

LA CIUDAD DE LOS MUERTOS

Penco, Concepción

Micotectura para la última arquitectura del cuerpo



Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Av. Portugal n°84, Santiago

LA CIUDAD DE LOS MUERTOS
Penco, Concepción

Micotectura para la última arquitectura del cuerpo

Antecedentes de proyecto de título
Estudiante Renata Mattei
Profesor Guía Domingo Arancibia
2022

I Capítulo I: Introducción.....6

- Presentación del tema
- Motivaciones
- Problema arquitectónico y objetivos

II Capítulo II: Antecedentes.....12

- Necrópolis y marco funerario occidental
- Territorio y patrones funerarios en Biobío: urnas funerarias
- Sostenibilidad del ciclo de la vida y nuevos paradigmas

III Capítulo III: Micotectura.....22

- El concepto de Micotectura
- Anatomía de los hongos
- Reino Fungi en Chile
- Biofabricación
- Estado del arte: aplicaciones del biomaterial
- Propiedades
- Desarrollo de un bloque modular de micelio

IV Capítulo IV: Partido general de Proyecto.....34

- Propuesta programática
- Localización: Penco, Región del Biobío
- Estrategias de diseño
- Marco regulatorio

V Capítulo V: Cierre.....48

- Reflexiones finales
- Bibliografía



Relación con la muerte - Historia - Territorio - Sostenibilidad



Material



Integración variables de proyecto

I

Capítulo I: Introducción

Presentación del tema
Motivaciones
Problema arquitectónico y objetivos

Presentación del tema

El presente documento corresponde a la Memoria para optar al título de Arquitecta, y contiene los antecedentes de proyecto a partir de los cuales se diseñará la propuesta arquitectónica.

El proceso de título, además de la elaboración de un proyecto, es una oportunidad para comunicar pensamientos y abrir el debate con respecto al lugar de la arquitectura en distintos ámbitos. En este caso, la propuesta conceptualiza un nuevo espacio funerario y manifiesta una postura crítica con respecto a la relación actual que existe entre la vida, la muerte, y como ésta se materializa en la arquitectura de los cementerios actuales.

Tradicionalmente, los cementerios han entregado soluciones para sepultar a nuestros seres queridos. Han buscado preservar y ocultar sus cuerpos en distintos tipos de nichos y recipientes herméticos, encapsulando el ciclo de la vida y el retorno natural a la tierra. Esta situación, aparte de representar un problema a nivel urbano de saturación y agotamiento de suelo en los recintos, habla de una relación poco sostenible con la muerte, lo que tiene como consecuencia repercusiones a nivel emocional y medioambiental.

La propuesta de proyecto representa un esfuerzo por sanar esta relación y apostar a la evolución de la gestión de los restos mortuorios, de una manera más sensible, funcional y sostenible.

Pensar en un nuevo espacio para la muerte del cuerpo implica cuestionar también las materialidades presentes en los cementerios, tales como el hormigón y el mármol, y explorar nuevas alternativas que permitan el retorno natural a la tierra. Desde esta perspectiva, la propuesta se aborda desde la exploración material, e incursiona en el uso del micelio en la arquitectura, un organismo vivo del reino Fungi encargado de reorganizar todo tipo de materia orgánica y permitir la sucesión ecológica de todas las formas de vida de la tierra. De esta manera, se propone una arquitectura viva para habitar la muerte.

Motivaciones

Hace un par de meses atrás, la pérdida de una persona muy cercana y querida me llevó a reflexionar sobre los cementerios y los espacios de sepulcro. No me hacía sentido que ella, siendo en vida una persona amante de la tierra, sus paisajes y ciclos, habitara su muerte en un nicho hostil de concreto.

Desde ese entonces, me ha surgido la voluntad por estudiar qué alternativas pueden existir ante el sepulcro tradicional y de qué manera se puede abordar desde esta disciplina, la arquitectura.

Con una idea preconcebida de que los cementerios han dejado de responder a las necesidades actuales de la sociedad y la ciudad, el presente trabajo me ha permitido comprender el proceso evolutivo funerario en nuestra sociedad y recopilar información necesaria para respaldar la convicción de que las prácticas funerarias actuales dejarán de ser acordes a las necesidades futuras de las personas, las ciudades y el medio ambiente.

Problema arquitectónico

La arquitectura funeraria ha sido un recurso valioso para que cada civilización a lo largo de la historia gestione sus restos mortuorios, tanto en el ámbito práctico y funcional, como en el ámbito afectivo y simbólico. La construcción de los espacios destinados para estos fines le ha permitido a cada cultura plasmar la manera en que afronta y se relaciona con la muerte.

Existen múltiples tipologías de espacios funerarios, pero es común encontrar en la mayoría de ellos los cuerpos dispuestos en recipientes herméticos, que se acumulan en grandes paños de suelo sin posibilidad de retornar naturalmente a la tierra.

En nuestro contexto actual, es necesario incorporar principios sostenibles y de suelo inagotable para enfrentar el carácter perpetuo con el que se han diseñado los cementerios y el problema de saturación que han presentado las tipologías actuales.

Entender la muerte como un proceso de transformación en vez de un fin es crucial para avanzar en una relación más sostenible con el ciclo de la vida. Este cambio de paradigma implica, conceptualizar y diseñar nuevos espacios que puedan responder a esta necesidad, donde la última arquitectura que habite el cuerpo le permita viajar a través de los estados de la materia.

Repensar los espacios funerarios implica, por sobre todo, cuestionar las materialidades que tradicionalmente han aislado los cuerpos de la tierra, tales como el hormigón, el mármol, entre otros, para optar por materiales más afines con el concepto cíclico de la biodegradación y descomposición.

Objetivos

General:

Diseñar un espacio arquitectónico funerario que cuestione la relación tradicional entre el mundo de los vivos y el mundo de los muertos, apostando por el retorno natural de los cuerpos a la tierra.

Específicos:

- Incorporar el principio de suelo inagotable y descomposición natural dentro del recinto.
- Explorar materiales en base a micelio, de modo que la muerte sea habitada en una arquitectura viva que permita la transformación de la materia.
- Diseñar una necrópolis funcional y sensible con el territorio y junto a la memoria de la comunidad que lo habita.

Tradición



1



4



7



10

Transición



2



5



8



11

Nuevos paradigmas



3



6



9



12

Marco funerario

La arquitectura funeraria ha jugado un rol crucial en el diseño de los espacios en donde las prácticas y ritos asociados toman lugar.

Sostenibilidad del ciclo de vida

Entender la muerte como un proceso de transformación en vez de un fin. Conceptualización de nuevos espacios arquitectónicos.

Materialidades

Las materialidades tradicionales impiden el retorno natural a la tierra. Se propone la exploración del micelio, quien naturalmente reorganiza todo tipo de materia orgánica.

Territorio

Comunidad Penquista en necesidad de un nuevo cementerio por saturación del actual. Memoria en la región del Biobío de formas alternativas de sepulturas.

1. Cementerio Metropolitano
4. Tumbas de hormigón
7. Sepultura en hormigón
10. Cementerio Parroquial Penco

2. Cementerio Parque del Recuerdo
5. "Be Green, Even When you are Dead"
8. Sepultura en tierra
11. Terreno nuevo cementerio Penco

3. Better Place foRest
6. Cápsula Mundi
9. Living Cocoon
12. Urnas funerarias

II

Capítulo II: Antecedentes

Necrópolis y marco funerario occidental
Territorio y patrones funerarios en Bío-bío: urnas funerarias
Sustentabilidad del ciclo de la vida y nuevos paradigmas

Necrópolis y marco funerario occidental

Han existido diversas posturas con las que se ha enfrentado la muerte, dependiendo de la cultura, religión y periodo histórico. La necesidad de gestionar los restos mortuorios ha sido una realidad a la que todas las civilizaciones se han debido enfrentar.

Esta necesidad trae consigo un profundo significado ritual, los que se han tomado lugar en los cementerios, quienes representan la forma en que cada civilización ve, siente y se relaciona con la muerte.

Las civilizaciones ancestrales, más ligadas a la naturaleza y sus ciclos, han visto la muerte como una fase más del proceso. Por el contrario, la sociedad actual la percibe como el fin, afronta la muerte con miedo y tiende a rechazar todo aquello que nos recuerde la caducidad humana.

Las prácticas básicas para tratar el cuerpo muerto han sido la inhumación, la cremación y el embalsamamiento, las cuales han complementado con los rituales, el arte y la arquitectura (Galvez, 2020).

Para comprender la situación actual del marco funerario en nuestro país, es necesario recorrer brevemente la historia de los patrones funerarios. Teniendo en cuenta que las prácticas son tan numerosas como civilizaciones han existido en el mundo. A continuación, sólo se expondrán aquellas que han condicionado y de las cuales hemos heredado el desarrollo del cementerio occidental que conocemos actualmente. El que se caracteriza por ser cada vez más compacto y saturados de restos mortuorios acumulados en nichos o tumbas, y que deben recurrir a la ampliación, siendo esta una medida poco eficiente ante las necesidades urbanas, medioambientales y demográficas actuales.

