITE ARKITEKTER
Área total: 7.230m <sup>2</sup> (100%) Área pública: 3.611m <sup>2</sup> (50%) Área privada: 564m <sup>2</sup> (7.8%) Área servicios: 886m <sup>2</sup> (12.2%) Área circulaciones: 2.169m <sup>2</sup> (30%)	Área total: 1.107m <sup>2</sup> (100%) Área pública: 410m <sup>2</sup> (37%) Área privada: 165m <sup>2</sup> (14.9%) Área servicios: 68.5m <sup>2</sup> (6.1%) Área circulaciones: 464m <sup>2</sup> (42%)	Área total: 2.662m <sup>2</sup> (100%) Área pública: 1.382m <sup>2</sup> (52%) Área privada: 390m <sup>2</sup> (14.5%) Área servicios: 50m <sup>2</sup> (1.5%) Área circulaciones: 800 m <sup>2</sup> (32%)	Área total: 647.2m <sup>2</sup> (100%) Área pública: 467m <sup>2</sup> (72%) Área privada: 127m <sup>2</sup> (20%) Área servicios: 53.2m <sup>2</sup> (8%) Área circulaciones: 0 m <sup>2</sup> (0%)
CENTRO DE INTERPRETACIÓN - DUNEDÍN, NUEVA ZELANDA	CENTRO DE INTERPRETACIÓN DEL ROMÁNICO - LOUSADA, PORTUGAL	DESERT INTERPRETATION CENTER	CENTRO DE INTERPRETACIÓN LOS CALARES
Área total: 508.5m <sup>2</sup> (100%) Área pública: 330m <sup>2</sup> (65%) Área privada: 26.5m <sup>2</sup> (5%) Área servicios: 50m <sup>2</sup> (10%) Área circulaciones: 102 m <sup>2</sup> (20%)	Área total: 2.020m <sup>2</sup> (100%) Área pública: 464m <sup>2</sup> (23%) Área privada: 103m <sup>2</sup> (5%) Área servicios: 43m <sup>2</sup> (2%) Área circulaciones: 1.410m <sup>2</sup> (70%)	Área total: 452m <sup>2</sup> (100%) Área pública: 301m <sup>2</sup> (66%) Área privada: 0m <sup>2</sup> (0%) Área servicios: 66m <sup>2</sup> (15%) Área circulaciones: 85m <sup>2</sup> (19%)	Área total: 315.6m <sup>2</sup> (100%) Área pública: 174.6m <sup>2</sup> (55%) Área privada: 40m <sup>2</sup> (12.5%) Área servicios: 40m <sup>2</sup> (12.5%) Área circulaciones: 61m <sup>2</sup> (20%)

■ Área Pública    ■ Área Servicios    ■ Área Privada    ■ Área Circulaciones

Figura 6-9



Figura 6-10

El parque cuenta actualmente con 3 actividades principales que son el turismo con lupa, los habitantes submarinos, y el monitoreo de aves los que atraen tanto a científicos como turistas. Debido a esto se propone dividir el centro en dos partes, la primera ubicada en el acceso ligada a lo turístico y al material de micelio, con espacios de exposiciones, administrativos y producción del material de micelio y la segunda ubicada en un nuevo sendero que conecta dos puntos de intersección entre el recorrido principal y los recorridos relacionados con las actividades científicas, con programas de laboratorios y salas de clases (Figura 6-10).

Figura 6-10: Planimetría general del parque con proyecto. Elaboración propia.

Figura 6-11: imágenes de pinturas renacentistas, San Girolamo en su estudio y El sueño de St. Ursula, como ejemplos la estrategia de composición.

## 6.4 ESTRATEGIAS DE DISEÑO: UNO DENTRO DE OTRO

La estrategia de composición del proyecto consta principalmente de un juego de escalas, tamaños y jerarquía de elementos, donde se genera un espacio principal de gran tamaño con la cubierta que se va ajustando y reduciendo según las dimensiones de los componentes contenidos bajo esta gran cubierta, para acoger diferentes actos.

Esta estrategia de arquitectura dentro de otra arquitectura, permite generar capas a modo de vestimenta, originando un sistema de acondicionamiento térmico a medida que se van sumando y además genera un espacio entre capas que en el proyecto se utiliza para conformar espacios con diferentes usos.

Este problema compositivo, se puede ver reflejado en las pinturas renacentistas (Figura 6-11), donde el edificio no tiene un tamaño medido y mediante muebles, como el escritorio o la cama que conforman una arquitectura de un tamaño habitable, se puede organizar el espacio y contener diferentes actividades. Las dimensiones de esta arquitectura (muebles) dentro de otra arquitectura de mayor tamaño las entrega el acto que se va a realizar en ellas, donde en el caso del escritorio las dimensiones son pensadas para una persona sentada.

Esto se refleja en el proyecto con el componente arquitectónico, el cual tiene una estructura compuesta de tensores y perfiles metálicos, los cuales limitan el espacio, permiten ordenar y estructurar el gran espacio generado por la cubierta, donde los tamaños del componente van variando según los programas que acoge. La escala se va reduciendo y ajustando a la medida de los usos de los recintos.

Las operaciones y estrategias principales son un sistema de capas como ropaje para lograr aumentar la temperatura en relación al exterior (Figura 6-12), utilizando estos espacios de aire entre capas para circulaciones y programas, pero siempre considerando la vestimenta de las personas como la mayor protección contra las bajas temperaturas que se presentan en el lugar.

La primera operación consiste de una gran cubierta tensada que permite proteger contra los grandes vientos, lluvias de la zona y tiene perforaciones puntuales que permiten el ingreso de la luz solar al interior. Para poder desarrollar la cubierta, se realizó una maqueta de estudio permitiendo analizar la forma que tomaría la membrana con los puntales, la manera en que se podía perforar y las situaciones que generaba, entregando como resultado la forma final, donde las perforaciones también se utilizan como bajadas de agua y crean una especie de ventana hacia el paisaje.



Figura 6-11

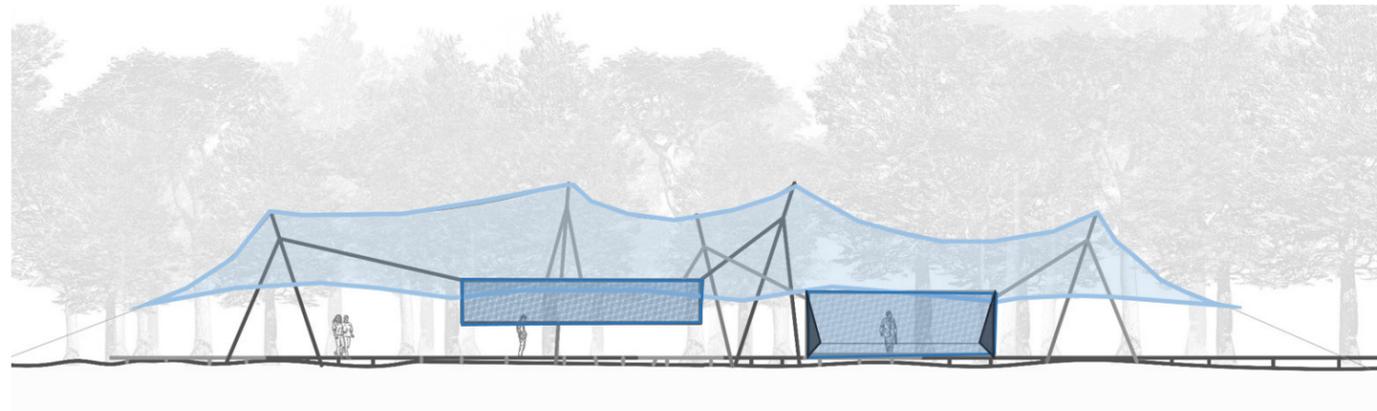


Figura 6-12

La segunda operación consiste en un sistema de suelos elevados del piso, los que permiten adaptarse al terreno y generar apoyos puntuales. Este sistema de deck de madera genera una gran superficie de circulación que permite conectar, contener los diferentes programas y se utiliza como zócalo técnico para ubicar las instalaciones necesarias.

La tercera operación consta de elementos colgantes que crean y contienen los diferentes espacios programáticos del proyecto y su envolvente está compuesta por el material textil de micelio. Estos elementos conforman la segunda capa del proyecto, permitiendo generar un espacio protegido en un mayor nivel a las condiciones exteriores, que las presenta bajo la cubierta que conforma la primera capa.

La cuarta y última operación, es la doble capa de micotextil en algunos elementos colgantes permitiendo generar un espacio de aire contenido en su interior para una mayor protección y nivel de aislamiento, esto se considera en los espacios que contienen los programas de uso más prolongado y requerimientos térmicos específicos, como el laboratorio de cultivo de micelio.

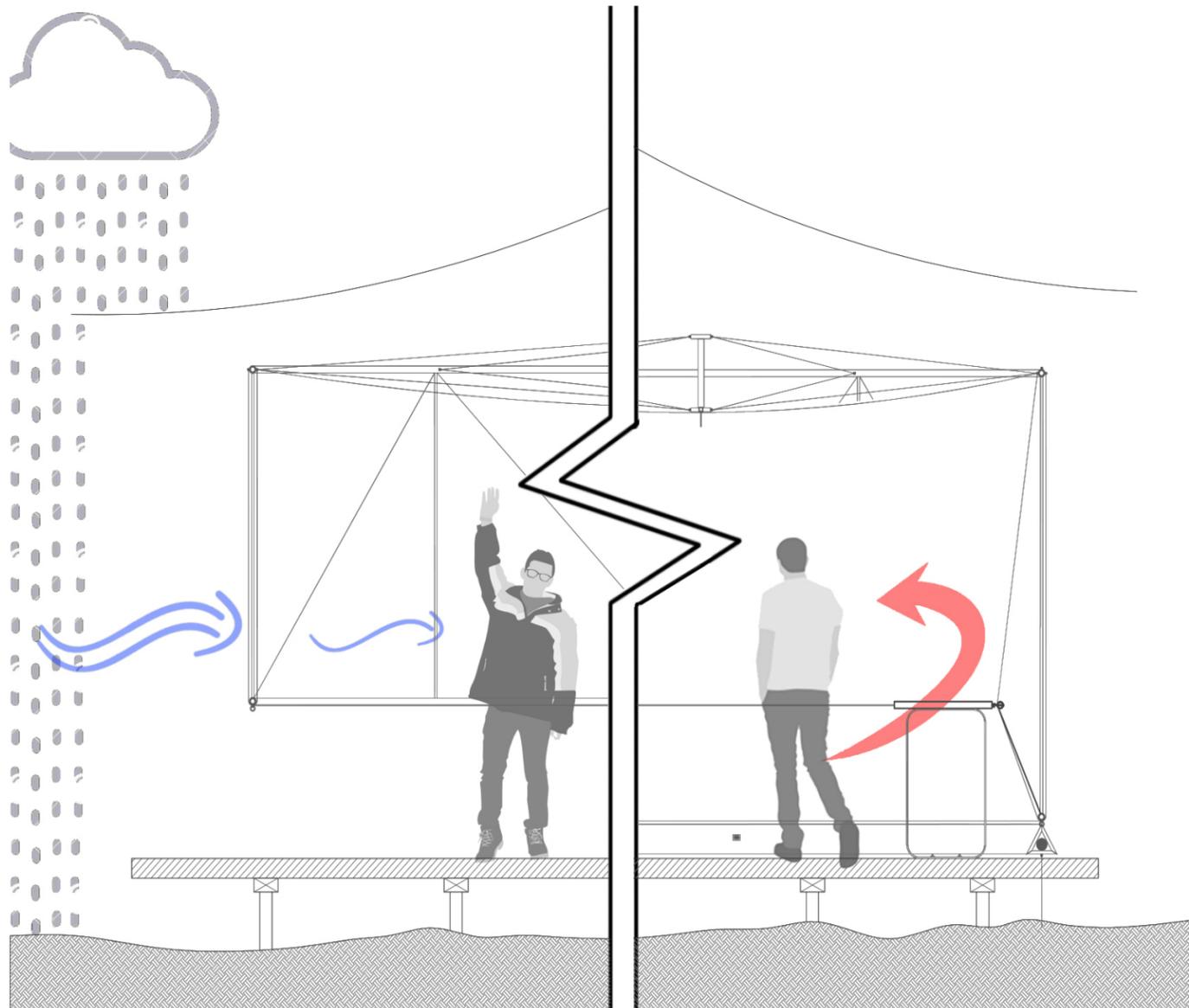


Figura 6-13

## 6.5 PLANIMETRIA

A continuación, se presenta la planimetría y las vistas del proyecto donde se pueden apreciar los elementos, recintos y capas que lo componen. En las vistas y axonométricas se ve reflejada la estrategia de composición, los diferentes tamaños de los espacios y la capacidad del área entre capas para contener diferentes actividades.

Los recintos se enumeran de la siguiente manera en los planos:

1. Recepción
2. Baños
3. Sala exposiciones
4. Anfiteatro
5. Laboratorio biofabricación
6. Espacio de reunión
7. Sala de clases
8. Laboratorio de investigación

Figura 6-12: Esquema sobre operaciones utilizadas en el proyecto para la configuración de diferentes capas. Elaboración propia.

Figura 6-13: Esquema interioridad y cualidades espaciales según los niveles de capas. Elaboración propia.

Figura 6-14: Planta área acceso. Elaboración propia.

Figura 6-15: Corte A área acceso. Elaboración propia.

Figura 6-16: Corte B área acceso. Elaboración propia.

Figura 6-17: Planta área académica. Elaboración propia.

Figura 6-18: Corte A área académica. Elaboración propia.

Figura 6-19: Corte B área académica. Elaboración propia.

Figura 6-20: Axonometrica área acceso. Elaboración propia.

Figura 6-21: Axonometrica investida área acceso. Elaboración propia.

Figura 6-22,23,24y25: Vistas área acceso. Elaboración propia.

