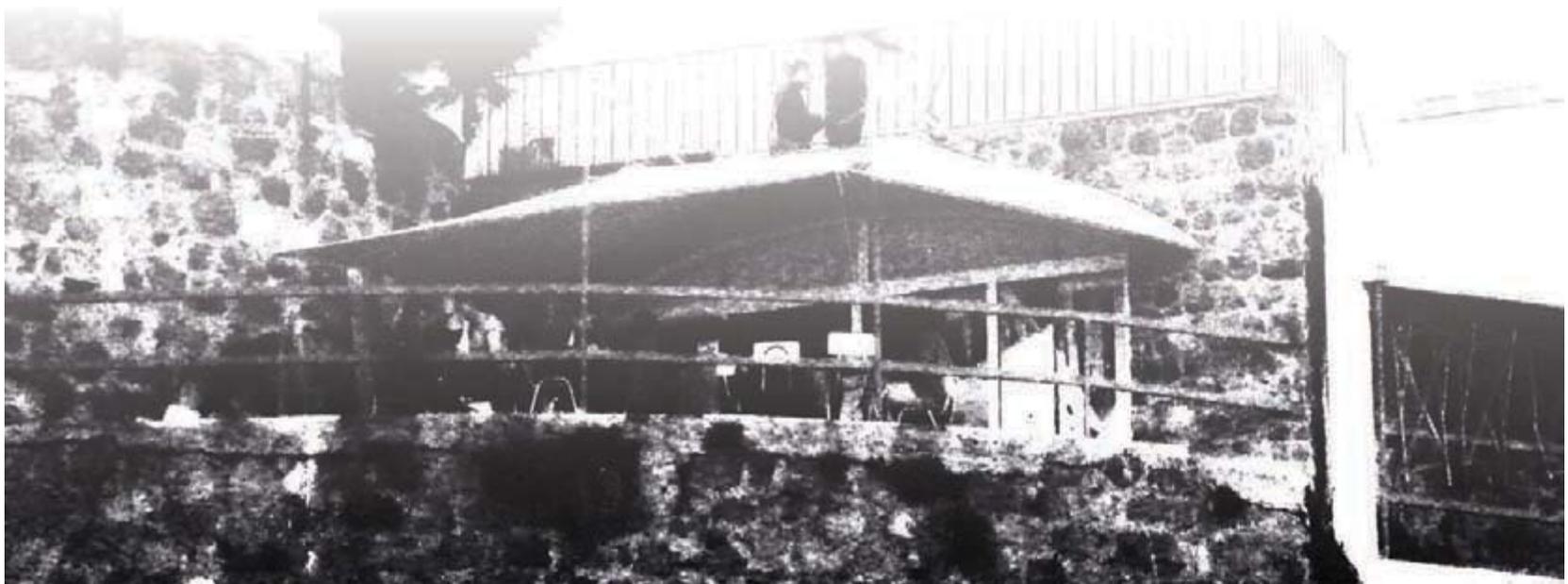


# umbra

## sombras habitables bajo membranas tensadas

escuela arquitectura y diseño e.[ad]  
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
año 2008

alumna: Paulina Tapia Cabrera  
profesor: Juan Carlos Jeldes P.  
diseño industrial





Sus conocimientos  
me han mostrado el mundo  
porque son la historia de sus actos,  
despertando mi imaginación  
me llevará a cambiarlo,  
donde lo conocido sea mi liberación  
para que aparezca lo nuevo como el desconocido  
y que sea fuente de mi descubrimiento.

gracias mamá y papá



*El lugar (arriesga la respuesta) Lugar de ENCUENTRO, dicho de otro modo el Lugar es allí donde hay Encuentro.  
Cualquier encuentro << Bon jour Monsier Courbet>> es un Lugar.  
Por lo tanto la esencia del lugar depende de la esencia del encuentro: y hay historia en el lugar.*

## índice

PRÓLOGO _____	11
INTRODUCCIÓN _____	13
introducción	13
umbra bajo una membrana	15
las formas en la naturaleza	116
CAPÍTULO UNO: HABITAR LA INTEMPERIE _____	21
del lugar. vivir en la luz y la sombra	23
un coreto	26
sombra como lugar de trabajo	28
generar una umbra para actos del lugar	29
ubicación	40
CAPÍTULO DOS: ESTUDIO DE LA FORMA _____	45
estudio de membranas	46

CAPÍTULO TRES: PROYECTO: UMBRA EN EL BORDE	53
---	----

metodología - problemática	55
Bruno Munari: ¿cómo nacen los objetos?	56
proyección de una sombra	63
situación espacial	65
propuestas formales iniciales	66
pensamiento formal	78
proceso constructivo membrana	86
en cuanto al lugar-espacio	99

CAPÍTULO CUATRO: PLANIMETRÍA	107
---------------------------------	-----

ANEXO UNO: PRESUPUESTO PROYECTO	127
------------------------------------	-----

ANEXO DOS: MEMBRANAS EN EL MUNDO	131
-------------------------------------	-----

COLOFÓN	143
---------	-----



## prólogo UMBRA

En general una "UMBRA" es una luz templada cuando se relaciona con la luz directa y abierta del sol. Más allá de ser una sombra o ausencia de luz, es una luz controlada y adecuada. Esta luz constituye para las personas un espacio habitable y "grato".

Cuando fuera del espacio habitable, la temperie es irregular a las personas, con exceso de luz, calor y resaca, este espacio, por elemental que sea, cobra la relevancia al convertirse en un estar. Así tenemos las tiendas de los trashumantes en los desiertos o los árboles en las plazas, ambos ejemplos son generados a partir de formas leves.

