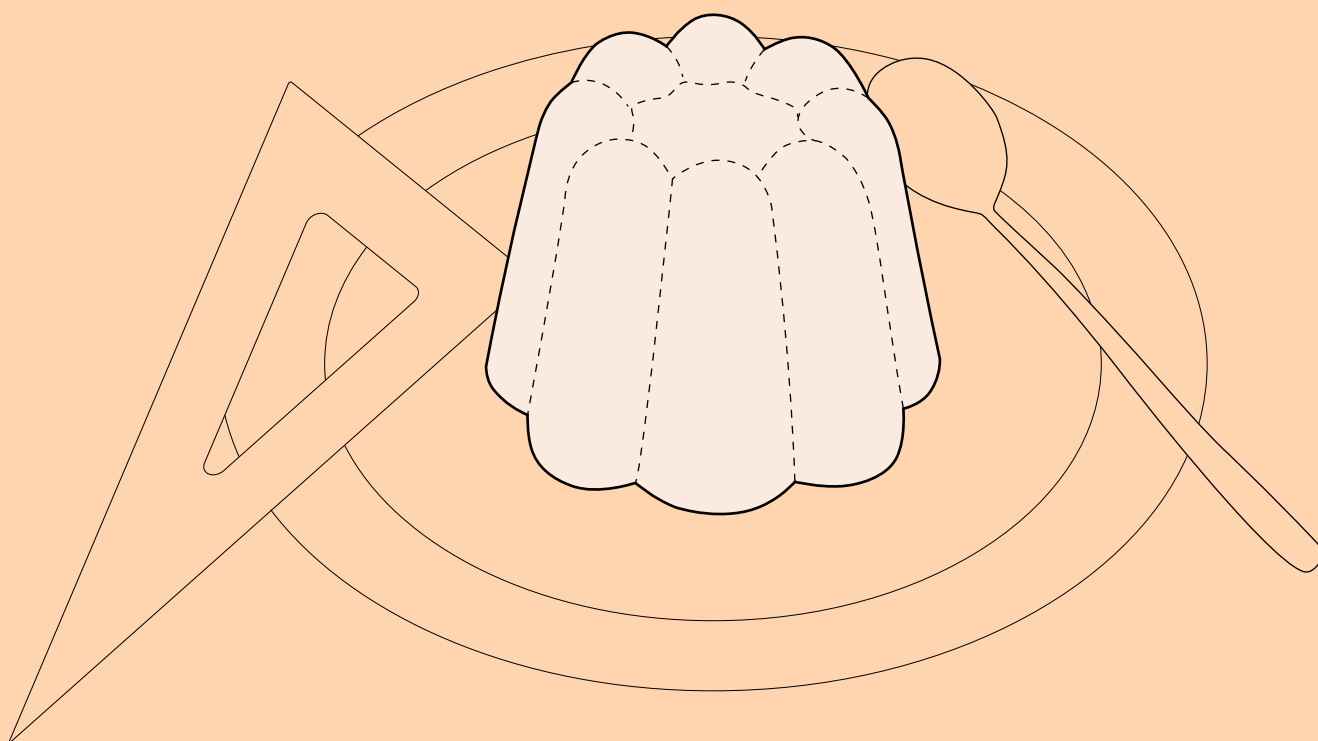


A R Q U I T E C T U R A

B L A N D A



Salvador Cantuarias Brañes

Profesores Guía  
Miguel Casassus Rodiño  
Jean Araya Gladinier

ARQUITECTURA BLANDA: Geles y Biogeles como materiales de diseño arquitectónico.

Alumno: Salvador Cantuarias Brañes

Profesores Guía: Miguel Casassus Rodiño  
Jean Araya Gladinier

1. Introducción.....	p4-p5
2. Proceso de elaboración de geles.....	p6-p25
- Prototipo uno	
3. Construcción de manto.....	p26-p31
4. Montaje.....	p32-p36
5. Planimetrías.....	p37-p45
6. Utopías.....	p46-p50
7. Imágenes.....	p52-p65
8. Glosario Conceptual.....	p66
9. Bibliografía.....	p67
10. Anexos.....	p68-69

Dossier de proyecto de título



Escuela de Arquitectura, Facultad de Arquitectura y Urbanismo,  
Universidad de Chile  
Segundo semestre, 2021

## CONTENIDOS

El proyecto nace como un instrumento de experimentación para comprobar las capacidades de los hidrogeles de origen biológico para ser usados como materiales para la construcción de obras de arquitectura.

Esto implica demostrar las cualidades mecánicas e integridad material del gel al componer cuerpos de grandes dimensiones capaces de formar, alterar o contener un espacio.

Bajo esta premisa se plantea el desafío de diseñar y ejecutar un manto de gel. La construcción de esta gran superficie busca poner al límite las capacidades mecánicas y formales de los hidrogeles, lo que implica la planificación de nuevos métodos constructivos, que resuelvan formas de unir geles químicamente entre sí, facilitando la construcción de un manto de gran envergadura. Esto además permite realizar un diseño de forma estable y predecible, es decir, que el manto no se deforme drásticamente debido a externalidades. Además, se realizan modificaciones a recetas de geles creadas previamente en etapa de investigación, optimizando las proporciones entre los distintos ingredientes para obtener un mejor resultado mecánico e integrando diversos aditivos que aporten nuevas capacidades al material.

Se plantea que estos procesos puedan realizarse de la manera más eficaz y simple posible, para comprobar que los hidrogeles pueden ser aplicados en la construcción de estructuras habitables sin la necesidad de procesos e insumos de alta complejidad. Posicionando a los hidrogeles como un recurso no sólo funcional, sino que también práctico y accesible para ser usado en el diseño.

Al mismo tiempo, el proyecto busca verificar si tanto los materiales ocupados, como los elementos necesarios para su construcción permiten generar un diseño ecológicamente sostenible.

Ya en prototipos anteriores quedó demostrada la capacidad biodegradable, reutilizable y reciclable de los hidrogeles orgánicos. En esta nueva etapa se refinan estas cualidades mediante el uso de aditivos que permiten determinar en qué condiciones y en qué curso temporal, los hidrogeles pueden degradarse.

Estos hallazgos respecto a su degradación en medida de su uso o según demanda del usuario, permitirán que los hidrogeles no sólo sean extremadamente sustentables, sino que también sean fiables en su potencial uso en proyectos de larga duración y en exposición a ambientes adversos.

De esta misma forma, la construcción del manto propone un sistema de producción a través del manejo de un material orgánico y accesible localmente, el cual tenga una vida y degradación totalmente reciclables, reutilizable y no tóxico para el ecosistema.



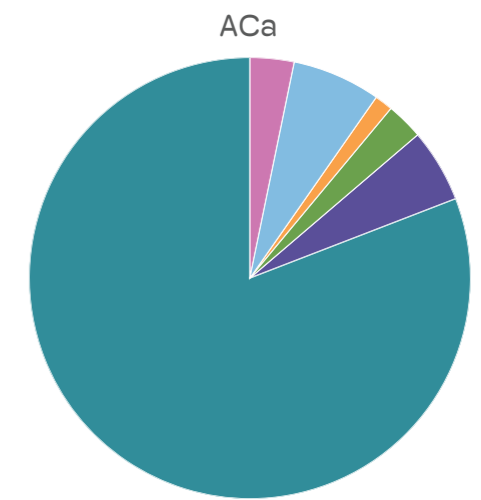
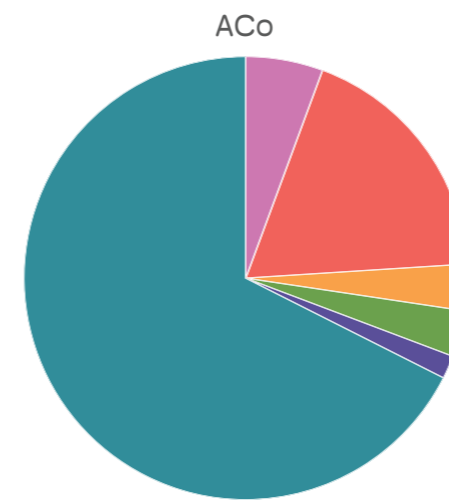
[Img 1] Vertido de mezcla ACo en molde de aluminio.  
Imagen de fabricación propia.



[2]



[4]



■ AGUA ■ AGAR-AGAR ■ CARRAGENINA ■ COLÁGENO ■ BENTONITA ■ PROPIONATO DE CALCIO ■ GLICERINA

[3]

## 2

### PROCESO DE ELBORACIÓN DE GELES

Para la realización de un proyecto a gran escala se vuelve necesario la consolidación de un nuevo compendio de recetas donde se establezcan nuevos tipos y cantidades de reactivos que produzcan geles lo más resistentes, eficientes y económicos que sea posible.

Ante la falta de instrumentos de medición precisos, la calidad de estas recetas fue verificada mediante prototipos que mostraran los límites del material y permitieran dilucidar sobre posibles métodos constructivos.

Teniendo en consideración cuales serían las exigencias mecánicas del proyecto, se establecen dos recetas, la primera, compuesta por agar y colágeno (de aquí en adelante llamada ACo), tiene la capacidad de endurecer totalmente al evacuar agua, preservando la

forma que se le fue impuesta durante el proceso de curado. La segunda, compuesta de carragenina y agar (llamada ACa), se caracteriza por ser muy flexible y maleable, pero al mismo tiempo, extremadamente resistente a los esfuerzos.

[Img 2] Muestra de Gel ACo.  
Imagen de fabricación propia.

[Img 3] Proporción de ingredientes para fabricación de gel ACo y ACa.  
Imagen de fabricación propia.

[Img 4] Muestra de Gel ACa.  
Imagen de fabricación propia.

Ambas recetas comparten una serie de aditivos sumamente importantes para generar las cualidades de los geles.

**Glicerina:**

Este componente es esencial para que los geles mantengan su flexibilidad una vez que hayan perdido una cantidad considerable de agua, por tanto, es indispensable en la producción de membranas ACo. En el caso del gel ACo también es necesario introducir una pequeña cantidad, lo que permite un gel duro, pero sin llegar a tornarse quebradizo.

**Bentonita:**

Esta arcilla es indispensable para que los geles cuenten con la integridad y resistencia suficiente para ser usados en objetos de gran envergadura sin romperse. Una pequeña cantidad es suficiente para cambiar drásticamente sus propiedades.

**Propionato de Calcio:**

Esta sal cumple la función de evitar la proliferación excesiva de hongos en el gel. Este reactivo también permite que la solución se vuelva más alcalina, permitiendo que los geles sean más resilientes a la humedad ambiental. Otra receta no directamente

relacionada a la síntesis de geles fue la confección de un adhesivo que pudiese unirlos químicamente.

Como base del adhesivo se utilizó cianoacrilato, uno de los pocos adhesivos de fácil acceso capaces de unir distintos tipos de hidropolímeros.

Las pruebas de unión demostraron que efectivamente este adhesivo generaba una unión muy fuerte entre múltiples tipos de geles, sin embargo, el adhesivo formaba una capa muy dura y frágil a esfuerzos de flexión que al romperse también generaba fisuras en el gel, debilitándolo considerablemente.

Para mitigar esta característica, se diluyó el cianoacrilato en acetona anhidra (97% libre de agua), lo que permitió fragmentar la interfaz a escala molecular, evitando que ésta formara una capa uniforme y frágil. De esta forma se logró consolidar una unión química extremadamente fuerte y flexible.



[4]



[5]

[Img 4] Muestra de gel ACo infectado por colonia de hongos. Imagen de fabricación propia.

[Img 5] Muestra de gel ACo infectada por múltiples especies de hongos. Imagen de fabricación propia.