Grecia y Roma: la base de las necrópolis occidentales

La antigua Grecia mantiene la idea platónica de dualidad entre el cuerpo y el alma, con la existencia de un “más allá” oscuro, llamado el Reino de las Sombras, relacionando la muerte con la tierra y la imposibilidad de retornar.

La influencia de la ideología Egipcia, llevó a los Griegos a acompañar las inhumaciones con construcciones funerarias, sarcófagos, lápidas y esculturas, concentrando los sepulcros junto a las vías y dando lugar a las necrópolis (Galvez, 2020).

En un inicio, en Roma se tendió a implementar la cremación para liberar el alma hacia la eternidad mediante la acción del fuego. Luego con el Imperio Romano, se popularizó la inhumación y se adoptó la ideología Griega de concebir un mundo sin retorno, llamado el Mundo de los Muertos.

Los sepulcros Romanos se ubicaban en el exterior de la ciudad. Para distinguir la posición social, quienes tenían mayor estatus recurrieron a los mausoleos y laboriosos sarcófagos (Galvez, 2020).

Edad Media: de la necrópolis al cementerio

Con la instauración del cristianismo, el lugar llamado hasta entonces “necrópolis” (ciudad de los muertos) pasa a llamarse “cementerio” (dormitorio), dado que se gestó un cambio de paradigma en relación con la muerte, que considera una estancia en el “más allá”, en vez de aceptar el fin de la existencia terrenal como en Grecia y Roma (Galvez, 2020).

Esta religión trajo consigo la construcción de múltiples basílicas, cuyo entorno inmediato constaba de tumbas, dejando atrás la concepción del sepulcro extramuros. El cementerio y la Iglesia se conciben entonces como una unidad, hasta la llegada de la Peste Negra, donde la necesidad de sepultar innumerables cuerpos hizo imposible el sostenimiento del cementerio. El espacio era limitado, y con la acumulación de cuerpos, los problemas de higiene y salubridad, se prohibió la inhumación en la ciudad y se volvió al cementerio en el exterior de las ciudades, junto con la creación de una serie de normativas para regular las prácticas funerarias (Galvez, 2020).



Figura 1. Conjunto arqueológico de una necrópolis Griega.
Fuente: Greek reporter



Figura 2. Conjunto arqueológico de una necrópolis Romana.
Fuente: Sevilla.abc

Época Moderna: diversificación de los cementerios

En los tiempos modernos del renacimiento, se pone en valor la conservación de la memoria. Por lo que las manifestaciones de la arquitectura y arte funerario son ostentosas, no para asegurarle mejor vida al difunto en el “más allá” como los antiguos, sino que asegurar su recuerdo entre los vivos.

Los burgueses recurren a los mausoleos y estatuas para plasmar un paisaje exuberante, romántico dramático y expresivo. Esta tendencia prevalece hasta el siglo XIX, momento en que comienzan a manifestarse los primeros problemas relacionados con la capacidad de los recintos.

La migración campo-ciudad, sumado a los problemas sanitarios derivados de la ciudad industrial, causan alta mortalidad, por lo que los cementerios debieron proponer nuevas prácticas para rentabilizar el espacio. De esta situación surge una variedad de soluciones arquitectónicas y urbanas para modificar la disposición de los sepulcros.

Algunos países insisten en mantener la imagen de cementerio jardín, aunque eso signifique ampliar la superficie, mientras en otros lugares se propone la acumulación vertical para incrementar la capacidad en la misma superficie, separando para siempre al difunto de la tierra (Galvez, 2020).

Siglo XX: el cementerio actual

Tras las guerras y el declive de la religión, el cementerio se ha conceptualizado como un espacio más práctico y funcional, que cada vez se encuentra más saturado y encerrado en sí mismo. Este tipo de recinto ha sido una respuesta a diversas situaciones sociales y culturales y ha sido heredado al siglo XXI (Galvez, 2020).

En Chile, el Reglamento General de Cementerios de 1932 pretendió materializar un objetivo sanitario, de velar por la salubridad y normar lo que debía ser la organización, fundación y control de los nuevos cementerios del país (León, 1997). Predominaba la ideología estatal de construirlos “fuera de las poblaciones, siempre que no hubiese dificultad invencible, en sitios ventilados e inmediatos a las parroquias, pero distantes de las casas de los vecinos” (León, 1997,33).

Estas legislaciones se dieron principalmente en base a disposiciones Españolas sobre la materia, que se adoptaron para la construcción de los futuros cementerios en Chile. Esta situación refleja una confrontación con los siglos precedentes en nuestro territorio, entre las antiguas prácticas fúnebres y las nuevas medidas elaboradas en España para los dominios en América, las que fueron aplicadas desconociendo las variantes y los sentires de las comunidades (León, 1997).



Figura 3. Nichos cementerio. Fuente: Cementerio General



Figura 4. Tumbas Cementerio metropolitano actual. Fuente: Barrios, Jorge.

Territorio y patrones funerarios en Biobío: Urnas funerarias

La zona centro-sur de Chile, comprendida entre el río Itata y el Seno de Reloncaví, presenta “uno de los registros más extensos de ocupación humana en Chile y América” (Andrade et al., 2018, p.136).

Por tanto, los patrones funerarios existen en la zona desde tiempos prehispánicos. En la actualidad se identifican dos situaciones, por un lado, la presencia de contextos en donde la dominación territorial se presenta en la aplicación de una homogenización de la muerte y la espiritualidad, y, por otro lado, la manifestación de un sincretismo funerario, donde se han incorporado rasgos foráneos a los tradicionales (Andrade et al., 2018).

Algunas modalidades de prácticas funerarias encontradas han sido las cistas, que corresponden a un tipo de entierro donde el cuerpo se dispone extendido, rodeado de piedras que conforman un espacio delimitado de inhumación; las canoas y las urnas funerarias.

Las urnas funerarias han sido asociadas con la cultura Kofkeche, que habitaba el complejo El Vergel, incluso antes que el pueblo Mapuche. Estas urnas han sido encontradas entre las regiones del Biobío y la Araucanía (Andrade et al., 2018). Corresponden a grandes contenedores destinados a cumplir el rol de

envase funerario, donde la inhumación del difunto se daba en posición fetal dentro de las grandes vasijas cerámicas, las que luego se disponían bajo tierra (Alvarado, 1997).

En esta tradición precolombina, se observa que el resto mortuorio inhumado da cuenta de una metáfora de descomposición natural del cuerpo. Donde las grandes vasijas aparecen como un espacio construido para que el cuerpo habite su propia muerte hasta que se transforme en otros estados de la materia y existencia, nutriendo la tierra y las nuevas formas de vida que nacerán a partir de ella (Alvarado, 1997).

El espacio interior de los grandes cántaros actúa en dos dimensiones analogables. Primero actúa como un matraz, donde se combinan distintas sustancias para que la materia muerta, la química de la descomposición dará origen a nuevas formas de existencia. Segundo, siendo matraz también es vientre, un espacio orgánico y acotado que acoge el cuerpo flectado, donde se gesta el alimento y se nutre la tierra, obteniendo energía y vitalidad (Alvarado, 1997). Este juego de relaciones habla de una relación sensible con la muerte, donde la urna funeraria se concibe como un espacio para la transformación y no para el fin, a diferencia de los ataúdes actuales.