Las construcciones leves, de espesores despreciables en su figura, muchas veces nos atrapan por sus sinuosidades y tensiones, figuras perfiladas en su propia condición estructural (una tela cae o se tensa, no se conforma a la compresión), aquí el ingenio de su estructura y la pureza de sus piezas nos seducen como objetos. Pero, cuánto importa "el aire fresco" y "la luz suave" que bajo ésta se conforma, es decir, cuán importante es el lugar del "estar" que permite.

Esta última pregunta es con la cual Paulina Tapia concluye la presente memoria de título, y con ello sus estudios en la carrera de Diseño Industrial en nuestra Escuela. En esta memoria registra la experiencia del taller de título en el cual trabajó, junto al taller de 2º año de diseño de objetos, al término del 2007 y, en el 2008, con sus compañeras Karen Corral y Valentina Quivira, quienes continúan en el desarrollo del tema aquí expuesto.

Prof. Juan Carlos Jeldes P



## INTRODUCCIÓN

Desde hace tiempo, la ligereza, la adaptabilidad y la flexibilidad han sido cualidades asociadas a la construcción de toldos. Redes, membranas y estructuras en forma de pórticos espaciales, no pertenecen a ningún período o estilo arquitectónico específico. A través de la historia, hace miles de años, la construcción de toldos ha demostrado su capacidad de creación, logrando refugios sencillos con un mínimo de materiales.

La forma de la estructura de membranas no puede ser diseñada de manera convencional. Dadas las cualidades elásticas del material de la membrana, su forma es frecuentemente derivada de las características físicas, propias a éste, dentro de los parámetros fijados en la proyección. Estos incluyen el perímetro exterior, la localización de los puntos elevados, la distribución de cargas, la dirección de fabricación de la estructura y las propiedades de dilatación transversal del material. En la práctica, el diseño debe tomar en cuenta que el material sólo puede soportar cargas de tensión. Las cargas de compresión conducirían a la formación de pliegues en el material, los que podrían producir un acortamiento de la vida útil en la construcción. Ya que la tensión representa una constante fuente de cargas en la membrana, ésta debe mantenerse entre límites razonables, de otra manera la vida útil de las mallas textiles se reduciría rápidamente.

El concepto de superficie mínima, es decir, la superficie con el área más pequeña dentro un perímetro dado tiene singular importancia al determinar una forma. Una membrana acorde a este principio siempre que estará sujeta a fuerzas de tensión, debe cambiar su forma. Si se somete a cargas, la superficie de las membranas no diseñadas de esta manera, se reduciría, y esto podría resultar en la formación de pliegues. Estas consideraciones se basan en la suposición de que el material se comporta isotrópicamente, es decir que tiene las mismas propiedades físicas en todas las direcciones, al igual que una pompa de jabón. Las membranas textiles, sin embargo, tienen una estructura ortogonal con "hilos de urdimbre" y "hilos de trama" de diferentes características en términos de fuerza y elasticidad. Éste es otro parámetro que debe de tomarse en cuenta en la determinación de la forma.

Las superficies pretensadas, por lo general, membranas espacialmente curvadas, son elaboradas cortando secciones planas en reposo, fijándolas unas sobre otras, de tal forma que al tensionarse adquieran la forma deseada. A raíz de la fineza del material, las estructuras de membrana son extremadamente sensibles a cargas puntuales. Todas las técnicas de unión, por esta razón, deben garantizar que la distribución de cargas sea lo más uniforme posible.

La palabra latina "membrana", significa pergamino o piel, cuya característica más importante es su escaso grosor. Las membranas modernas utilizadas en la construcción de edificios como superficies de transmisión de cargas, deben ser capaces de tensarse y adoptar formas curvas tridimensionales. Estas delgadas capas resisten, únicamente a cargas de tensión. Las membranas tensadas mecánicamente deben formar, idealmente, una superficie curvada en direcciones opuestas.

Luego de saber lo que es una membrana y lo que requiere su construcción, aparece la pregunta ¿qué es una membrana en sí? La construcción de una membrana es cercano al cuerpo, una superficie que se encuentra por sobre los cuerpos que delimita un espacio habitable en el recorrido que demarca en el suelo la sombra proyectada. Estar debajo de una membrana es, entonces, estar debajo de una umbra que acoge.

Si tomamos la definición de umbra (en latín: "sombra") es la parte más oscura de una sombra. Dentro de la umbra, la fuente de luz es completamente bloqueada por el objeto que causa la sombra. Esto contrasta con la penumbra (en latín: paene " casi " + umbra "sombra"), donde la fuente lumínica sólo es bloqueada parcialmente.

La sombra, en cambio, es una región de oscuridad donde la luz es obstaculizada. Una sombra ocupa todo el espacio de detrás de un objeto opaco con una fuente de luz frente a él. La sección eficaz de una sombra es una silueta bidimensional o una proyección invertida del objeto que bloquea la luz.

Cuanto mayor es el ángulo entre la dirección de la luz y un objeto alargado que la obstaculice, más corta será su sombra. Por otro lado, cuanto menor sea el ángulo entre la dirección de la luz y la superficie en la que aparece la sombra, más larga será ésta. Si el objeto está cerca de la fuente luminosa, la sombra será mayor que si el objeto se encuentra lejos. Si la superficie está curvada, habrá más distorsiones.

Cuando la fuente de luz no es puntual, la sombra se divide en umbra y penumbra. Cuanto más ancha es la fuente de luz, más difuminada o borrosa será la sombra.

## UMBRA BAJO UNA MEMBRANA.

Construir membranas está estrechamente relacionado a la construcción de una sombra, una umbra, o más bien una penumbra: la tela que se utiliza para generar este tipo de sombras se trabaja para obtener una luz sombreada, tenue.

Es real el querer alejarse de la luz del sol para estar protegido y habitar este espacio-umbra, sin embargo, la tela tiene esta suerte de translucidez que atrapa la luz y la vuelve tenue y grata a la vista.