A pesar del uso de aditivos fungicidas, los geles siguen siendo un conjunto de polisacáridos y proteínas extremadamente nutritivos para para la biosfera local. Por tanto, bajo condiciones favorables, especies más resilientes de hongos

proliferarán en la superficie de los geles.

Sin embargo, los aditivos tendrán un efecto retardante muy importante, logrando que los hongos se mantengan en la superficie y no comprometan la integridad mecánica del gel.

También es importante destacar que estas infecciones sólo ocurren durante el almacenamiento de los geles, por lo que el proyecto expuesto al aire libre no es atacado.



[6]

Teniendo en cuenta la cantidad de elementos de gel que serían necesarios para la construcción del proyecto, se determina que el proceso de síntesis sea lo más tecnológicamente simple que fuera posible.

Los únicos instrumentos necesarios fueron un recipiente para la solución, una fuente de calor regulable y un par de moldes desarmables.

La síntesis de geles consta únicamente de calentar la mezcla de sustratos y solventes, hasta llegar a los 60°C. Esta temperatura se mantiene hasta que la solución espese. Una vez espesa, esta se vierte en el molde correspondiente

y se deja enfriar hasta que gelifique completamente para poder desmoldar, manipular y curar.

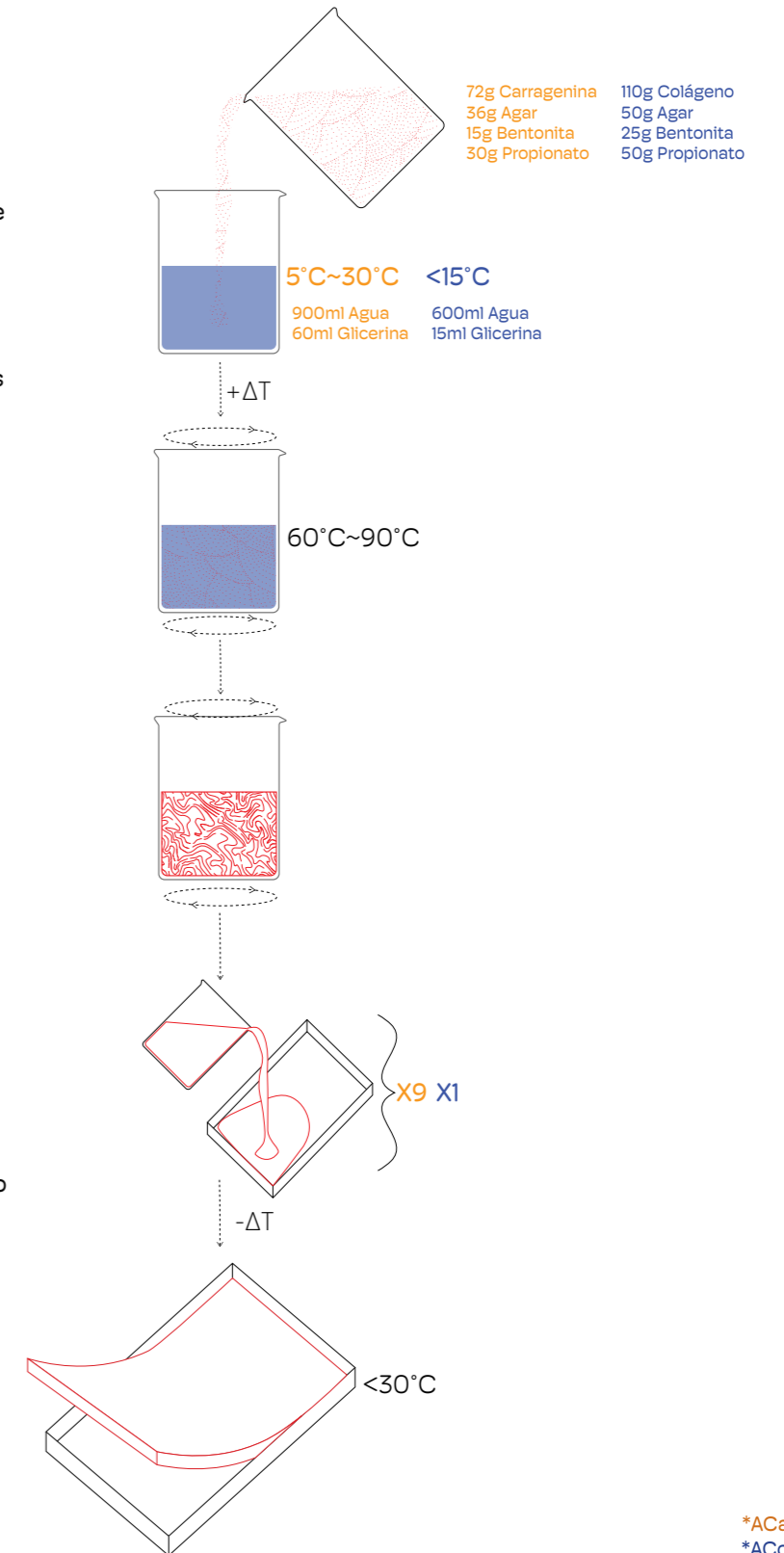
1. Se combinan los sustratos y solventes por separado. Una vez ambas mezclas son visiblemente homogéneas, se vierte el sustrato en solvente frío. En el caso de gel ACo, es muy importante mezclar energéticamente la solución, ya que el colágeno coagula rápidamente al hidratarse, y solidifica la mezcla fría.

2. Calentar y revolver la mezcla constantemente hasta alcanzar los 60°C. La mezcla no debe superar los 90°C, ya que los monómeros se descomponen y pierden su capacidad de polimerización.

3. Una vez que la solución alcanza entre 60 y 90 celsius, mantener en ese margen por un mínimo de 30 minutos revolviendo esporádicamente. Es en esta etapa que empiezan a formarse las primeras cadenas macromoleculares en la solución. Mientras más tiempo se mantenga la mezcla en esta temperatura, se formarán cadenas más largas y el gel será más resistente.

4. Una vez que la mezcla a pre polimerizado por 30 minutos 60°C, esta debe verterse en el molde. En el caso de los geles Aca, la mezcla sirve para formar 9 a 10 capas delgadas, mientras que el gel ACo permite verter una capa gruesa.

5. Una vez vertida la mezcla, ésta debe reposar y enfriarse hasta un por lo menos 30°C. Un enfriamiento lento y gradual permite que las cadenas macromoleculares sean más largas y regulares, resultando en geles mucho más resistentes.



\*ACa  
\*ACo  
[7]

[Img 6] Espacio e instrumentos para producción de geles. Imagen de fabricación propia.

[Img 7] Diagrama de fabricación de geles. Imagen de fabricación propia.



[8]

El proceso de curado de los geles se vuelve indispensable para que éstos puedan llegar a tener un resultado mecánicamente óptimo.

La primera fase de secado se realiza a través de una matriz de madera, la cual permita

una evacuación rápida y uniforme de agua. Esta fase es necesaria para que, en un inicio, las membranas no sufran deformaciones mayores, las cuales puedan resultar en fracturas de material más adelante.

Una vez que los geles adquieren una resistencia perceptiblemente mayor al ser manipulados, se pasa a una etapa de secado más agresiva, ordenándose sobre una superficie y exponiéndose directamente al sol.



[9]

Este proceso permite secar los geles rápidamente (9 horas bajo condiciones adecuadas), además de purgar colonias de hongos que hayan estado creciendo en la superficie. Cabe especificar que la segunda fase sólo es

aplicable para geles ACo, debido a su resistencia a altas temperaturas. Los geles ACo deben ser secados en la matriz de madera y bajo sombra todo el tiempo, lo cual los hace más susceptibles a colonias de hongos.

[Img 8] matriz de secado para geles frescos. Imagen de fabricación propia.

[Img 9] Gies parcialmente curados, expuestos al sol para su curado final. Imagen de fabricación propia.



[10]



[11]

## PROTOTIPO UNO

A modo de comprobar la capacidad de los geles para el desarrollo de un proyecto a gran escala se construye un prototipo que funcione como una sección de un manto de mayor envergadura.

Este manto se conforma de geles relativamente frescos (un día de curado) conformado por módulos de 9 membranas, unidas a través de nervaduras.

[Img 10] Prototipo uno alzado. Imagen de fabricación propia.

[Img 11] Módulo de gel compuesto por membranas ACa y nervaduras ACo. Imagen de fabricación propia.





[12]



[13]

Los módulos se unieron para formar 2 rollos de gel con una longitud de 2 metros. Estos rollos fueron hechos con el propósito de experimentar métodos de embalaje y transporte de piezas de gel prefabricadas.

Este método presentó dos grandes fallas, las cuales pudieron resolverse en prototipos posteriores.

En primer lugar, la poca maduración de los geles provocó que los rollos fueran muy pesados y frágiles, lo que

provocó múltiples fracturas en el material al momento de manipular y moverlos. En iteraciones posteriores los geles fueron secados extensivamente antes de ser unidos y enrollados, lo cual resolvió inmediatamente estas problemáticas.

El segundo problema fue el grado de flexión que debían soportar las nervaduras al momento de enrollarse, provocando fracturas totales en múltiples puntos. Este problema persistió con nervaduras más maduras, por

lo que soluciones posteriores implicaron no pegar nervaduras en la dirección del enrollado, teniendo que pegarse una vez que todo el manto estuviese armado.

[Img 12] construcción de manto a partir de módulos.  
Imagen de fabricación propia.

[Img 13] Sección de manto armada y enrollada para ser almacenada.  
Imagen de fabricación propia.



[14]

Una vez que todas las piezas del manto fueron unidas, este se colgó a través de una serie de pernos, que atraviesan los vértices de la nervadura, y se unen por medio de sogas a las vigas del techo. Al colgarse el manto se conforma estructuralmente

como un sistema de catenarias, donde las nervaduras son deformadas bajo su propio peso conformando arcos. Al secarse estas se rigidizan y mantienen la forma del arco, formando una estructura autosoportante de bóvedas

cerradas por las membranas flexibles.

[Img 14] Imagen de prototipo manto recientemente alzado. Imagen de fabricación propia.

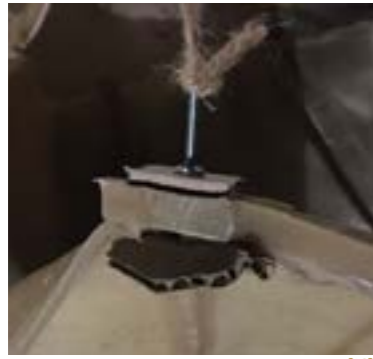
[Img 15] Imagen superior de manto alzado. Imagen de fabricación propia.



[15]

Una vez que el manto fue colgado, este se dejó secar al exterior por dos semanas, hasta que se determinó que estaba lo suficientemente seco como para ser descolgado y manipulado. Debido a la poca maduración de los geles, el manto sufrió

múltiples fallas durante el proceso de colgado y secado. Sin embargo, dichas fallas no fueron suficiente para que el manto no fuese autosoportante, lo cual es una muestra de la resistencia del material.