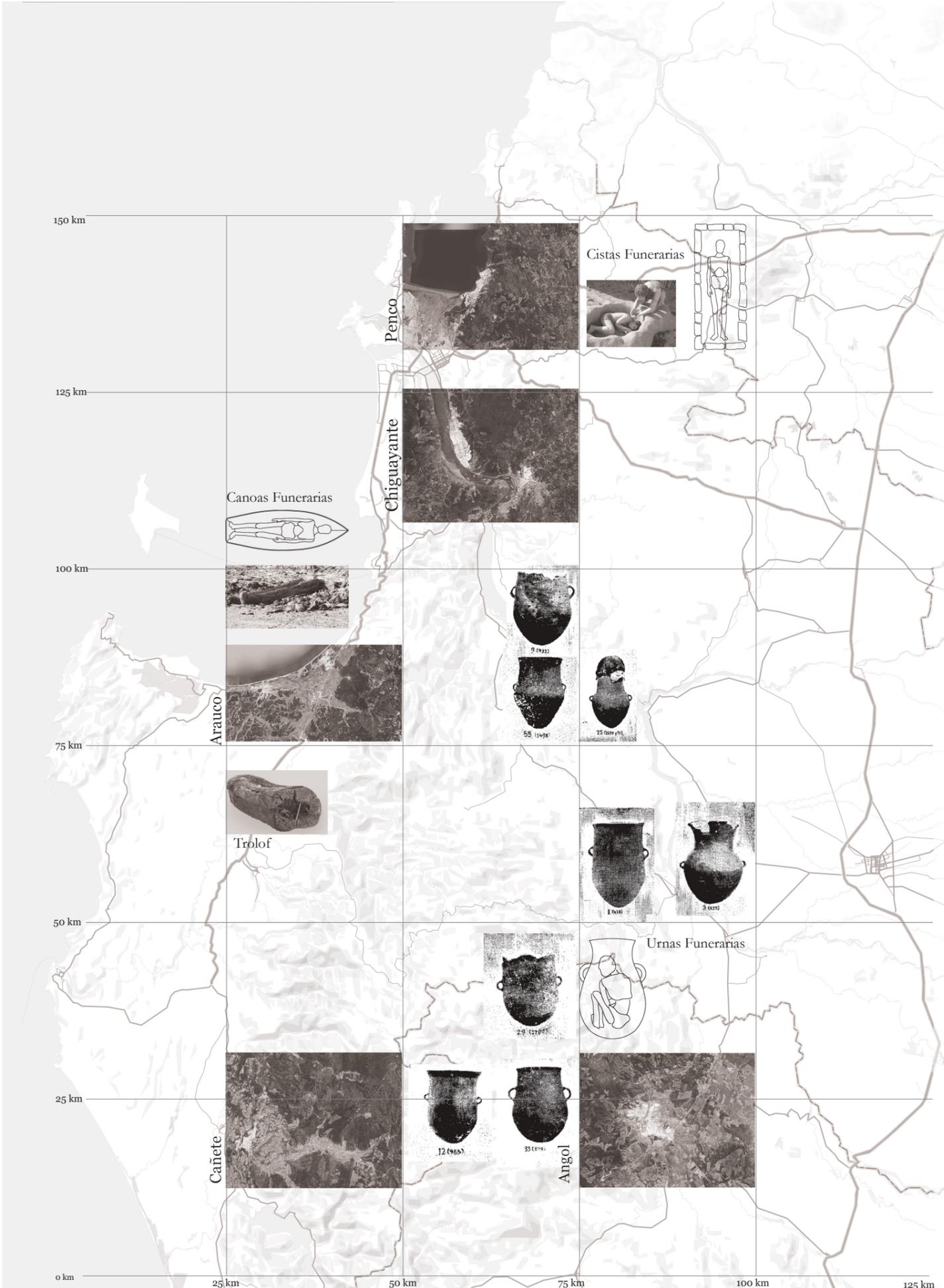


Figura 5. Cartografía patrones funerarios de la región. Fuente: Elaboración propia

Sostenibilidad del ciclo de la vida y nuevos paradigmas

El cementerio tradicional ha entregado soluciones para la gestión de los restos mortuorios mediante tumbas, nichos, columbarios, mausoleos, entre otros, cuyo objetivo ha buscado preservar y acumular los cuerpos, encapsulando el ciclo de la vida y descomposición natural.

La palabra descomposición no suele ser bien aceptada entre las personas dado que se asocia con la idea de un fin, no obstante, el concepto es inherente a todas las especies que habitan la tierra. Lo que realmente viene tras la descomposición es el comienzo de un nuevo ciclo de vida.

En distintas partes del mundo, el paradigma está cambiando y se ha comenzado a erradicar esta visión convencional de la muerte, apostando por una relación más amplia con la naturaleza y una concepción de la muerte más leve y sostenible, tanto desde un punto de vista ecológico como territorialmente afectivo.

Asumir que la relación con la muerte está cambiando, implica pensar también en la evolución de los espacios requeridos para acogerla y poder gestionar los restos mortuorios de forma eficiente y sensible.

Cápsula Mundi:

Cápsula Mundi es un prototipo en desarrollo, diseñado por Anna Citelli y Raoul Bretzel en Italia (Fábregas, 2019).

Este proyecto con amplia base socio-cultural, busca plasmar un enfoque diferente para afrontar con la muerte. Con forma de huevo y hecha de material biodegradable, la cápsula buscaría albergar el cuerpo de los difuntos en posición fetal, para luego ser enterrada como una semilla en la tierra. Un árbol será plantado encima, siendo un memorial para los difuntos y un legado para el planeta. De esta manera, los cementerios adquirirán un aspecto de bosques sagrados, en vez del paisaje hostil y gris que conocemos en la actualidad (Capsula Mundi, 2022).

La Cápsula Mundi surge de del deseo de los diseñadores por comprender la muerte como un camino de regreso a la naturaleza. El re-diseño del ataúd se da a partir de materiales ecológicos y símbolos laicos y universales como el huevo y el árbol, enfatizando que el concepto trasciende tradiciones culturales y religiosas (Capsula Mundi, 2022).

Living Cocoon:

Living Cocoon, es un “ataúd vivo” desarrollado por la empresa Holandesa Loop, realizado a partir de micelio, un organismo vivo proveniente del reino Fungi. Ya se ha utilizado por primera vez en los Países Bajos.

Loop lanza este producto bajo la interrogante: ¿Eres residuo o compost?, e invita a alimentar la tierra con los nutrientes de los propios cuerpos para convertirse en fuente de vida. En la visión de la empresa se plantea que las personas incluso después de morir dejan una cicatriz en el planeta. Para enterrarse se talan árboles y bajo tierra se aíslan lo más posible de los microorganismos. Es como si percibiéramos los cuerpos como desechos, siendo que son organismos valiosos en los ciclos de la naturaleza (Loop, 2022).

El micelio es el organismo reciclador del planeta, encargado de transformar la materia orgánica muerta del reino animal y vegetal en nutrientes reabsorbibles en la tierra, permitiendo el crecimiento de nuevas especies. El ataúd, una vez enterrado, absorbe agua subterránea y reactiva el hongo del que está compuesto, de este modo descompone el cuerpo mientras se biodegrada, permitiendo que todo el sistema vuelva a ser uno con la naturaleza en menos de tres años (Loop, 2022).



Figura 6. Prototipo cápsula mundi. Fuente: Capsulamundi.it.



Figura 7. Living Cocoon . Fuente: Dezeen.

III

Capítulo III: Micotectura

El concepto de Micotectura
Anatomía de los hongos
Reino Fungi en Chile
Biofabricación
Estado del arte: aplicaciones del biomaterial
Propiedades
Desarrollo de un bloque de micelio

El concepto de Micotectura

El concepto es acuñado por primera vez por Phil Ross, un artista y profesor norteamericano dedicado a la investigación y experimentación con hongos, específicamente con la parte vegetativa de la seta llamada “micelio”. En 2015 Ross realiza una exposición llamada “Micotectura”, y consistía en una instalación compuesta por una serie de ladrillos realizados en base a micelio, apilados para estructurar un arco (Mok, 2018).

Desde ese entonces, diversas organizaciones han incurrido en la experimentación para crear nuevos materiales de construcción en base a micelio. El concepto de micotectura ha sido utilizado para referirse a esta nueva disciplina, que se integra a la arquitectura mediante la creación con hongos.

La micotectura entonces, es un tipo de arquitectura formada a partir de un organismo vivo, que abre el campo disciplinar hacia la construcción sostenible.

Los materiales producidos en base al micelio de hongo abren una oportunidad para diseñar y construir desde una perspectiva más consciente con el medioambiente y con los ciclos naturales. Promete ser el material del futuro, de aplicaciones versátiles y biodegradables.

Producto de su reciente investigación y tratamiento, aún es un material teórico, y suele elaborarse en condiciones poco masivas, en escalas pequeñas y efímeras (Montecinos, 2020). La integración de micelio con otros materiales derivados de los desechos agroindustriales puede ofrecer mayores prestaciones para su uso como componente arquitectónico (Orellana, 2021).

Para el presente proyecto se propone la exploración de este biomaterial, dado que ofrece una solución constructiva sustentable de bajo consumo energético, cuya vida útil nace y fallece en la naturaleza misma, para abordar un programa arquitectónico que representa el ciclo de la vida. En este escenario, humanos, plantas e incluso edificio morirá, pero siempre se irá reemplazando por nueva vida.

Anatomía de los Hongos

El reino Fungi juega un rol crucial en los ecosistemas. Los hongos son los grandes recicladores naturales que se encargan del proceso de descomposición. Gracias a esa labor, se obtienen elementos y nutrientes que promueven la formación de organismos y el alimento de las nuevas generaciones de plantas y animales, “sosteniendo así toda la cadena alimentaria de la cual los humanos también dependemos” (Chateau, sf, p 10).

Los hongos que forman las setas pertenecen a la categoría de hongos filamentosos, es decir, que forman filamentos llamados hifas, los que se entrelazan entre sí formando un tejido denso llamado micelio. Este tejido interactúa con las raíces de las plantas, formando una red más amplia llamada micorriza, un espacio donde ambos organismos colaboran.

El hongo provee a la planta de nutrientes que esta no puede sintetizar, y aumenta su capacidad de absorción de agua, media los requerimientos de minerales y manejan el ciclo del carbono en los suelos (Avilés et al, sf).

El Reino Fungi en Chile

En Chile, la diversidad geográfica y climática permite el desarrollo de una gran variedad de hongos.