## PLANIMETRÍA ÁREA ACCESO

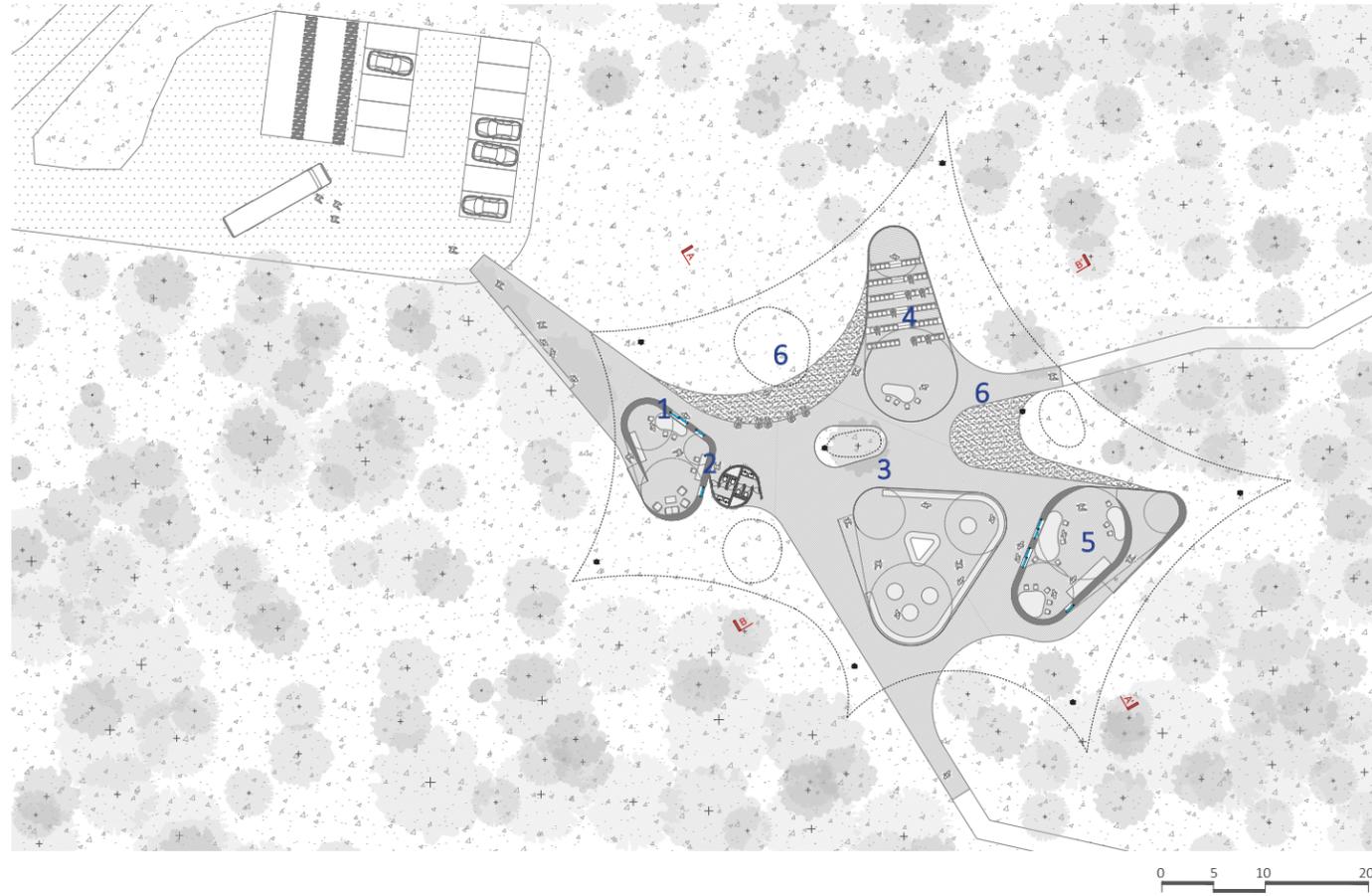


Figura 6-14

## PLANIMETRÍA ÁREA LABORATORIOS

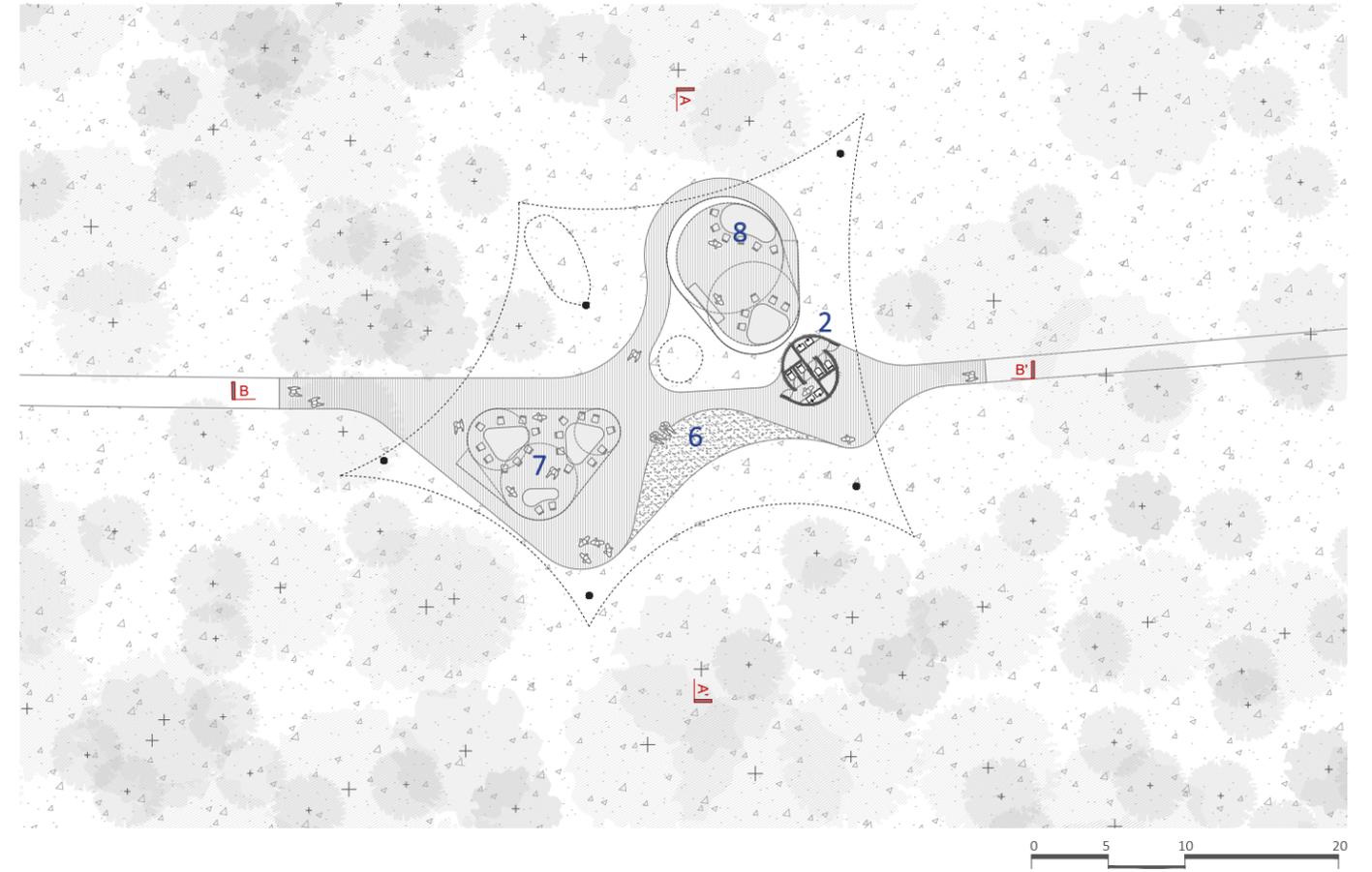


Figura 6-17

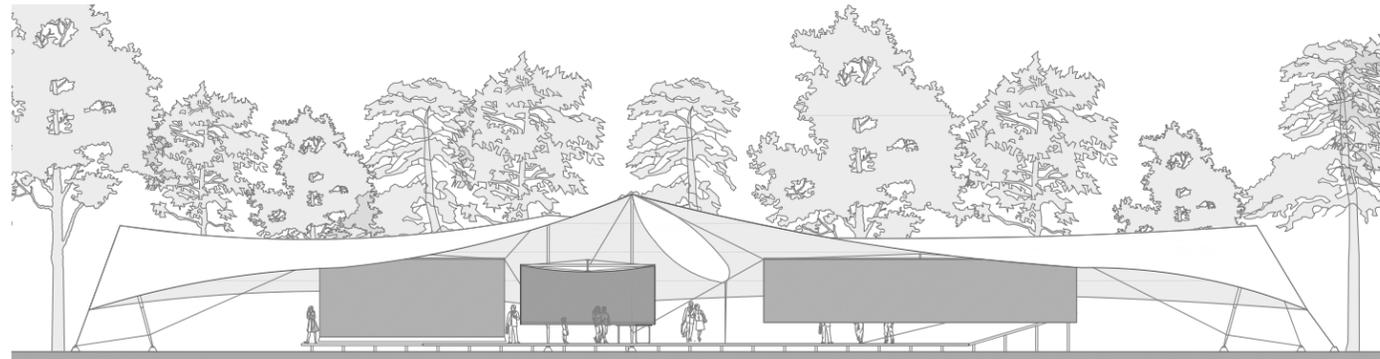


Figura 6-15

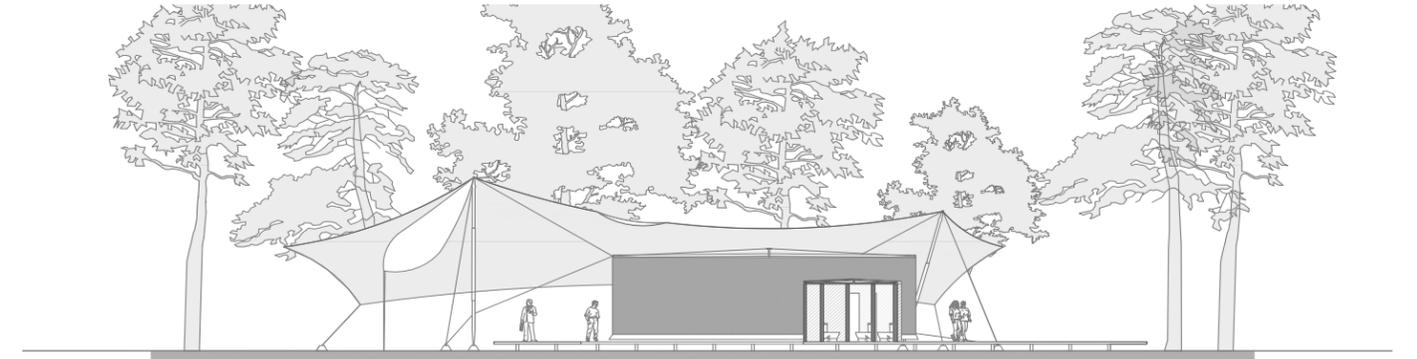


Figura 6-18

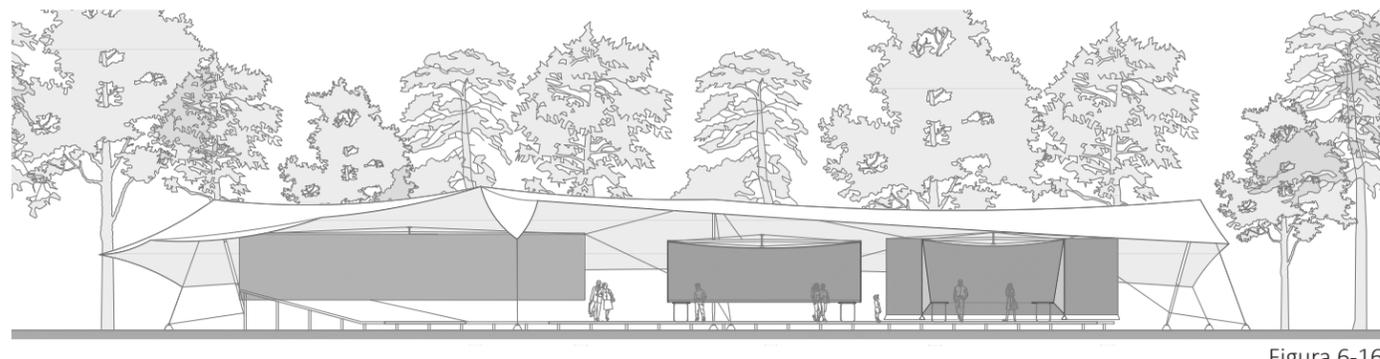


Figura 6-16

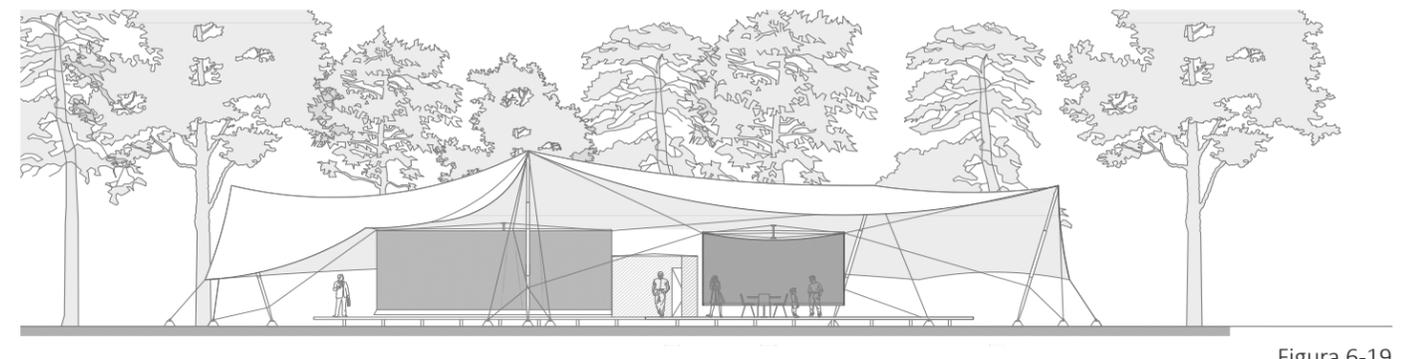


Figura 6-19

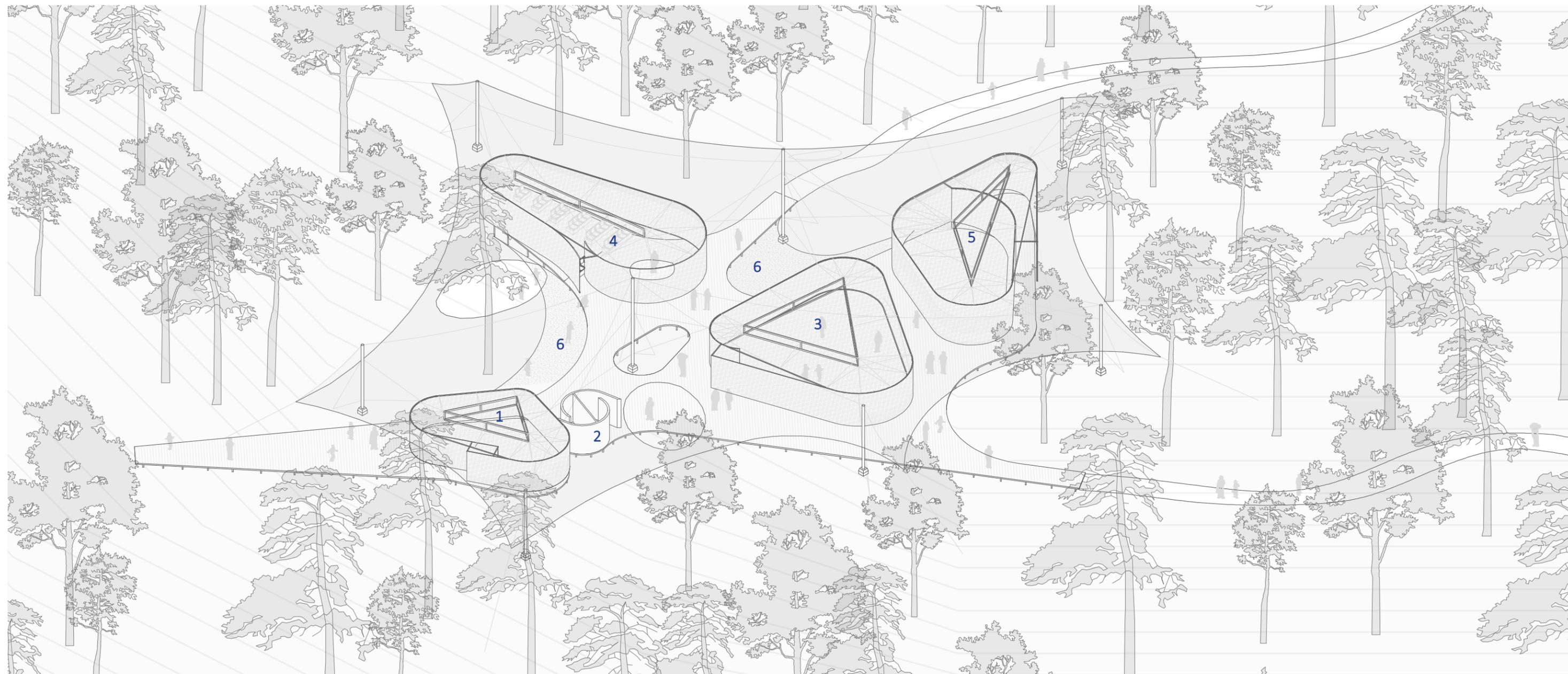


Figura 6-20

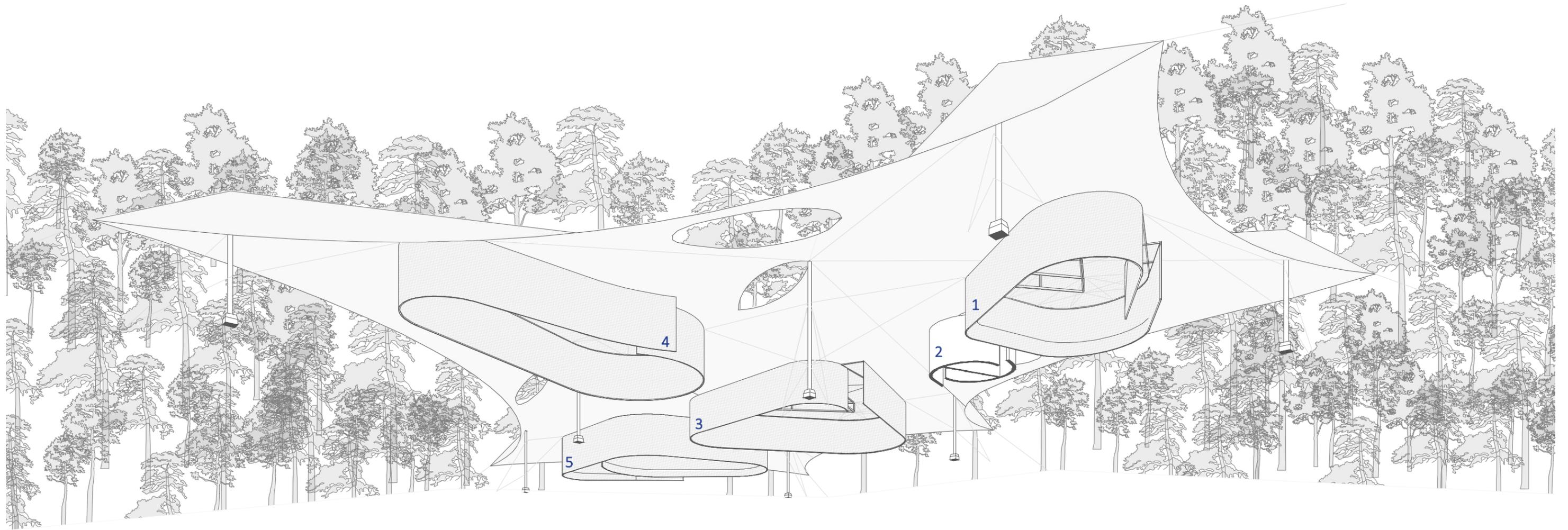


Figura 6-21



Figura 6-22



Figura 6-24



Figura 6-23



Figura 6-25

## 6. SÍNTESIS PROYECTUAL

El proyecto de centro de interpretación se divide en 2 áreas programáticas: La primera, ligada al turismo ubicada en el acceso. Y la segunda, relacionada a la investigación, situada en medio de los recorridos para facilitar la toma y traslado de muestras para su análisis.

Ambas partes se componen mediante capas que generan diferentes niveles de interioridad y temperatura que van aumentando a medida que uno se va introduciendo en los diferentes recintos. Los programas van requiriendo de condiciones ambientales específicas y son de mayor tiempo de permanencia, dejando así los lugares de paso como las circulaciones en un área de menor protección.

Los elementos principales que permiten conformar el proyecto son los componentes de envolvente realizados con el micotextil, generados mediante círculos y rectas, donde el acceso se configura mediante el corte y desfase del perímetro. Estos permiten definir los espacios y contener los programas, dentro de algunos estos lugares se encuentra una doble capa de textil de micelio para una mayor protección.

Los niveles y capas comienzan con la cubierta, esta protege contra los factores climáticos como la lluvia, el viento y permite el ingreso de luz solar, seguido de los elementos colgantes que construyen el espacio y aumentan la protección en cuanto a temperatura y finalmente los recintos de mayor requerimiento térmico, con la doble capa de textil que permite contener aire, conformando la última capa y el nivel más interior del proyecto.

En la parte del acceso se encuentra la recepción, los baños, seguido de un espacio destinado a la exposición e información del parque en el centro, ligado al laboratorio de producción del material de micelio que se encuentra detrás y finalmente el anfiteatro conformado mediante un elemento colgante y el pliegue de la plataforma de suelo generando una espacialidad y experiencia única con el material.

En la segunda parte del proyecto, hay un espacio destinado a actividades educativas, para los colegios que visitan el parque, luego un módulo de baños y un área de laboratorios para las investigaciones que se realizan actualmente como programa del parque.

Finalmente, el elemento protagonista del proyecto es el material textil de micelio como conformador y creador de espacios con cualidades únicas, las cuales fueron analizadas y estudiadas mediante el cultivo y experimentación con las muestras obtenidas, que le permiten ser utilizado para generar una envolvente arquitectónica. (Los detalles constructivos de los diferentes elementos del proyecto se encuentran en el anexo, pag 80-85).

## 7.

# CONCLUSIONES

Para concluir este trabajo sobre el estudio de los materiales en base a micelio, se obtuvieron resultados a partir de muestras del material sometidas a diferentes pruebas, donde se observa que el textil de micelio cultivado sobre una matriz de tejido de fibras naturales permite combinar las propiedades de los dos materiales, logrando de esta forma, un compuesto más resistente y aislante a su condición por separados. Los cambios de las muestras con y sin micelio fueron demostrados principalmente por las muestras cultivadas sobre la matriz de yute, presentando las mayores diferencias en cuanto a su resistencia y capacidad de aislación. De esta manera se concibe que la razón que las otras muestras, con lino y algodón, no mostraron diferencias fue debido a que la puntada de los tejidos era muy estrecha y no permitió que el micelio creciera a través de la tela, si no que este solo creció sobre el tejido, impidiendo generar un material compuesto como el caso del yute, donde las hifas crecieron y penetraron el material gracias a que el espacio entre las fibras era de mayor tamaño.

De acuerdo a las cualidades y propiedades registradas del micotextil, se puede observar que existe una similitud del textil de micelio respecto a las características en los materiales utilizados actualmente en la arquitectura, por esta razón sería viable construir con el en un futuro próximo. En cuanto a la conformación de envolventes, este material presenta dos características principales, por una parte, nos permite conformar y cerrar espacios debido a su capacidad aislante, ligereza y resistencia a la tracción, en conjunto de una estructura de soporte. Y, por otro lado, admite la conformación de ambientes atractivos, gracias a su cualidad de transparencia y a sus diferentes tonalidades.

Como consecuencia de la labor realizada en el laboratorio y la investigación llevada a cabo sobre el material textil a base de micelio, se puede proyectar que, para futuras investigaciones en esta misma área, se deberían tener en cuenta los siguientes criterios: cultivar muestras de diferentes telas con un mismo tamaño de puntada para permitir que el micelio crezca a través del tejido, y así realizar pruebas que permitan establecer, con una mayor cantidad de datos, los cambios que aporta el hongo en estos materiales y también analizar la posibilidad de cultivarlo en un formato de mayor tamaño, para la obtención de grandes superficies y llevar el material a una escala arquitectónica.

## 8.

# BIBLIOGRAFÍA

## 8.1 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ARAYA, DANIEL. 2017. DISEÑAR UN EQUIPO QUE PERMITA CALCULAR LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE MATERIALES SÓLIDOS, A TRAVES DE LA LEY DE CONDUCCIÓN DE FOURIER. Ebook. VALPARAISO. [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-5000/UCC5007\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-5000/UCC5007_01.pdf).
2. Attias, Noam, Ofer Danai, Tiffany Abitbol, Ezri Tarazi, Nirit Ezov, Idan Pereman, and Yasha J. Grobman. 2020. "Mycelium Bio-Composites In Industrial Design And Architecture: Comparative Review And Experimental Analysis". *Journal Of Cleaner Production* 246. doi:10.1016/j.jclepro.2019.119037.
3. Avilés, Guillermo, Catalina De Pablo, Francisca Feijoo, Fernán Federici, Claudia Gaete, Tania Pedraza, Fernanda Peñaranda, Sebastián Rodríguez, Andrés Romero, and Axel Sepúlveda. 2019. MICOTEXTIL Textiles De Hongos Y Equipo Científico De Libre Acceso. Danae Catalán Latournerie.
4. Benzie, Iris F. F, and Sissi Wachtel-Galor. 2011. *Herbal Medicine*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press.
5. CARRILLO, LEONOR. 2003. LOS HONGOS DE LOS ALIMENTOS Y FORRAJES. Ebook. Salta.
6. "Clima Puerto Williams". 2021. Meteoblue. [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/puerto-williams\\_chile\\_3874926](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/puerto-williams_chile_3874926).
7. Díaz, Rocio. 2021. "Moda Futurista: Vestido Hecho De Micelio De Hongos > VIATEC". VIATEC. <https://viatec.do/moda-futurista-vestido-hecho-micelio-hongos/>.
8. Droppelmann, Veronica. 2021. "Sporatex: El Emprendimiento Que Fabrica Biotextil A Partir Del Micelio De Los Hongos | Ladera Sur". Ladera Sur. <https://laderasur.com/articulo/sporatex-el-emprendimiento-que-fabrica-biotextil-partir-del-micelio/>.
9. Feijóo, Kevin, Stalin A. Bermúdez, Hernán Rebolledo, José Miguel Figueroa, Pablo Zamora, and Leopoldo Naranjo. 2021. "Bioproductos Desarrollados A Partir De Micelio De Hongos: Una Nueva Cultura Material Y Su Impacto En La Transición Hacia Una Economía Sostenible". *Revista Bionatura*, 2021.
10. GARCES DE GRANADA, EMIRA, MARINA CORREA DE RESTREPO, BERTA COBA DE GUTIERREZ, MARTHA OROZCO DE AMEZQUITA, ANGELA ZAPATA L., AMALFY CHINGANA, and SANDRA SABOGAL. 2003. *Morfología Y Clasificación De Los Hongos*. [Bogotá, Colombia]: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología.
11. GAVIDIA, BRILLIT, and YADIRA LEÓN. 2016. "EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA PRODUCCIÓN DE *Pleurotus Pulmonarius* EN VAINAS DE FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris*), VAINAS DE ARVEJA (*Pisum Sativa*) Y TAMO DE RETAMO ESPINOSO (*Ulex Europaeus*) COMO SUSTRATOS ORGÁNICOS". Licenciatura, UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN.
12. Haneef, Muhammad, Luca Ceseracciu, Claudio Canale, Ilker S. Bayer, José A. Heredia-Guerrero, and Athanassia Athanassiou. 2017. "Advanced Materials From Fungal Mycelium: Fabrication And Tuning Of Physical Properties". *Scientific Reports* 7 (1). doi:10.1038/srep41292.
13. Helberg, Julia, Michaela Klöcker, Lilia Sabantina, Jan Lukas Storck, Robin Böttjer, Bennet Brockhagen, Franziska Kinzel, Anke Rattenholl, and Andrea Ehrmann. 2019. "Growth Of *Pleurotus Ostreatus* On Different Textile Materials For Vertical Farming". *Materials* 12 (14): 2270. doi:10.3390/ma12142270.

14. Jiang, Lai, Daniel F. Walczyk, and Gavin McIntyre. 2014. VACUUM INFUSION OF MYCELIUM-BOUND BIOCOMPOSITE PREFORMS WITH NATURAL RESINS. Ebook. Green Island, NY. [https://www.researchgate.net/publication/274139042\\_Vaccum\\_Infusion\\_of\\_Mycelium-bound\\_Biocomposite\\_Preforms\\_with\\_Natural\\_Resins/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/274139042_Vaccum_Infusion_of_Mycelium-bound_Biocomposite_Preforms_with_Natural_Resins/citation/download)
15. Jiang, Lai, Daniel F. Walczyk, and Gavin McIntyre. 2014. A New Process For Manufacturing Biocomposite Laminate And Sandwich Parts Using Mycelium As A Binder.. Green Island, NY.
16. Karana, Elvin, Davine Blauwhoff, Erik-Jan Hultink, and Serena Camere. 2018. "When The Material Grows: A Case Study On Designing (With) Mycelium-Based Materials". *International Journal Of Design* 12 (2): 119-136.
17. Kuha, Francisco, Valeria Castigli, and Leandro Papinutti. 2013. "Reino Fungi: Morfologías Y Estructuras De Los Hongo". *REVISTA BOLETÍN BIOLÓGICA* 28: 11-18.
18. Mazur, Ross. 2015. "Mechanical Properties Of Sheets Comprised Of Mycelium: A Paper Engineering Perspective". SUNY College of Environmental Science and Forestry.
19. Montes, Beatriz, y Restrepo, Angela, y McEwen, Juan G., y "Nuevos aspectos sobre la clasificación de los hongos y su posible aplicación médica." *Biomédica* 23, no. 2 (2003):213-224. Redalyc, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84323212>
20. Pastorelli, Giuliano. 2009. "Moon Shadow / Smiljan Radic + Gonzalo Puga - [Actualizado]". Plataforma Arquitectura. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-28693/moon-shadow-smiljan-radic-gonzalo-puga>.
21. Pereira, Matheus. 2019. "Tensoestructuras: ¿Cómo Funcionan Y Qué Tipos Existen?". *Archdaily Colombia*. <https://www.archdaily.co/co/914377/tensoestructuras-como-funcionan-y-que-tipos-existen>.
22. Pérez, Ana Marión. 2014. "PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA VIDA CON ORIENTACIÓN EN MICROBIOLOGÍA". Licenciatura, CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA.
23. Rodríguez Jara, S. (2017) Material biobasado compuesto por el micelio de hongos descomponedores de madera y residuos agroindustriales. *RChD: creación y pensamiento*, 3(5), 1-15 doi: 10.5354/0719-837x.2018.50632
24. Rueda, Óscar, and Maria José Pizarro. 2013. "Bekleidung: Gottfried Semper Y La Técnica Textil Como Origen De La Envolvente En La Arquitectura". *DC-Papers*. doi:10.5821/dc.25-26.2772.
25. Semper, Gottfried, and Juan Ignacio Azpiazu. *Semper : El Estilo : El Estilo En Las Artes Técnicas Y Tectónicas, O, Estética Práctica Y Textos Complementarios*. 2013.
26. "What Is A Circular Economy? | Ellen Macarthur Foundation". 2021. *Ellenmacarthurfoundation.Org*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>.
27. Yunis, Natalia. 2015. "Pritzker 2015: Frei Otto Y La Importancia De La Experimentación En La Arquitectura". Plataforma Arquitectura. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/763636/pritzker-2015-frei-otto-y-la-importancia-de-la-experimentacion-en-la-arquitectura>.
28. Zeller, Penelope, and Dena Zoher. 2012. "Ecovative'S Breakthrough Biomaterials". *FUNGI* 5:1: 51-56.

## 8.2 REFERENCIAS IMAGANES

Figura 1-1:

- Haneef, Muhammad, Luca Ceseracciu, Claudio Canale, Ilker S. Bayer, José A. Heredia-Guerrero, and Athanassia Athanassiou. 2017. "Advanced Materials From Fungal Mycelium: Fabrication And Tuning Of Physical Properties". *Scientific Reports* 7 (1). doi:10.1038/srep41292. Pag:4.
- Helberg, Julia, Michaela Klöcker, Lilia Sabantina, Jan Lukas Storck, Robin Böttjer, Bennet Brockhagen, Franziska Kinzel, Anke Rattenholl, and Andrea Ehrmann. 2019. "Growth Of Pleurotus Ostreatus On Different Textile Materials For Vertical Farming". *Materials* 12 (14): 2270. doi:10.3390/ma12142270. Pag:9.
- Avendaño. (2020). Cultivo de Pleurotus Ostreatus, crecimiento de micelio en palca Petri, Santiago, Chile.

Figura 1-2:

- Avendaño. (2021). Micotextil Laboratorio biofabricacion UC, crecimiento de micelio sobre textil de yute, Santiago, Chile.
- "How Reishi™ Could Bring Fashion Closer To Circularity- Mycoworks". 2021. Mycoworks. <https://www.mycoworks.com/how-reishi-could-bring-fashion-closer-to-circularity>.

Figura 2-1:

- "Micelio, El Material De Construcción A Base De Hongos.". 2019. Punto Sustentable. <https://puntosustentable.com/2019/02/06/micelio-el-material-de-construccion-a-base-de-hongos/>.
- "Un Biomaterial Hecho Por Mexicanos Se Probará En La Estación Espacial Internacional". 2021. *EL ÁGORA DIARIO*. <https://www.elagoradiario.com/desarrollo-sostenible/economia-circular/biomaterial-mexicanos-probar-estacion-espacial/>.
- "Produciendo Materiales Similares Al Cuero A Partir De Hongos". 2020. Bionity.Com. <https://www.bionity.com/es/noticias/1167856/produciendo-materiales-similares-al-cuero-a-partir-de-hongos.html>.

Figura 2-2: Árbol filogenético del reino fungi. En amarillo la rama de los basidiomicetes, a la que pertenecen las especies estudiadas por el Laboratorio de Biofabricación UC para el desarrollo de materiales. Laboratorio de Biofabricación UC. Ilustración: Franco Nieri

Figura 3-1: El reino Fungi en el árbol filogenético de la vida. Desarrollo, evolución y especialización de los organismos vivos desde los orígenes de la tierra, 4.500.000 de años atrás al presente. Laboratorio de Biofabricación UC. Ilustración: Franco Nieri

Figura 3-2: Droppelmann, Veronica. 2021. "Sporatex: El Emprendimiento Que Fabrica Biotextil A Partir Del Micelio De Los Hongos | Ladera Sur". *Ladera Sur*. <https://laderasur.com/articulo/sporatex-el-emprendimiento-que-fabrica-biotextil-partir-del-micelio/>.

Figura 3-3: "El Asombroso Tejido De Micelios De Aniela Hoitink- Despiertaymira". 2016. *Despiertaymira*. <https://www.despiertaymira.com/index.php/2016/08/el-asombroso-tejido-de-micelios-de-aniela-hoitink/>.