Lo que se genera dentro es un lugar retirado de la luz directa y convertido en sombra que aparece demarcado en el suelo por el dibujo proyectado de la forma del toldo: se dibuja una figura que va cambiando con el recorrido del sol.

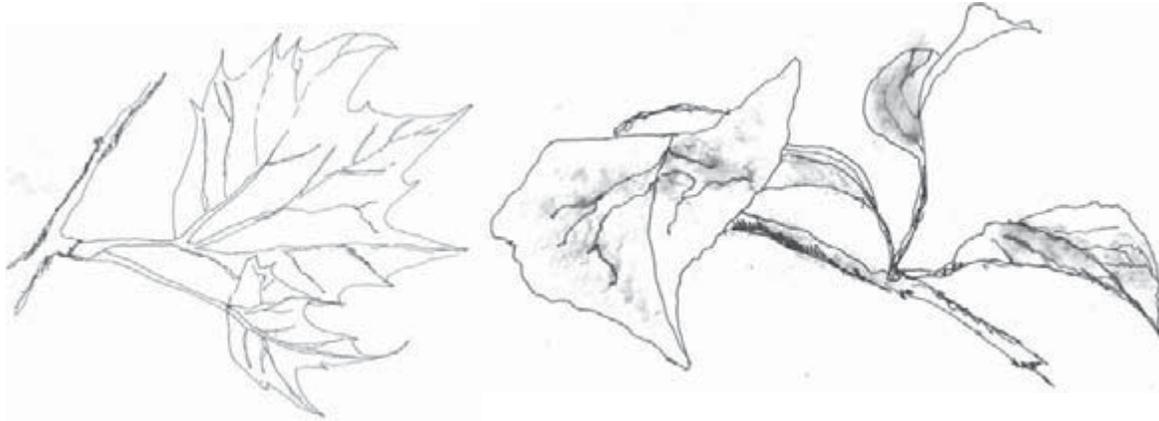
A su vez, al ser una superficie mínima como un cielo conformado y no existir una delimitante al cuerpo en su verticalidad como paredes que generan la detención del recorrido, el exterior se hace parte del interior en cuanto al traspaso de la mirada, es entonces un espacio público habitable que se recorre por su interior con la posibilidad de un salir inmediato.

Sin embargo, sí existe una delimitación al cuerpo que es visible por la demarcación en el suelo, pero imperceptible en su verticalidad. Esta última sólo aparece cuando la luz del sol se hace visible en el cuerpo de la persona: es ahí cuando se demarca la salida de la carpa.

Además, la luz exterior entra en rebote desde los elementos que se encuentran por fuera. Tanto rebote de luz como translucidez de la tela conforman una sombra de luz debajo del toldo.

Entonces estamos construyendo un espacio iluminado por una luz natural pero con una demarcación del territorio habitable al cuerpo que se encuentra próximo: es un envolvente el espacio inmediato que rodea un cuerpo para contenerlo.

## LAS FORMAS EN LA NATURALEZA



Si miramos las formas que posee la naturaleza, éstas, aunque han sido moldeadas en gran parte por la selección natural y evolución, pueden ser explicadas al mismo tiempo por fenómenos físicos que ocurren dentro de la misma naturaleza o por fenómenos que ocurren en el entorno y la influyen.

Tomando el caso de una planta cualquiera si observamos la mayoría de las hojas, éstas tienen que conformarse con una doble curvatura para poder estructurarse, situarse en un eje horizontal, y no dejarse vencer por la gravedad. Es muy probable que en la búsqueda de la supervivencia las hojas se hayan ido modificando hasta encontrar esta forma estructural, que no es más que una configuración que resiste a la gravedad.

Ahora bien, hay formas que predominan más que otras, superficies que resultan ser las más utilizadas, y en general diferentes características morfológicas que nos hace pensar que la naturaleza las elige por alguna razón.

La clasificación parte de dos conceptos fundamentales: la línea recta y la línea curva. Aunque la predominancia de la curva en la naturaleza es mucho mayor, la recta nos sirve para ubicar formas geométricas las cuales de algún modo se encuentran configurando morfológicamente formas vivas.

La curva es uno de los patrones y principio que caracteriza la naturaleza, y es resultado de muchos de los principios naturales. Nueve formas que tienen más probabilidad de existir en la materia viva: la esfera, el hexágono, la espiral, la hélice, la punta, el cono, la onda, la catenaria, y el fractal. Las ocho primeras deben su morfología a un parentesco, más o menos lejano, con la simetría circular.



Las hojas en las plantas aparecen con un orden entre ellas. Orden de distribución: Pueden seguir una o más líneas continuas con relación al tallo.

Aparecen rodeando en una suerte de espiral con relación a este mismo tallo. Guardando su interior, sin dejarse traspasar.

El paraboloides hiperbólico tiene una característica especial, y está formado por dos curvas funiculares opuestas en dirección una de la otra. Si cogemos una membrana y la estiramos desde sus cuatro extremos, dos puntos más altos que los otros dos, se forma esta figura, una superficie mínima como sucede en los principios de la naturaleza. Si posteriormente se rigidiza, el resultado es una cáscara que va a soportar muy bien las cargas externas, llegando nuevamente a otro principio: la forma es estructura.

En el reino vegetal se ve claramente que la estructura es la forma, la forma no es un disfraz de la estructura, ambas cosas son una, por eso otra forma de minimizar recursos es dotar a esa forma o esa superficie de estructura.

Muchas de las estructuras tensadas y pre-tensadas parten con un fundamento de la utilización de principios y fuerzas de la naturaleza para buscar formas óptimas: desde un punto de vista de eficiencia estructural, es decir, configuraciones que resistan bien a las cargas externas, y formas que estéticamente adquieren gran armonía y equilibrio formal.