A pesar de la poca investigación que se ha realizado sobre este reino, en nuestro país se han registrado más de 3.000 especies diferentes, de las cuales solo se han descrito alrededor de un 10% (Chateau, sf, p. 10).

La mayor cantidad de ellas se encuentra desde la IV región hacia el sur, por lo que las investigaciones se han centrado en las regiones australes. Gracias a ellas, se han desarrollado distintas organizaciones e instituciones Chilenas dedicadas a la exploración de las posibilidades de los hongos locales para producir materiales sostenibles y con un bajo impacto sobre los ecosistemas.

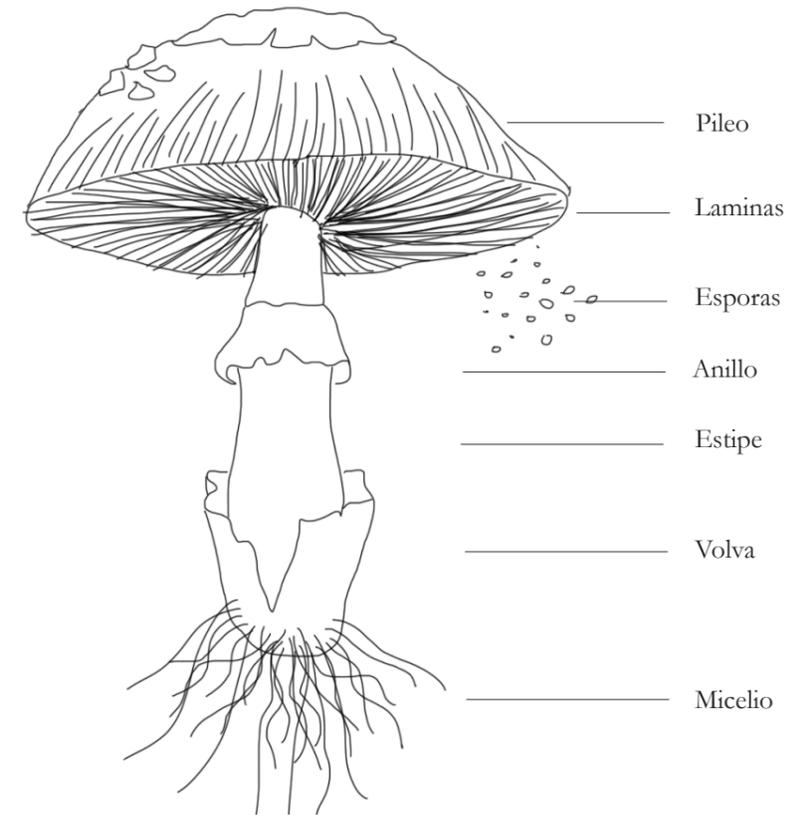


Figura 8. Anatomía de los hongos. Fuente: Elaboración propia.

Biofabricación

En los últimos años, la industria de la construcción se ha visto fuertemente criticada por representar una de las principales fuentes de contaminación mundial. Los materiales tradicionales, como el acero o el hormigón, suelen requerir mucha energía en sus procesos de fabricación y desmantelamiento.

Ante esta situación, se presenta la biofabricación como una oportunidad de construir con un manejo sustentable de los componentes. La tecnología y el desarrollo de biomateriales han permitido instaurar una corriente centrada en el trabajo de materiales renovables, donde su producción y ciclo de vida tienen un bajo impacto en el entorno. Esta nueva concepción de la industria de la construcción permite articular de forma eficiente y territorial las necesidades locales en relación con la disponibilidad de materias primas y requerimientos propios de las comunidades (Montecinos, 2022).

El crecimiento del material con micelio como organismo vivo, lo convierte en una alternativa económica y ambientalmente sostenible, además de su fácil degradación en el entorno natural. La experimentación y manufactura de este biomaterial ofrece oportunidades de nuevas formas y desafíos estructurales (Orellana, 2021).

Los compuestos a base de micelio son un tipo de materiales emergentes, ambientalmente sostenibles que están experimentando un creciente interés en la investigación (Orellana, 2021). En lugar de consumir recursos naturales, estos materiales utilizan desechos agroindustriales para su producción, “haciéndole

frente tanto a la problemática asociada a la producción misma del material, como a la del manejo de desechos, pudiendo hacerse cargo, en este caso, de los desechos agroindustriales en base a materias lignocelulósicas” (Montecinos, 2022, p.8).

El micelio se caracteriza por tener un rápido crecimiento, formando una densa red sobre los sustratos que los alimentan, como pueden ser los productos asociados a desechos agroindustriales, aserrín, cáscaras de frutos, granos, entre otros. El micelio colonizará el medio y unificará el sustrato en un solo elemento, cuyas propiedades formales y físico-mecánicas dependerán de factores controlables durante el proceso de crecimiento del material (Montecinos, 2022).

Debido a esta versatilidad, se han obtenido de forma exponencial una serie de biomateriales, cuyos procedimientos no han sido revelados con exactitud por razones comerciales de propiedad intelectual (Avilés et al, sf).

Durante los años 2018 y 2019 se destacan proyectos de investigación del Laboratorio de Biofabricación de la Universidad Católica, que abren el ámbito de la biofabricación con micelio hacia el campo de la arquitectura y hacia una línea de producción de mayor escala. Proporcionando guías de desarrollo y una alternativa de material con una baja huella ecológica, con posibilidad de integrarse en un ciclo que considere la fabricación, uso y descomposición (Montecinos, 2022).

Estado del Arte: aplicaciones del micelio

La biofabricación en base a micelio se ha mantenido principalmente relacionada al mundo del diseño y al arte plástico experimental, dejando sus capacidades físico-mecánicas más bien de lado para enfocarse en sus terminaciones utilitarias y estéticas.

La experimentación también ha alcanzado el espacio en donde diversas entidades productivas buscan disminuir su huella ecológica, con lo que han utilizado los productos derivados del micelio para reemplazar el poliuretano expandido en los envases o el cuero animal en productos textiles (Montecinos, 2022).

En relación con la arquitectura, se cuenta con la aplicación del micelio en diversos pabellones de carácter efímero, que buscan difundir el uso del micelio en la disciplina, aunque sin exponerlo a condiciones adversas estructurales y de durabilidad en la intemperie.

En interiores, se ha observado el desarrollo de productos aislantes, tanto térmicos como acústicos. En resumen, la producción de materiales en base a micelio se limita a tres modalidades principales: el bloque, el panel y el textil.



Figura 9. Bloque. Fuente: MicoWorks.



Figura 10. Panel. Fuente: Sinewave panel de MycoFoam.



Figura 11. Textil. Fuente: Lab Biofabricación FADEU UC.



Figura 12. Diseño de mobiliario. Fuente Sebastián Cox y Ninela Ivanova en Dezeen.



Figura 13. Empaque y embalaje. Fuente: Ecovative.



Figura 14. Cuero de Micelio. Fuente: Taller de Biofabricación



Figura 15. Panel de Muro Aislante. Fuente: PermaFungi



Figura 16. The Growing Pavilion. Fuente: Erik Klarenbeek y Pascal Leboucq



Figura 17. Hy-fi. Fuente: Yap Moma, MycoWorks.

Propiedades

Los materiales compuestos son aquellos que se forman por la unión de dos o más de ellos, con tal de obtener nuevas propiedades, que no se hayan de manera independiente en los materiales originales. Dado lo anterior, nos encontramos ante la posibilidad de combinar el micelio con otros elementos, para mejorar sus características y convertirlo en un componente compuesto.

Este biomaterial, recoge las virtudes del micelio, que son la ligereza y capacidad aislante e incorpora mediante la unión con el sustrato una alta resistencia térmica y comportamiento mecánico similar a la espuma (Orellana, 2021). Como se mencionó anteriormente, sus propiedades dependerán en gran medida del sustrato con el que se alimente el hongo. Por ejemplo, el uso de un sustrato resistente, como cáscaras, le entregará al micelio una mayor resistencia a la compresión. Mientras que, con un medio líquido rico en azúcares se obtendrá un tejido más flexible (Avilés et al, sf).

En relación al agua, el micelio presenta características hidrofóbicas, pero el comportamiento del material final puede variar dependiendo del sustrato y la densidad del micelio en su superficie (Montecinos, 2022, 19).

La aplicación de este biomaterial en forma de bloque es la que cuenta con más estudios y literatura científica, además es el que más se ajusta a los objetivos de este proyecto. Conformado a partir de micelio de la sepa *Pleurotus Osetratus* sobre sustrato de viruta de madera, el bloque propuesto debería tener por resultados una transmitancia térmica en el rango de los 0,05 y 0,08 W/mK (Elsacker, et al., 2019), similar a la lana mineral o el poliestireno expandido de bajas densidades. Además, se espera encontrar una resistencia a la tracción cercana a los 0,05 MPa y un módulo de elasticidad cercano a los 13 MPa (Montecinos, 2022).