[16]



[19]



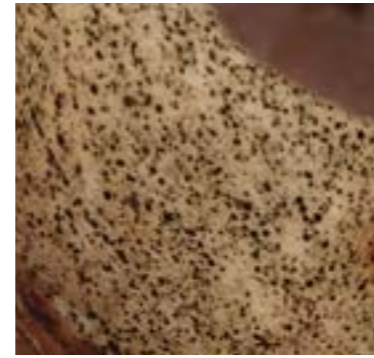
[22]



[17]



[20]



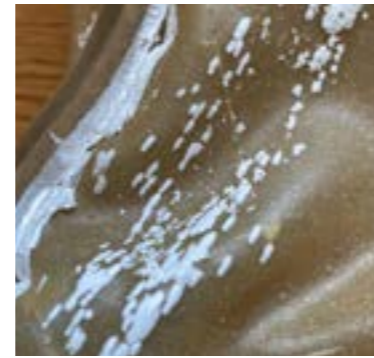
[23]



[18]



[21]



[24]

**[Img 16] Falla por hiperflexión de membrana no curada.** Debido a las fuerza y forma resultante del colgado la nervadura es fracturada totalmente, traspasando todo el esfuerzo a la membrana la cual continúa la línea de fractura hasta la próxima nervadura.

**[Img 17] Falla de separación de elementos de gel por interfaz de adhesión inapropiadamente curada.** Esta unión se hizo momentos antes del alzado del manto, por lo que la interfaz no se encontraba totalmente polimerizada. Además, el alto contenido acuoso de los elementos pegados provoca que el cianoacrilato reaccione muy rápidamente, produciendo cadenas moleculares cortas y frágiles que derogan drásticamente la capacidad de adhesión.

**[Img 18] Fractura de membrana por interfaz adhesiva incorrectamente diluida.** Debido a que esta unión se realizó con una solución de cianoacrilato sin acetona añadida, la interfaz polimerizada se vuelve extremadamente rígida y frágil, por lo que al momento de manipularla se generan nano fracturas. Dichas fracturas impactan la superficie del gel y pueden, como en este caso, extenderse por el resto del elemento si se enfrenta a grandes esfuerzos.

**[Img 19] Fractura de nervadura y perforación de membrana por dissipador de colgado mal construido.** En cada uno de los puntos de colgado se dispone un pequeño disco de cartón que evita una flexión excesiva de la nervadura al momento de alzar el manto. Sin embargo, si el disco es demasiado pequeño y se dejan terminaciones con esquinas, éste contribuye a flectar excesivamente la nervadura y a penetrar la membrana si esta no se ha curado correctamente.

**[Img 20] Fractura de nervadura por confección incorrecta del gel.** Los sustratos gelificantes que componen la nervadura se vuelven solubles a temperaturas muy diferentes (colágeno a partir de 40°C y agar a 60°C). Si la mezcla no llega a la temperatura suficiente para que ambos se disuelvan, el agar quedará en estado particulado y comprometerá la capacidad mecánica del material, ya que los polímeros no trabajarán en sinergia. En este caso podemos ver una nervadura mal fabricada que se fractura ante esfuerzos muy leves.

**[Img 21] Deformación por adhesión de membranas con distintos niveles de curado.** Se aprecia una reparación de una membrana perforada por medio de un parche de gel curado. El parche logra reparar la fisura, logrando inclusive que la pieza sea más resistente que antes. Sin embargo, el diferencial de humedad entre ambos elementos implica que el gel reparado se encoge mientras que el parche permanece igual, resultando en una deformación muy notoria.

**[Img 22] Desgarro de manto por método constructivo inapropiado.** El proceso de colgado fue realizado punto por punto. Esto implicó que los primeros anclajes en ser colgados sufrieron un nivel de estrés mucho mayor que el resto. Este anclaje tuvo una fractura general por fatiga material, al recibir la carga de gran parte del manto en un punto muy pequeño.

**[Img 23] Colonias de hongos sobre elementos de gel.** Este prototipo se realizó de forma previa a la utilización de agentes fungicidas, por lo que algunas membranas fueron rápidamente atacadas por hongos durante su almacenamiento. Estas colonias no parecieran comprometer la integridad de los elementos y su proliferación cesa al exponerse al sol o la ventilación. De todas formas, estas presentan un compromiso estético y un potencial riesgo sanitario para las personas.

**[Img 24] Manchas de adhesivo.** Si bien es muy difícil que el cianoacrilato no escurra o manche las superficies del manto, éste es normalmente transparente, por lo que no es un compromiso visual mayor. Sin embargo, cuando los elementos contienen demasiada humedad, el cianoacrilato reacciona demasiado rápido, generando superficies rugosas que refractan la luz de forma no uniforme, haciendo que se torne blanquecino y adquiera un volumen indeseado.

En la medida que el gel curaba se fue realizando un registro de las fallas. Estas fueron catalogadas a partir de la causa, lo que permitió condensar una gran cantidad de fallas en un grupo de 9 tipos principales.

[img 16-24] Imágenes de diversas fallas ocurridas en el manto durante su alzado y curado. Imágenes de fabricación propia.



[25]



[26]

Cuando el manto curó completamente éste se descolgó y se dejó en una posición estable por un par de días, viendo si es que este se deformaba con su propio peso. Este no cambio en absoluto su forma, por lo que se procedió a voltearlo y

apoyarlo sobre los pernos. El manto resistió sin problemas esta posición, manteniendo la forma de las bóvedas y su altura.

[Img 25] Imagen prototipo descolgado, curado y volteado.  
Imagen de fabricación propia.

[Img 26] Imagen detalle de prototipo descolgado, curado y volteado.  
Imagen de fabricación propia.



[27]

[Img 27] Imagen de prototipo sujetado de puntos de anclaje exteriores. Imagen de fabricación propia.

[Img 28] Imagen de prototipo sostenido verticalmente a partir de un único punto. Imagen de fabricación propia.



[28]

Ya habiendo comprobado que el manto era formalmente estable, se procedió a administrar esfuerzos mayores sobre este, sosteniéndolo de puntos muy separados entre o de un único punto que abarcara todo el peso del prototipo.

En ningún caso este se deforma o rompió, salvo ligeras flexiones dada la flexibilidad del material.

Haciendo un análisis crítico del prototipo y su desempeño durante el montaje, se pueden establecer dos correcciones principales para mejorar en gran medida la capacidad de resistencia del manto ante los esfuerzos impuestos.

En primer lugar, se observa que las membranas ACo son mucho más resistentes a la tensión que las nervaduras ACo. Por lo tanto, es necesario que, al colgar el manto las membranas se encuentren arriba y las nervaduras se encuentren por la cara

inferior. Esto permite que cuando el gel sea flectado en los puntos de anclaje, las membranas reciban toda la tensión y las nervaduras toda la compresión.

En segundo lugar, previo a cualquier tipo de montaje,

los elementos de gel tienen que pasar por un proceso de curado mucho más exhaustivo. Esto aportará mucha más resistencia al material, la cual será imprescindible dada la magnitud del manto final.



[29]

### 3

#### CONSTRUCCIÓN DE MANTO

Para pasar a la etapa de construcción del manto definitivo: Se actualizó el compendio de recetas, se estableció un método fiable de unión química entre geles y se corrigió el método constructivo.

Este manto se proyecta como una superficie de 2.90 metros por 4.5 metros, compuesta por 324 membranas y más de 100 metros lineales de nervadura. La construcción se divide en cuatro etapas principales: La fabricación y curado de los geles ACo y

ACo, la creación de rollos a partir de geles ACo, la unión entre rollos para crear piezas funcionales distintivas y la posterior unión entre estas piezas para conformar el manto total.

[Img 29] Imagen de rollos de gel ACo. Imagen de fabricación propia.

[Img 30] Diagrama de fabricación de rollos de gel. Imagen de fabricación propia.

1. Las membranas de gel ACo son desmoldadas y puestas a curar.

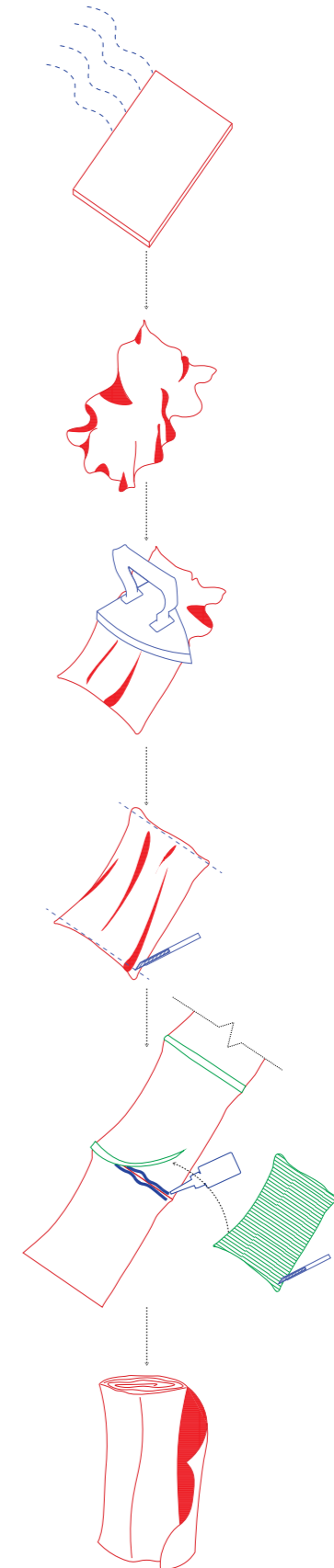
2. Un indicador clave para saber que las membranas han sido apropiadamente curadas, es cuando éstas reducen considerablemente su superficie y grosor, arrugándose y deformándose en el proceso. Su color también cambia drásticamente, pasando de un color blanquecino a un anaranjado opalescente.

3. Para que las membranas puedan utilizarse, éstas deben pasar por un proceso de alisado, haciendo uso de una plancha que rehidrata tenuemente la superficie de los geles, haciéndolos maleables y estirables.

4. Una vez que los geles han sido planchados, éstos deben pasar por un último paso de refinamiento, donde se les corta el perímetro irregular, quedando lo suficientemente rectos como para conformar rollos con uniones de buena calidad.

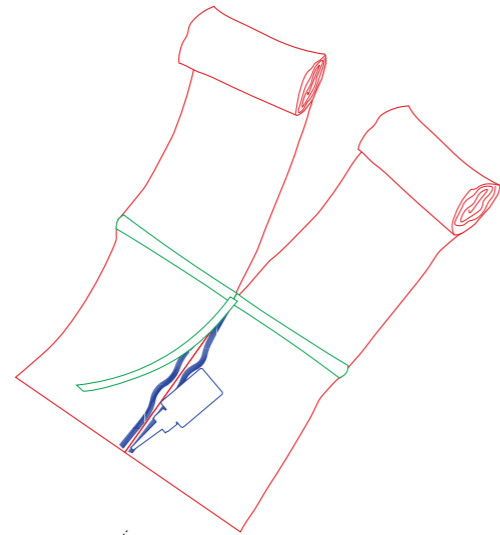
5. Las membranas son unidas a través de sus lados recientemente emparejados, mediante un delgado parche de gel ACo, adherido por una interfaz de cianoacrilato diluido. Una vez que se realiza la unión, ésta puede ser manipulada inmediatamente.

6. Cada rollo se conforma de 18 membranas. Para este proyecto es necesario sintetizar 18 rollos lo más idénticos posibles.