Lo interesante, es que este método toma en primera instancia las propiedades que tiene el espacio y las restricciones que le pone a la forma, y en segundo lugar, utilizar fenómenos físicos como objeto de estudio, que influyen de manera certera en los procesos de generación de la forma en la naturaleza. Es de alguna manera estudiar las formas de la naturaleza para llegar a la naturaleza de la forma, extraer sus principios, y utilizarlos de manera óptima.



Hojas se suspenden  
 por sobre sus tallos  
 y los hacen desaparecer  
 quedando en una parte  
 de arriba.  
 Esto también en la  
 superposición de las  
 ellas mismas  
 sombra interior hace  
 desaparecer al árbol

luces cambian en la superposición de las hojas, y la  
 sombra interior hace desaparecer al árbol



hojas se suspenden por sobre los tallos y los hacen  
 desaparecer, quedando éstas flotando en sí mismas a la vista.

hojas con una doble curvatura para mantenerse erguidas.  
aparecen con un orden en su configuración con el tallo  
que desata un volumen.



Las hojas tienen una  
doble curvatura  
para mantenerse  
erguidas. Aparecen  
en el fondo de la  
otra formando como  
dos abanicos  
por las vallas, tienen un  
que les permite abanarse  
y mantenerse.

curvatura hacia  
arriba y abajo.





## **capítulo uno : habitar la intemperie**

obra travesía 2007 . Caraíva, Bahía, Brasil

travesía



Nuestro grupo se conformó por dos talleres: quinto de arquitectura y segundo de diseño industrial, tres profesores: Juan Carlos Jeldes, Andrés Garcés y Rodrigo Saavedra, y tres titulantes: Paulina Tapia, Rodolfo Wiedmaier y Jorge Olguín.

## DEL LUGAR. VIVIR EN LA LUZ Y LA SOMBRA

Caraíva aparece como un lugar de descanso, la gente frecuenta las amplias calles que se convierten en plazas, los árboles aparecen repetidos y repartidos contiguos a los caminos por todos los sectores. La vida durante el día transcurre bajo las sombras que proporcionan estos árboles. En las horas de más calor existe una continua permanencia por debajo de estos, donde las ramas y hojas actúan como cubiertas de perfectas celosías que constituyen espacios que acogen a modo de refugio de este clima.

El habitar del lugar le pertenece a las viviendas y las calles. En el día se abren puertas y ventanas donde lo interior y exterior se combinan para generar una vida pública, apareciendo sólo como lugares de paso para el cuerpo, vista y aire, donde el continuo traspaso de un lado a otro pierde extrañeza y se hace cotidiano.

Las sombras por sí solas se delatan como lugares habitables y se van constituyendo estos lugares públicos y cotidianos entre los lugareños.

calle del borde costero



calles de interior



camino de borde. resguardo ante el sol en la construcción de la sombra.



calles interiores con una continuidad de árboles al paso



sombra de resguardo bajo los árboles. lugares de encuentro cotidianos

## UN CORETO

Coreto es un espacio construido al aire libre situado en plazas y jardines para acoger bandas musicales, conciertos y festividades. Es también usado para presentaciones políticas y culturales.



Coreto do Parque Municipal de Aveiro, Portugal



O Coreto de Arganil, Portugal



O Coreto de Colares, Portugal

Los coretos generalmente son construcciones de fierro, madera y cemento. Se componen de pilares de fierro y por dentro en el techo poseen una concavidad por la acústica.

El significado histórico hace referencia a reuniones festivas donde se bebe y se da gracias con canciones. Este tipo de construcciones se pueden ver en Portugal, España y son propias, también, de Brasil.



Coreto da Cidade de Casimiro de Abreu, Brasil



A Praça do Coreto, no Mindelo, Brasil

Un coreto en una plaza es un reconocido punto de encuentro entre las personas, y la plaza, como lugar de tránsito. Por lo general cuentan con un espacio por alrededor para convocar una detención en las personas y generar un acto, ya sea musical o cultural.

## SOMBRA COMO LUGAR DE TRABAJO

Nuestra cotidianeidad no se funde con la del lugar, existe un desconcierto de parte nuestro grupo de travesía en cuanto a lo que se requiere del esfuerzo de trabajar en un lugar como al que nos enfrentamos. El lugar escogido para trabajar, que a su vez es el lugar de la obra, nos aparece con dificultad en cuanto a la magnitud del calor que proporciona, carece de resguardo en sombra y nos damos cuenta pronto que para los lugareños no es un lugar para estar, sino que se ocupa como un lugar de paso y como lugar de juego para los escolares.

Por el perímetro de esta plaza se encuentran construcciones de casas, colegio, posta, negocios; todos ellos ubicados en relación a este espacio, de frente al lugar, advirtiendo este lugar de acto.

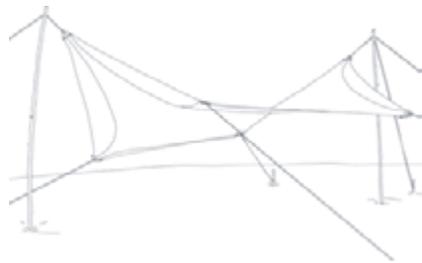
Aparece la idea de construir una primera sombra para el resguardo de nosotros mismos en la medida en que se trabaja en las faenas.



primera reunión travesía bajo el toldo . discusión de faenas y lugar.

Con esto se realiza una primera prueba en cuanto al terreno, la luz y el viento: se levanta un toldo de doble curvatura, con dos parantes y unas estacas al suelo amarradas a puntos cercanos que proporcionan una distancia eficaz para construir un espacio para faenas.