Desarrollo de un bloque modular de micelio

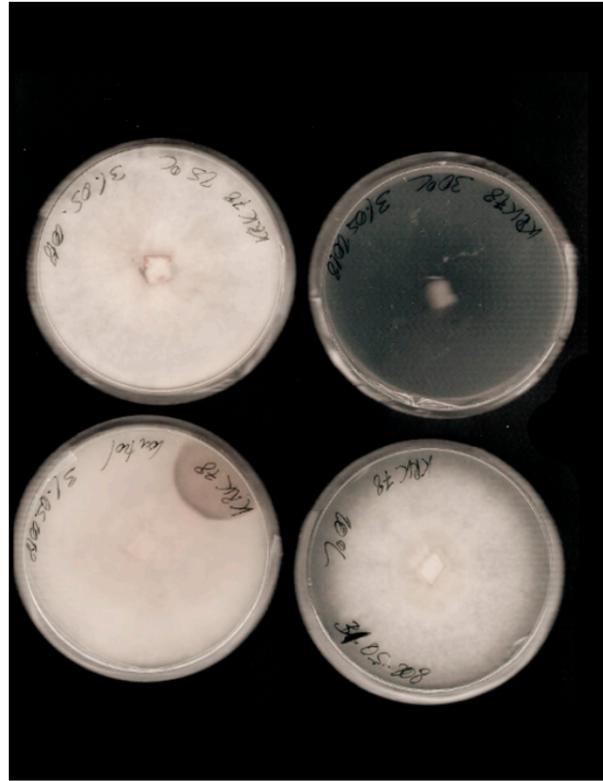
0. Obtención de la Cepa



Pleurotus Osestratus

Figura 18. Ciclo de vida de los hongos. Elaboración propia.

1. Cultivo in vitro



Crecimiento en medio de cultivo PDA (agar papa dextrosa).

Figura 19. Taller biofabricación micelios locales Concepción.

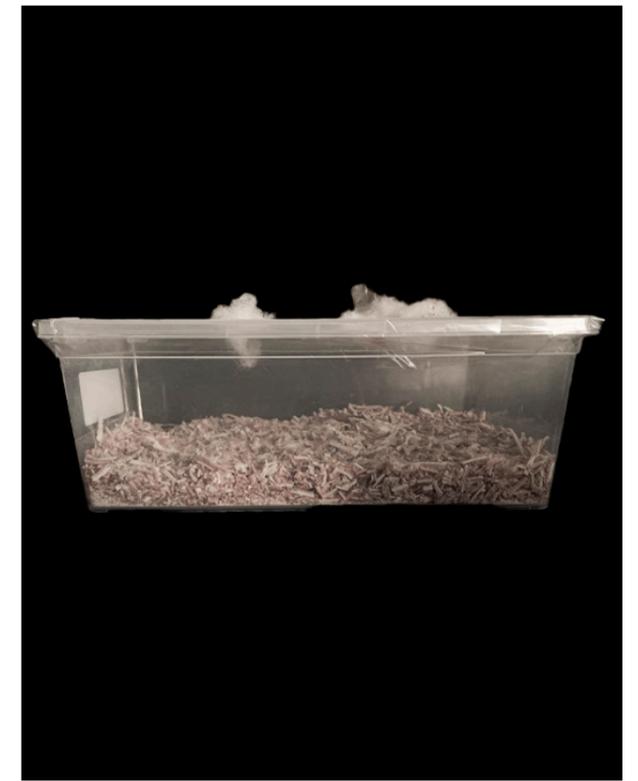
2. Incubación Spawn



Crecimiento del micelio propagado en granos de arroz. Las hifas del micelio se alimentan de la materia inerte.

Figura 20. Ciclo de vida de los hongos. Elaboración propia.

3. Inoculación sustrato



Crecimiento del micelio nutrido en sustrato de viruta de aserrín. La red se expande y aglomera los desechos orgánicos.

Figura 21. Ciclo de vida de los hongos. Elaboración propia.

4. Aplicación y moldaje



Figura 22. Taller biofabricación micelios locales Concepción.

5. Secado



Figura 23. Taller biofabricación micelios locales Concepción.

6. Fusión de módulos



Figura 24. Taller biofabricación micelios locales Concepción.

Al estar compuesto por desechos orgánicos y un organismo vivo, el material obtenido es completamente biodegradable y compostable. Una vez cumplida su vida útil, puede volver al medio en forma de abono, cerrando el ciclo y volviendo al inicio para nutrir la tierra y dar vida nuevamente.

IV

Capítulo IV: Partido general de proyecto

Propuesta programática
Localización
Estrategias de diseño
Marco regulatorio

Propuesta Programática

Se plantea como proyecto el diseño de una Necrópolis en la ciudad de Penco, región del Biobío.

Según los antecedentes antes mencionados, la creencia religiosa cristiana inculcó el concepto de cementerio como “lugar donde dormir”, lo que a su vez ha normalizado la idea de preservar los cuerpos en un eterno reposo. Se propone reemplazar este concepto por el de “necrópolis”, que significa “ciudad de los muertos”, dado que es más afín con el objetivo del proyecto y da cuenta de un rol activo y funcional del recinto, donde se llevan a cabo una serie de relaciones homologables a la ciudad de los vivos, por sobre el concepto de ciudad dormitorio.

La lógica de funcionamiento de esta “Ciudad de los muertos” Penquista consiste en disponer en primer lugar, de áreas de enterramientos con una capacidad aproximada de 1.200 sepulturas, calculadas a partir de datos demográficos de la localidad. Estas sepulturas se irán renovando en un periodo de hasta 3 años, donde el cuerpo transitará la descomposición completa. De esta manera, se evitará la saturación y colapso del recinto por agotamiento de espacio.

En segundo lugar, contará con áreas destinadas a satisfacer las necesidades propias de los ritos de despedida, tales como hemiciclos ceremoniales, tanatorios y cortejo fúnebre.

Y finalmente, se diseñarán áreas de acceso, administración, servicios y mantenimiento para mantener un correcto funcionamiento del proyecto.