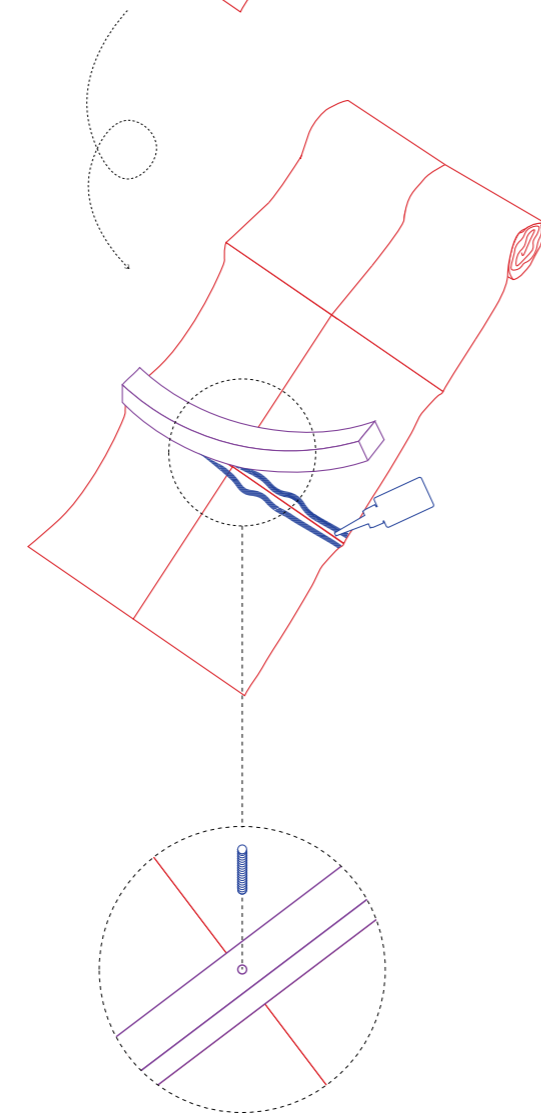


[30]

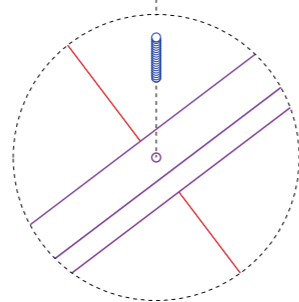
7. Una vez que los 18 rollos están fabricados, se procede a unirlos entre pares a través de sus lados longitudinales. El método de unión entre rollos es idéntico al de unión entre nervaduras. Simplemente se debe ocupar un delgado parche de gel ACa que una los lados de ambos rollos. En caso de que las membranas a unir tengan una longitud distinta, se puede ocupar la plancha para estirar la más corta y corregir la diferencia.



8. Ya con los rollos unidos se procede a pegar las primeras nervaduras de gel ACo. Estas tienen un grosor 3 veces mayor que el resto de las nervaduras ya que están destinadas a unir el manto con el sistema de colgado y por lo tanto tienen que soportar esfuerzos mucho mayores que el resto de los componentes. Ya pegadas, las nervaduras se dejan curar hasta que adquieran cierta rigidez, permitiendo perforarlas sin probabilidades de fractura.



9. La perforación de la nervadura se realiza de forma paulatina, con una serie de brocas cada vez más anchas que remuevan lentamente el material y ensanchen el diámetro de la perforación hasta llegar a los 5 milímetros. Acto seguido, se inserta el niple de 6 milímetros de diámetro. Esta ligera diferencia en grosores permite que el niple se mantenga seguro y apretado dentro del gel, evitando que la pérdida de agua aumente el diámetro de la perforación y afloje la unión con el manto.



[31]



[32]

[Img 31] Diagrama de rollos de gel siendo unidos para formar rollos dobles funcionales. Imagen de fabricación propia.

[Img 32] Membranas ACa siendo unidas por medio de parches de gel y cianoacrilato diluido. Imagen de fabricación propia.



[33]



[34]

[Img 33] Imagen de rollos de gel siendo unidos para formar rollos dobles funcionales. Imagen de fabricación propia.

[Img 34] Imagen de nervadura perforada por niple de 6mm. Imagen de fabricación propia.



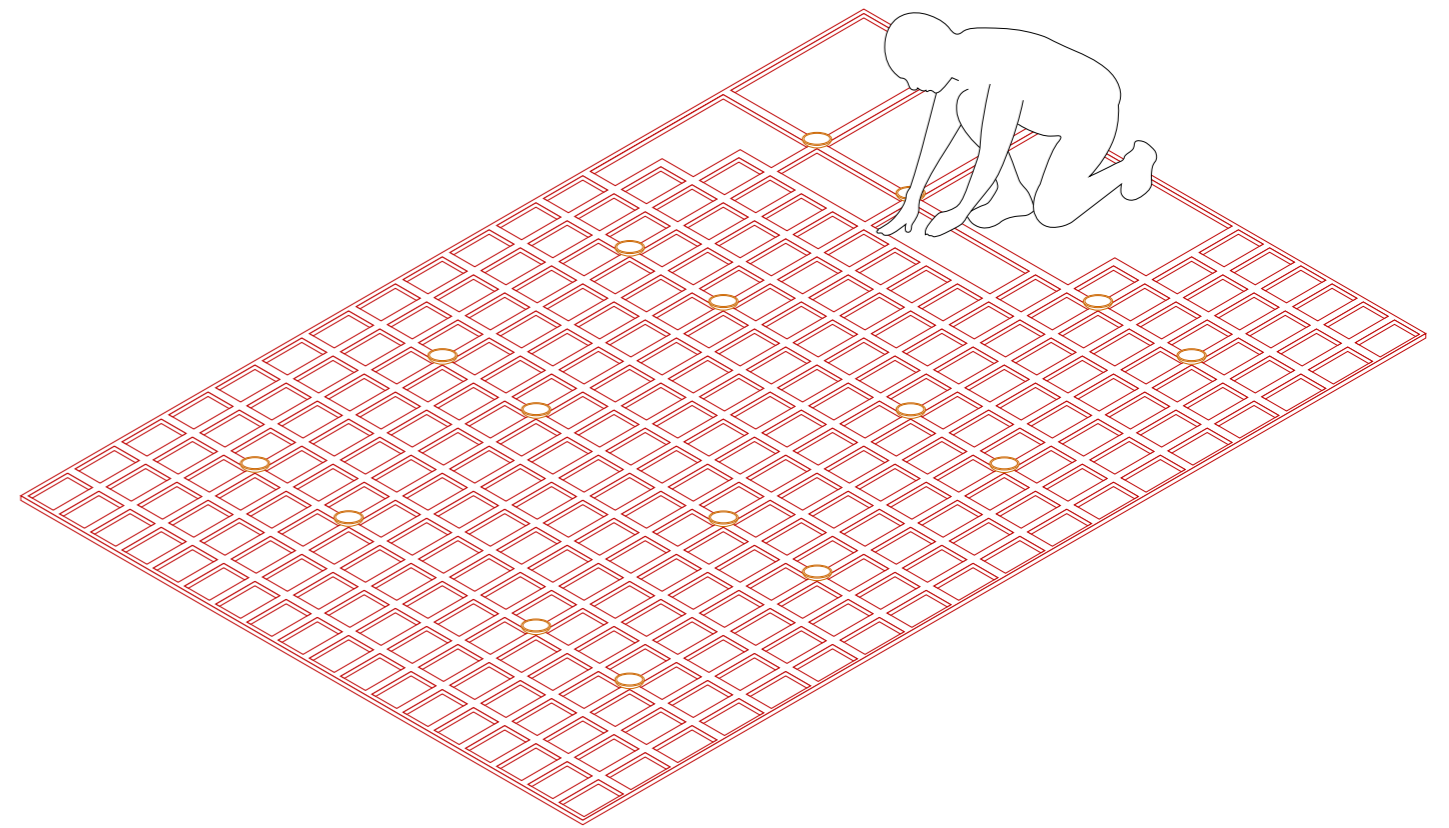
# 4

## MONTAJE

En base a los nuevos conocimientos adquiridos de la realización del prototipo uno, se establecen nuevas consideraciones para un colgado exitoso del manto. Una de las más importantes, es la incorporación de una estructura auxiliar, construida

en base a una malla de alambre electrosoldada, usada una retícula que esté alineada con los puntos de anclaje del manto para tener un mayor control de la forma del proyecto, y tablonces de pino Oregón, destinados a dar estructura a la malla. La

finalidad de esta estructura es disponer de un medio por el cual levantar todos los puntos del manto al mismo tiempo evitando que se apliquen demasiadas fuerzas en ciertos puntos durante el montaje.

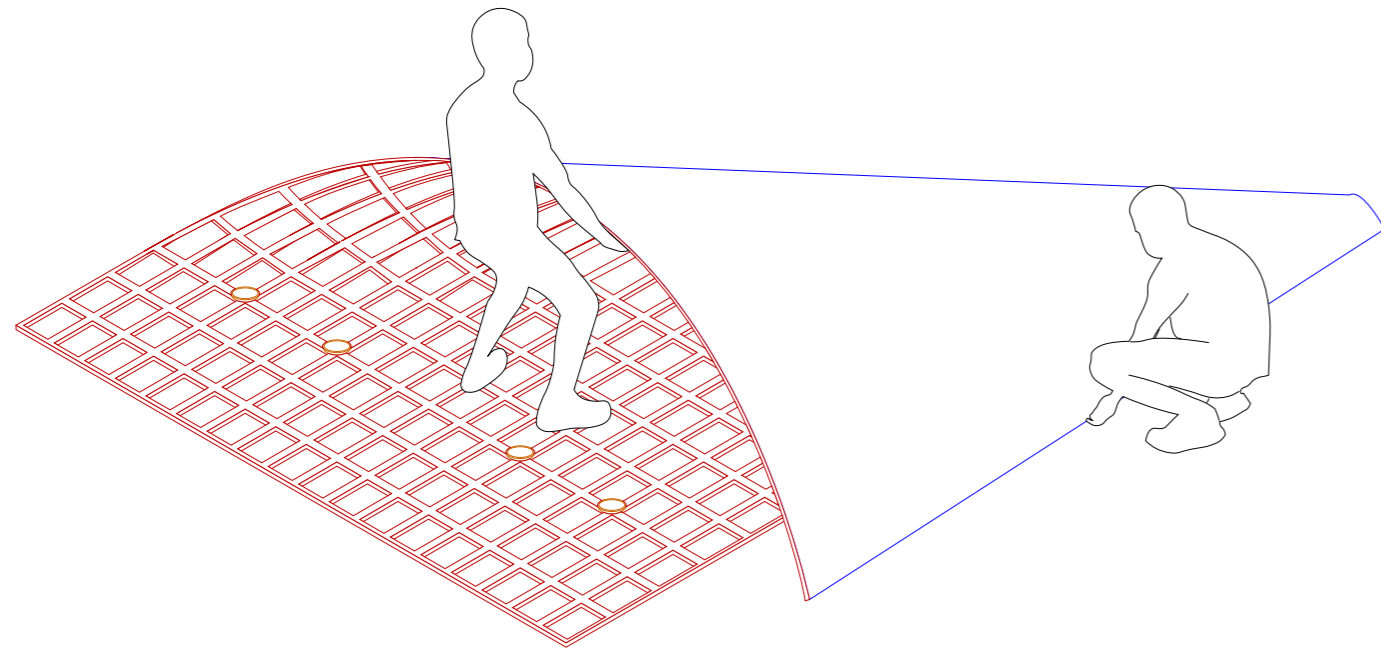


[35]