Figura 3-4: Jiang, Lai, Daniel F. Walczyk, and Gavin McIntyre. 2014. A New Process For Manufacturing Biocomposite Laminate And Sandwich Parts Using Mycelium As A Binder.. Green Island, NY.

Figura 3-5: Avilés, Guillermo, Catalina De Pablo, Francisca Feijoo, Fernán Federici, Claudia Gaete, Tania Pedraza, Fernanda Peñaranda, Sebastián Rodríguez, Andrés Romero, and Axel Sepúlveda. 2019. MICOTEXTIL Textiles De Hongos Y Equipo Científico De Libre Acceso. Danae Catalán Latournerie.

Figura 3-6: Mazur, Ross. 2015. "Mechanical Properties Of Sheets Comprised Of Mycelium: A Paper Engineering Perspective". SUNY College of Environmental Science and Forestry.

Figura 3-7: Helberg, Julia, Michaela Klöcker, Lilia Sabantina, Jan Lukas Storck, Robin Böttjer, Bennet Brockhagen, Franziska Kinzel, Anke Rattenholl, and Andrea Ehrmann. 2019. "Growth Of Pleurotus Ostreatus On Different Textile Materials For Vertical Farming". Materials 12 (14): 2270. doi:10.3390/ma12142270.

Figura 3-8: Jiang, Lai, Daniel F. Walczyk, and Gavin McIntyre. 2014. VACUUM INFUSION OF MYCELIUM-BOUND BIOCOMPOSITE PREFORMS WITH NATURAL RESINS. Ebook. Green Island, NY. [https://www.researchgate.net/publication/274139042\\_Vaccum\\_Infusion\\_of\\_Mycelium-bound\\_Biocomposite\\_Preforms\\_with\\_Natural\\_Resins/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/274139042_Vaccum_Infusion_of_Mycelium-bound_Biocomposite_Preforms_with_Natural_Resins/citation/download)

Figura 4-1, 4-2, 4-3, 4-4, 4-5, 5-6, 4-7, 4-8, 4-11 y 4-14: Avendaño. (2021). Imágenes de las pruebas realizadas a los materiales de micelio cultivados, Santiago, Chile.

Figura 4-9, 4-10, 4-12 y 4-13: Avendaño. (2021). Gráficos de los datos entregados por las pruebas realizadas a los materiales, Santiago, Chile.

Figura 5-1 : Semper, Gottfried, and Juan Ignacio Azpiazu. Semper : El Estilo : El Estilo En Las Artes Técnicas Y Tectónicas, O, Estética Práctica Y Textos Complementarios. 2013.

Figura 5-2 : Yunis, Natalia. 2015. "Pritzker 2015: Frei Otto Y La Importancia De La Experimentación En La Arquitectura". Plataforma Arquitectura. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/763636/pritzker-2015-frei-otto-y-la-importancia-de-la-experimentacion-en-la-arquitectura>.

Figura 5-3 : Pastorelli, Giuliano. 2009. "Moon Shadow / Smiljan Radic + Gonzalo Puga - [Actualizado]". Plataforma Arquitectura. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-28693/moon-shadow-smiljan-radic-gonzalo-puga>.

Figura 5-4, 5-5 y 5-6 : Avendaño. (2021). Maqueta elemento colgante, experimentación para la estructura del componente con el material de micelio, Santiago, Chile.

Figura 6-1, 6-2, 6-3, 6-4: Avendaño. (2021). Planimetría Parque Omora, levantamiento y estudio del sitio, Santiago, Chile.

Figura 6-11:

- "Skin Stefaan Van Biesen". 2020. Stefaanvanbiesen.Com. <http://www.stefaanvanbiesen.com/studiolo-skin.html>.

- Kaplan, Frederic. 2014. "Guarneri About Italian Renaissance Palaces". Digital Humanities Fall School In Venice. <https://digitalvenice.wordpress.com/2014/10/06/guarneri-about-italian-renaissance-palace/>.

## ANEXO

Figura 1: Avendaño. (2021). Gráfico Givoni, estudio de estrategias climáticas según temperaturas del lugar, Santiago, Chile.

Figura 2, 3 y 4: "Clima Puerto Williams". 2021. Meteoblue. [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/puerto-williams\\_chile\\_3874926](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/puerto-williams_chile_3874926).

## 9.

# ANEXOS

## CONTENIDO

1. DATOS EXPERIMENTOS
  - TABLA DATOS: CAPACIDAD DE AISLACIÓN
  - GRÁFICOS: CAPACIDAD DE AISLACIÓN
  - TABLA DATOS: RESISTENCIA
  - GRÁFICOS: RESISTENCIA
2. CONDICIONES CLIMATICAS
3. DETALLES CONSTRUCTIVOS
  - DETALLE TENSOESTRUCTURA
  - DETALLE ELEMENTO COLGANTE MICELIO
  - DETALLE SISTEMA SUELO
  - DETALLE TABIQUES
4. BITACORA BIOFABRICACIÓN
  - CULTIVO IN VITRO
  - SPAWN
  - SUSTRATO
  - MOLDAJE
5. ENTREVISTA
6. INFORME: CRECIMIENTO DE MICELIO EN CONDICIONES NO IDEALES
  - ABSTRACT
  - METODOLOGIA
  - RESULTADOS
  - DISCUSIÓN
  - CONCLUSIONES
  - REFERENCIAS

# 1. TABLAS DE DATOS: PRUEBA CAPACIDAD DE AISLACIÓN

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
MY1	19.6	25.5	24.8	24.4	24.5	24.5	0
	19.8	34.9	36.2	24.8	32	26.4	2
	19.9	40.5	38.9	24.9	34.3	28	4
	19.9	39.2	39.5	25.2	35.4	28.5	6
	19.9	38.6	40.9	25.4	36.3	28	8
	19.9	39.5	42.6	25.5	37.2	29.5	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
MY2	19.9	32.9	25.6	24.2	25	25.2	0
	19.9	37.2	40.9	24.6	32.6	26.4	2
	19.9	37.5	41.7	24.8	33.7	27.7	4
	19.8	39.7	38.2	25	33.5	27.5	6
	19.7	39.2	38.9	24.8	34.2	27.7	8
	19.8	38.7	42.7	25.1	35.7	28.5	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
MY3	19.8	32.4	25.2	24.2	24.7	24.8	0
	19.7	37.4	38	24.4	31.9	26.4	2
	19.6	37.5	39	24.5	33.2	27.6	4
	19.7	37.7	40.1	24.7	34.8	27.8	6
	19.6	37.8	41.9	24.5	35.1	28.2	8
	19.6	37	41	24.7	34.8	27.5	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
MA1	19.6	35.6	27.8	25.9	25	26.5	0
	19.6	40.2	39.2	24.8	32.8	28.4	2
	19.6	41.2	40.8	24.9	34.9	29.5	4
	19.6	40.3	40.5	27	35.6	29.7	6
	19.6	38.8	41.6	25.1	36	29.7	8
	19.7	40	40.8	24.7	36	30.2	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
MA2	19.7	34.7	26.6	24.1	24.4	25	0
	19.6	39.3	39.6	24.4	34	27.5	2
	19.6	41.4	40.9	24.7	35.7	28.6	4
	19.6	40.3	39.9	24.7	36.7	29.2	6
	19.6	41.3	41.6	24.9	37.3	28.7	8
	19.7	39.9	40.6	24.8	37.6	29.2	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
MA3	19.7	36.3	27.7	24.4	25	25.3	0
	19.7	39.2	40.8	24.5	33.7	27.8	2
	19.7	41.2	40.7	24.4	34.7	27.9	4
	19.7	41	41.1	24.8	36.1	29.1	6
	19.7	40.7	42.3	24.9	32.1	37.5	8
	19.7	40.2	41.8	24.9	36.8	28.5	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
Y1	19.7	34.6	28.7	24.3	26	25.5	0
	19.7	38.1	38.2	29.1	38.2	31.4	2
	19.7	38.6	33.6	26.6	31.1	29.5	4
	19.7	38.7	36.1	29.1	37.1	30.9	6
	19.7	38.9	36.8	30.4	39.5	32.7	8
	19.7	37.4	37.6	30.8	37.1	33.2	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
Y2	19.7	35.3	28.8	25.9	25.9	26.8	0
	19.6	39	37.5	31.3	38.7	31.8	2
	19.6	38.7	37.9	32.1	39.5	34.3	4
	19.6	39.1	38.2	32.5	39.1	33.1	6
	19.5	39.5	38.5	32.4	39	33.8	8
	19.5	38.6	39	32.5	39.9	34.6	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
Y3	19.6	34.2	26.7	25	25.3	25.9	0
	19.6	39.6	38	31.8	37.2	32.6	2
	19.6	38	38.3	32.3	38.2	35.5	4
	19.7	39.3	37.7	32.6	38.9	35.4	6
	19.6	39.1	38.8	32.5	38.7	33.8	8
	19.6	38.1	38.2	33	38.2	33.9	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
A1	19.7	37.2	28.8	24.3	25.5	25.5	0
	19.7	39	41.4	25.7	41.9	31.6	2
	19.7	40.1	42.7	26.3	43.5	32.4	4
	19.7	40.2	42.1	26.7	42.3	34.1	6
	19.6	39.2	42.8	26.4	42.9	34.5	8
	19.7	40.6	42.5	26.6	43	33.6	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
A2	19.7	36.5	29.8	24.8	26	27.1	0
	19.8	38.3	40.6	25.8	40.6	31.2	2
	19.8	39	39.8	25.8	40.5	31.4	4
	19.7	39.3	41.3	26.1	40.9	33	6
	19.7	39.9	41	26.4	40.6	32.3	8
	19.8	40.5	41	26.4	40.5	33.1	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
A3	19.8	36.3	29.5	24.7	25.6	26.4	0
	19.8	39.5	38.6	25.8	39.8	31.4	2
	19.7	40.7	39.4	26	40.5	33.3	4
	19.7	40	39.7	26.4	40.8	31.9	6
	19.7	40.8	38.8	26.4	41	33.3	8
	19.7	40.7	39.5	26.2	40.6	33.2	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
ML1	19.8	36.9	29	24.8	25.3	25.9	0
	19.8	39.1	39.3	24.8	35.2	26.7	2
	19.8	40	40.8	24.8	36.9	28.6	4
	19.7	39.9	40.8	24.7	36.7	27.6	6
	19.7	40.5	39.6	25	37.3	28.4	8
	19.7	39.7	40.9	25.5	37.5	27.9	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
ML2	19.7	35.5	25.7	24	24.1	24.6	0
	19.8	38.5	39	24.4	33.9	26.4	2
	19.8	39.9	38.5	24.7	35.8	26.9	4
	19.8	39	39.9	24.9	35.8	27.6	6
	19.8	39.7	39.8	24.7	36.4	28.1	8
	19.8	39.9	39.9	25	36.5	29.6	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
ML3	19.8	34.8	26.8	24.6	25.3	25.5	0
	19.8	39.6	38.5	24.7	35	27.1	2
	19.8	38.7	39.4	25	35.6	27.3	4
	19.8	40	39.4	25	35.5	28.1	6
	19.8	40.4	39.8	25.1	36.3	28.4	8
	19.8	40.5	39.5	25.2	36.1	28.6	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
M1	19.9	34	25.9	24.6	24.8	25.2	0
	19.9	39.9	39.7	24.9	31.5	26.9	2
	19.9	39.5	40.6	24.9	33.4	28	4
	19.9	40.9	42.8	25.4	35.2	28.6	6
	19.9	41.3	41.6	25.1	34.1	28.8	8
	19.9	40.9	40.7	25	34.2	28.4	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
M2	19.9	36.2	27	24.5	25.6	25.4	0
	19.9	40.8	41.5	25	35.3	28.1	2
	19.9	41	41.2	25.7	36.6	28.6	4
	19.9	40.3	41.8	25.4	36.1	29.5	6
	19.9	39.9	41.2	25.6	37	29.8	8
	19.9	40.4	42.2	25.8	37.1	30.4	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR	TIEMPO (min)
M3	19.9	37.9	28.4	25	25.5	26.5	0
	20	40.9	42	25	35.3	27.5	2
	19.9	40	42.8	25.4	36.8	28.5	4
	19.9	41.2	43	25.4	37.4	30.1	6
	19.9	40.3	43.8	25.8	38	29.3	8
	19.9	40.4	43.7	25.6	38.3	29.6	10

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR
L1	19.8	36.9	28	24.7	25.7	26.3
	19.8	39.5	40.3	25.7	39.2	29
	19.8	38.1	38.9	25.6	39.6	30.6
	19.8	39.1	40.9	25.8	40.3	29.9
	19.7	39.5	39.8	25.6	39.8	30.5
	19.8	40	40.9	25.8	40.4	31.7

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR
L2	19.8	36.5	28	24.7	26	26.9
	19.8	39.3	42.5	25.8	42.1	31.2
	19.7	40.5	43.4	26.4	43.2	32.1
	19.7	40.6	42.4	26.3	43.1	32.9
	19.7	40.5	43.3	26.7	42.9	33.7
	19.8	41.8	43.5	26.5	43.4	31.6

TEMPERATURAS	AMBIENTE	CALOR	INTERIOR A	INTERIOR B	MUESTRA	SEPARADOR
L3	19.8	36.9	28.3	25.2	26.2	27
	19.8	40.9	42.4	25.9	42.7	31.2
	19.8	40.7	44	26.4	43.7	31.9
	19.9	38.6	44.4	26.5	44.1	31.7
	19.8	40.9	44.7	26.3	44.3	33.4
	19.9	41	44.3	26.5	44.4	34

## 2. GRÁFICOS : PRUEBA CAPACIDAD DE AISLACIÓN

GRÁFICO DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE AMBOS LADOS DE LA MUESTRA (MICOTEXTIL CON YUTE Y TELA YUTE)

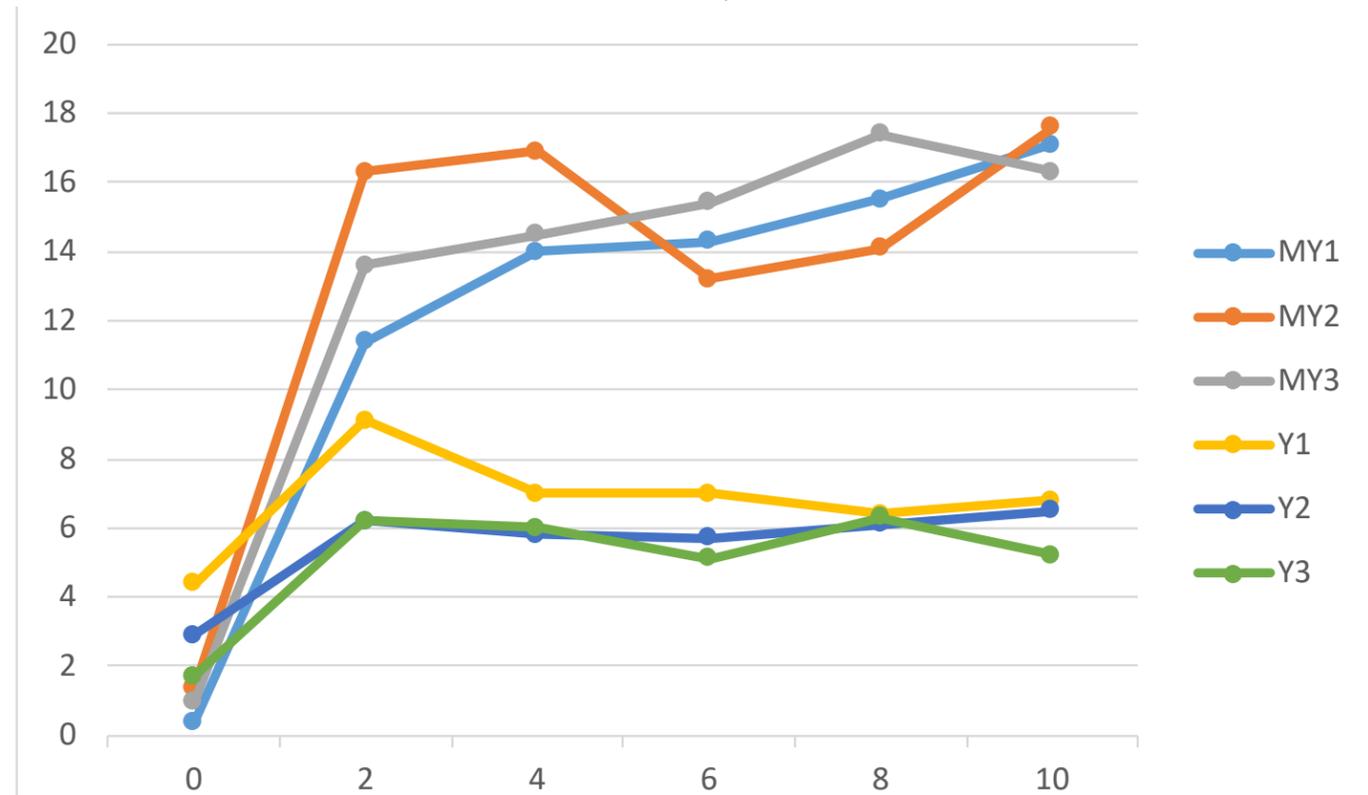


GRÁFICO DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE AMBOS LADOS DE LA MUESTRA (MICOTEXTIL CON ALGODÓN Y TELA ALGODÓN)

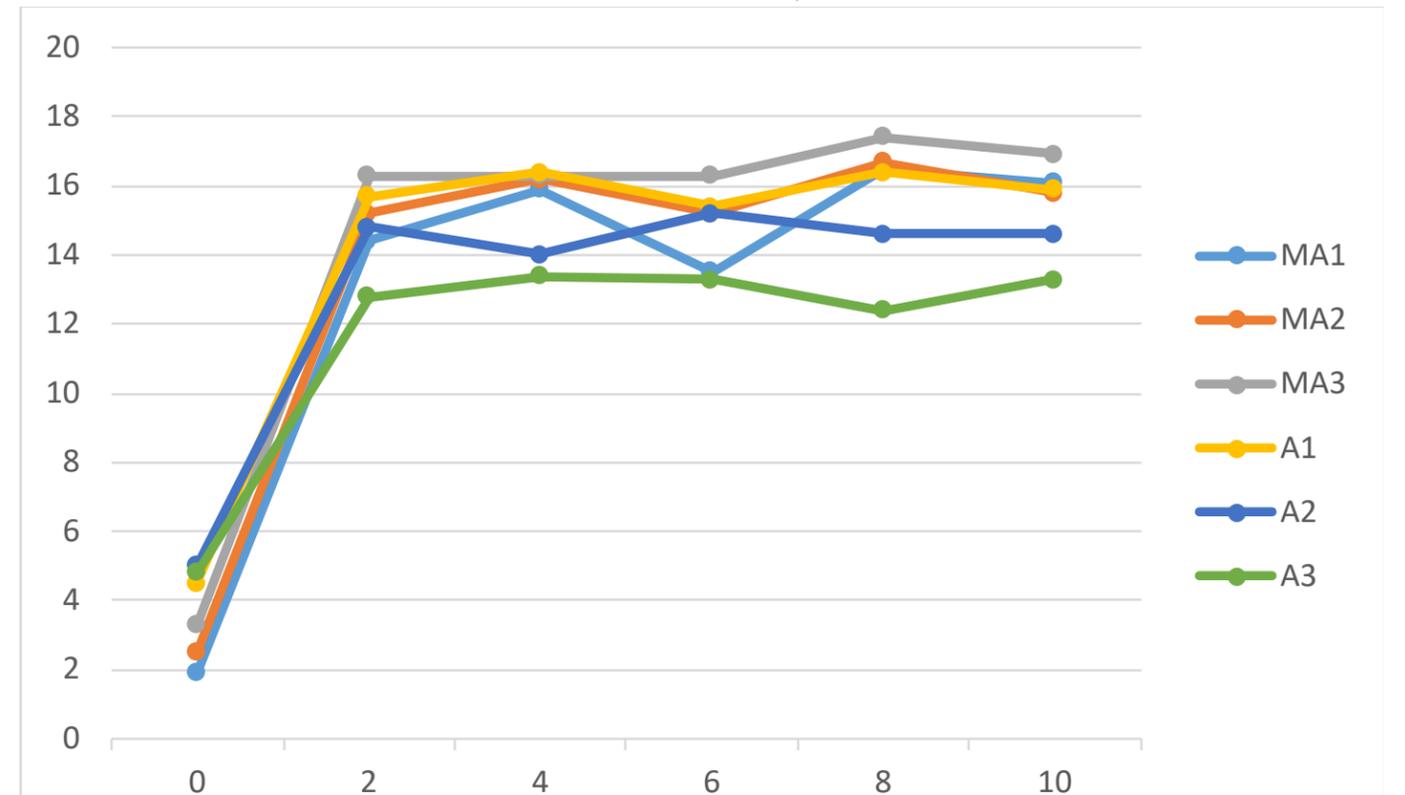


GRÁFICO DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE AMBOS LADOS DE LA MUESTRA (MICOTEXTIL CON LINO Y TELA LINO)

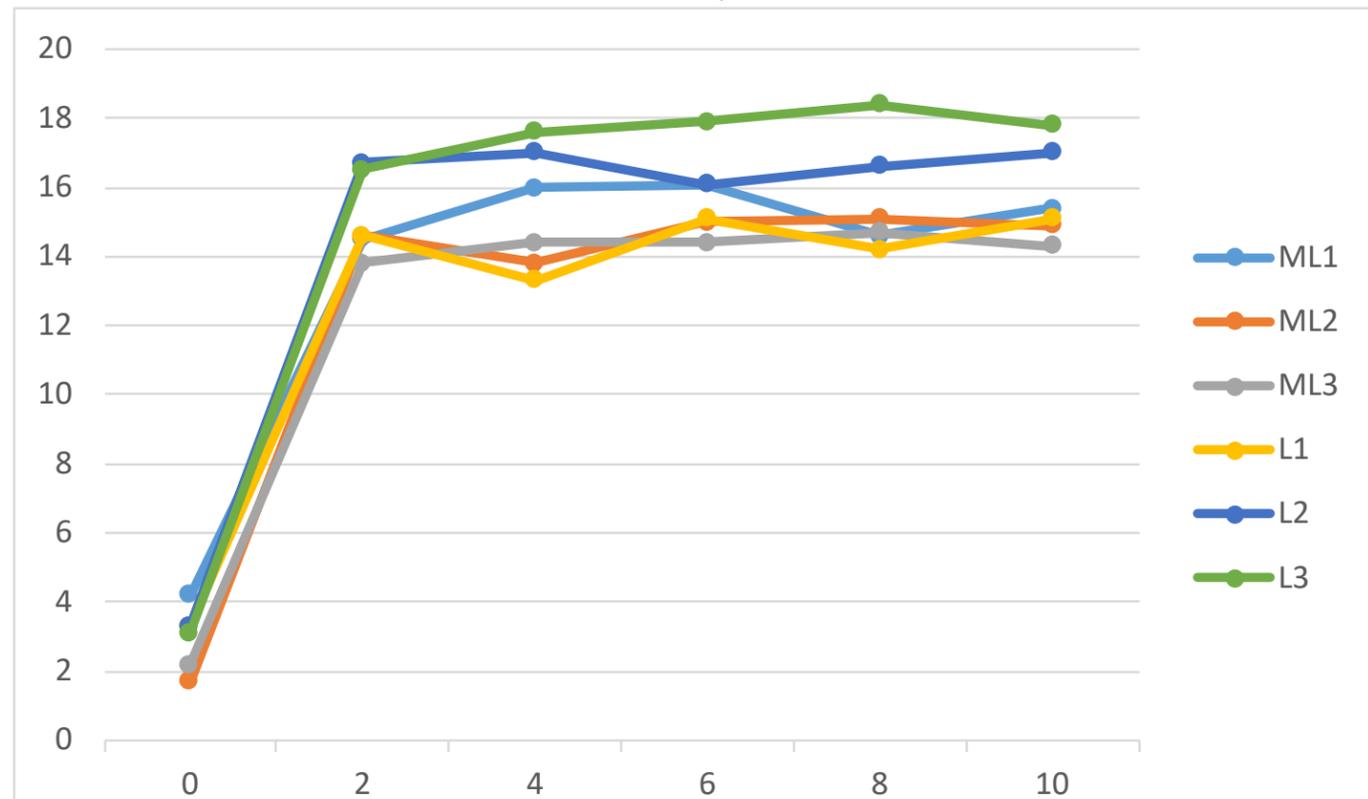


GRÁFICO DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE AMBOS LADOS DE LA MUESTRA (MICOTEXTIL CON MICELIO PURO)