Al levantar el toldo aparecen algunas conclusiones en cuanto a la luz de la se necesita cual resguardar y al aire que se quiere recibir. El clima y la luz son dos factores muy distintos a los cuales nos tuvimos que enfrentar. La temperatura es muy elevada y no permite estar horas continuas sin resguardo.

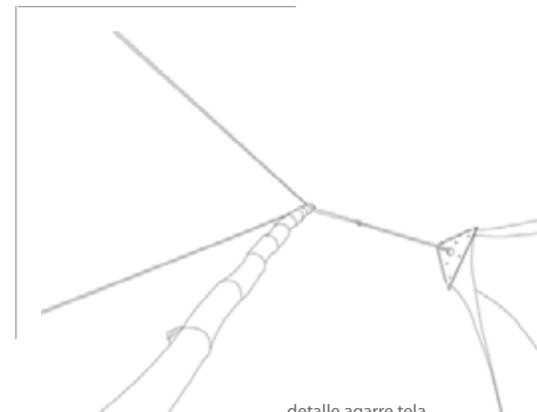


membrana de doble curvatura



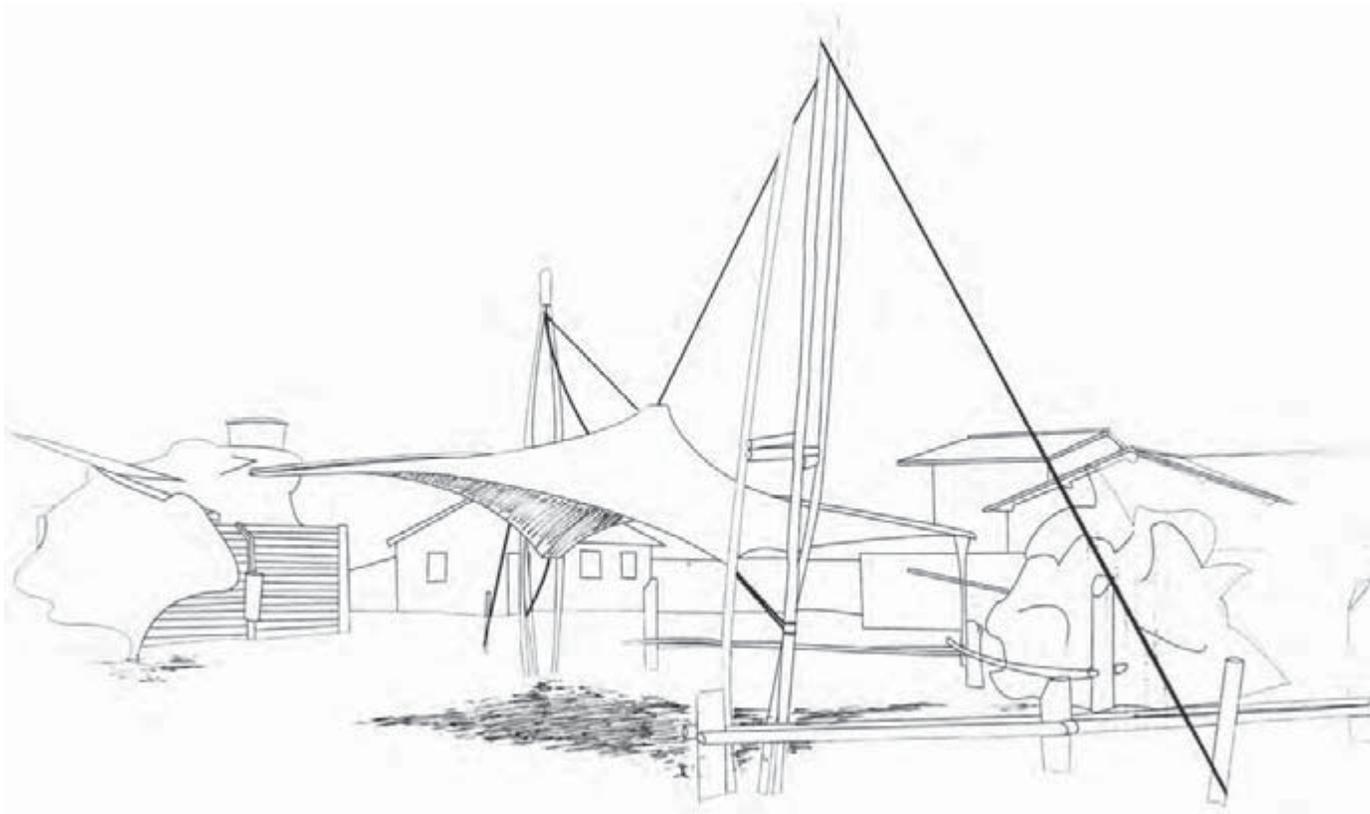
Este toldo de trabajo posee un área de 32 m<sup>2</sup> y se levanta 4 mt aproximadamente en su parte más baja. Los parantes tienen un alto de 7 mt aproximadamente y se empotran a 1 mt de profundidad. El paño se tensa hacia unas estacas, las cuales se encuentran ubicadas en dirección norte y sur para generar una sombra durante el día, siguiendo el recorrido del sol.

Su altura no es favorable en relación a la sombra que se quiere obtener, ya que la luz que pesa en las horas de trabajo no es vertical, sino que es perpendicular al sector donde nos encontramos. Entonces el toldo se utiliza para secciones de descanso del trabajo y no como una sombra permanente.



detalle agarre tela

GENERAR UN ESPACIO DE UMBRA PARA ACTOS EN EL LUGAR:  
DIMENSIÓN DE OBRA



La obra de travesía se constituye por dos partes: un volumen que genera un coreto y una membrana que desata una sombra. Como totalidad construye un espacio para evocar actos en sí mismo y, además, hacerse parte del lugar para acompañar lo que acontece.