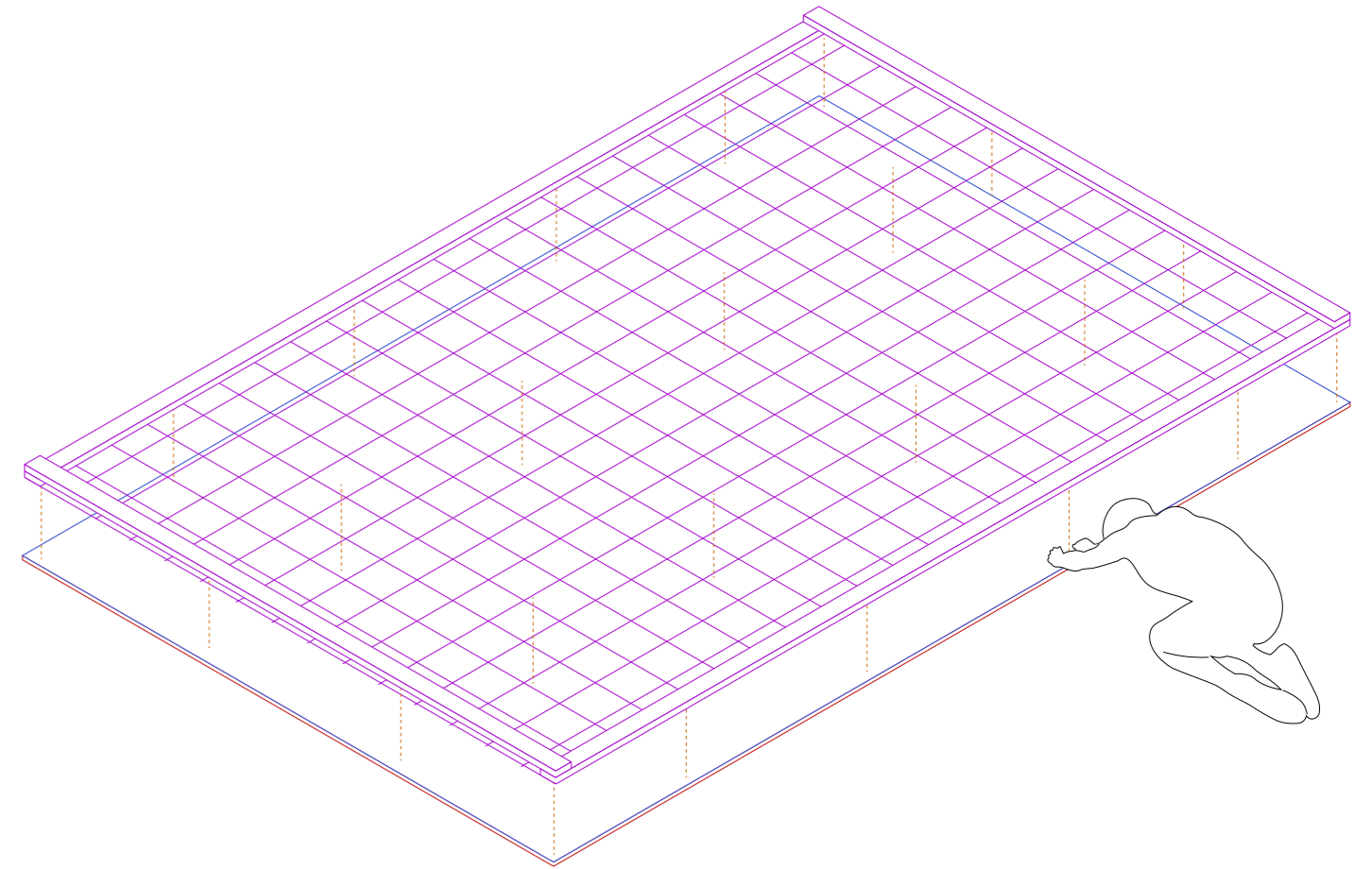
El primer paso del proceso es ensamblar el manto. Esto implica unir todos los rollos y pegar las nervaduras faltantes. Es importante hacer este paso poco tiempo antes de colgar el manto, ya que la nervadura empezará a endurecerse rápidamente y

podría presentar problemas para formar catenarias si el sistema no es lo suficientemente flexible.

[Img 35] Dibujo de individuo pegando nervaduras sobre el manto de gel armado. Imagen de fabricación propia.



[36]



[37]

Una vez completado el manto éste debe voltearse de manera que las membranas queden en la parte superior y así puedan responder a los esfuerzos de tensión, asistiendo a las nervaduras. Éste es uno de los pasos más delicados ya que

implica flexionar todo el gel en un punto relativamente acotado. Para una realización correcta de este paso, se necesita de un mínimo de dos personas, una volteando el manto desde el perímetro y la otra asistiendo desde el interior, evitando que el radio

de flexión sea demasiado pequeño y termine fracturando el gel.

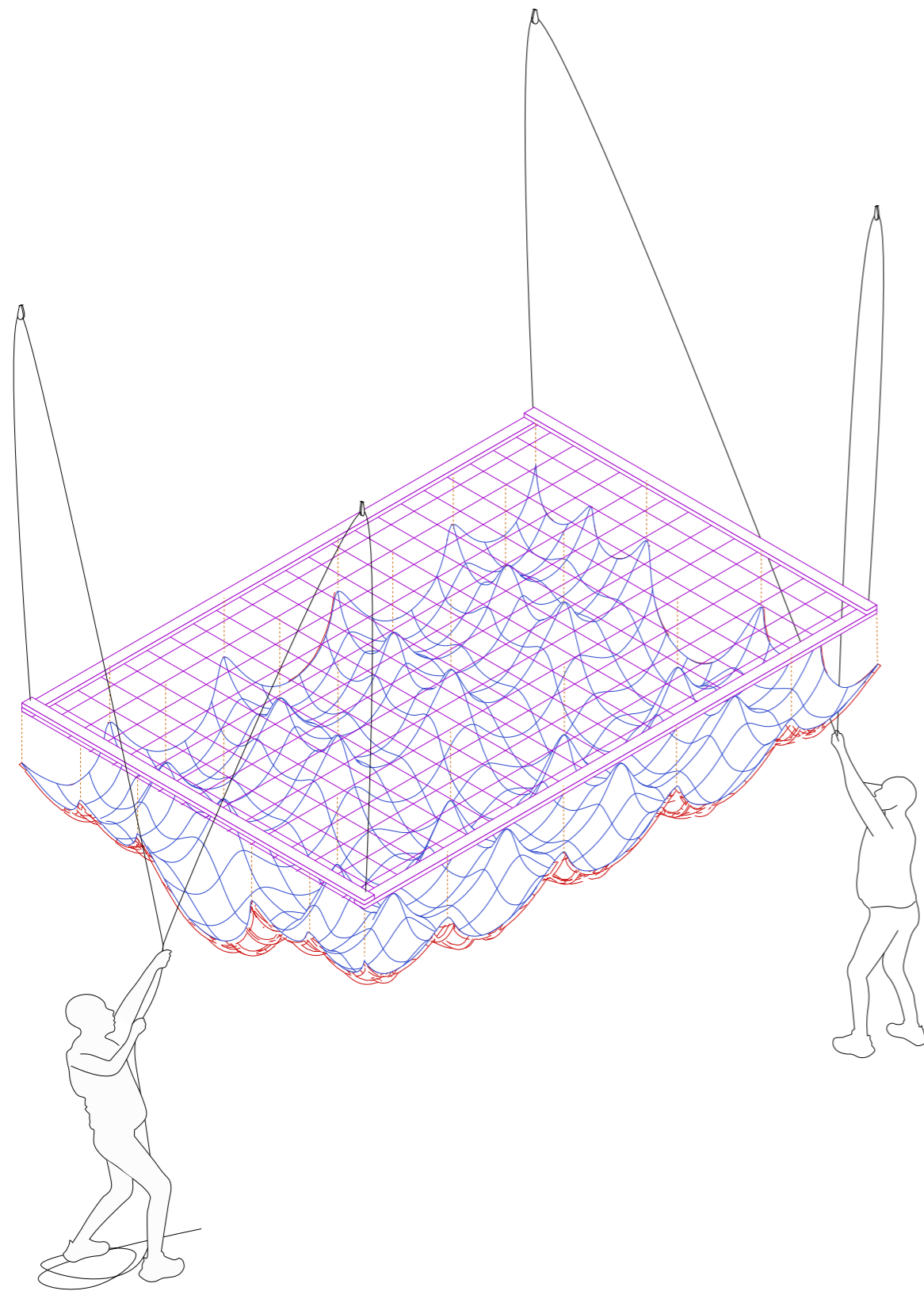
Con el manto ya volteado, se procede a unir los puntos de anclaje a la estructura auxiliar mediante sogas. Cada soga tiene una longitud independiente, lo que permite generar bóvedas de diversas alturas en el manto, obteniendo así mucho más

control sobre la forma final y la irregularidad de esta.

Para este paso se necesita de una persona que ate los puntos y de implementos, o más personas, que sostengan la estructura superior.

[Img 36] Dibujo de individuos volteando el manto de gel para ser posteriormente amarrado. Imagen de fabricación propia.

[Img 37] Dibujo de individuo amarrando punto de anclaje a estructura auxiliar. Imagen de fabricación propia.



El último paso consta en levantar la estructura auxiliar a partir de las esquinas del marco. El sistema de alzado utiliza cuatro sogas de alta resistencia, que lleguen al techo mediante poleas de modo que la altura pueda controlarse desde el suelo.

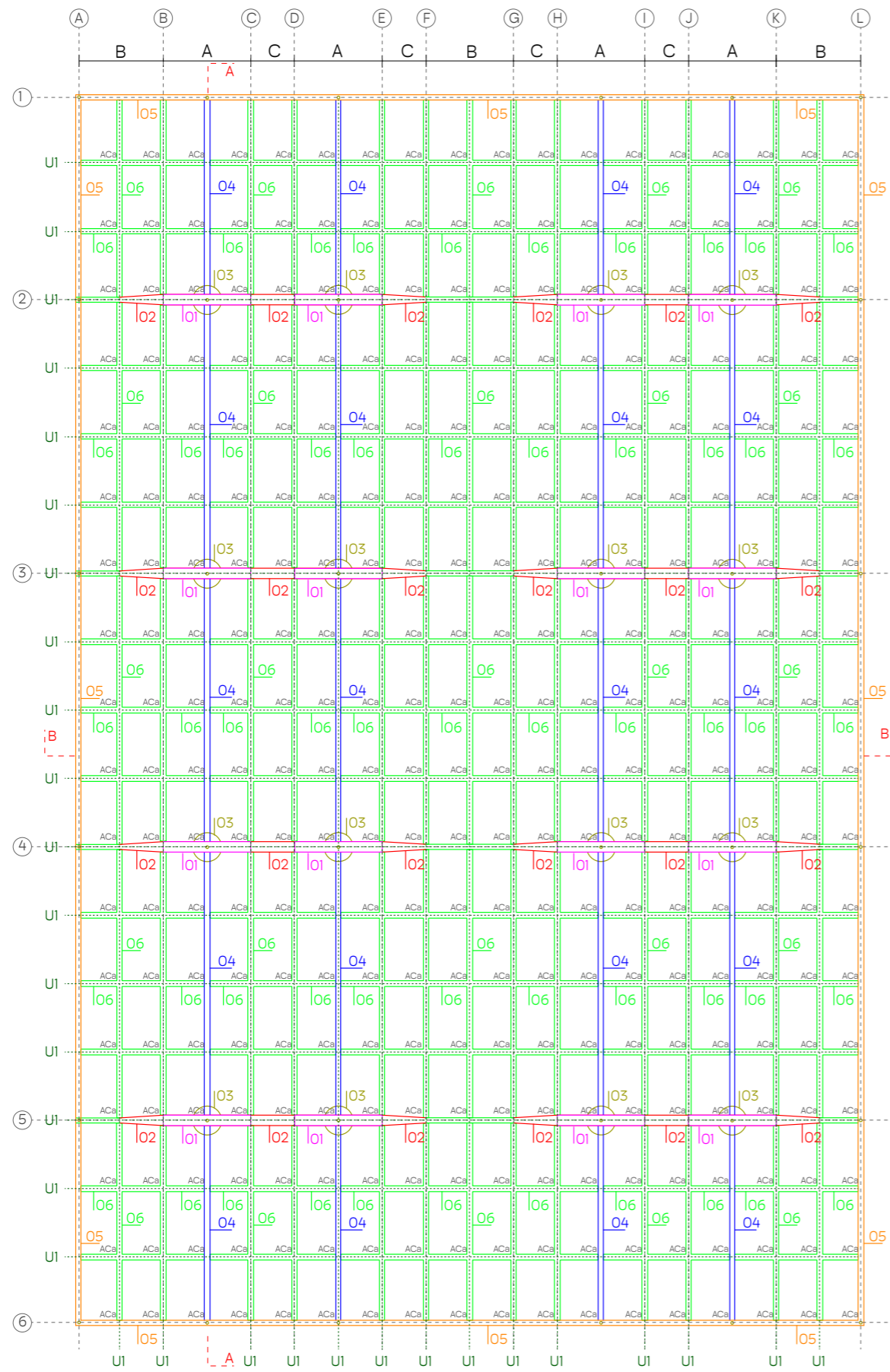
El manto debe posicionarse a una altura suficiente como para estar de pie debajo de él, permitiendo una visión completa del proyecto.