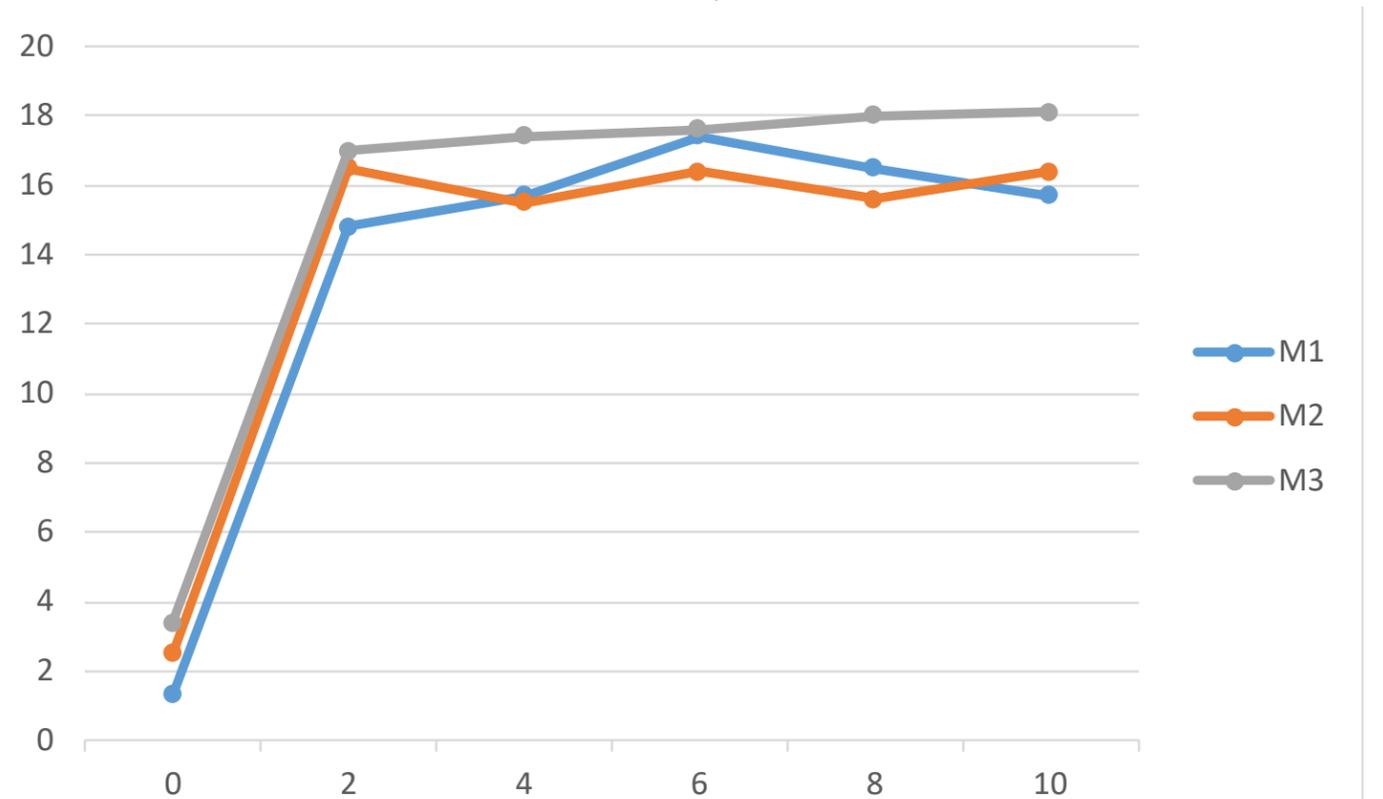


GRÁFICO DIFERENCIA DE TEMPERATURA DE LAS MUESTRAS (MICOTEXTIL CON YUTE Y TELA YUTE)

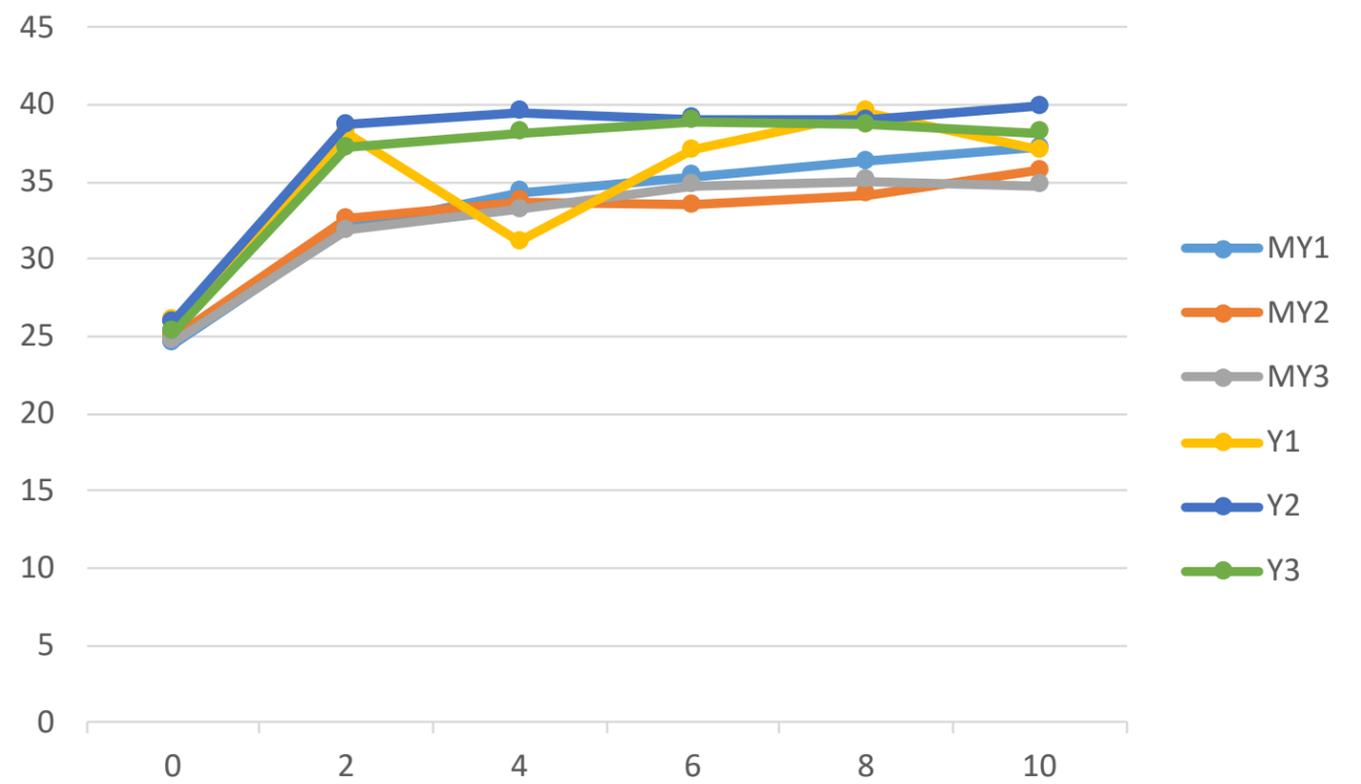


GRÁFICO DIFERENCIA DE TEMPERATURA DE LAS MUESTRAS (MICOTEXTIL CON ALGODÓN Y TELA ALGODÓN)

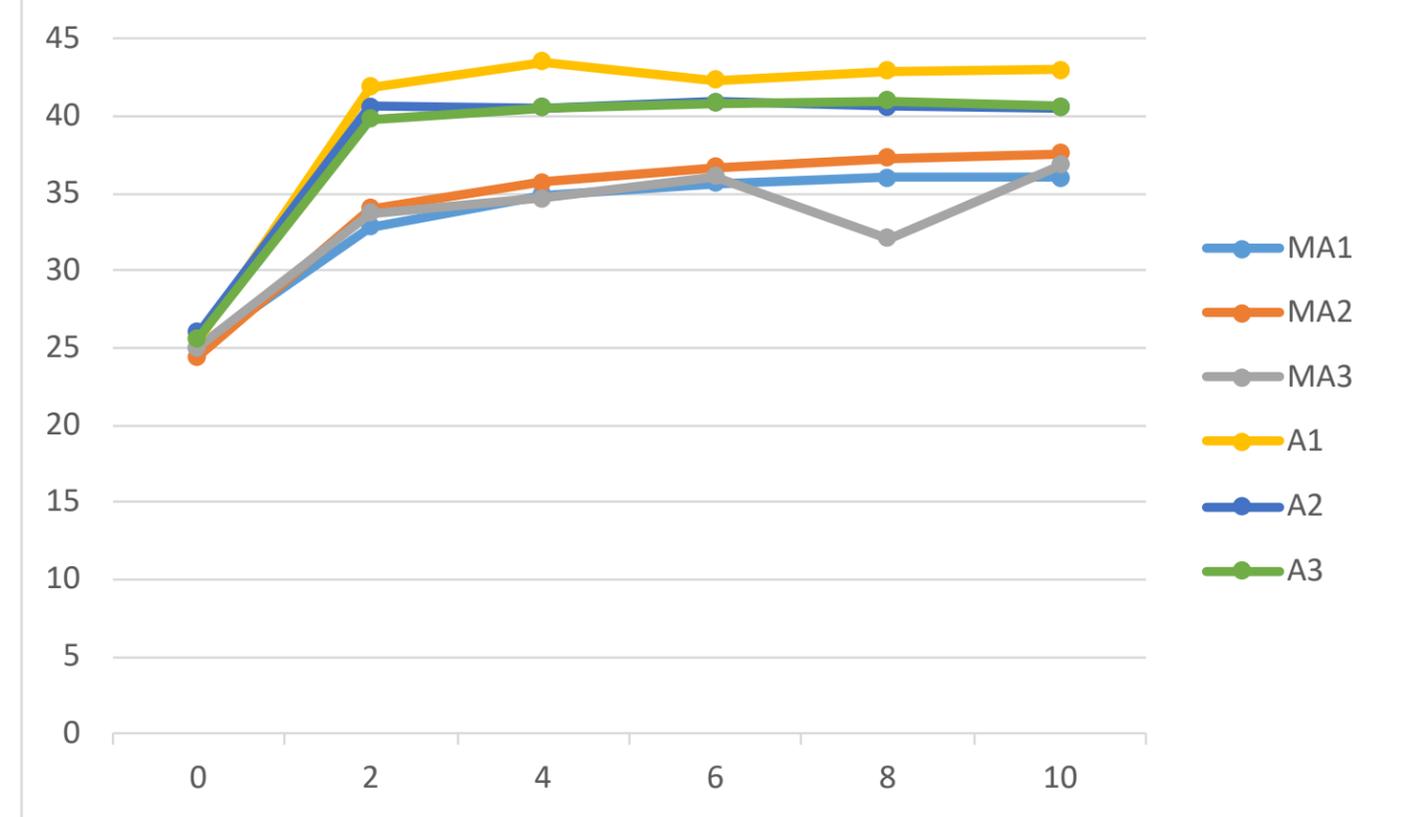


GRÁFICO DIFERENCIA DE TEMPERATURA DE LAS MUESTRAS (MICOTEXTIL CON LINO Y TELA LINO)

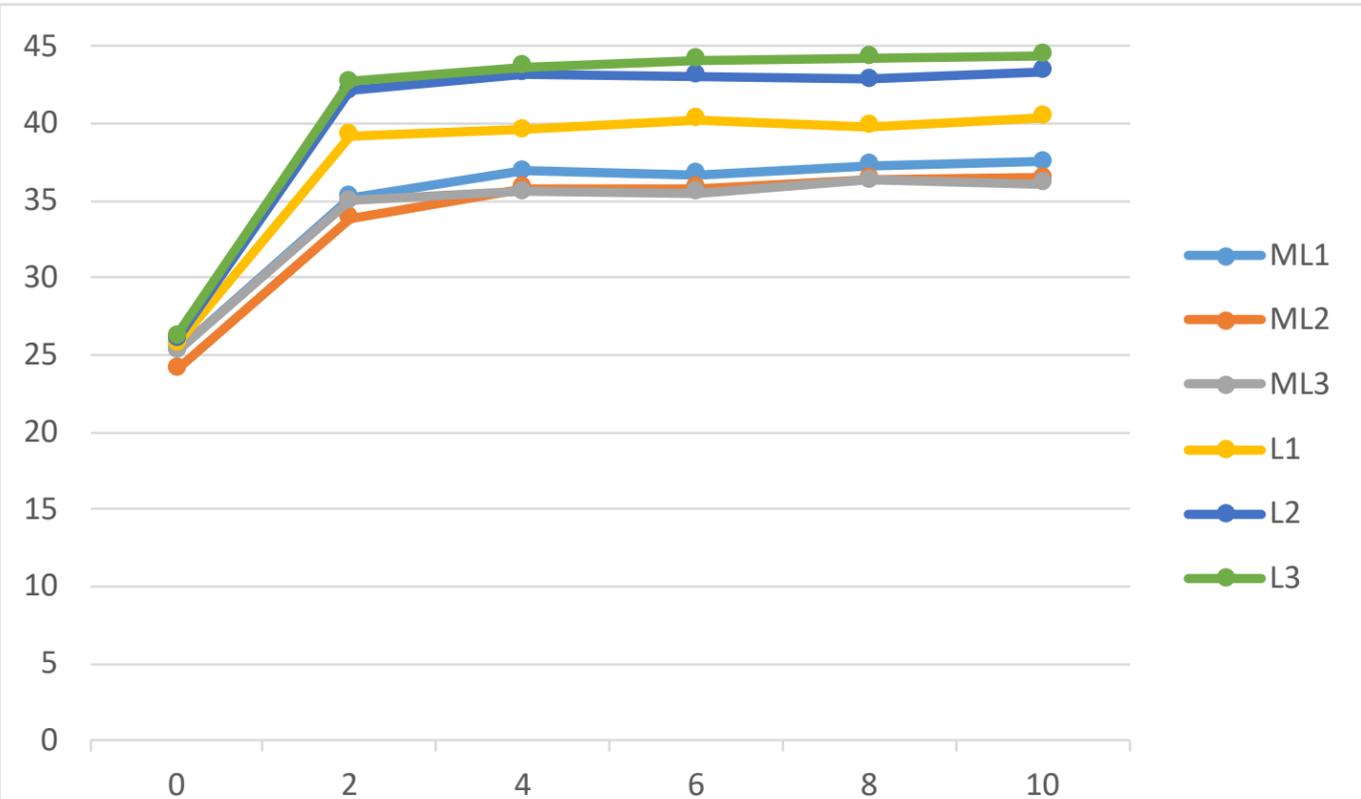
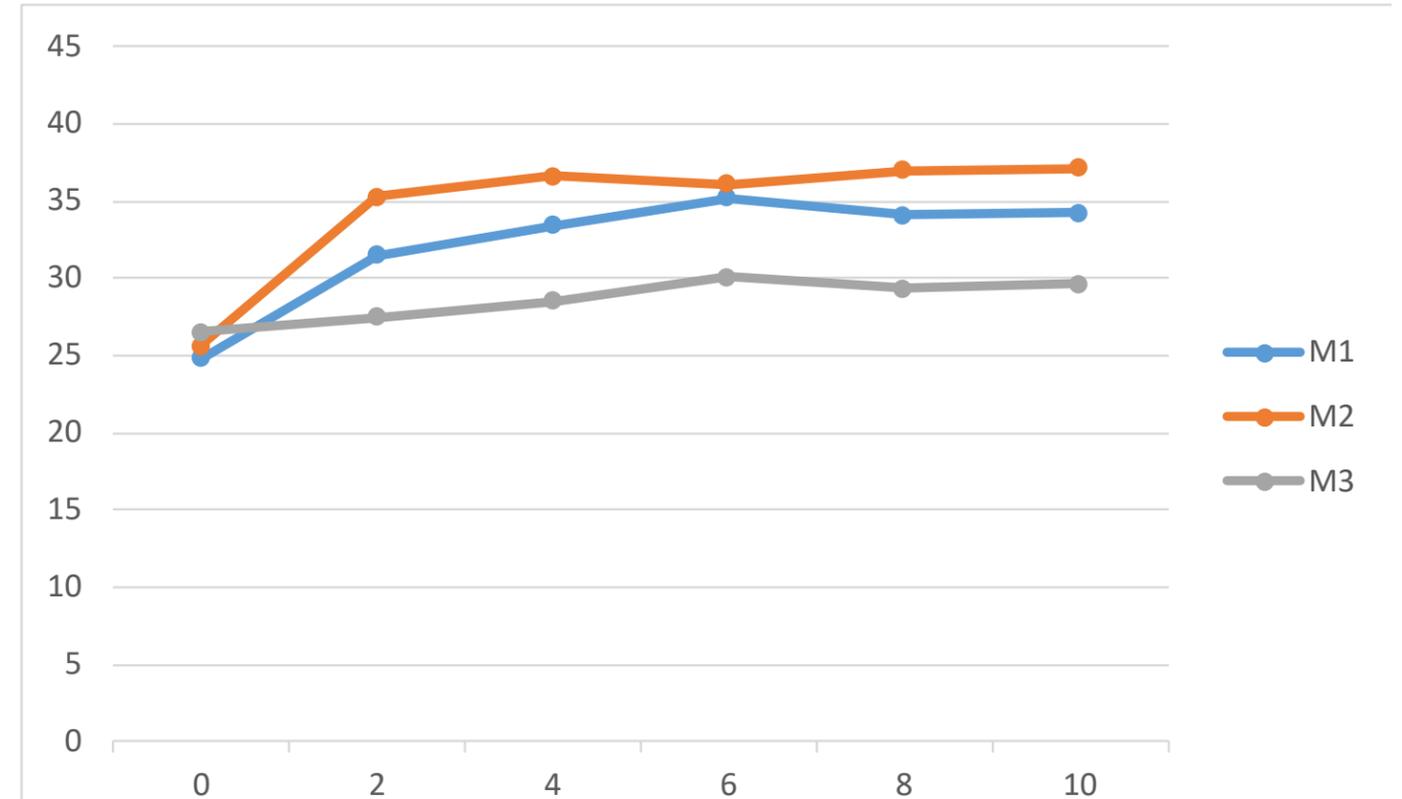


GRÁFICO DIFERENCIA DE TEMPERATURA DE LAS MUESTRAS (MICOTEXTIL CON MICELIO PURO)



### 3. TABLAS DE DATOS: PRUEBA RESISTENCIA UNIÓN POR ANASTOMOSIS

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
Y1	0.46	0.5	3.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	
	1	3	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
A3	0.46	0.5	1.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
COLAPSO DE TELA, NO UNIÓN			

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
Y2	0.46	0.5	5.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	
	1	3	
	1	3.5	
	1	4	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
L1	0.46	0.5	3.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	
	1	3	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
Y3	0.46	0.5	3.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	
	1	3	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
L2	0.46	0.5	2.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	
COLAPSO DE TELA, NO UNIÓN			

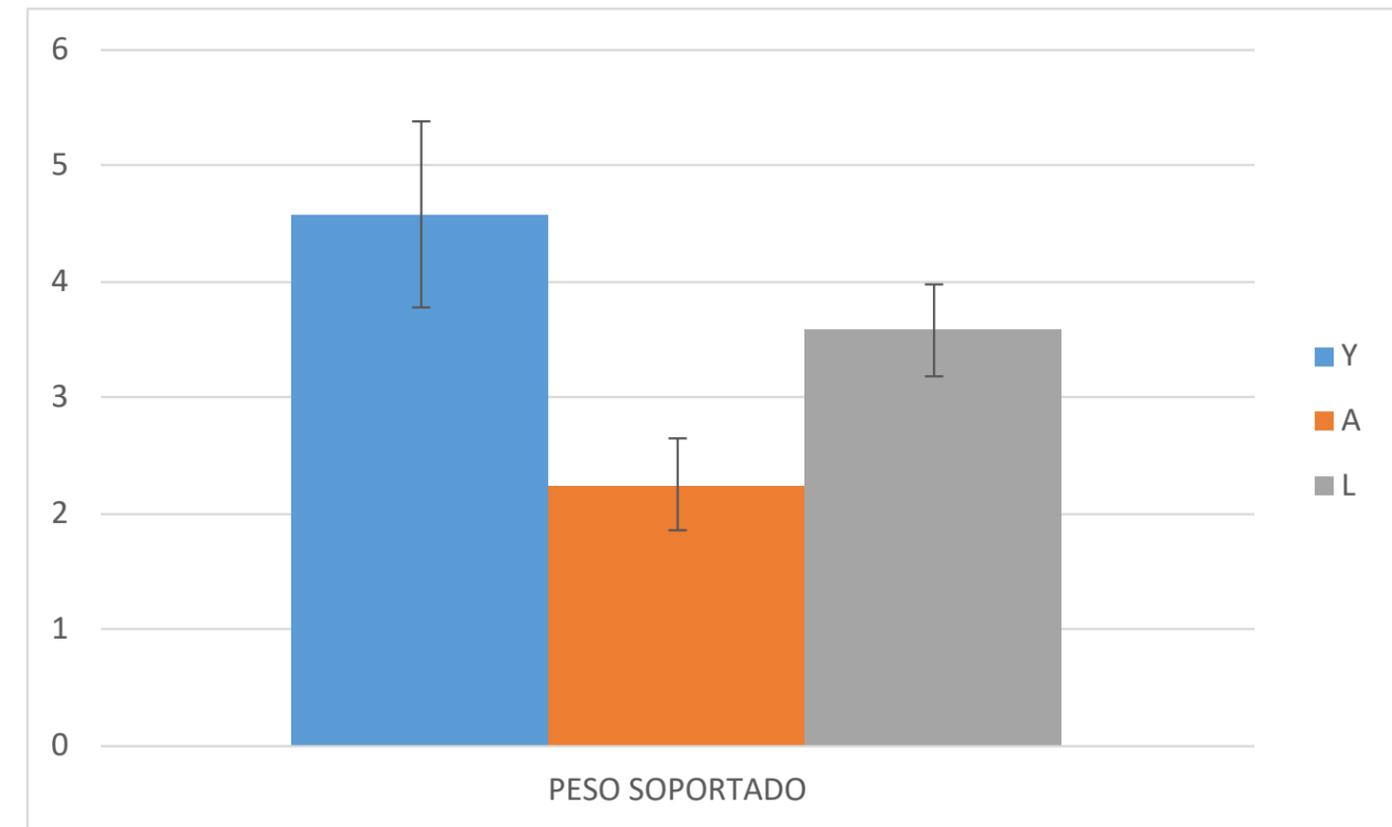
	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
A1	0.46	0.5	1.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
COLAPSO DE TELA, NO UNIÓN			

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
L3	0.46	0.5	3.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	
	1	3	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
A2	0.46	0.5	2.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	

### 4. GRÁFICOS : PRUEBA RESISTENCIA UNIÓN POR ANASTOMOSIS

GRÁFICO RESISTENCIA DE LA UNIÓN DE LAS MUESTRAS (MICOTEXTIL CON YUTE, ALGODÓN Y LINO)



## 5. TABLAS DE DATOS: PRUEBA RESISTENCIA MICOTEXTILES Y TELAS

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
MY1	0.46	0.5	8.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	
	1	3	
	1	3.5	
	1	4	
	1	4.5	
	1	5	
COLAPSO DE SISTEMA, NO TELA			

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
Y1	0.46	0.5	0.92
	0.46	1	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
ML1	0.46	0.5	7.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	
	1	3	
	1	3.5	
	1	4	
	1	4.5	
	1	5	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
L1	0.46	0.5	6.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	
	1	3	
	1	3.5	
	1	4.5	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
MY2	0.46	0.5	7.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	
	1	3	
	1	3.5	
	1	4	
	1	4.5	
	1	5	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
Y2	0.46	0.5	3.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	
	1	3	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
ML2	0.46	0.5	6.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	
	1	3	
	1	3.5	
	1	4	
	1	4.5	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
L2	0.46	0.5	7.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	
	1	3	
	1	3.5	
	1	4	
	1	4.5	
1	5		

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
MY3	0.46	0.5	8.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	
	1	3	
	1	3.5	
	1	4	
	1	4.5	
	1	5	
COLAPSO DE SISTEMA, NO TELA			

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
Y3	0.46	0.5	4.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	
	1	3	
	1	3.5	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
ML3	0.46	0.5	7.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	
	1	3	
	1	3.5	
	1	4	
	1	4.5	
	1	5	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
L2	0.46	0.5	7.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	
	1	3	
	1	3.5	
	1	4	
	1	4.5	
1	5		

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
M1	0.46	0.5	0.46

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
M2	0.46	0.5	0.46

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
M3	0.46	0.5	0.46

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
MA1	0.46	0.5	1.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
A1	0.46	0.5	1.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
MA2	0.46	0.5	2.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
A2	0.46	0.5	1.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
MA3	0.46	0.5	1.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	