Detenerse bajo esta membrana significa quedar protegido bajo una sombra, una umbra que construye la detención y a la conformación de un acto. Construir una sombra es hacer referencia a la vida cotidiana del lugar: en Caraíva se generan sombras y se habita en ellas.

Un toldo genera un espacio con una lectura en sí de poder habitarse en su interior: se genera una umbra que resguarda de condiciones externas evocando a las personas a estar inmerso dentro, albergados. Estar debajo es estar dentro.

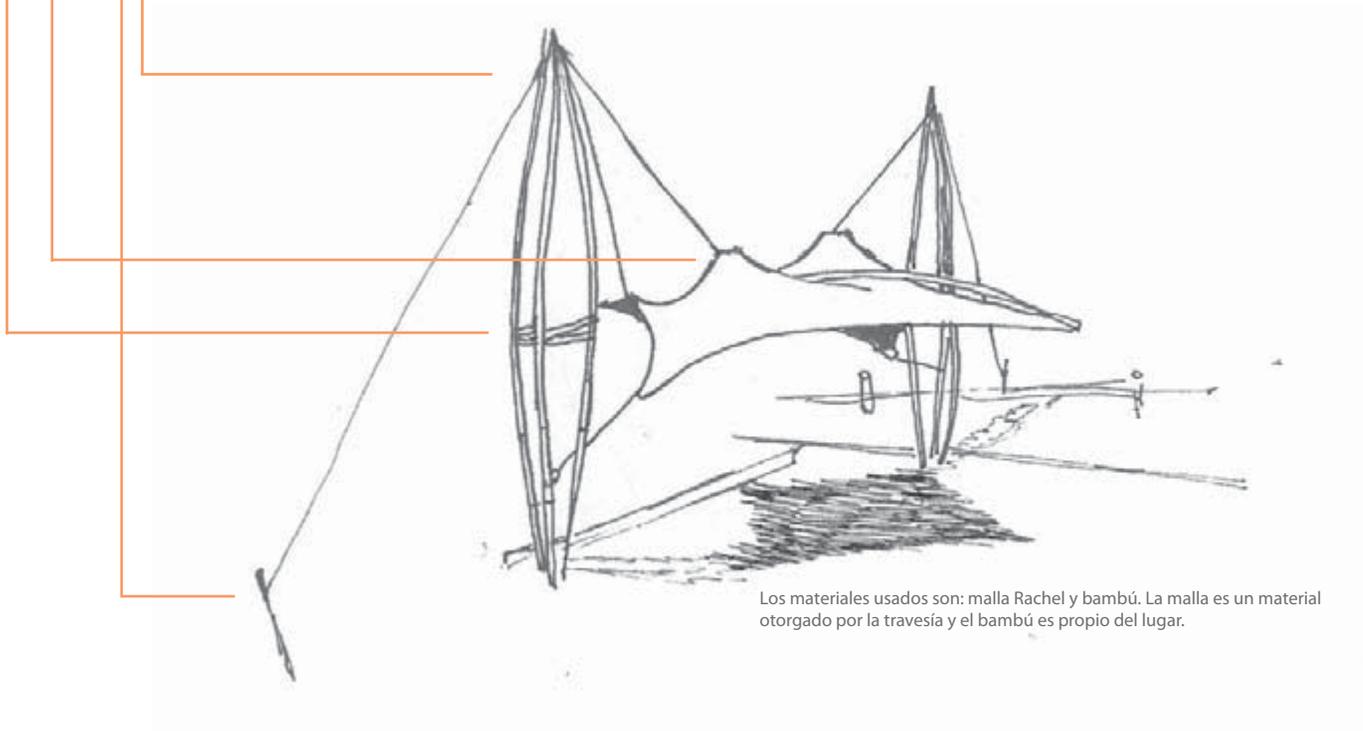
## forma

Se construyen dos parantes de bambú de 7 mts de largo en forma triangular con separaciones para hacerlo estructuralmente resistente.

El paño se construye con 3 capas de malla Rachel negra y una de malla blanca.

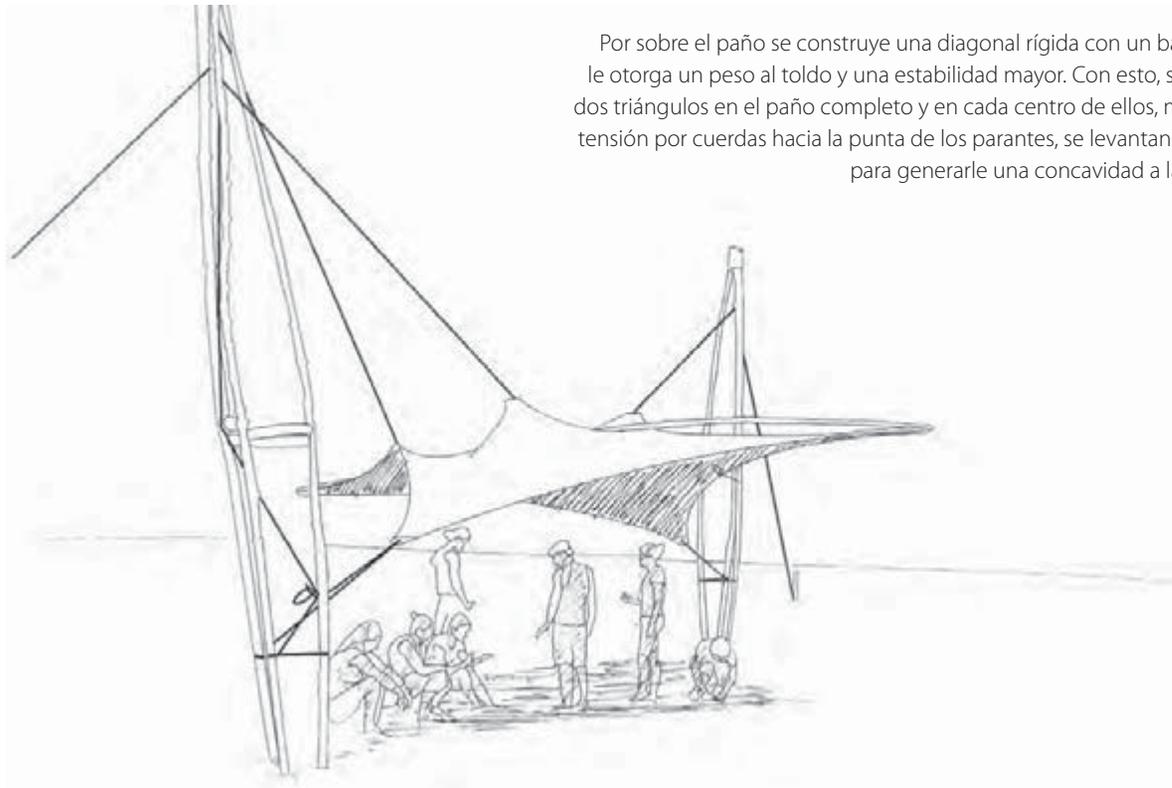
Se levantan los parantes empotrándolos 1.50 de profundidad y con dos vientos en relación a una línea virtual que atraviesa diagonalmente a la membrana.