[Img 38] Dibujo de individuos alzando el manto por medio de soga y poleas. Imagen de fabricación propia.

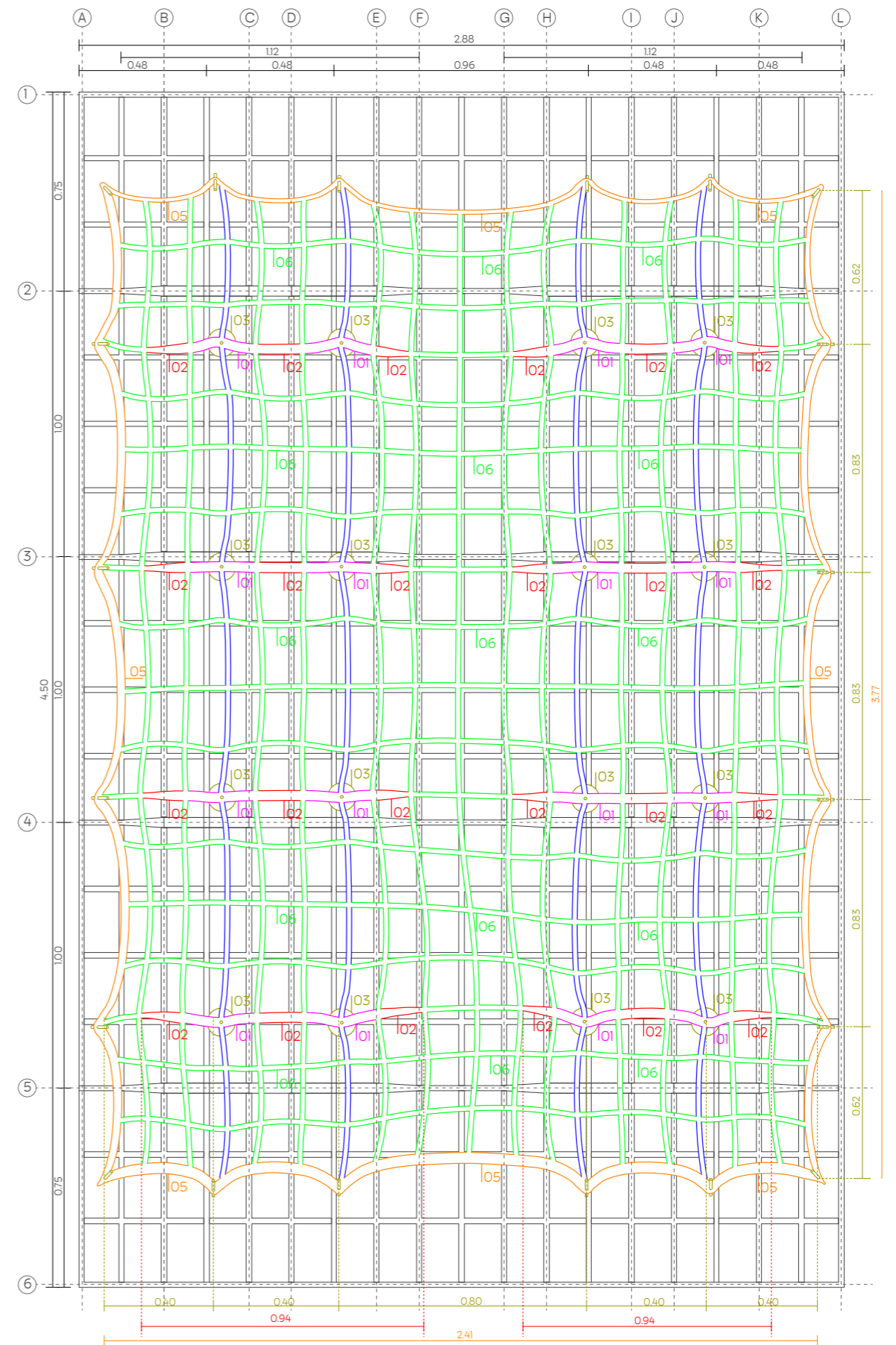
[38]

## 5

### PLANIMETRÍAS



[39]



[40]

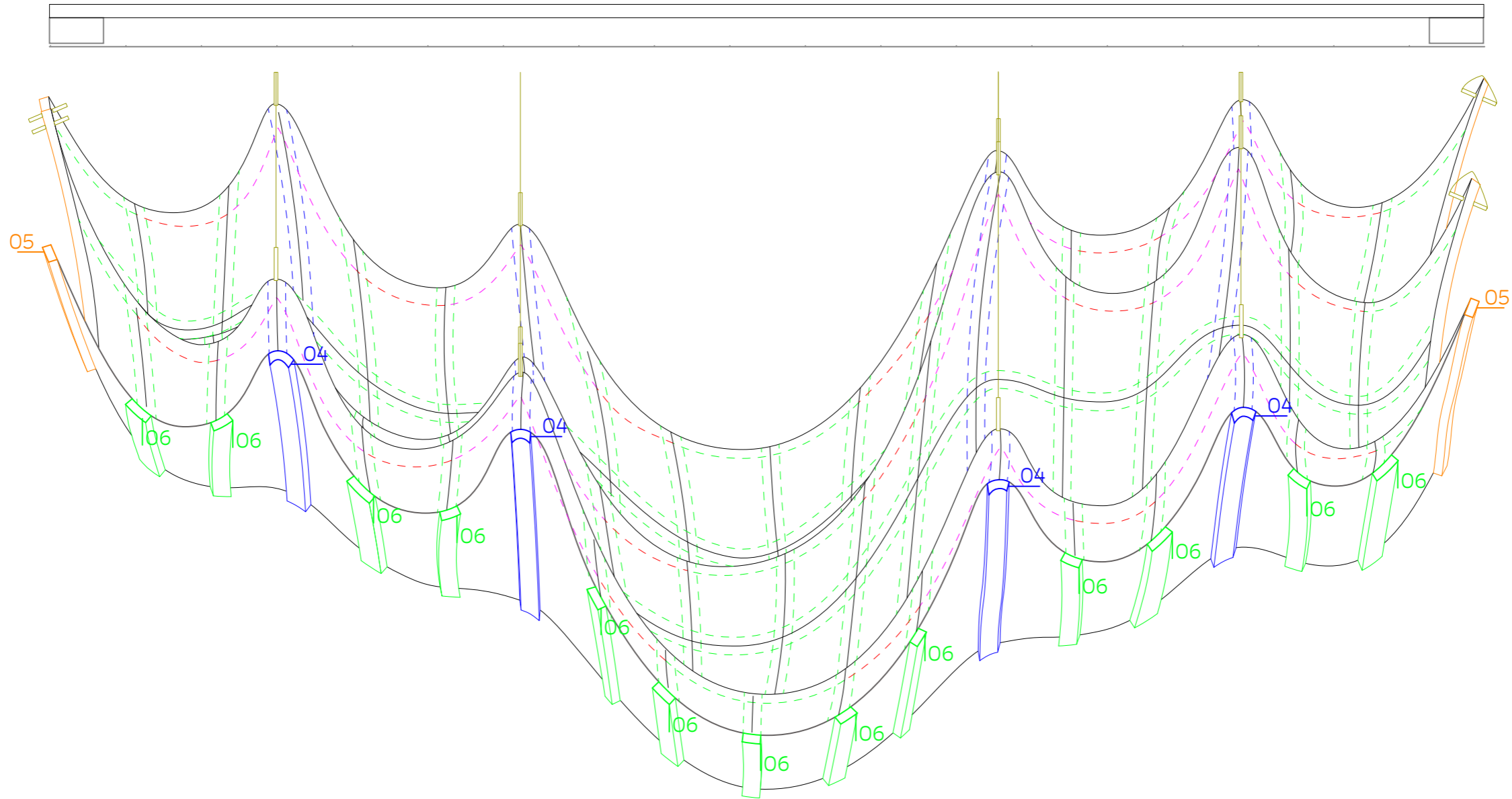
**LEYENDA**

- A. Rollos dobles con puntos de anclaje.
- B. Rollos dobles sin puntos de anclaje.
- C. Rollos simples.
- UI. Ejes de adhesión entre membranas
- 01. Nervadura punto de anclaje 4x1cm
- 03. Extensión nervadura de anclaje 4x1-1x1cm
- 02. Sistema de anclaje para alzado
- 4. Nervadura transversal puntos de anclaje 1x1cm
- 5. Nervadura perimetral 2x1cm
- 6. Nervadura auxiliar 1x1cm

[Img 39] Planta indexada de manto estirado. Imagen de fabricación propia con asistencia de Ailyn Nannig.

[Img 40] Planta indexada de manto colgado. Imagen de fabricación propia con asistencia de Ailyn Nannig.

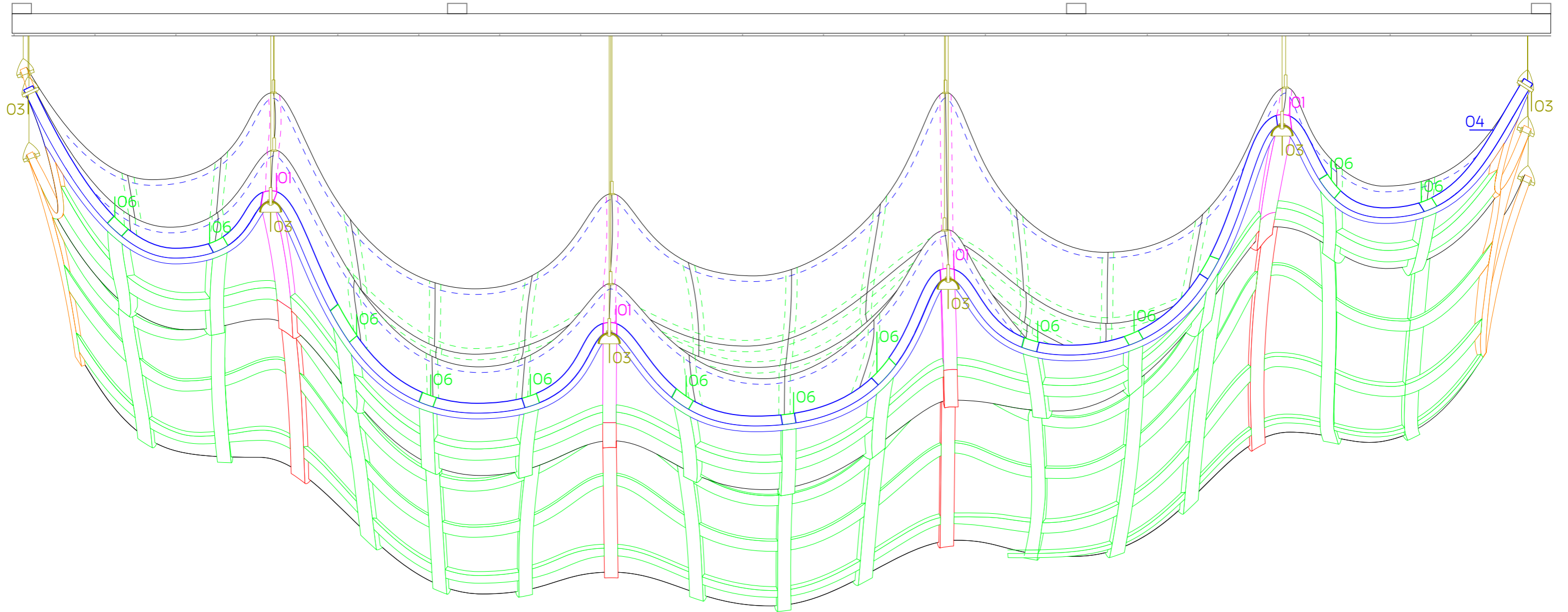
B - B'