Imagen de proyecto

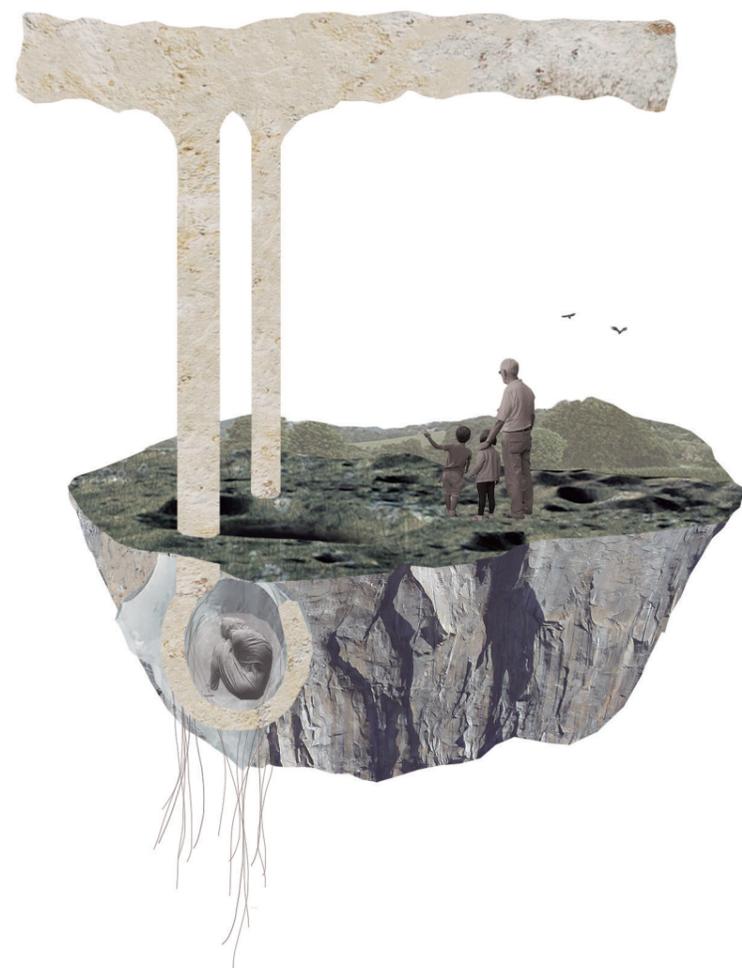


Figura 25. Esquema idea de proyecto. Elaboración propia

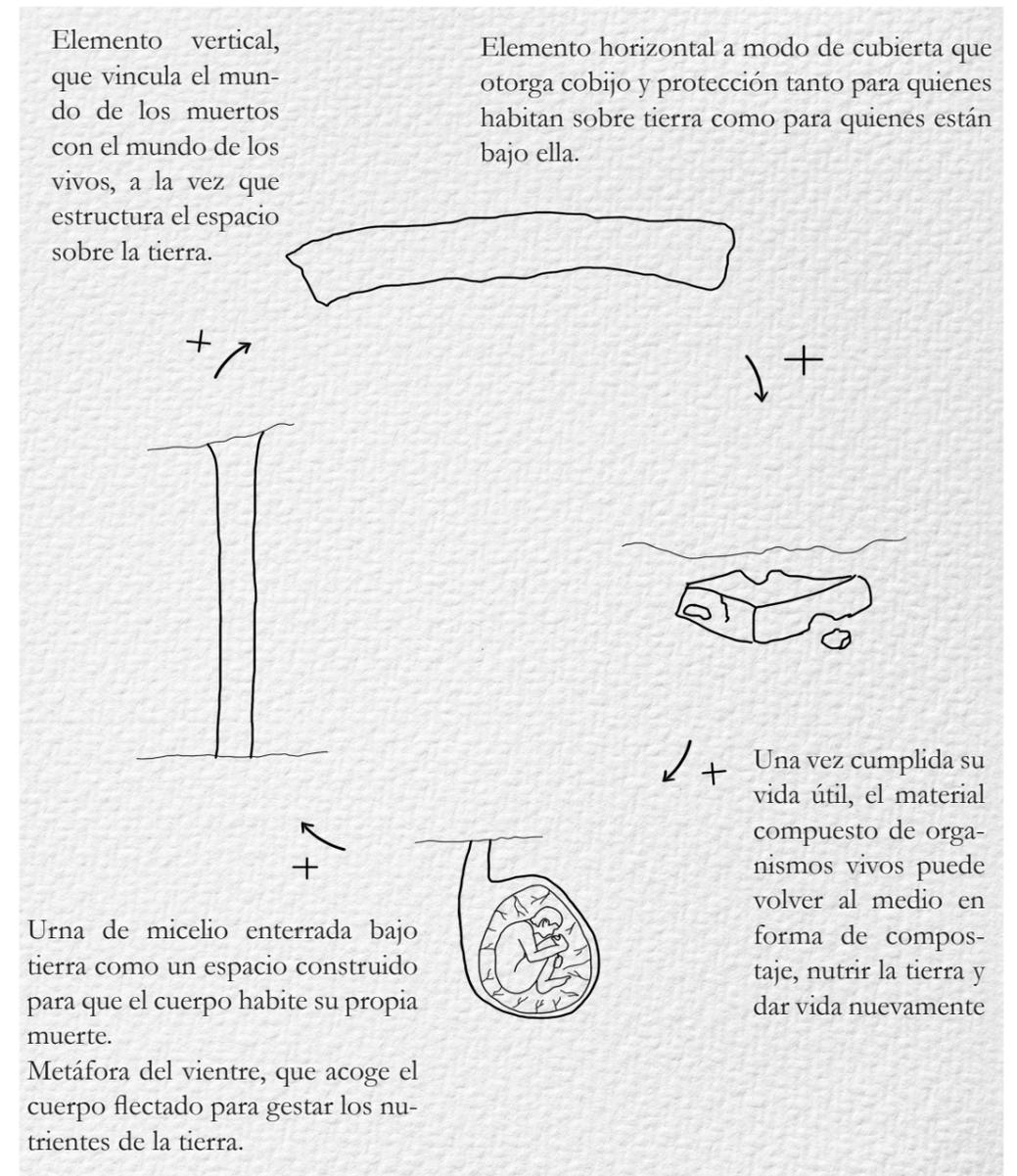


Figura 26. Esquema ciclo del proyecto. Elaboración propia

Localización: Penco, Región del Biobío

Penco es una ciudad de la zona centro-sur de Chile, que forma parte de la provincia de Concepción, región del Biobío. Geográficamente limita con Tomé hacia el norte, Florida al este, Talcahuano al oeste y Concepción al sur.

Penco, al igual que otras comunas de la región, atraviesa una situación crítica con respecto a la disponibilidad de espacio para la sepultura de sus habitantes. A punto de colapsar, el Cementerio Parroquial se encuentra saturado en su capacidad. Frente a esto, el Consejo Regional aprobó la construcción de un segundo cementerio para la comuna, la municipalidad adquirió un terreno de 3,5 hectáreas y hoy en día se encuentra el proyecto en proceso de licitación.

Ese mismo terreno municipal será utilizado en la propuesta de la Necrópolis para Penco, como un proyecto alternativo al proceso actual que se está llevando a cabo en la comuna.

Según el Censo de 2017, Penco cuenta con 46.016 habitantes. Su tasa de mortalidad es de 4,7 por cada mil habitantes, por lo que cada año, se esperan aproximadamente 233 defunciones.

Desde una dimensión climática, la comuna se encuentra dentro de la Zona Sur Litoral.

La temperatura es templada a fría, la humedad es alta y los vientos son irregulares de dirección suroeste y norte (Bustamante, 2009). Estas condiciones son perfectas para la proliferación de la diversidad del reino Fungi, encontrando gran variedad de setas locales de las cuales obtener micelio para la biofabricación. Una vez desarrollado el material, se espera que posea grandes cualidades para enfrentar la zona climática, dado que sus propiedades le permitirían mantenerse como un organismo vivo (menos de 28°C), e hidrofóbico ante las precipitaciones y humedad ambiental.



Figura 27. Cementerio parroquial de Penco y terreno para nuevo proyecto. Fuente: Elaboración propia.



Figura 28. Plano Ubicación de Penco. Elaboración Propia

Estrategias de proyecto

1. Espejar la ciudad de los vivos (penco histórico) para diseñar la ciudad de los muertos (necrópolis)

-Replicar la trama del centro histórico

-Homologar equipamientos de la ciudad a componentes del programa

Ciudad de los vivos	Ciudad de los muertos
 Plaza de Armas	 Patio Acceso
 Municipalidad	 Administración
 Conace- Administración	 Archivos
 Depto Salud Pública	 Mantención Sanitaria
 Vivienda	 Sepulturas
 Museo	 Patio de la Memoria
 Parroquia	 Hemicilio ceremonial

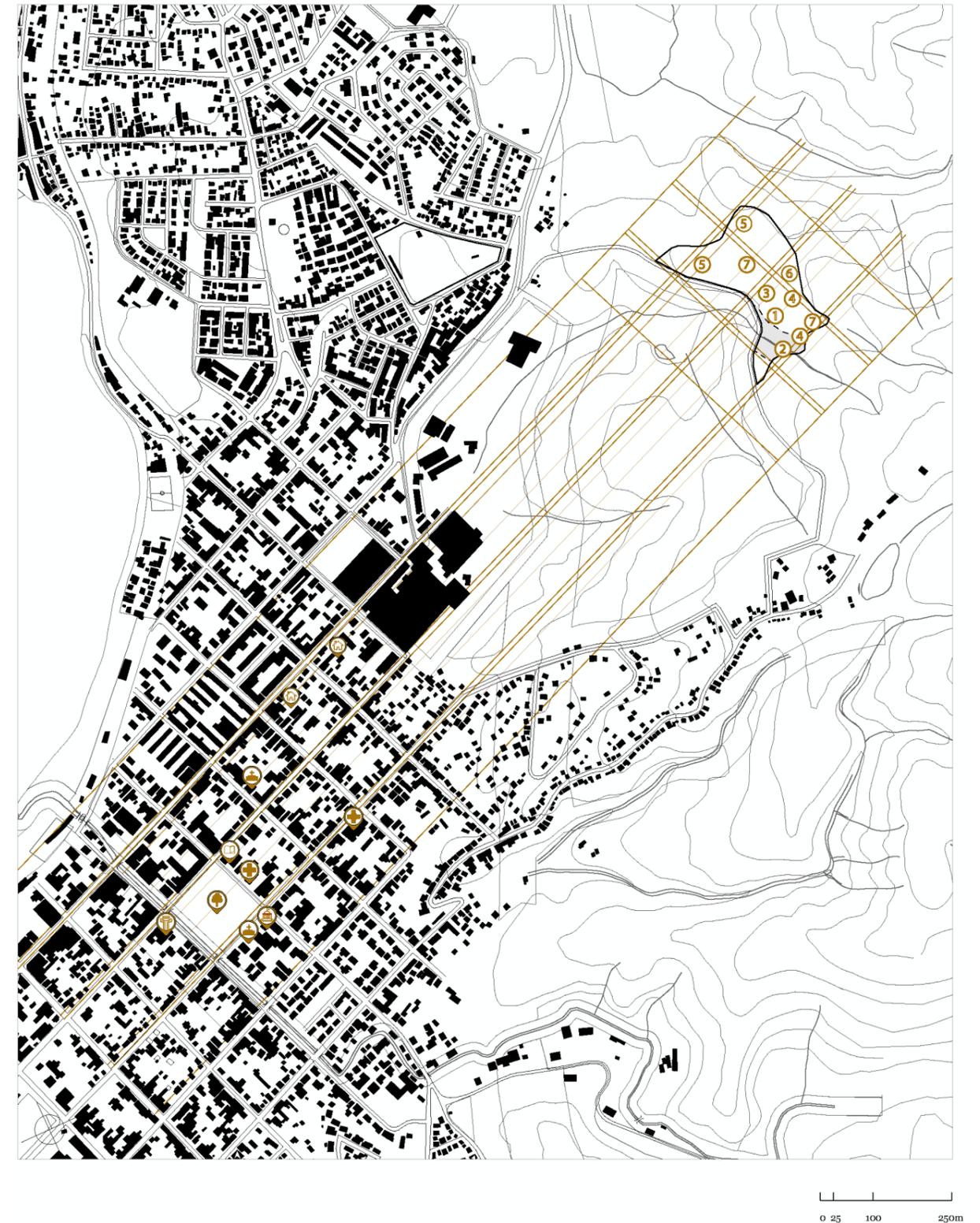


Figura 29. Esquema trama y orden del programa. Elaboración propia.