	PESO Kg	TIEMPO (min)	PESO TOTAL
A3	0.46	0.5	2.92
	0.46	1	
	0.5	1.5	
	0.5	2	
	1	2.5	

#### 4. GRÁFICOS : PRUEBA RESISTENCIA TELAS Y MICOTEXTIL

GRÁFICO RESISTENCIA DE LAS MUESTRAS (MICOTEXTIL CON YUTE V/S YUTE)

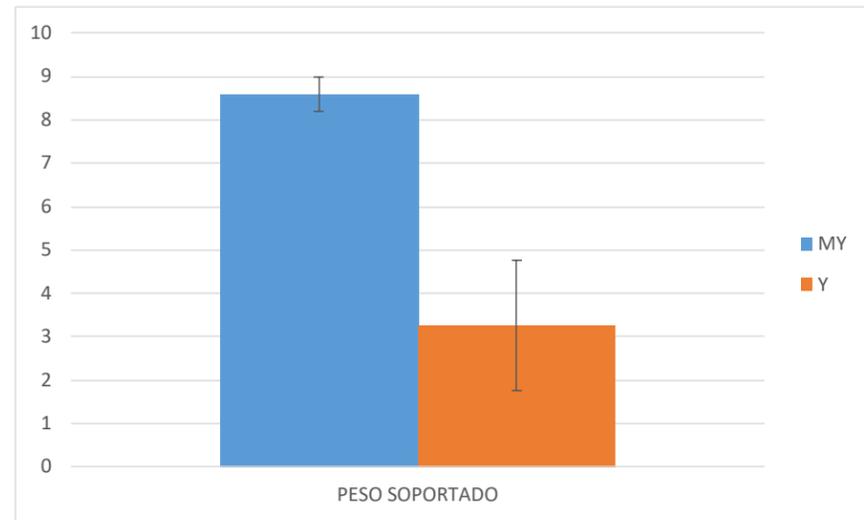


GRÁFICO RESISTENCIA DE LAS MUESTRAS (MICOTEXTIL CON MICELIO PURO)



GRÁFICO RESISTENCIA DE LAS MUESTRAS (MICOTEXTIL CON ALGODÓN V/S ALGODÓN)

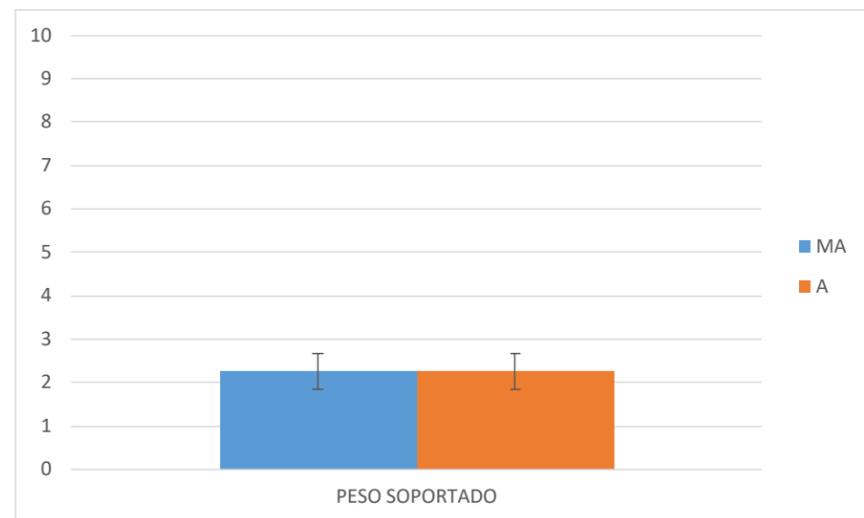


GRÁFICO RESISTENCIA DE LAS MUESTRAS (MICOTEXTIL CON LINO V/S LINO)

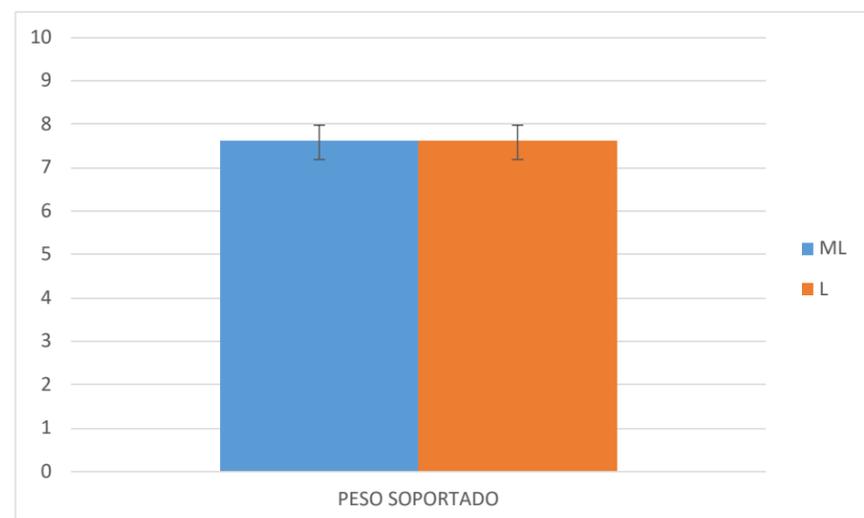
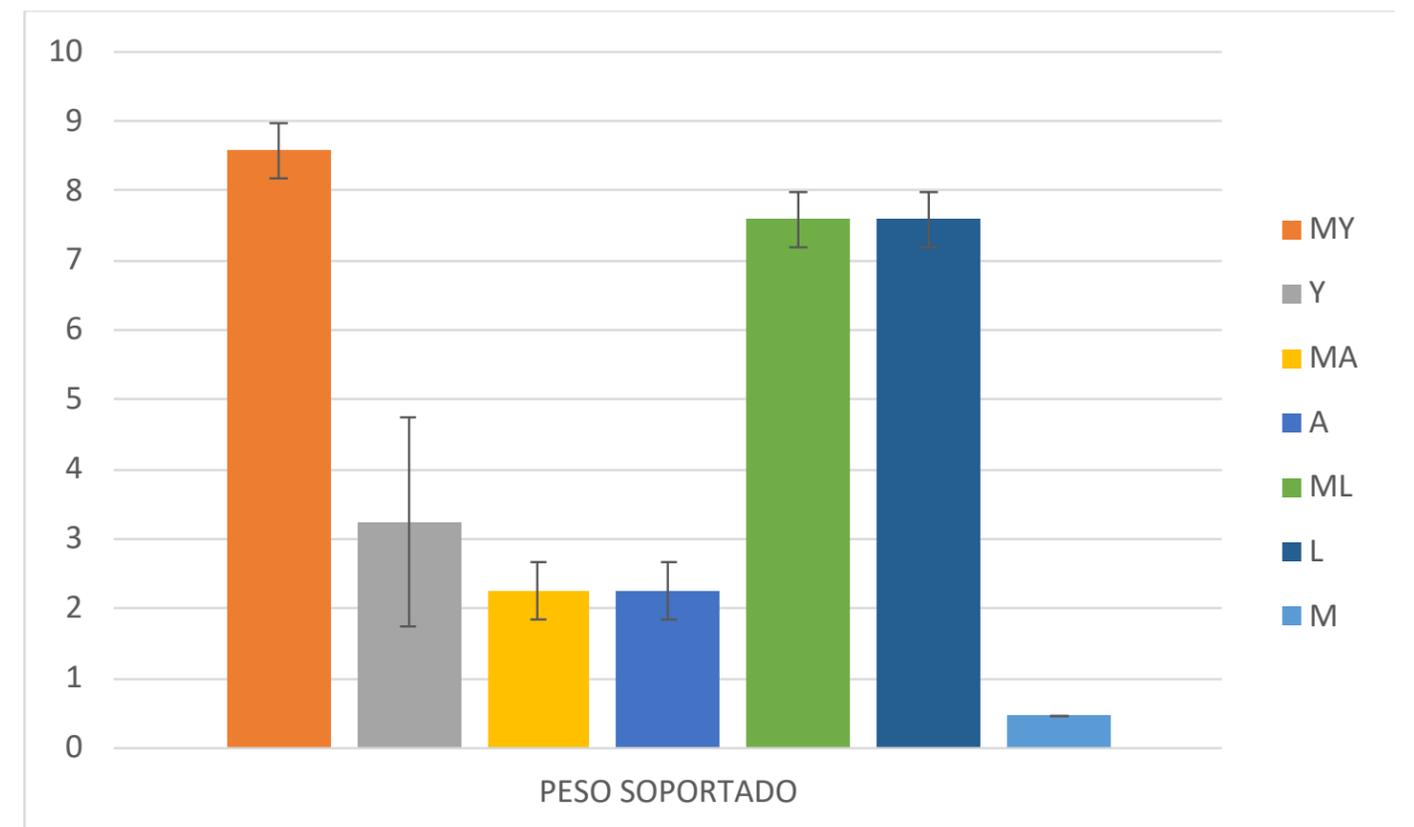


GRÁFICO RESISTENCIA DE LAS MUESTRAS (COMPARACIÓN DE TODOS LOS MATERIALES)



## CONDICIONES CLIMATICAS

La ubicación geográfica y el clima del lugar son de gran relevancia para el proyecto debido a las condiciones térmicas extremas que ofrece. Para el Análisis climático del Parque Omora, se utilizaron los datos de la ciudad de Puerto Williams que se encuentra aproximadamente a 3 km al Este, ya que no existe información meteorológica de este lugar. Se obtuvo la información climática mediante las plataformas de Meteoblue, Sunearthtools y Climate consultant.

### CLASIFICACIÓN CLIMATICA

La isla Navarino, donde se encuentra el Parque Omora, se encuentra en la zona extremo sur, de acuerdo con la zonificación climático-habitacional de la NCh1079-2008. Según la clasificación climática de Köppen, el parque es de clima polar, lo cual representa un 12,8% del área terrestre. En las zonas con clima polar tundra (ET), la oscilación térmica anual es escasa y la temperatura media anual es de 5,5°C (CLIMATE-DATA.ORG).

Se destacan las bajas temperaturas entre mayo y septiembre, mientras que febrero es el mes más cálido con una máxima de 13,3°C. Según los gráficos, las temperaturas medias mínimas alcanzan hasta los -0,9°C, mientras que la temperatura media anual no excede los 10°C. Las estrategias principales, representadas en el gráfico (Figura 5-x), para mantener el confort climático en un interior en este clima, se destacan operaciones para aumentar la temperatura, esto mediante ganancias internas y sistemas de calefacción.

### VIENTOS

Respecto a la dirección del viento (Figura 5-x), se destaca que proviene mayormente desde el poniente, destacándose el norponiente. Las velocidades que más predominan a lo largo del año son entre los 12 y 28km/h.

### PRECIPITACIONES

Los meses de verano presentan mayores precipitaciones (Figura 5-x), destacándose diciembre y enero con 86 y 90mm respectivamente. De agosto a octubre el promedio mínimo alcanza los 34mm de precipitaciones. Se destaca que, en este clima, los veranos son más lluviosos y los inviernos tienen menores precipitaciones. Desde mayo hasta octubre se observa una mayor probabilidad de nieve, donde julio cuenta con un promedio de 7 días de nieve (Figura 5-x).

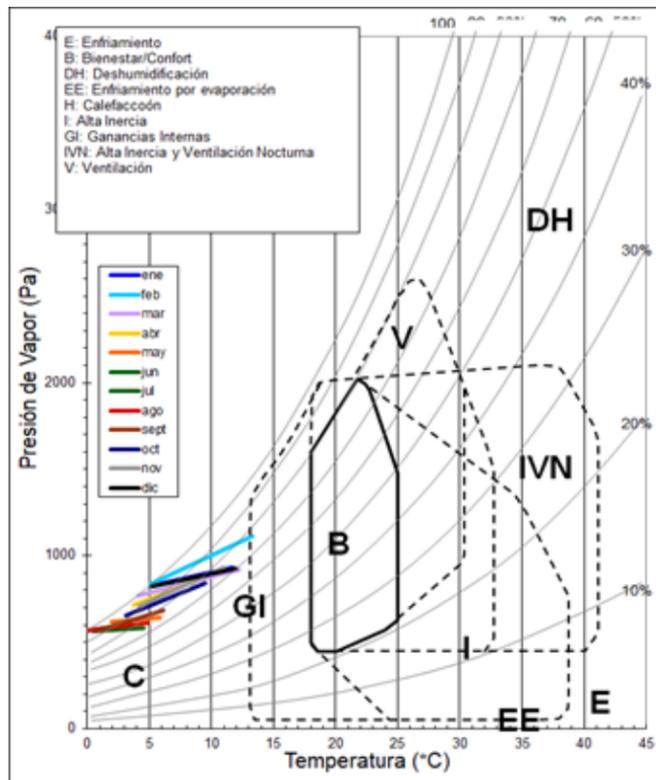


Figura 1

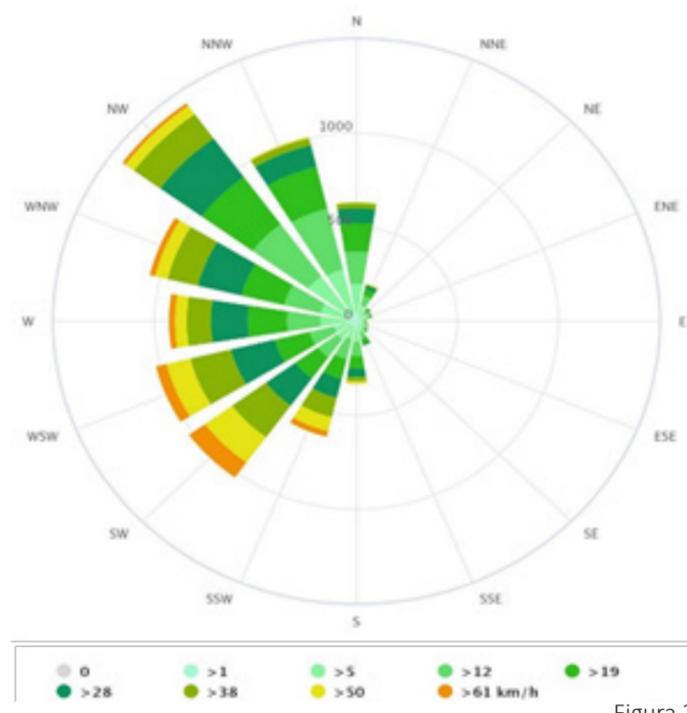


Figura 2

Figura 1: Gráfico de Givoni con las temperaturas promedio mensuales de la ciudad de Puerto Williams. Elaboración propia.

Figura 2: Rosa de los vientos de Puerto Williams, donde se maca la dirección nororiente como predominante del viento durante todo el año.

Figura 3: Temperaturas medias y precipitaciones.

Figura 4: Cantidad de precipitación.

Figura 5: Temperaturas hora promedio por mes. Elaboración propia.

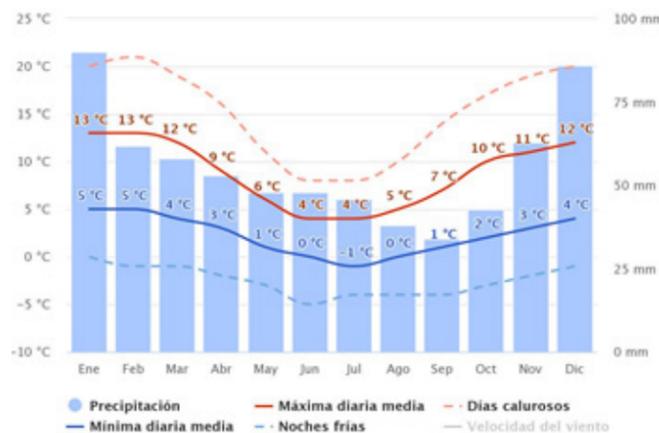


Figura 3

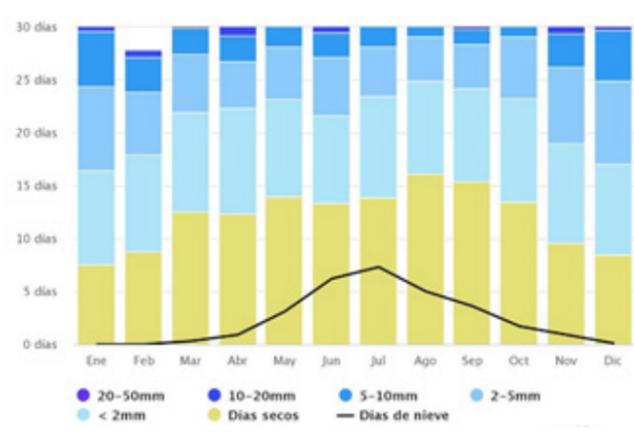


Figura 4

## TEMPERATURAS

Con los datos de climate consultant, se estableció una tabla de temperaturas promedio por hora mensual (Figura 5-x), cuyos colores se definen a partir de su diferencia con la temperatura de confort. El color azul oscuro representa una mayor demanda de calefacción, mientras que el los más claros llegando al blanco una menor demanda. Se observa en la tabla que hay una gran diferencia de demanda de calefacción debido a las condiciones climáticas de cada mes.

En el mes de julio, para alcanzar el confort térmico interior se tendría que calefaccionar todas las horas del día, estableciendo mínimo 15°C más que la temperatura exterior. Por otro lado, en el caso del mes de febrero, hay un breve periodo con un rango de temperaturas cercanas al confort térmico, donde se observa una diferencia entre 3 y 6°C, presentando las temperaturas más altas del año.

Temp°C	Mes											
Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
3	6.6	7.39	6.6	3.9	2.62	1.96	0.46	0.97	1.07	1.22	4.36	6.22
4	6.52	7.36	6.11	3.88	2.64	1.96	0.38	0.85	1.03	1.18	4.5	6.03
5	6.48	7.36	5.63	3.99	2.76	1.61	0.3	0.75	1.15	1.33	4.67	5.85
6	7.07	7.58	5.65	4.26	2.96	1.82	0.5	0.78	1.41	1.68	5.07	6.51
7	7.46	7.81	5.66	4.57	3.05	2.06	0.69	0.78	1.62	4.17	5.66	7.07
8	8.08	8	5.68	5.16	3.47	2.4	0.89	0.8	2.3	4.99	6.62	7.74
9	8.73	8.84	6.52	5.84	3.89	2.69	1.08	1.38	3.27	5.97	7.75	8.43
10	9.36	9.65	7.55	6.64	4.45	2.95	1.29	2.38	4.12	7.08	9.03	9.14
11	10.02	10.49	8.56	7.37	4.94	3.22	1.5	3.29	4.94	8.1	10.21	9.84
12	10.44	11.04	9.06	7.92	5.3	3.42	1.83	3.39	5.55	8.86	11.09	10.1
13	10.84	11.59	9.55	8.28	5.65	3.55	2.18	4.01	5.95	9.38	11.7	10.37
14	11.26	12.14	10.05	8.42	5.95	3.61	2.52	4.4	6.11	9.58	11.92	10.63
15	11.07	12.13	10	8.28	5.65	3.45	2.27	4.28	5.95	9.38	11.7	10.7
16	10.87	12.12	9.95	7.96	5.34	3.22	1.99	3.95	5.6	8.94	11.38	10.78
17	10.68	12.11	9.92	7.45	5	2.92	1.74	3.73	5.04	8.22	10.34	10.85
18	10.01	11.47	9.15	6.86	4.39	2.69	1.52	3.36	4.37	7.39	9.39	10.29
19	9.09	10.69	8.38	6.19	3.95	2.43	1.27	2.85	3.72	6.48	8.34	9.49

Color	Temperatura	Aumento para confort
Blanco	18-21°C	0
Azul claro	15-18°C	3-6°C
Azul medio	12-15°C	6-9°C
Azul oscuro	9-12°C	9-12°C
Azul muy oscuro	6-9°C	12-15°C
Negro	0-3°C	15-18°C