[41]

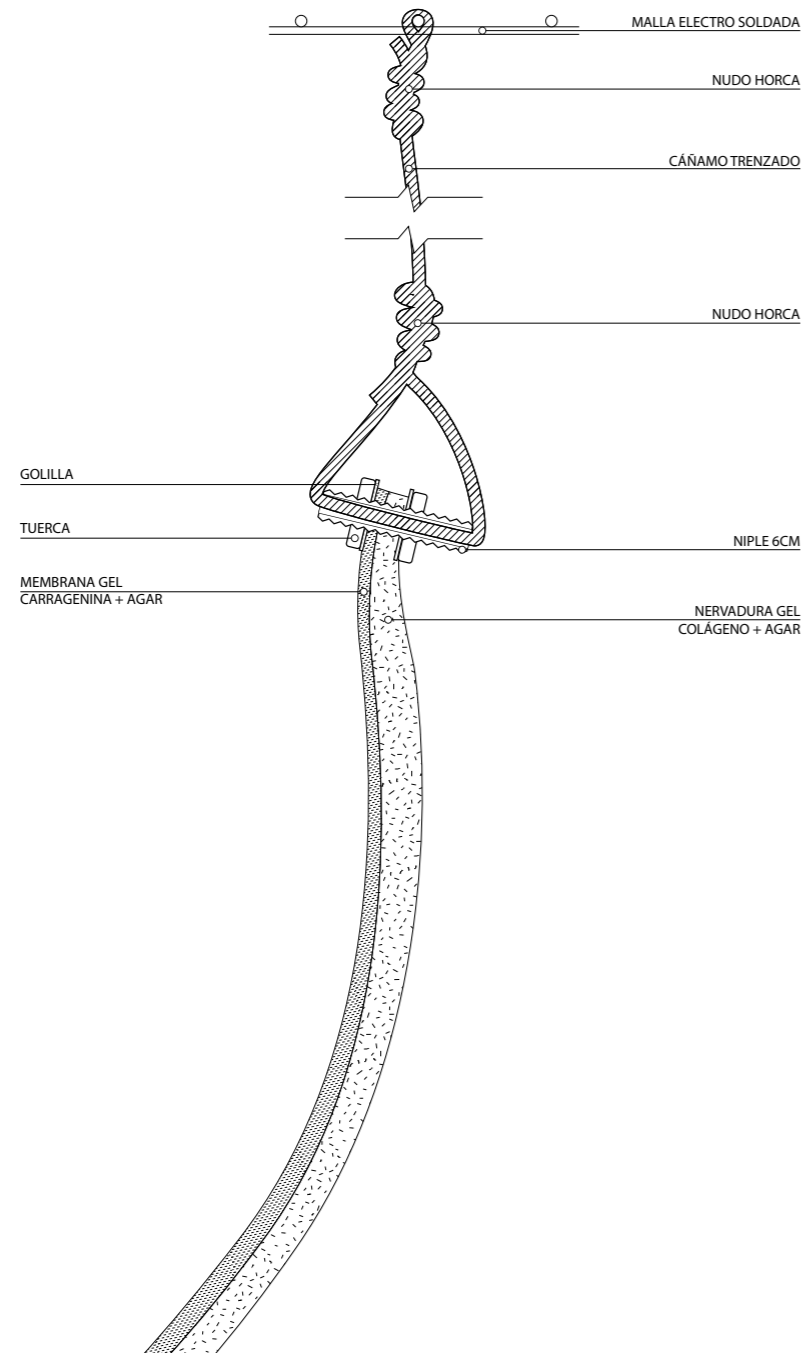
[Img 41] Sección transversal de manto colgado.  
Imagen de fabricación propia.

A - A'

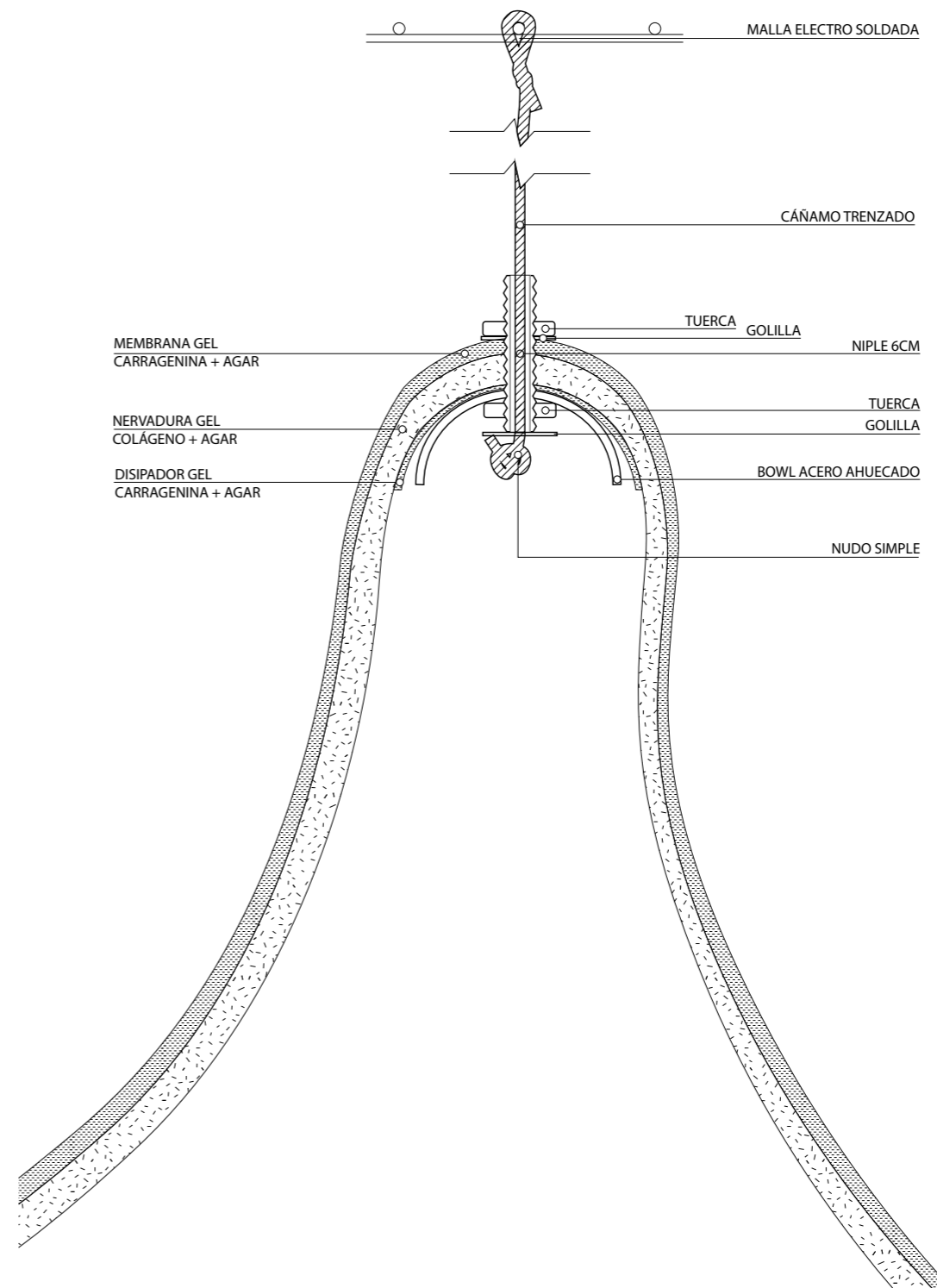


[42]

[Img 42] Sección longitudinal de manto colgado.  
Imagen de fabricación propia.



[43]



[44]

[Img 43] Detalle de sistema de anclaje primetral. Imagen de fabricación propia.

[Img 44] Detalle de sistema de anclaje ínterno. Imagen de fabricación propia.

## 6

### UTOPIÁS

Entendiendo que el proyecto sólo pudo ser sometido a problemáticas arquitectónicas relacionadas a variables físicas y naturales, ya que su realización estaba atada a limitantes económicas, tecnológicas, espaciales y temporales, es

que se plantean una serie de supuestos donde se resalten algunas de las propiedades más interesantes del material.



[46]

Ya comprobada la capacidad autoportante del gel, el manto es empleado para formar pequeñas estructuras capaces de proveer sombra y refugio de los variables ambientales. Las recetas de gel se refinan para ser resistentes

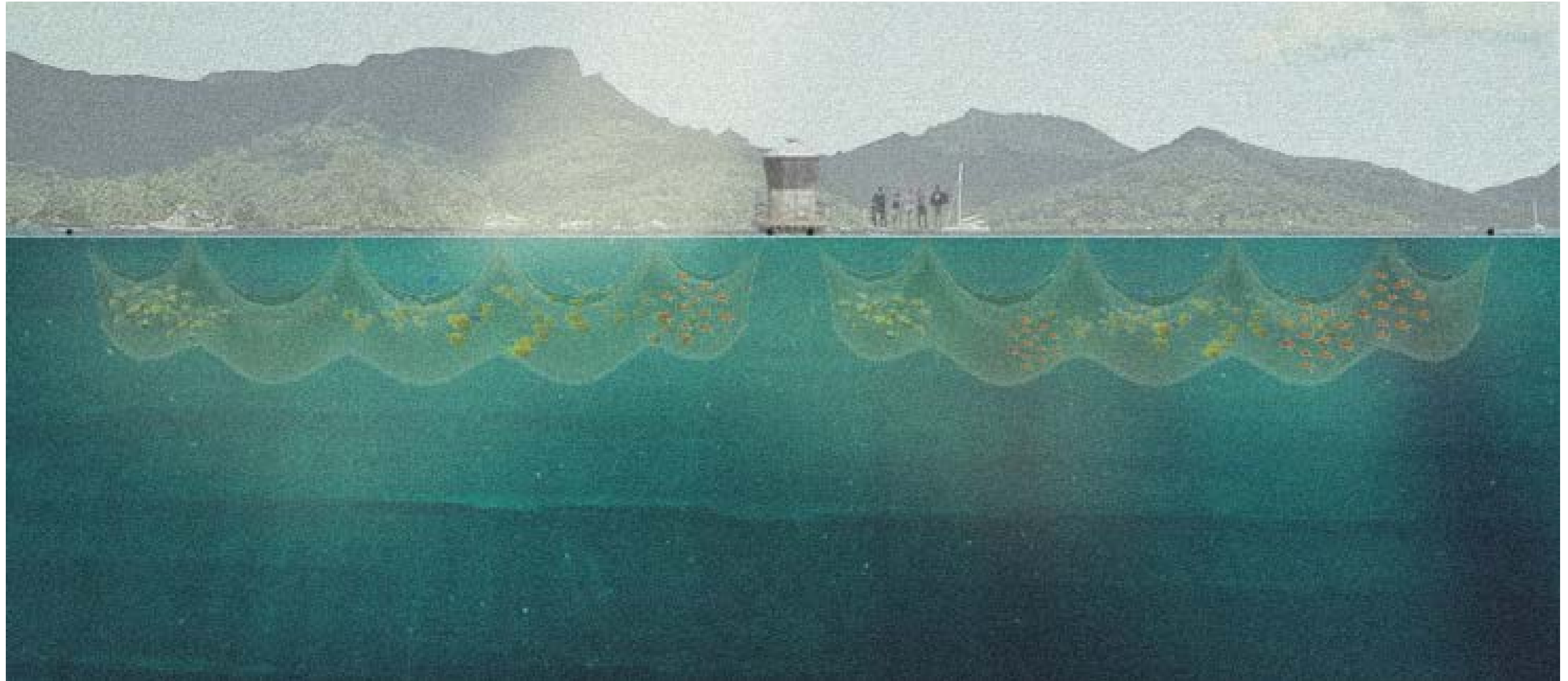
a la humedad, mediante la alcalinización precisa de la mezcla, y resistentes a altas temperaturas mediante el uso de nuevos gelificantes como la celulosa y el alginato. Una vez que la estructura necesite ser reemplazada, puede descomponerse

rápido por medios simples, tales como enterrarlo en un área húmeda y parcialmente anaeróbica, sirviendo de fertilizante en pocos meses.