El paño se tensa desde la máxima altura de los pilares quedando a 2.50 aproximadamente desde el suelo.



Los materiales usados son: malla Rachel y bambú. La malla es un material otorgado por la travesía y el bambú es propio del lugar.

Por sobre el paño se construye una diagonal rígida con un bambú, el cual le otorga un peso al toldo y una estabilidad mayor. Con esto, se conforman dos triángulos en el paño completo y en cada centro de ellos, mediante una tensión por cuerdas hacia la punta de los parantes, se levantan unos puntos para generarle una concavidad a la membrana.



Con esta forma que se le otorga al toldo, se genera un carácter propio de resguardo, permitiendo concebir una sombra próxima a los cuerpos cuando se está debajo. Sombra que tiene presencia a la luz del día y atrapa el recorrido de la luz del sol.

## cielo con dos colores

La membrana se conforma por cuatro capas de tela, las cuales 3 de ellas son negras y una blanca. Las capas negras se encuentran en la parte interior de la membrana y la blanca por el exterior (arriba).



La capa blanca que se encuentra por sobre las demás funciona como un reflector de luz sin dejar traspasar el calor. El blanco visible se hace parte del horizonte del lugar, logrando protagonismo en cuanto a su dimensión, pero entregándose en cuanto a forma y materialidad.

El negro de las capas interiores se comporta como un elemento neutro que no deja que la luz actúe como un entorpecedor a la vista. El color le pertenece a la sombra y se conforma un espacio contenedor habitable. Entonces este toldo se habita en espacio y verticalidad.



obra de travesía



la obra



detalles de altura





detalles de la obra



detalles de lamembrana



## acto inaugural



acto inaugural trajo el sentido a la obra: ésta se habitó sin dar aviso alguno de su ley. la obra nos resguardó en el acto y trajo consigo la contemplación que ameritaba tal velada.

Cuando llegó el momento del acto inaugural, fuimos testigos de la hospitalidad que la obra ofreció; se habitó con la naturalidad que se habita un lugar nítido, dando cuenta que el presenciar viene con el cuerpo; el cuerpo acertó en la lectura de la obra. La hospitalidad de ella se juega en su lectura y en el lugar que llena el cuerpo ante la acción; hospitalidad-espacio. El espectador fue acogido como habitante durante el tiempo de acción.



los músicos se realizan en su propio coreto en su propia plaza

El lugar, es una posibilidad para que el ser esté, por tanto el lugar condiciona la posibilidad de ser. Aristóteles señala al lugar como *“el límite inmediato e inmóvil del envolvente”*, siendo en envolvente el espacio inmediato que rodea un cuerpo. Se trata, entonces, de algo que contiene, rodea o envuelve a un cuerpo.

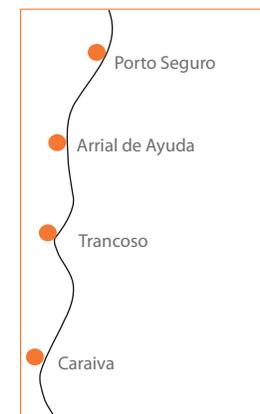
Pero este envolvente nada deja entre él y el cuerpo que envuelve, y permanece inmóvil mientras el cuerpo se mueve. Heidegger reflexiona sobre la esencia del habitar como el espacio en donde algo es cuidado y protegido de toda amenaza. Cuidar como proteger algo en su propia esencia. Habitar, como estar en lo libre que cuida toda cosa llevándola a su esencia.