Figura 5

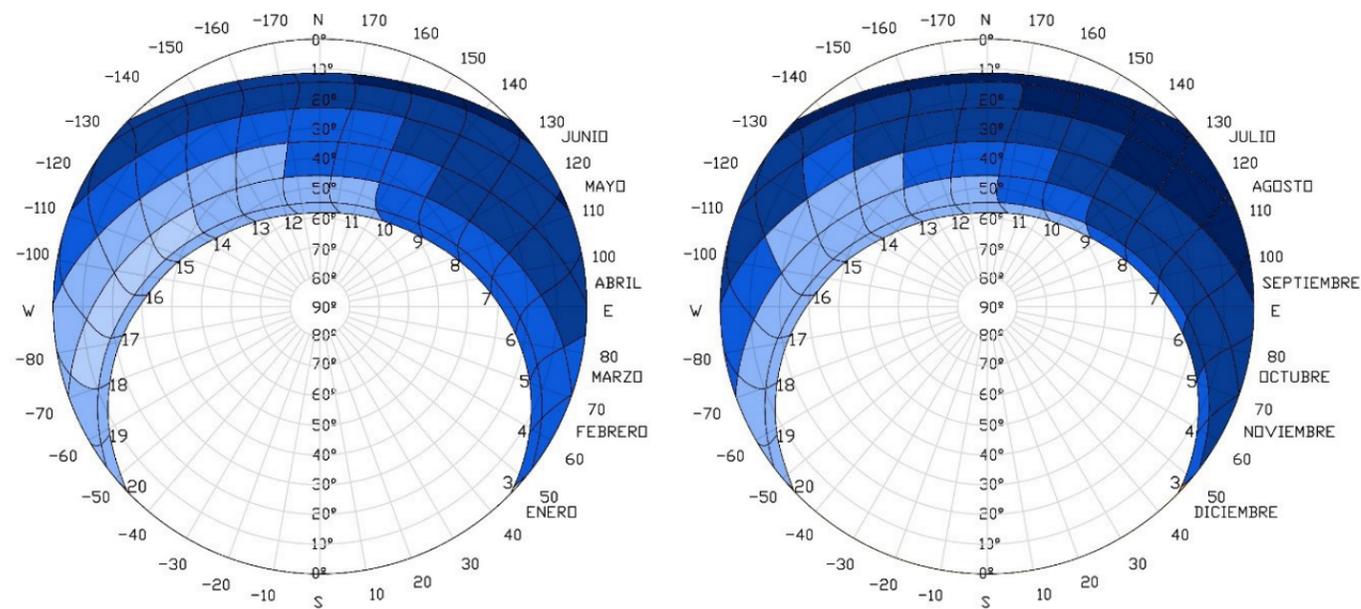
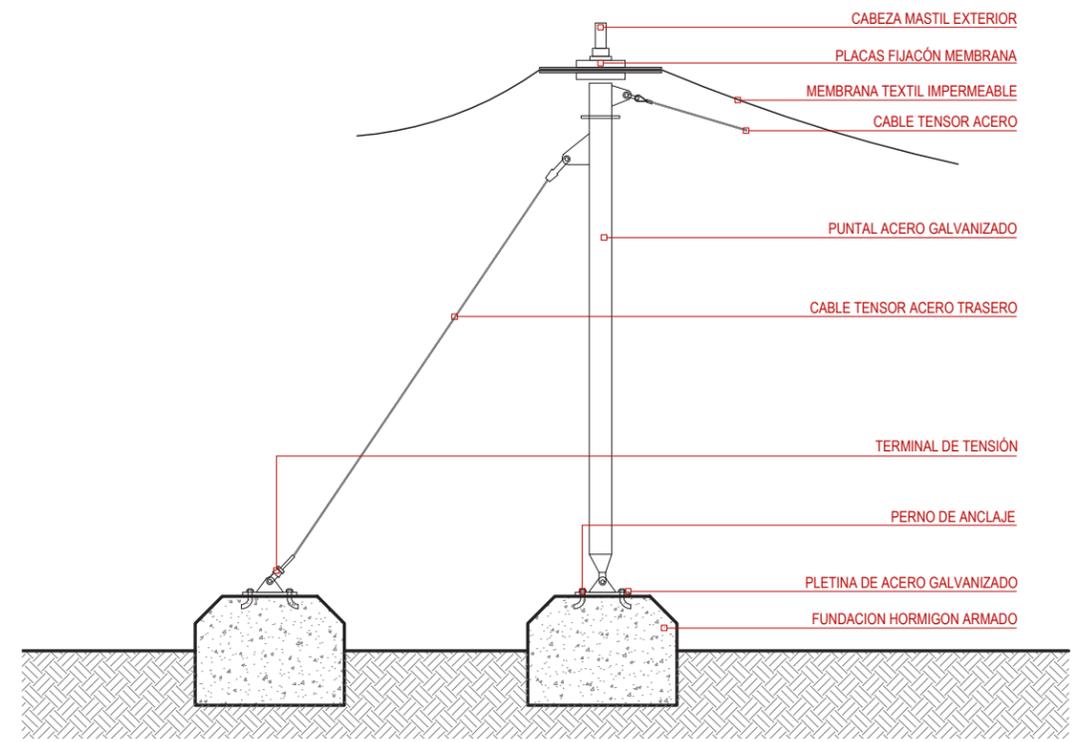
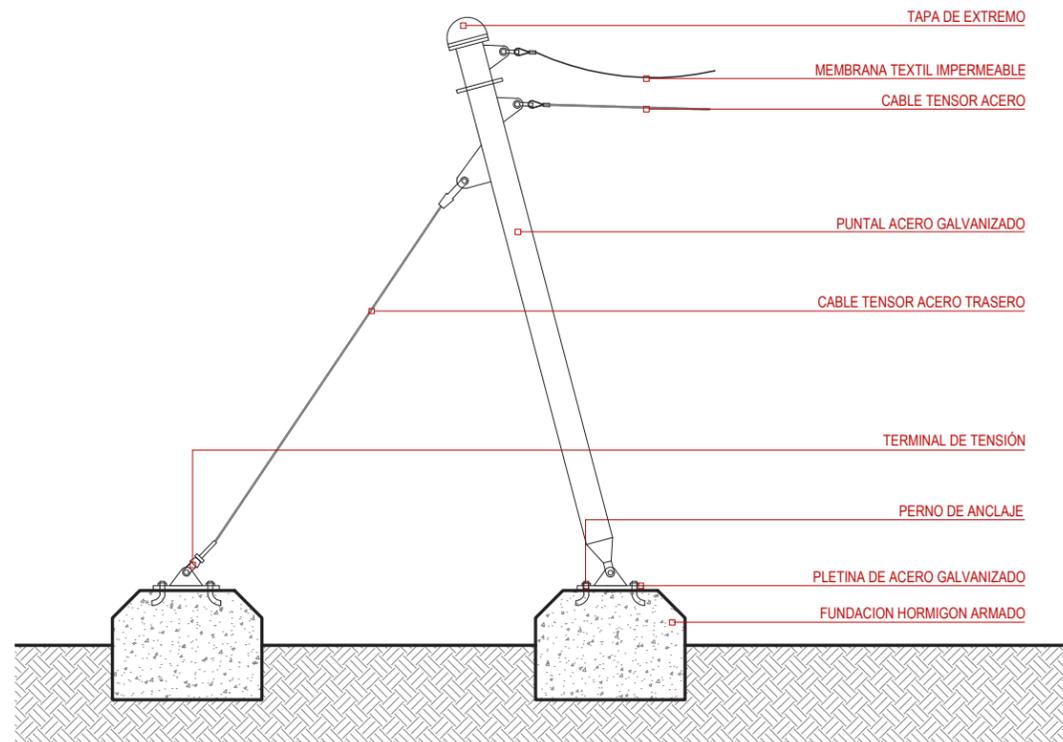
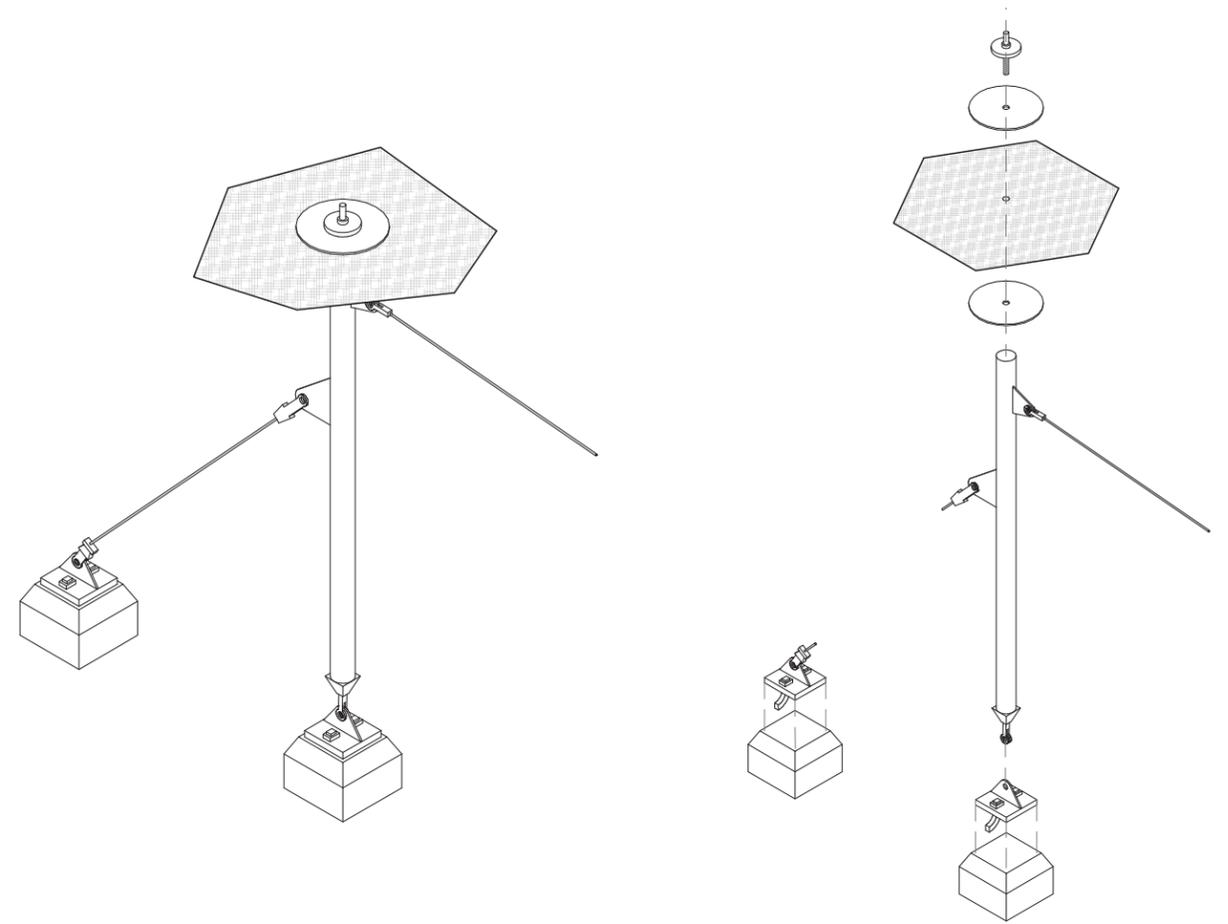
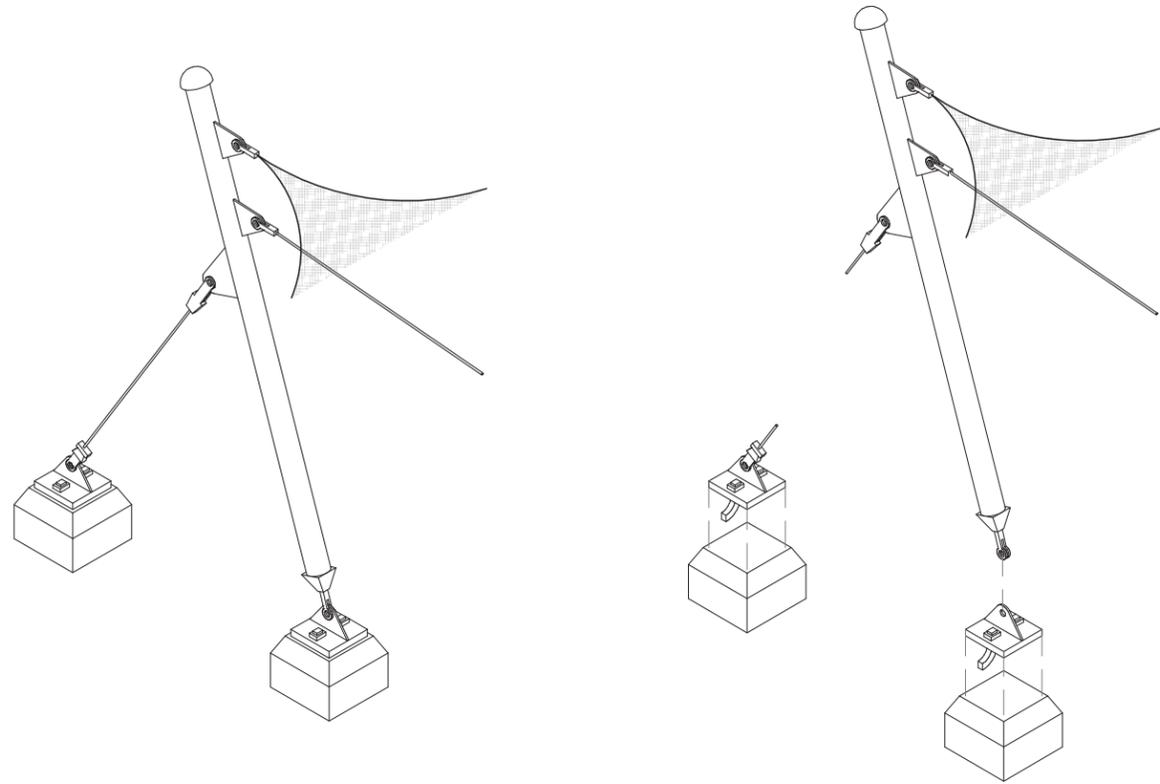


Figura 5-x

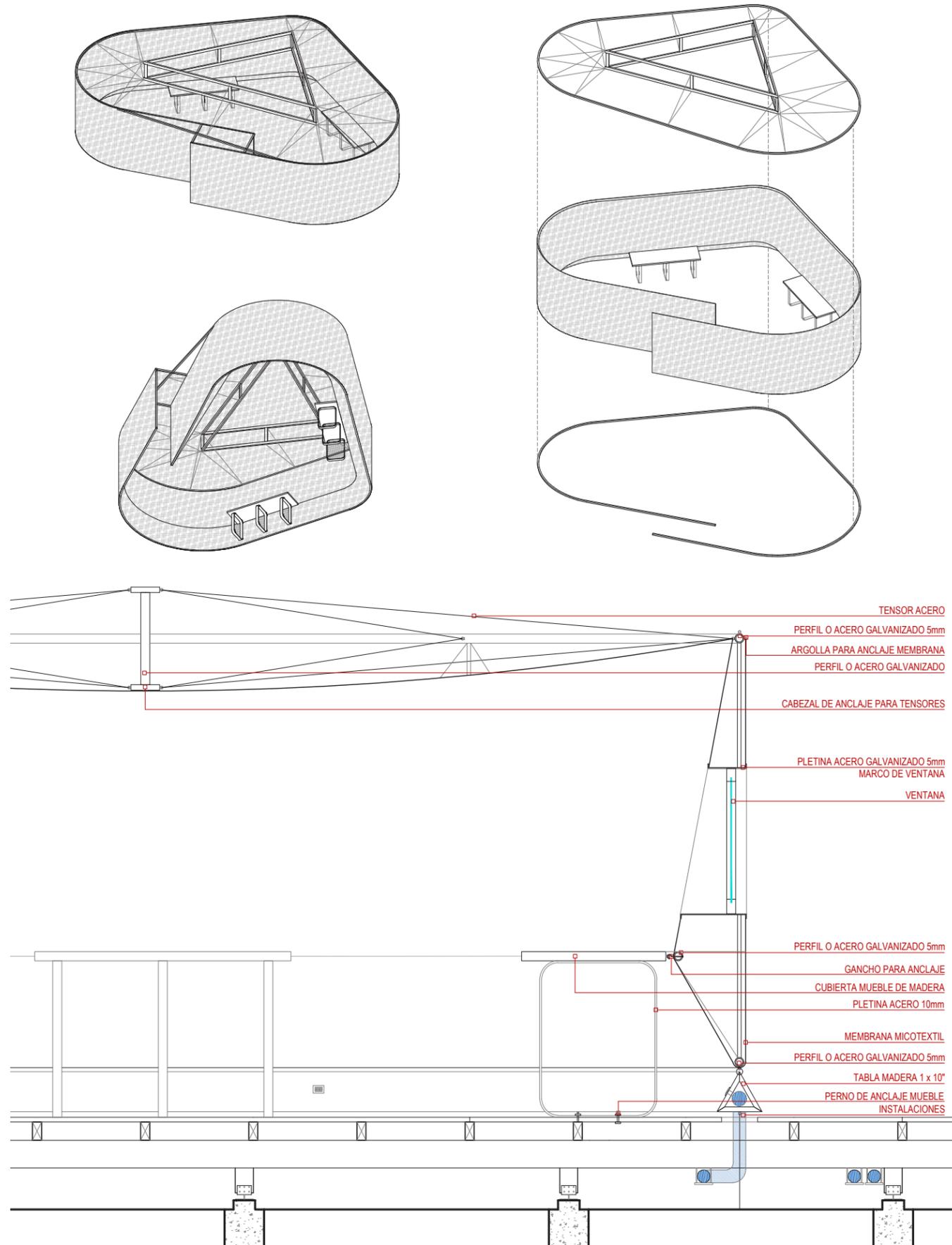
Figura 5: Temperaturas hora promedio por mes. Elaboración propia.

Figura 6: Rangos de temperaturas en carta solar. Elaboración propia.

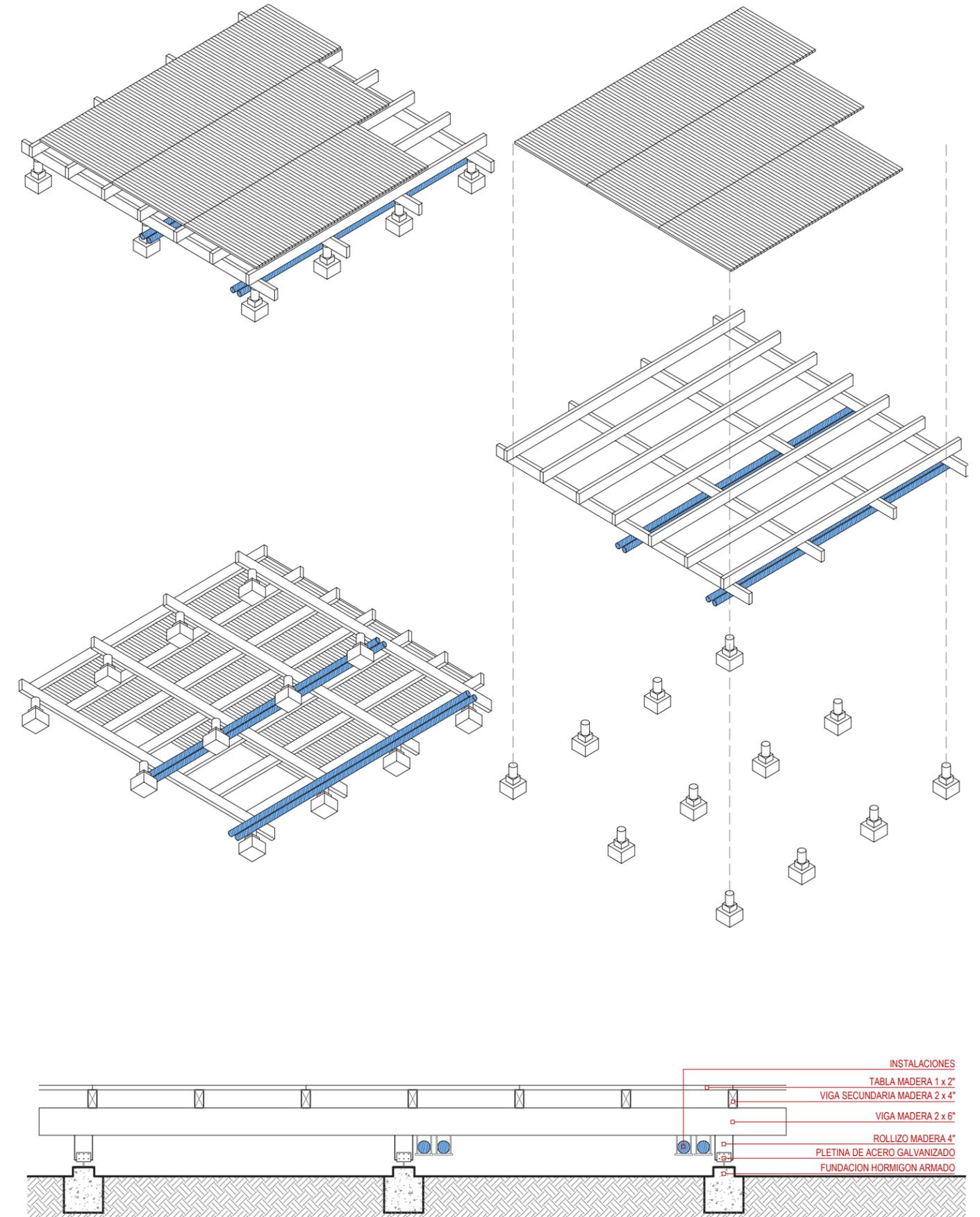
# 1. DETALLE TENSOESTRUCTURA



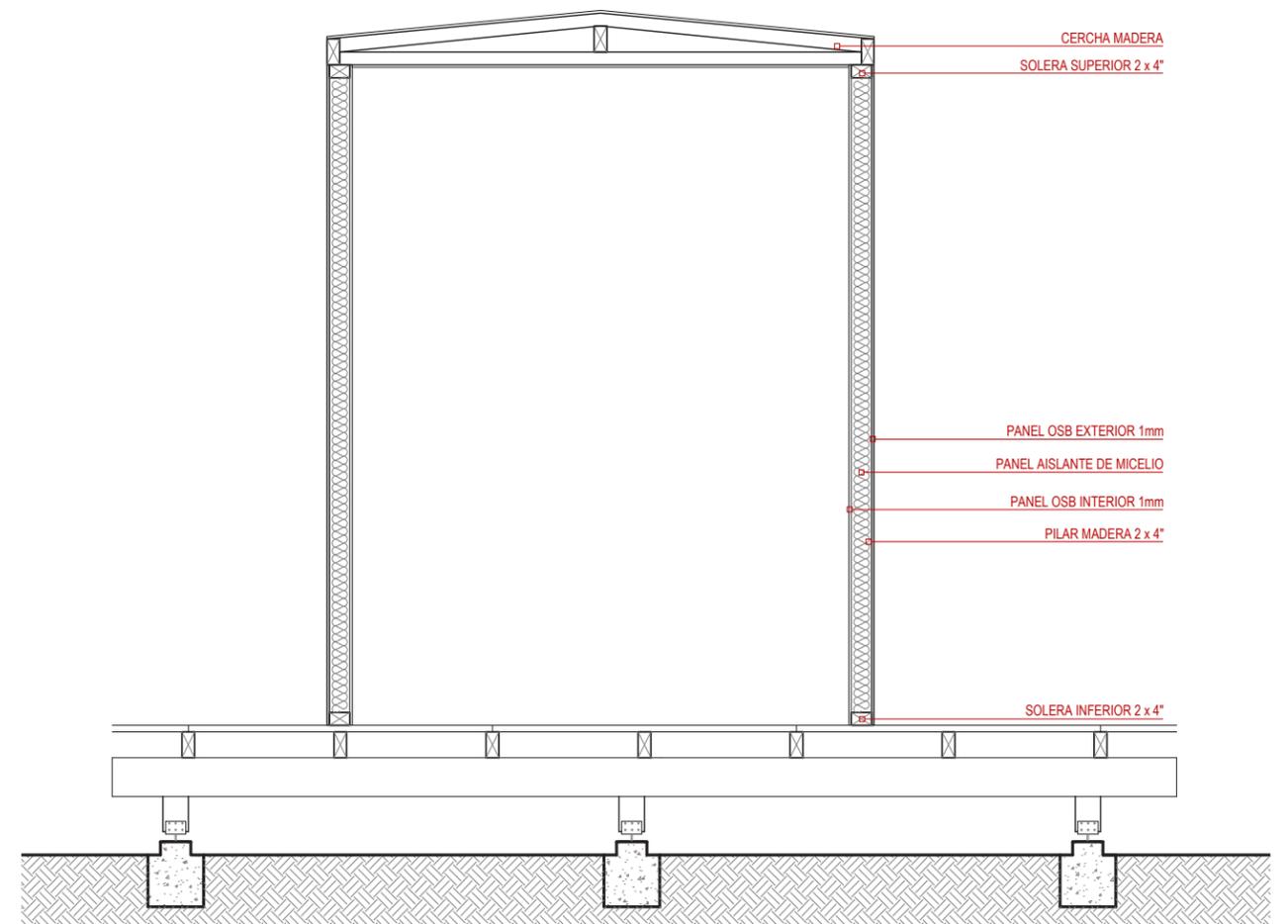
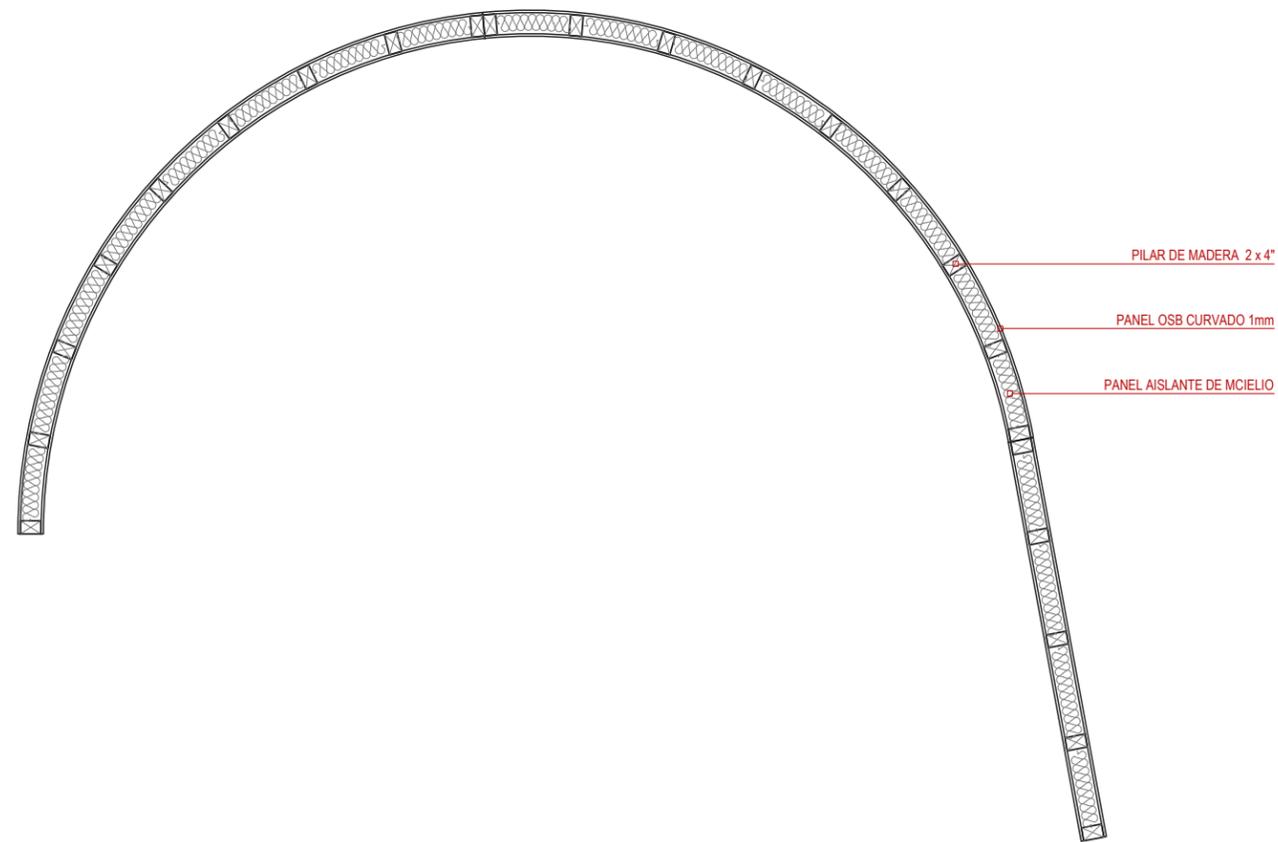
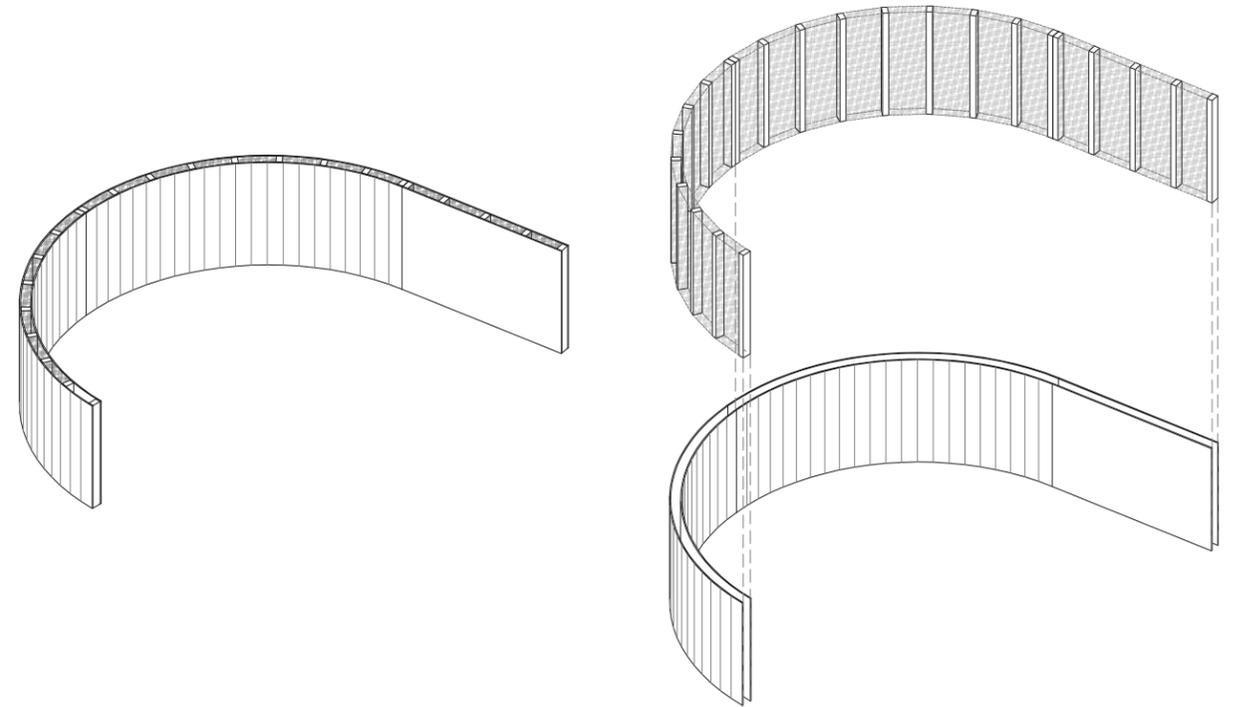
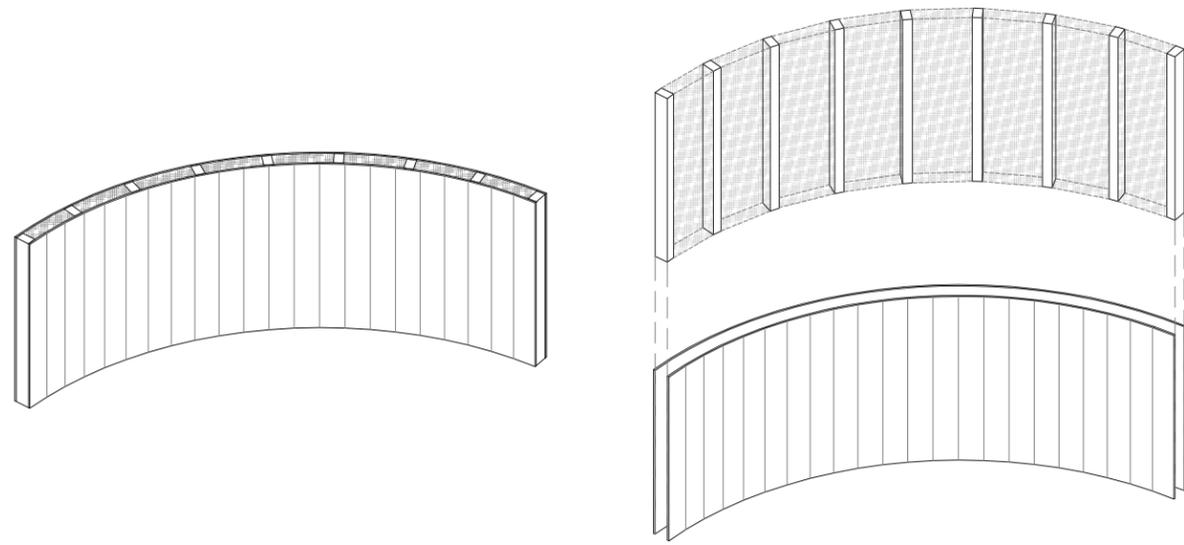
## 2. DETALLE ELEMENTO COLGANTE MICELIO