2. Distribución del programa y función

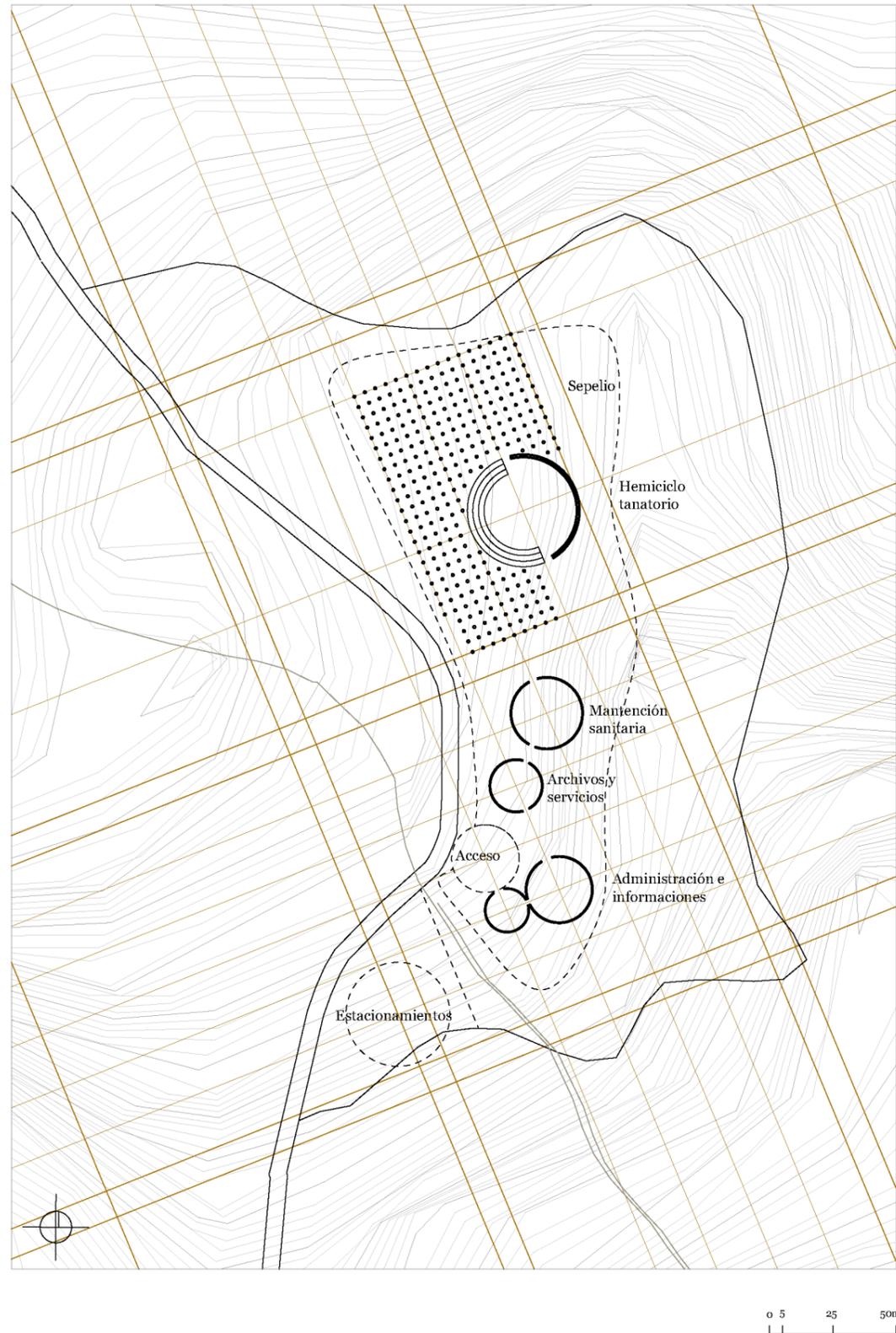
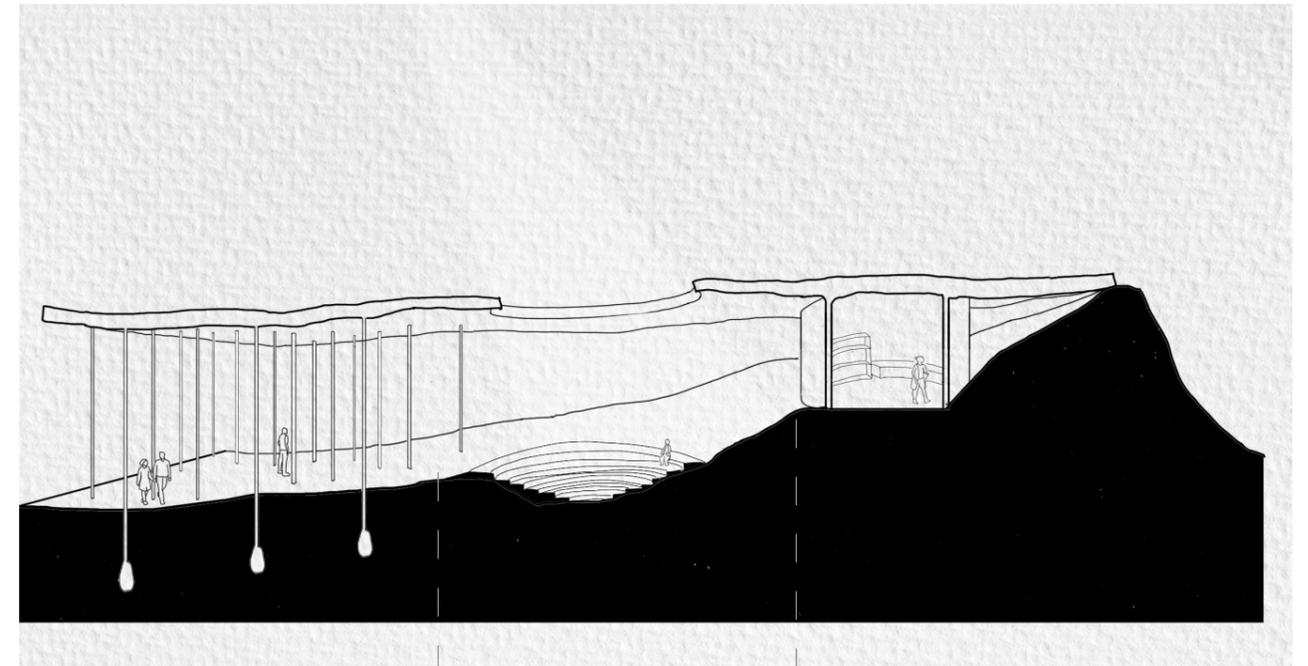


Figura 30. Esquema distribución del programa. Elaboración propia

5. Trabajar la topografía



Sepelio bosque de pilares.
Espacio funcional de las se-
pulturas y de memoria para
los visitantes.

Hemiciclo Tanatorio.
Espacio para los ritos y
despedidas. Perforaciones
en cubierta para permitir
el ingreso de luz natural.

Recintos Administrativos.
Espacios cerrados desti-
nados al almacenaje de ar-
chivos, insumos de man-
tenimiento, oficinas, servicios,
entre otros.