[Img 45] Imagen de paradero en base al manto colgado y volteado, formando bóvedas autoportantes.

Imagen Fabricada por Dannery Elizondo.





[46]

Dadas las cualidades biodegradables y nutritivas de los geles, se propone una estructura semi sumergible, compuesta en su totalidad por gel de agar y carragenina. El objetivo de esta obra es proveer de un hábitat seguro a múltiples especies marinas

amenazadas o en peligro de extinción, para la crianza y proliferación de ejemplares de múltiples especies que al madurar puedan fácilmente reintegrarse al macro ecosistema. Ya que la estructura está compuesta en su totalidad

por biomaterial, ésta puede servir de sustento para organismos simples como especies de zoo y fitoplancton que al mismo tiempo complementan la cadena alimenticia local. Las bóvedas que forman el manto se mantendrían

por la propia flotabilidad del material, necesitándose solo un marco que lo pueda mantener apropiadamente estirado. Una vez que el manto cumpla su utilidad, este puede ser liberado de forma segura al océano, para

luego ser consumido por la biomasa o eventualmente descompuesto por las corrientes marinas u otros movimientos de agua.

[Img 46] Imagen de criadero de animales marinos basado en manto de biogeles. Imagen Fabricada por Dannery Elizondo.



[47]

Esta idea de proyecto se sustenta en la posibilidad de generar geles mucho más resistentes, así también como uniones flexibles y resilientes a los esfuerzos. En este ejemplo, se proyecta una superficie capaz de

proveer sombra y cobijo a los pirquineros de las canteras, reemplazando la común malla Rachell. Sin embargo, este manto también es capaz de soportar el impacto de detritos rocosos ante un eventual derrumbe

menor, proveyendo un grado mayor de seguridad a los trabajadores.

[Img 47] Imagen de estructura protectora contra derrumbes.

Imagen Fabricada por Dannery Elizondo.

**7**

**IMÁGENES**

*Imagen a colocar  
n°47*

*Imagen a colocar  
n°48*

*Imagen a colocar  
n°49*

*Imagen a colocar  
n°50*

*Imagen a colocar  
n°51*

*Imagen a colocar  
n°52*

*Imagen a colocar  
n°53*

*Imagen a colocar  
n°54*

*Imagen a colocar  
n°55*

*Imagen a colocar  
n°56*

*Imagen a colocar  
n°57*



*Imagen a colocar  
n°58*

*Imagen a colocar  
n°59*

**Hidrogel:** Polímero compuesto por una red sólida (gelificante) y una fase líquida (agua). Esta última se encuentra distribuida y encapsulada entre la trama molecular del gelificante. Debido a esta composición, los geles suelen tener propiedades tanto de sólidos como líquidos. Un ejemplo de esto es su capacidad de poseer una forma definida y estable, pero al mismo tiempo poder traspasar fluidos en su interior o combinarse con otros fluidos al entrar en contacto (miscibilidad).

**Geles de doble trama:** Gel que se compone de dos gelificantes cuyas redes de polímeros se encuentran molecularmente unidas, generalmente con la asistencia de un agente entrecruzador. Este fenómeno permite que los geles sean muchas veces más mecánicamente resistentes que sus contrapartes mono trama, permitiendo su aplicación en trabajos de gran exigencia física.

**Agente entrecruzador:** Así se le denomina a una serie de reactivos que permiten unir cadenas moleculares mediante enlaces covalentes, el cual es el tipo de enlace más fuerte que existe. Esto permite que los geles sean mucho más resistentes a todo tipo de esfuerzo mecánico, además de ofrecer una resistencia térmica mucho mayor.

**Sinergia entre hidrogeles:** Fenómeno que ocurre cuando dos o más gelificantes en un mismo gel son capaces de combinarse y fortalecer sus propiedades.

**Agar-agar:** Agente gelificante extraído de algas. En Chile se extrae comúnmente del alga Pelillo Rojo (*Agaropython Chilensis*), la cual habita la totalidad de litoral nacional, pero su cosecha se concentra en las playas de Chiloé. Los geles fabricados en base a agar suelen ser especialmente duros, inclusive cuando se conforman en un 85% de agua, sin embargo, también son muy quebradizos, rompiéndose ante grados mínimos de flexión. La coloración de estos geles es siempre blanquecina y opaca.

**Carragenina:** Agente gelificante. Al igual que el agar, este polisacárido es extraído de algas, específicamente de algas rojas (*Algae Chondrus*). Si bien no existe una industria nacional muy grande respecto a la extracción de este agente, el alga roja prolifera abundantemente en todo el litoral central y norte, habiendo entonces, un potencial extractivo inmenso. Los geles de carragenina suelen ser muy blandos y flexibles, aguantando sin problemas esfuerzos de flexión. Sin embargo, estos se fracturan rápidamente ante la compresión o tensión. Su coloración es siempre transparente con ligeros tonos amarillentos y naranjos.

**Polisacárido:** Polímero compuesto por cadenas de azúcares, comúnmente sintetizados por organismos para el almacenamiento energético y calórico. Estructuralmente, los polisacáridos son uno de los grupos de macromoléculas más mecánicamente resistentes,

necesitándose grandes cantidades de energía para obtener sus monómeros. Ejemplos comunes de polisacáridos son la celulosa, quitina, almidón y glucógeno.

**Colágeno:** Gelificante basado en proteínas de origen animal, comúnmente llamada gelatina. Su principal uso se encuentra en la industria culinaria, pero dada su excepcional resistencia, también es utilizado en la industria médica para la síntesis de prótesis blandas. Los geles de colágeno suelen ser extremadamente resistentes a todo tipo de esfuerzo, pero para esto necesitan conformarse de menos de un 40% de agua. Además, su resistencia térmica es muy pobre, derritiéndose a los 30°C. Su coloración es de un naranja fuerte y totalmente traslucido.

**Cianoacrilato:** Cemento de endurecimiento instantáneo que fragua en contacto con agua, la cual puede provenir tanto de una fuente directa como de la humedad ambiental. Este es uno de los pocos adhesivos capaces de acoplarse a la superficie de hidropolímeros. Es comúnmente utilizado en la confección de "super pegamentos" de uso doméstico, sin embargo, dada su nula toxicidad, también es usado en el campo médico para la sutura de diversos tejidos. Puede diluirse en solventes orgánicos como la acetona (siempre y cuando ésta no se encuentre diluida con agua), permitiendo generar interfaces adhesivas capaces de ser flectadas sin fracturarse.

1. Liu, Q., Nian, G., Yang, C. et al. Bonding dissimilar polymer networks in various manufacturing processes. *Nat Commun* 9, 846 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03269-x>

2. Jiang, Zhiqiang & Li, Ya & Shen, Yirui & Yang, Jian & Zhang, Zongyong & You, Yujing & Lv, Zhongda & Yao, Lihui. (2021). Robust Hydrogel Adhesive with Dual Hydrogen Bond Networks. *Molecules*. 26. 2688. 10.3390/molecules26092688.

3. Kundu, Debashis & Banerjee, Tamal. (2020). Development of microcrystalline cellulose based hydrogels for the in vitro delivery of Cephalexin. *Heliyon*. 6. e03027. 10.1016/j.heliyon.2019.e03027.

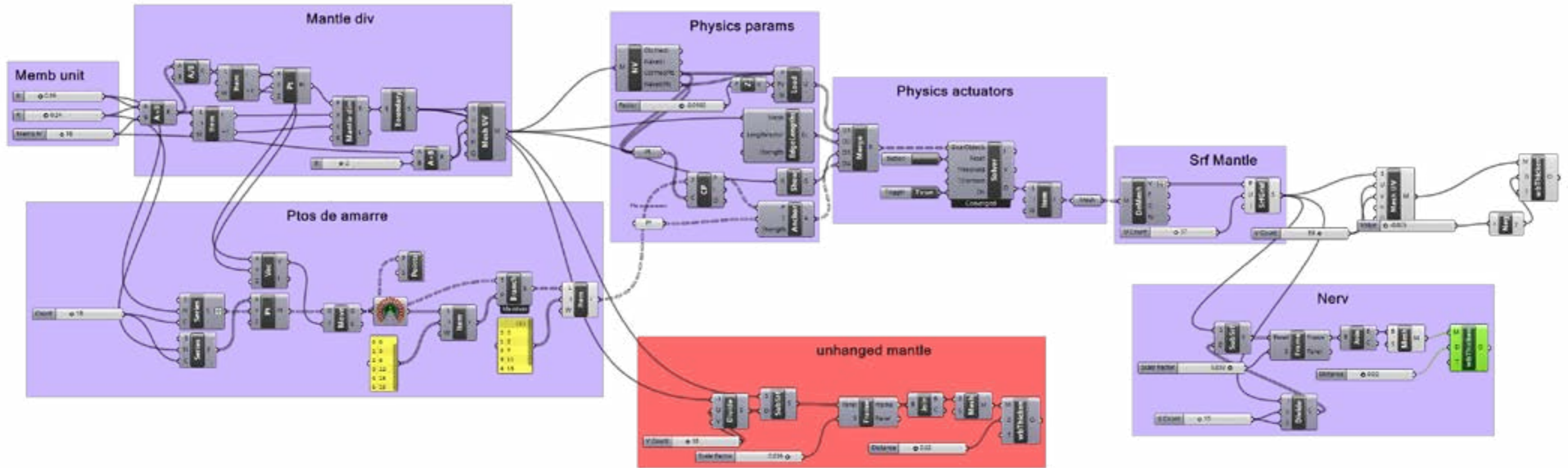
4. Sperisa Distantina, Rochmadi, Mohammad Fahrurrozi and Wiratni. (2014). Stabilization of Kappa Carrageenan Film by Crosslinking: Comparison of Glutaraldehyde and Potassium Sulphate as the Crosslinke Chemical Engineering Department, Sebelas Maret University, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta 57126, Indonesia. Chemical Engineering Department, Gadjah Mada University, Jl. Grafika 2 Yogyakarta 55281, Indonesia.

## 9

### GLOSARIO CONCEPTUAL

## 10

### Bibliografía



[6]

# 11

## ANEXOS

[Img 60] Imagen de código utilizado para diseñar mano de manera digital. Imagen de fabricación propia.