## 3. DETALLE SISTEMA DE SUELO



#### 4. DETALLE TABIQUES



# INTRODUCCIÓN A LA BIOFABRICACIÓN

## BITACORA DE REGISTRO



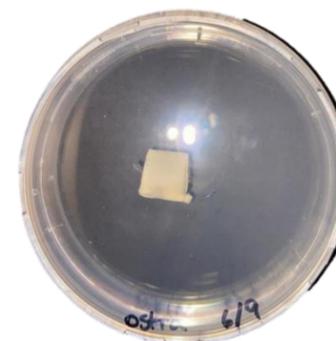
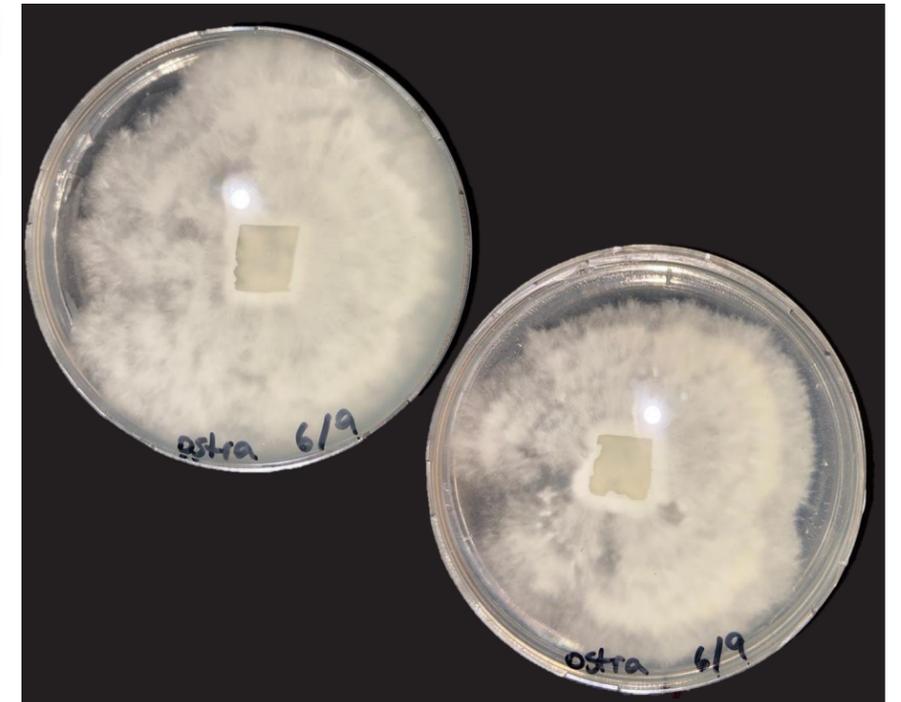
# MICELIO / CULTIVO IN VITRO

*PLEUROTUS OSTREATUS*



### MATERIALES UTILIZADOS

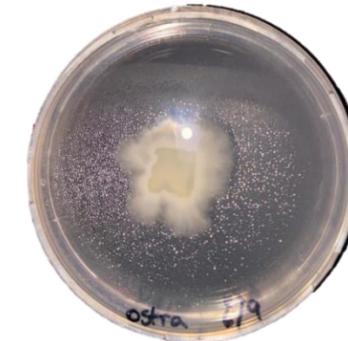
	CANTIDAD / UNIDAD
PLACAS PETRI CON PDA	2
BISTURI ESTERILIZADO	1
PARAFILM	3
MECHERO	1
PLACAS PETRI CON MICELIO	1



CÓDIGO MUESTRA	PO-1
FECHA / INICIO CULTIVO	06/09/2020
FECHA IMAGEN	06/09/2020

### OBSERVACIONES CULTIVO

Primer día de cultivo, se cubre la muestra con papel aluminio y se sitúa cerca de un radiador para mantener la muestra a una temperatura entre 20-25°C



CÓDIGO MUESTRA	PO-1
FECHA / INICIO CULTIVO	06/09/2020
FECHA IMAGEN	11/09/2020

### OBSERVACIONES CULTIVO

Se presentan gotas de condensación en la muestra y el micelio comienza a crecer hacia todas direcciones.



CÓDIGO MUESTRA	PO-1
FECHA / INICIO CULTIVO	06/09/2020
FECHA IMAGEN	27/09/2020

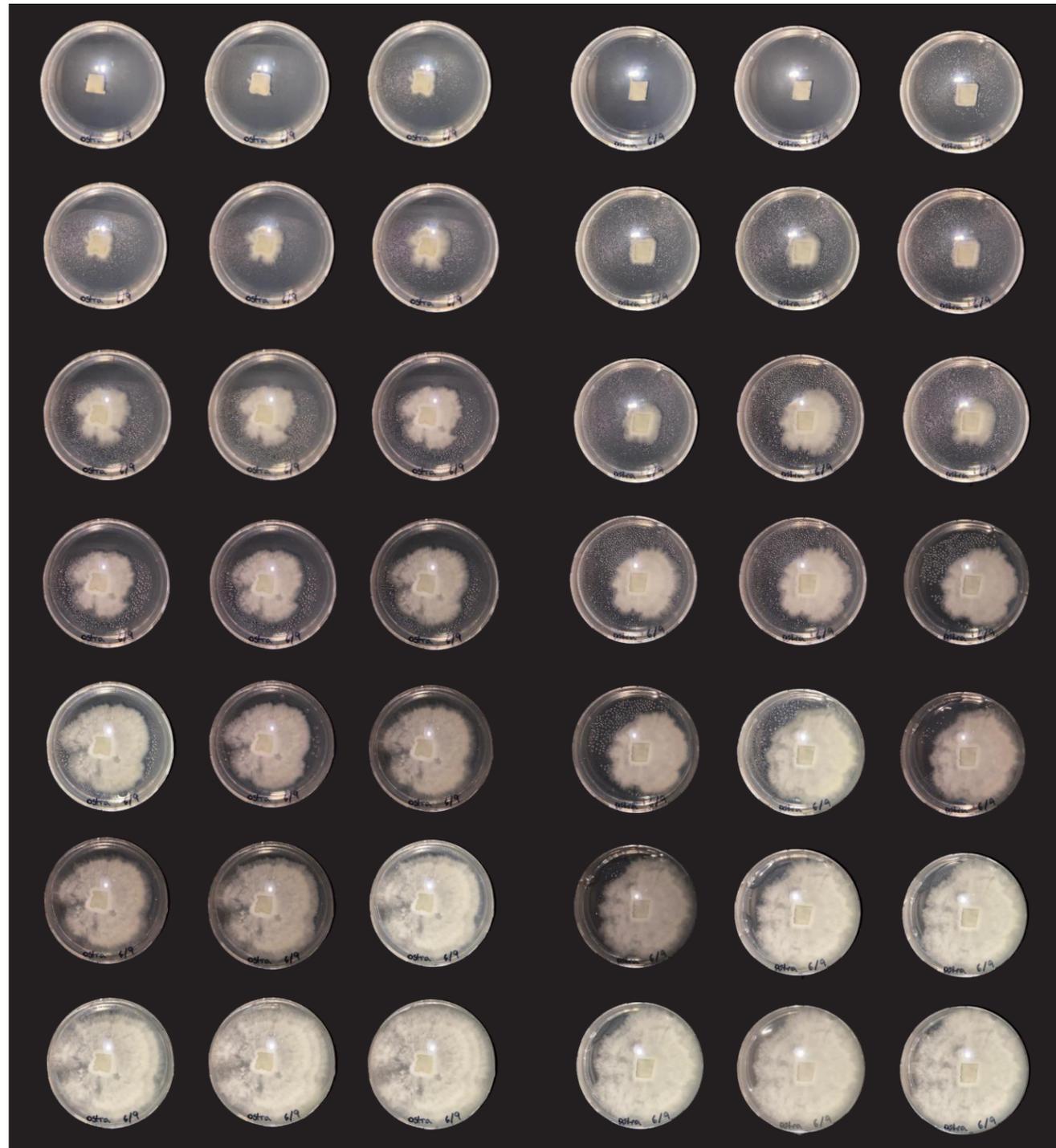
### OBSERVACIONES CULTIVO

En los últimos días de cultivo, se observa que el micelio creció con mayor densidad hacia el lado derecho de la placa y hacia el lado izquierdo se pueden notar espacios vacíos.

PAULINA AVENDAÑO / /

# MICELIO / CULTIVO IN VITRO

PLEUROTUS OSTREATUS



PAULINA AVENDAÑO / /

# MICELIO / SPAWN

PLEUROTUS OSTREATUS



## RECETA Y MATERIALES UTILIZADOS

### INGREDIENTES

	CANTIDAD / UNIDAD
FRASCOS DE VIDRIO	2
BISTURI ESTERILIZADO	1
MECHERO	1
ARROZ INTEGRAL	2 tazas
PLACAS PETRI CON MICELIO	1



CÓDIGO MUESTRA	POS-3
FECHA / INICIO CULTIVO	20/10/2020
FECHA IMAGEN	26/10/2020

### OBSERVACIONES CULTIVO

Después de 6 días de crecimiento, el micelio abarca toda la capa superior del arroz y llega a todos los bordes.



CÓDIGO MUESTRA	POS-1
FECHA / INICIO CULTIVO	16/09/2020
FECHA IMAGEN	20/09/2020

### OBSERVACIONES CULTIVO

El micelio comienza a crecer hacia los bordes y se presentan gotas de condensación en la superficie del frasco



CÓDIGO MUESTRA	POS-1 POS-2
FECHA / INICIO CULTIVO	16/09/2020
FECHA IMAGEN	29/09/2020

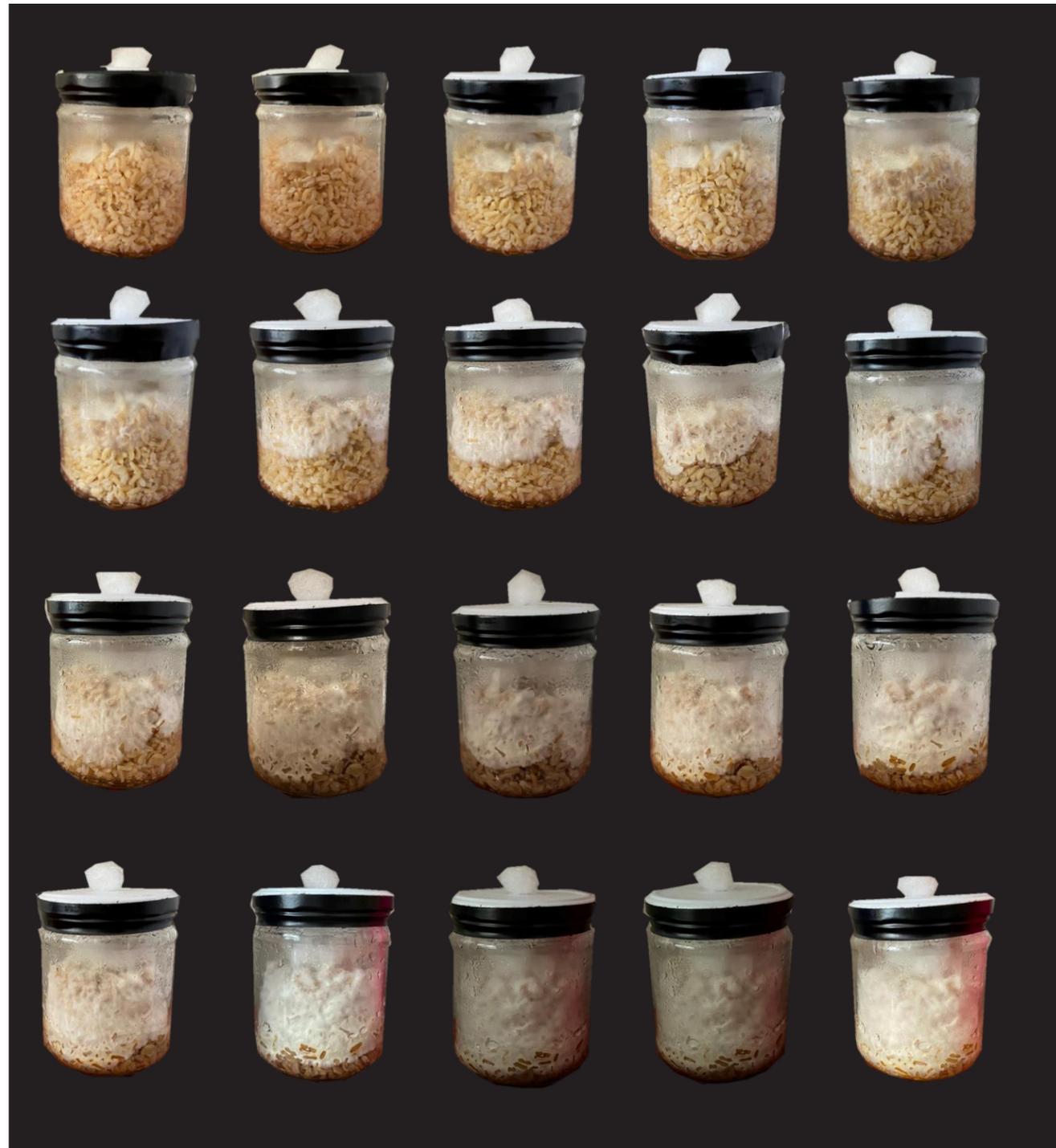
### OBSERVACIONES CULTIVO

Después de 13 días de cultivo, se observa que en la muestra POS-1 el micelio ya se extendió por casi toda el área del frasco a diferencia de la muestra POS-2 que no creció.

PAULINA AVENDAÑO / /

# MICELIO / SPAWN

PLEUROTUS OSTREATUS



PAULINA AVENDAÑO / /

# MICELIO / SUSTRATO

PLEUROTUS OSTREATUS



## RECETA Y MATERIALES UTILIZADOS

### INGREDIENTES

	CANTIDAD / UNIDAD
SPAWN	1
SUSTRATO	1kg
TAMIZADORES	3
LICUADORA	1
OLLA A PRESIÓN	1



CÓDIGO MUESTRA POC-1/2/3

FECHA / INICIO CULTIVO 29/09/2020

FECHA IMAGEN 06/10/2020

### OBSERVACIONES CULTIVO

Después de 7 días se puede ver que el micelio ha crecido mas rápido en la muestra POC-1 que cuenta con el sustrato de grano mas pequeño.



CÓDIGO MUESTRA POC-2

FECHA / INICIO CULTIVO 29/09/2020

FECHA IMAGEN 13/10/2020

### OBSERVACIONES CULTIVO

Se presenta crecimiento de micelio por los bordes de la bolsa en ciertos puntos, en su mayoría por la superficie del sustrato.



CÓDIGO MUESTRA POC-3

FECHA / INICIO CULTIVO 29/09/2020

FECHA IMAGEN 16/10/2020

### OBSERVACIONES CULTIVO

Al ser la muestra con el grano mas grande de sustrato, se presenta un crecimiento mas lento en comparación y este se encuentra en los bordes de la bolsa.

PAULINA AVENDAÑO / /

# MICELIO / MOLDE

PLEUROTUS OSTREATUS



## RECETA Y MATERIALES UTILIZADOS

### INGREDIENTES

	CANTIDAD / UNIDAD
TUPPER PLASTICO	3
SUSTRATO COLONIZADO	POC-1/2/3
ALCOHOL	1
ALGODON SINTETICO	1



CÓDIGO MUESTRA	MOC-1
FECHA / INICIO CULTIVO	18/11/2020
FECHA IMAGEN	18/11/2020

### OBSERVACIONES CULTIVO

Se puede ver que el sustrato mas colonizado es el de menos tamaño. Este fue comprimido en el molde mediante una cuchara

CÓDIGO MUESTRA	MOC-2
FECHA / INICIO CULTIVO	18/11/2020
FECHA IMAGEN	18/11/2020

### OBSERVACIONES CULTIVO

Se presenta un bajo crecimiento de micelio en este sustrato de menor tamaño, con algunas pelotas de sustrato colonizado que fueron pasadas al molde.

CÓDIGO MUESTRA	MOC-3
FECHA / INICIO CULTIVO	18/11/2020
FECHA IMAGEN	18/11/2020

### OBSERVACIONES CULTIVO

El micelio en el sustrato de tamaño grande casi no creció, por lo que esas piezas encontradas con sustrato colonizado fueron pasadas al molde.

PAULINA AVENDAÑO / /

# MICELIO / POST PRODUCCIÓN

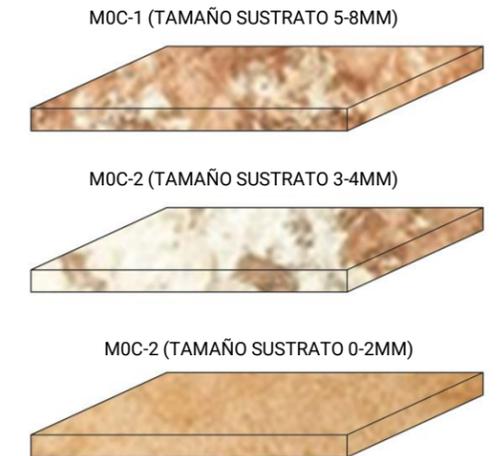
PLEUROTUS OSTREATUS

PARA OBTENER EL MATERIAL FINAL ESTE SE DEBE SOMETER A UN PROCESO PARA DETENER EL CRECIMIENTO DEL MICELIO, EN DONDE EXISTEN DOS ALTERNATIVAS, POR UN LADO, EL SECADO DONDE EL MICELIO SE PRESERVA EN UN ESTADO DE "HIBERNACIÓN", PERMITIENDO QUE EL HONGO PUEDE REINICIAR SU CRECIMIENTO O CALENTAMIENTO DEL MATERIAL, DONDE SE MATA EL HONGO. EN ESTE CASO EL MATERIAL SERA SECADO A TEMPERATURA AMBIENTE POR 48HRS Y FINALMENTE SE SECARA EN HORNO ELECTRICO.

## RECETA Y MATERIALES UTILIZADOS

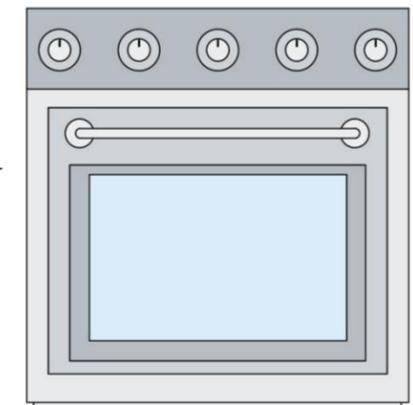
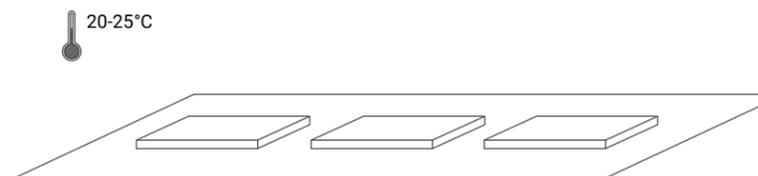
### INGREDIENTES

	CANTIDAD / UNIDAD
PIEZAS DESMOLDADAS	MOC-1/2/3
TIP TOP	1
HORNO ELECTRICO	1



SECADO A TEMPERATURA AMBIENTE 48HRS.

SECADO EN HORNO 1HR A 100°C



PAULINA AVENDAÑO / /

Entrevista Sebastián Rodríguez, quien trabaja en el laboratorio de biofabricación UC produciendo materiales con micelio de hongo, en específico textiles en base a micelio (Junio 2021).

¿Qué estudios sobre el micotextil se están realizando en el laboratorio?

Comenzamos en el año 2019 desarrollando un textil a base de hongo descomponedor de madera, primero revisamos material bibliográfico para saber cómo realizar este material, uno de los referentes fue mycoworks. En paralelo se trabajó con el biotecnólogo Andrés Romero, quien trabajaba con el hongo Neurospora Crassa el cual se encuentra genéticamente modificado y empezamos a experimentar con el para realizar micotextil.

Experimentamos con diferentes hongos y tipos de fibras vegetales, con diferentes niveles de tratamientos. Las fibras que probamos fueron mimbre, yute, gasa, lino y algodón para ver el comportamiento del micelio sobre estos, incluido el hongo Neurospora Crassa que no creció bien sobre estos materiales a diferencia de los hongos Lignocelulósico. Este hongo se comenzó a crecer sobre un medio líquido, ya que crecía como una lámina delgada sobre el medio de cultivo generando una especie de film, con la forma del contenedor, lo que funciona de mejor manera que con un sustrato, ya que el hongo no lograba penetrar el material.