Figura 31. Esquema diversas espacialidades. Elaboración propia



Figura 31. Maqueta de contexto esc 1:2500, Penco histórico y su relación con el predio. Elaboración propia

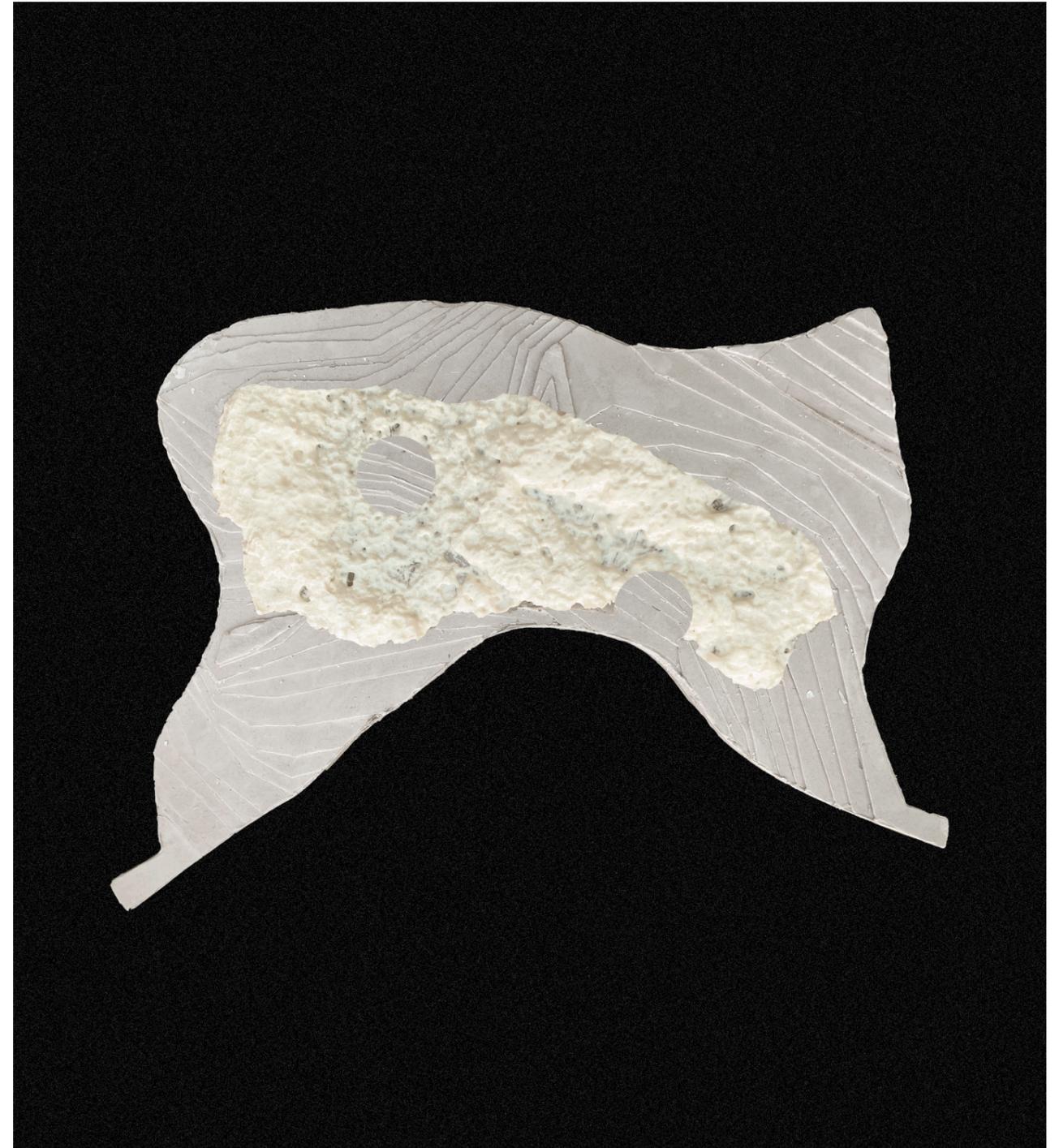


Figura 31. Maqueta de predio esc 1:750, Cubierta de proyecto. Elaboración propia

Marco Regulatorio

El decreto N°357 del Reglamento General de Cementerios del Ministerio de Salud, modificado en 2014, establece las disposiciones del código sanitario para la instalación, funcionamiento y clausura temporal o definitiva de cementerios, velatorios, casas funerarias y crematorios.

Algunas condiciones que deben tenerse en cuenta en el diseño del presente proyecto son las siguientes:

ART. N° 16:

El suelo deberá ser permeable, parejo y su pendiente no exceder de un 20%.

ART. N°18:

Ningún cementerio podrá estar ubicado a menos de 25 metros de una morada o vivienda.

ART. N°20:

El área destinada a sepultación de los cementerios no podrá estar situada a una distancia menor de 30 metros de la ribera de un río, manantial, acequia, pozo u otra fuente que pueda abastecer de agua para la bebida o el riego.

ART. N°25:

Dentro de todo cementerio deberá reservarse el espacio suficiente para calles. No podrá existir ninguna sepultura a más de 100 metros de una calle o pasaje.

ART. N°35:

La profundidad de la fosa será de 1.3 metros. Estas sepulturas podrán ser temporales de corto plazo.

ART. N° 51:

Sólo se permitirá la sepultación de cadáveres colocados en urnas herméticamente cerradas, de manera que impidan el escape de gases de putrefacción. Se exceptúan del requisito exigido en el inciso anterior a los que se sepulten en tierra.



Figura 32. Cementerio parroquial de Penco. Fuente: Periodismo Udec.

V

Capítulo V: Cierre

Reflexiones finales
Bibliografía

Reflexiones finales

En diversas sociedades la relación entre la vida y la muerte está evolucionado, lo que ha traído como consecuencia una popularización de los “entierros naturales” y una amplia variedad de innovaciones tecnológicas para lograr el objetivo sin infringir los códigos sanitarios en distintas partes del mundo.

Probablemente nuestro país seguirá optando por la ampliación de los espacios de sepulcro existentes, pues es utópico pensar que la sociedad en su totalidad aceptará el fin terrenal alejado de las prácticas y recintos tradicionales, no obstante, es necesario proponer alternativas, dado que la saturación de los cementerios será insostenible en un futuro cercano. Cabe cuestionar si es que la arquitectura funeraria debe seguir avanzando según la mirada tradicional del sepulcro hermético, o si puede tomar un rumbo diferente y plantear una visión más sostenible y colectiva, donde el cuerpo enterrado de manera permanente sea una práctica acorde a generaciones pasadas.

El reglamento General de Cementerios en Chile, si bien establece que los restos mortuorios deben ser dispuestos en urnas herméticamente cerradas, hace una excepción para aquellos casos que contemplen sepultura en tierra. Lo anterior constituye una apertura para integrar nuevas formas de entierros, como lo es el caso de la propuesta del presente proyecto “La ciudad de los Muertos de Penco”.

La implementación del organismo vivo del micelio contempla dificultades, pero tiene un enorme potencial dentro de la arquitectura y construcción. De carácter autónomo, independiente y duradero, tiene gran capacidad de enfrentarse a agentes ambientales adversos, como lo es el caso del Sur de Chile y la localización de Penco escogida como emplazamiento. Entendiendo que el presente documento es parte de un proceso y no un producto terminado, se desea profundizar en los próximos meses la experimentación con este material y en su relación con el programa arquitectónico propuesto, de modo que la muerte pueda ser habitada en una arquitectura viva.

Bibliografía

Alvarado, M. (1997). La tradición de los grandes cántaros: Reflexiones para una estética del “envase”. *Aisthesis* 30.

Andrade, P. Fonseca, K. Leyton, L. López, A. Pacheco, A. Dalenz, J. Martínez, M. (2018). Patrones funerarios e imposición colonial en el Biobío: El caso de la misión San José de la Mocha, Concepción (Siglos XVII al XIX). *Atenea* 518 (2). pp. 133-149.

Avilés, G. De Pablo, C. Feijoo, F. Federici, F. Gaete, C. Pedraza, T. Peñaranda, F. Rodríguez, S. Romero, A. Sepúlveda, A. (sf.). *Micotextil. Textiles de hongos y equipo científico de libre acceso. Guía práctica para el desarrollo de textiles conformados por micelio de hongos y fibras naturales y manual para la fabricación de incubadora de laboratorio de libre acceso.*

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (2014). Decreto N° 357 | Reglamento General de Cementerios. Ministerio de Salud.

Bustamante, W. (2009). *Guía de Diseño para la Eficiencia Energética.*

Capsula Mundi (2022). What is Capsula Mundi?. <https://www.capsulamundi.it/en/project/>
Chateau, F. (sf.) *Manual de Biofabricación con Hongos.*

Dillman S. (1955). Urnas funerarias prehistóricas de la región de Angol. *Boletín Del Museo Nacional de Historia Natural Tomo XXVI. N°5.* Santiago de Chile.

Fábregas, L. (2019). Las urnas funerarias para que la vida dure siempre. *Crónica Global.*

Gálvez, N. (2020). *Espacios funerarios. Paisaje, sostenibilidad y conmemoración.* [Tesis de grado]. Escuela Técnica superior de Arquitectura de Barcelona (ETSAB) Barcelona.

León, M. (1997). *Sepultura Sagrada Tumba Profana. Los espacios de la muerte en Santiago de Chile, 1883-1932.* Lom ediciones 84.427.

Loop (2022). World's first living coffin. <https://www.loop-of-life.com/product>

Montecinos, C. (2022). *Techumbre en base a micelio de hongo, integración de materiales biofabricados en un proyecto de arquitectura.* [Tesis de Postgrado] Universidad Católica.

Mok, K. (2018). *Micotectura: ¿Construir con hongos? Este inventor dice que sí.* TreeHugger.

Orellana, S. (2021). *Componente de micelio para cubierta. Tablero integrado con matriz de hongo en centro interpretativo de bosques subantárticos.* [Tesis de Postgrado] Universidad Católica.