Además, a los materiales textiles que realizamos le agregamos un coating para mantener la humedad del material y evitar que se secan.

¿Permite la matriz de fibras vegetales mejorar las propiedades mecánicas del material textil realizado con el micelio?

Al probar el crecimiento de los hongos sobre las fibras vegetales nos dimos cuenta que este crecía mejor en la fibra de yute, por lo que comenzamos a realizar los experimentos con este tejido.

Para comprobar si este tejido funcionaba como andamiaje o matriz para el hongo, se desarmó un tejido para ver como crecía el hongo sobre estas fibras desordenadas y así poder compararlo con el crecimiento del hongo sobre una matriz, se observó que el hongo crecía sobre el material y lograba penetrar la fibra vegetal.

También se probó con el yute trenzado como una cuerda, el cual se puso en una placa Petri, donde este creció sobre y a través de las fibras. Al mezclar estos dos materiales, el hongo y el sustrato, se genera un material con mejores propiedades mecánicas.

¿Cómo funcionan y que aportan los recubrimientos o coatings en el micotextil?

Empezamos a estudiar los recubrimientos para que la humedad quede atrapada en el material. Estas tecnologías se utilizan en la industria agrícola para exportar la fruta donde bañan la fruta con este coating para que dure más ya que retiene la humedad.

Nosotros utilizamos un recubrimiento en base a proteína de soya y glicerina con el que se recubría el micotextil para contener la humedad y así lograr mantener la flexibilidad del material. Las muestras que no cubrimos con el coating se secaban y quedaban como papel.

¿tú crees que los recubrimientos ayudan a protegerlo de las condiciones ambientales?

Tengo unas probetas que todavía están buenas, por lo que yo creo que si ayuda en algún grado a proteger al micotextil de las condiciones climáticas. Además, creo que también tiene el potencial de ayudar a mejorar propiedades mecánicas.

¿Cuáles fueron los mayores tamaños que pudieron producir?

Nuestra mayor restricción fue el tamaño del autoclave, ya que al necesitar una mayor esterilidad para realizar este material, los contenedores en este caso pyrex se tenían que autoclavar, el tamaño del autoclave delimitaba el tamaño del contenedor y esto a su vez el tamaño de la muestra. Los tamaños más grandes fueron alrededor de un tamaño carta.

¿Cómo crees que se podría generar una muestra más grande?

Más que encontrar un recipiente más grande, yo creo que el método era otro, quizás unir piezas de menor tamaño para generar un paño más grande o algún método donde no se dependa del tamaño a una máquina, como en nuestro caso el autoclave para esterilizar.

¿Qué tipo de micelio de hongo se utiliza para realizar los materiales textiles?

Nosotros basándonos en la literatura usamos los hongos descomponedores de madera, dentro de estos el que más utilizamos fue trametes versicolor. Este tipo de hongos se utilizan para realizar biomateriales, ya que estos descomponen celulosa, Emi celulosa o lignina, lo que nos llevó a usar los tipos de fibras vegetales que contenían celulosa o lignina y los hongos se seleccionaron por la velocidad de crecimiento y el grosor del micelio.

## ÍNDICE

1. ABSTRACT
2. METODOLOGÍA
  - 2.1 PLACA PETRI E INOCULACIÓN
  - 2.2 RECINTO
  - 2.3 DATALOGERS Y MEDICIONES
3. RESULTADOS
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS
5. CONCLUSIONES
6. REFERENCIAS

# INFORME DE LABORATORIO

Crecimiento Del Micelio En Condiciones No Ideales

© 2020, Paulina Avendaño Salgado, Santiago, Chile



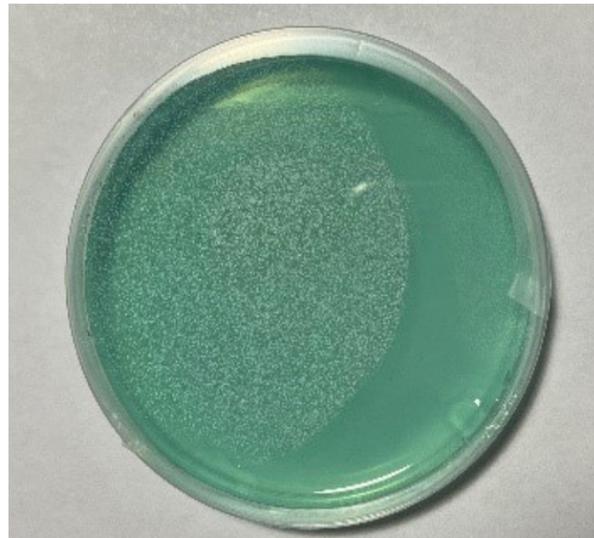


Figura 2-1



Figura 2-2



Figura 2-3

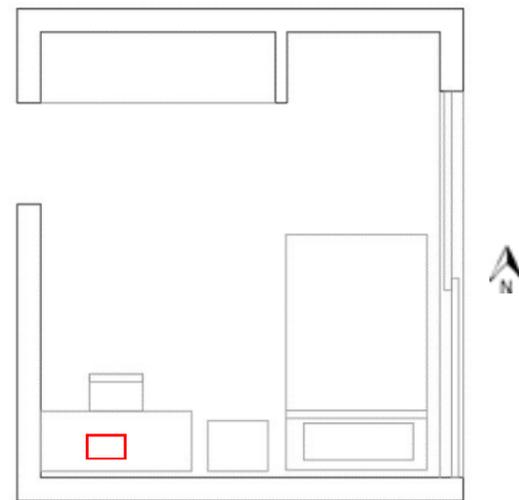


Figura 2-4



Figura 2-5

Figura 2-1: Placa Petri 90mm con PDA.

Figura 2-2: Hongo Pleurotus Ostreatus. [www.fichasmicologicas.com](http://www.fichasmicologicas.com).

Figura 2-3: Proceso de inoculación.

Figura 2-4: Plano referencial recinto.

Figura 2-5: Foto muestra.

## 1. ABSTRACT

El siguiente estudio consistió en analizar el crecimiento del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* en condiciones ambientales no ideales y compararlo con los datos sobre el crecimiento de un estudio sobre este mismo hongo en condiciones de laboratorio, para establecer la factibilidad del cultivo en casa.

Se utilizó un datalogger de temperatura del aire, para medir la temperatura de la caja donde se encontraba la muestra y un datalogger de temperatura radiante para medir la temperatura a la cual se encontraba la muestra y se midió con una regla el crecimiento radial del micelio todos los días.

Los resultados arrojaron que a mayor temperatura existe un crecimiento más rápido del micelio, donde si este se encuentra a 28°C constantes durante el periodo de crecimiento (condiciones ideales), este crecerá en un periodo de 10-14 días y si se deja en condiciones ambientales no ideales, el micelio crecerá, pero en un mayor tiempo.

## 2. METODOLOGÍA

Para el análisis sobre el crecimiento del micelio en placa Petri fuera de las condiciones ideales de crecimiento, primero se inoculo una placa con el hongo en el centro y se ubicó en un recinto de la vivienda, donde se midió la temperatura del aire de la caja en el cual este se encontraba y se midió la temperatura radiante de la muestra por un periodo de 6 días, con mediciones cada 10min. También se midió, mediante el uso de una regla milimétrica, el crecimiento radial del micelio en relación al centro de la placa cada día. Luego de recaudar todos los datos, estos se compararon con los datos entregados por el estudio realizado en un laboratorio.

### 2.1 PLACA PETRI E INOCULACIÓN

Se utilizó una placa Petri de 90mm de diámetro (Figura 2-1), con sustrato PDA necesario para el crecimiento del micelio. El tipo de hongo que se inoculo en la placa es la especie *Pleurotus Osteratus* (Figura 2-2), el mismo utilizado en el estudio.

Para el proceso de inoculación del hongo (Figura 2-3), se tomó como referencia la metodología utilizada en el estudio "Evaluación de crecimiento de micelio de hongos de pudrición blanca con capacidad para biodegradar en condiciones de laboratorio" (Tingo, M. 2017) donde se toma el hongo de una placa con micelio ya crecido y en un ambiente estéril se corta una pieza, la cual se ubica en el centro de la placa Petri nueva con PDA, para que este comience a crecer.

En cuanto a las condiciones de crecimiento del estudio en laboratorio, estas fueron de una temperatura de 28°C constantes (en incubadora) y las placas se midieron diariamente. Se considerarán iguales la temperatura del aire y la temperatura radiante en el caso de estudio, debido a que se encuentra en un recinto controlado.



Figura 2-6



Figura 2-7



Figura 2-8

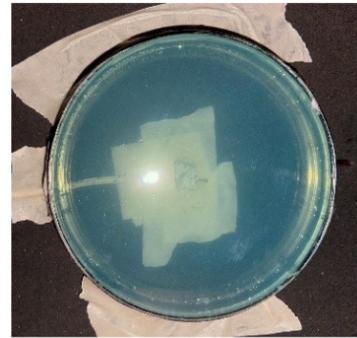


Figura 2-9

## 2.2 RECINTO

El lugar donde se ubicó la muestra de micelio en la placa Petri fue en una habitación de la vivienda con un tamaño de 3.4m x 2.9m (9.8m<sup>2</sup>), hacia el oriente se encuentra ventanal de termo panel que ocupa la totalidad del muro (Figura 2-4). La muestra se localizó sobre un escritorio en la habitación dentro de una caja (Figura 2-5). En cuanto a las condiciones de este recinto, este recibe radiación directa desde el amanecer hasta las 12:00 hrs aproximadamente, pero esta no llega a la caja donde se encuentra la muestra.

## 2.3 DATALOGGERS Y MEDICIONES

Se utilizan dos de estos dispositivos marca Voltcraft, uno para medir la temperatura radiante, modelo DL-111K, (Figura 2-6) mediante una termocupla y otro para medir la temperatura del aire, la humedad relativa y el punto de rocío, modelo DL-121TH (Figura 2-7).

El datalogger de temperatura radiante se ubicó con la termocupla en contacto con la placa Petri (Figura 2-8) y el datalogger de temperatura y humedad se situó dentro de la caja donde se ubicó la muestra, para así medir las condiciones climáticas a las que se encontraba (Figura 2-9). Esto se midió durante 6 días, donde los datos se midieron cada 10 min y luego se promediaron para obtener los datos de cada día. Para obtener los datos de los dataloggers, se utilizó el programa Voltcraft (Figura 2-10) donde se descargaron los datos a un computador y luego se exportaron a Excel para poder ser analizados y comparados.

En cuanto a la medición radial del crecimiento radial del micelio, se utilizó una regla metálica de 30cm (Figura 2-11), desde el punto central de la placa una vez por día (Figura 2-12).

## 3 RESULTADOS

Para el estudio realizado en laboratorio se utilizó una incubadora para el crecimiento de micelio, por lo que la temperatura de estas muestras siempre se encuentra a 28°C, siendo esta el único dato entregado en cuando a las condiciones ambientales de crecimiento de ese experimento en conjunto del crecimiento radial de las muestras (Tabla 3-1). Se puede observar que la muestra FTM-220.1 tuvo un crecimiento más rápido en relación al resto de las muestras crecidas en laboratorio y a la muestra 1 en condiciones ambientales no controladas, abarcando la totalidad de la placa en 10 días. La muestra FTM-220.2 logro abarcar completamente la placa luego de 14 días en la incubadora, al igual que la muestras FTM-220.3 con la diferencia que esta ultima comenzó a crecer más rápido en los primeros días.

La muestra 1, ubicada en un recinto de una vivienda, comenzó a crecer luego de 4 días, logrando al 7 día alcanzar un crecimiento radial de 1,4cm, encontrándose siempre en temperaturas sobre los 20°C y bajo los 23°C en los promedios diarios.

Figura 2-6: Datalogger temperatura radiante (DL-111K).

Figura 2-7: Datalogger temperatura y humedad (DL-121TH).

Figura 2-8: Datalogger DL-111K en placa Petri.

Figura 2-9: Datalogger DL-121TH en caja.

Figura 2-10: Programa Voltcraft, para la recolección de datos de dataloggers.

Figura 2-11: Regla para medir crecimiento del micelio.

Figura 2-12: Medición crecimiento radial de micelio (Tingo, M. 2017).

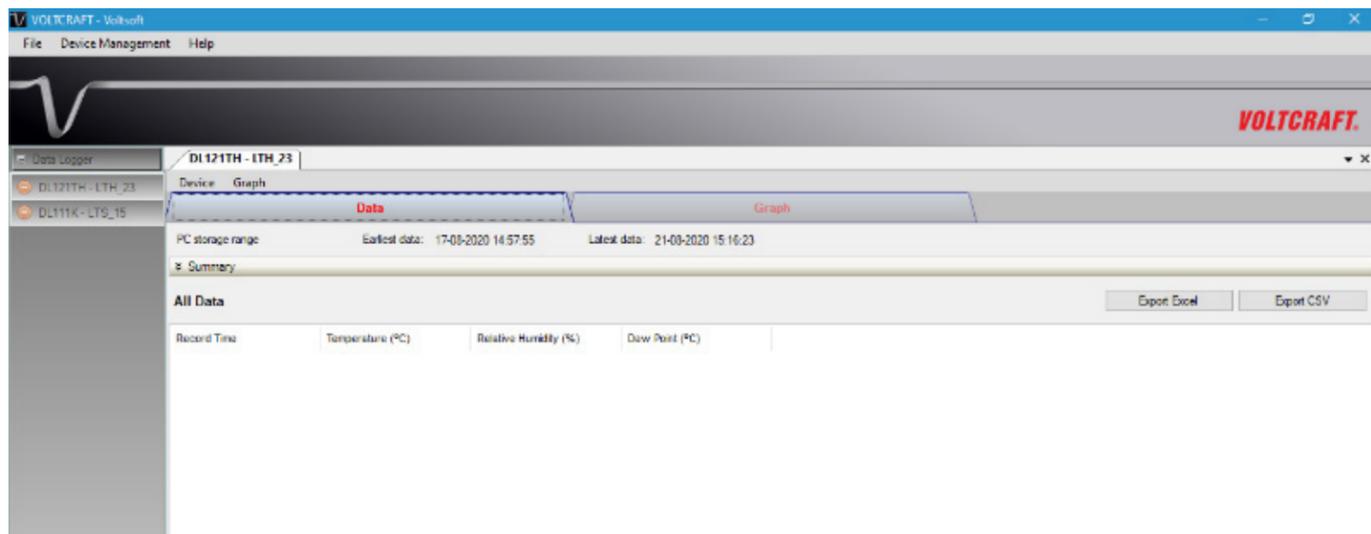


Figura 2-10



Figura 2-11

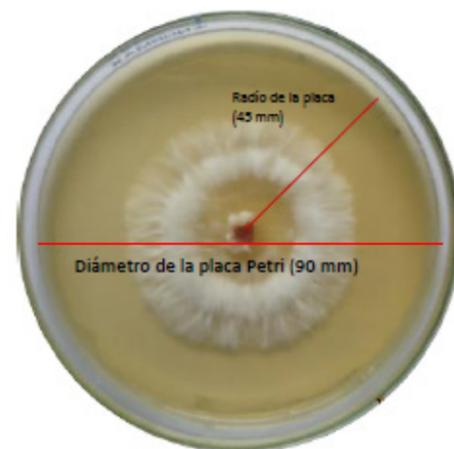


Figura 2-12

Muestra (Hongo)	Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Pleurotus Ostreatus FTM-220.1	Tamaño (cm)	0.40	0.70	0.94	1.29	2.14	2.54	3.40	4.18	4.41	4.50					
	Temperatura Aire	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C					
	Temperatura Rad.	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C					
Pleurotus Ostreatus FTM-220.2	Tamaño (cm)	0.40	0.63	0.86	1.19	1.76	2.12	2.63	3.12	3.67	4.08	4.26	4.43	4.47	4.50	
	Temperatura Aire	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	
	Temperatura Rad.	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	
Pleurotus Ostreatus FTM-220.3	Tamaño (cm)	0.40	1.05	1.56	2.06	2.49	2.81	3.35	3.71	3.39	4.20	4.29	4.38	4.48	4.50	
	Temperatura Aire	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	
	Temperatura Rad.	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	
Pleurotus Ostreatus MUESTRA 1	Tamaño (cm)	0.40	0.40	0.40	0.50	0.70	1.0	1.40								
	Temperatura Aire	22.4°C	22.2°C	22.4°C	22.5°C	22.1°C	22°C	22°C								
	Temperatura Rad.	22.1°C	21.6°C	21.7°C	21.9°C	22°C	21.8°C	22°C								

Tabla 3-1

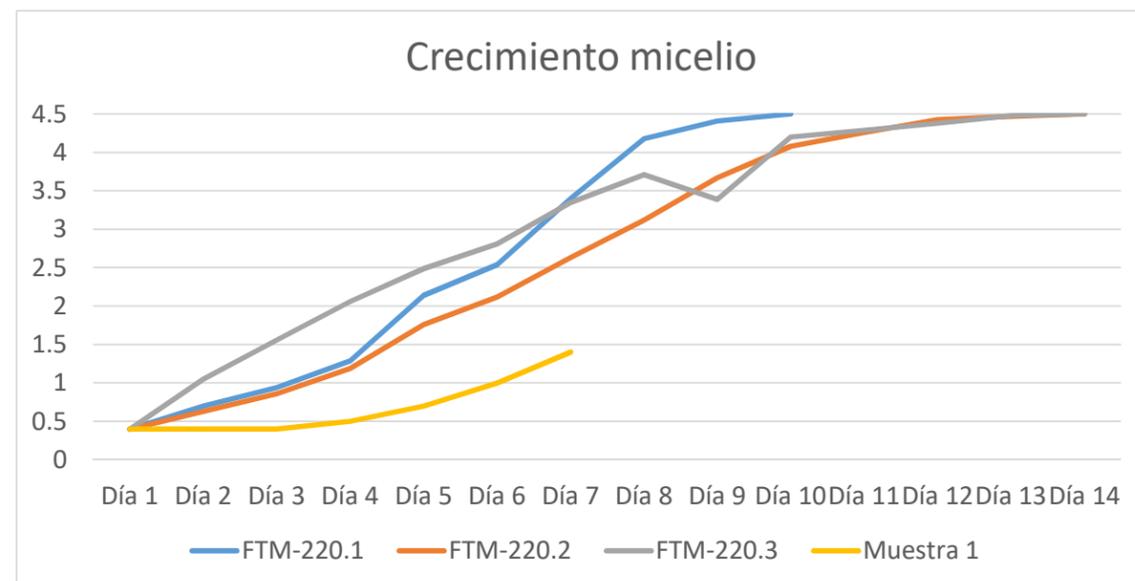


Figura 4-1

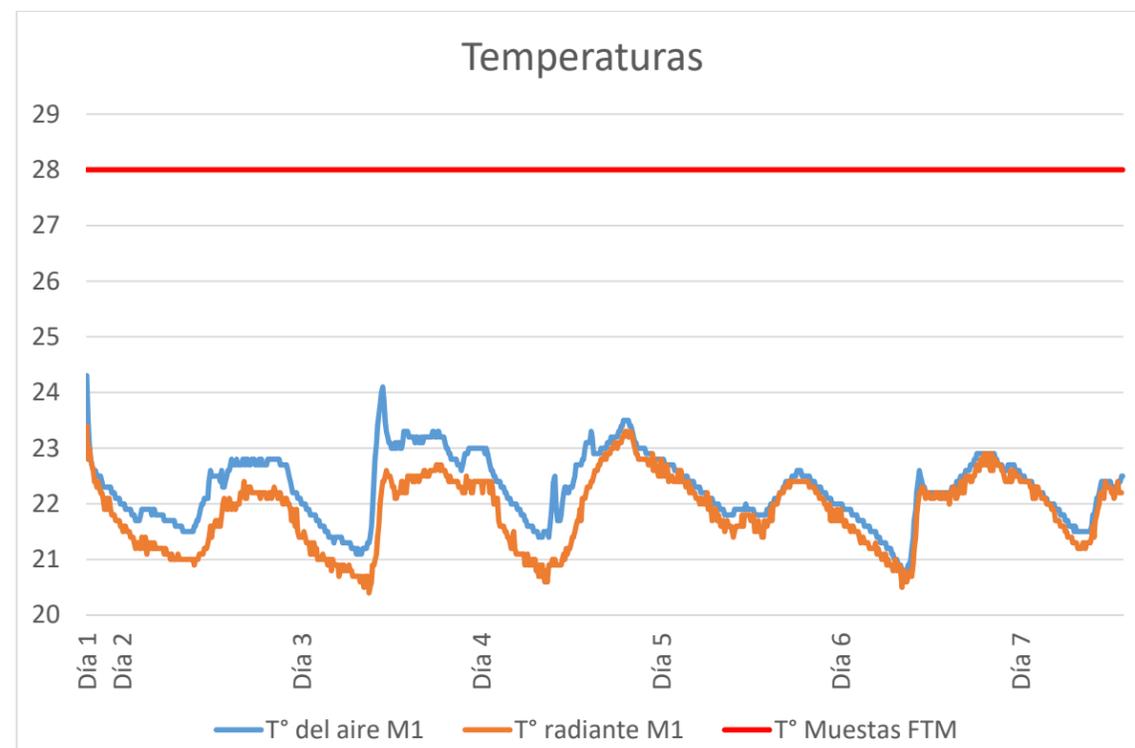


Figura 4-2

## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tabla 3-1: Resultados por día.

En el gráfico 1 (Figura 4-1), se puede ver que las muestras FTM (en condiciones de laboratorio) tienen un mayor crecimiento en relación a la Muestra 1 (en condiciones no ideales) en los primeros días de crecimiento. En cuanto a las muestras FTM, estas se encuentran a una temperatura constante, por lo que no se puede relacionar su crecimiento a esta variable, en cambio la muestra 1, al encontrarse en condiciones no ideales para su crecimiento, se puede establecer cómo afectan estos cambios en las condiciones ambientales al crecimiento del micelio.

Figura 4-1: Crecimiento micelio por día.

Figura 4-2: Gráfico temperaturas.

En el gráfico 2 (Figura 4-2) se puede observar que durante los 7 días de crecimiento de la muestra 1 la temperatura varía entre los 20-25°C y desde el día 3 comenzaron a haber mayores temperaturas durante el día y un mayor crecimiento radial del micelio. Además de esto, al no encontrarse la muestra en una incubadora, podemos ver que la temperatura a la que se encontraba la muestra 1 es siempre menor a la temperatura del aire de la caja en la que se encontraba, pudiendo haber influenciado esto en un menor crecimiento de la muestra en comparación a las muestras de laboratorio en relación a los días. Esta gran oscilación de temperatura presentada en las mediciones de las condiciones ambientales en las que se encontraba la muestra 1, se deben a que en la noche las temperaturas bajan considerablemente en el exterior y esto influye en lo que sucede al interior del recinto, generando una baja en las temperaturas al interior.

## 5. CONCLUSIONES

En cuanto a los datos entregados por el estudio y los datos registrados de la muestra 1, sabemos que es posible cultivar micelio en condiciones no ideales, pero con un crecimiento mucho más lento que cuando este se encuentra en una incubadora, con la temperatura ideal para el crecimiento del hongo. En base a los resultados obtenidos, podemos relacionar el rápido crecimiento del micelio a mayores temperaturas del recinto donde se encuentra, ya sea incubadora o el recinto con condiciones no controladas, claramente conviene ubicar la muestra en un lugar aislado en donde las condiciones ambientales se mantengan lo más constantes posible, ya que para el caso de la muestra uno al solo encontrarse en una caja de cartón, la llegada de la noche y las bajas temperaturas pusieron en desventaja su velocidad de crecimiento en relación a las muestras de laboratorio, donde las temperaturas eran constantes y permitían un óptimo crecimiento durante 24hr a diferencia de la muestra 1, donde las horas con luz solar tenían mayores temperaturas que en la noche, permitiendo un menor periodo del día con buenas condiciones para proporcionar un mayor crecimiento de la muestra.

## 6. REFERENCIAS

- Tingo, M. (2017). Evaluación de crecimiento de micelio de hongos de pudrición blanca con capacidad para biodegradar en condiciones de laboratorio. [https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades\\_academicas/EVALUACION%20DE%20CRECIMIENTO%20DE%20MICELIO%20DE%20HONGOS%20DE%20PUDRICION%20BLANCA%20CON%20CAPACIDAD%20PARA%20BIODEGRADAR%20EN%20CONDICIONES%20DE%20LABORATORIO.pdf](https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/EVALUACION%20DE%20CRECIMIENTO%20DE%20MICELIO%20DE%20HONGOS%20DE%20PUDRICION%20BLANCA%20CON%20CAPACIDAD%20PARA%20BIODEGRADAR%20EN%20CONDICIONES%20DE%20LABORATORIO.pdf)