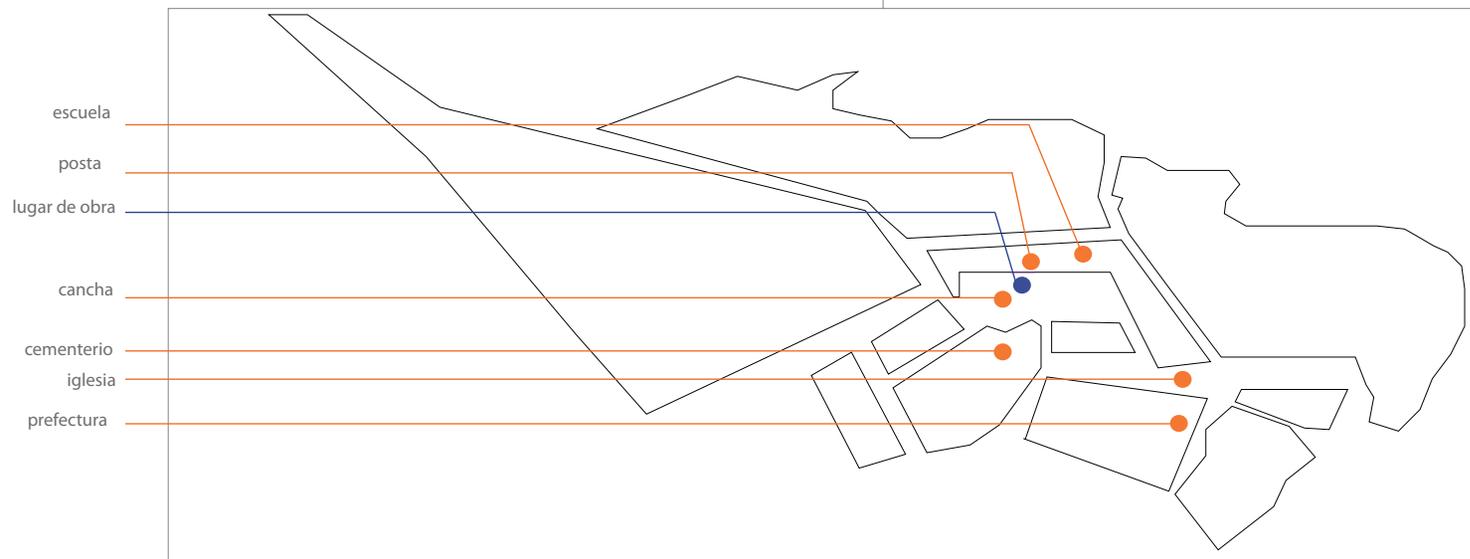
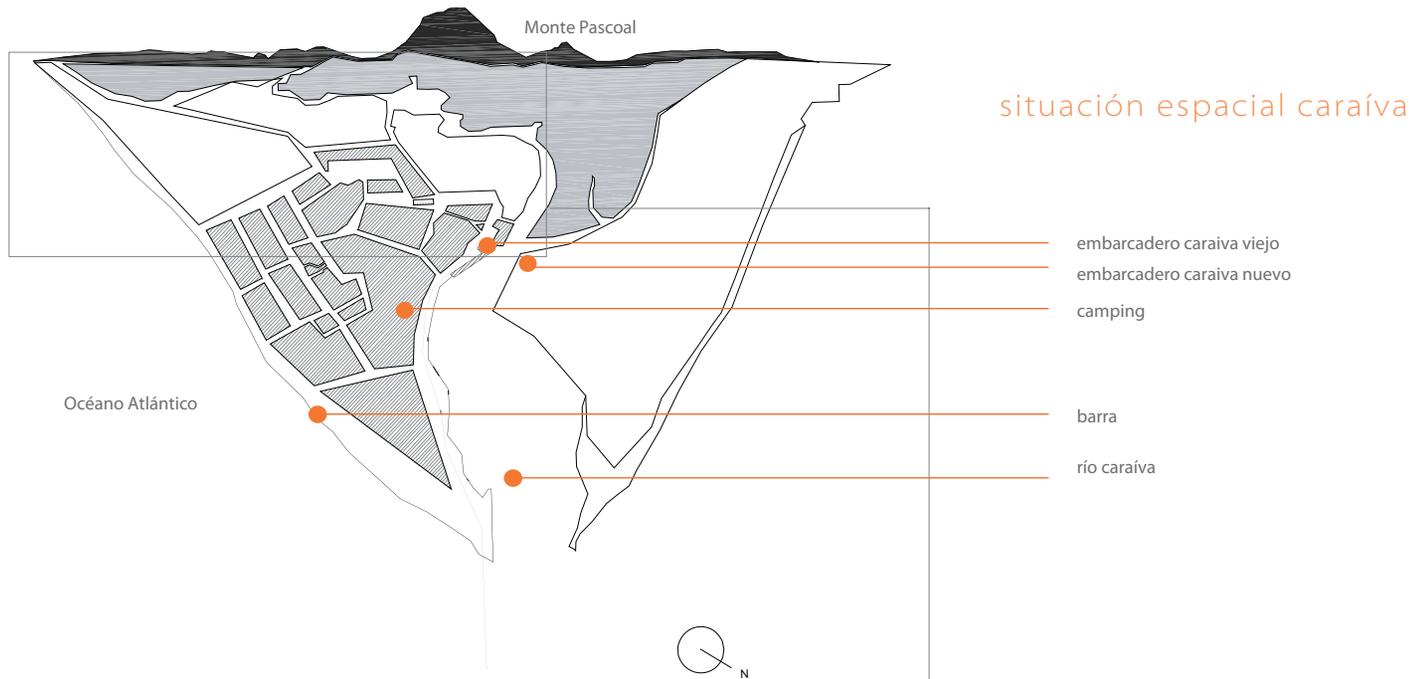
Construir una membrana que consecuentemente construye una sombra es un espacio donde la frontera corporal es ilimitada. A su vez, esta umbra que se obtiene es una delimitante al cuerpo: el negro demarca una zona, la cual uno concluye que es el espacio habitable. Si el calor exterior en una zona como es Caraíva se encuentra continuamente por sobre nosotros, es entonces esta sombra la que nos invita a habitarla en su certera medida.

Entonces se cumple este espacio habitable, existe un nuevo lugar donde uno queda inmerso con la posibilidad de recorrerlo dentro. Ahora desde dentro se mira con otros ojos hacia fuera, se está como un espectador hacia el lugar, se puede estar debajo contemplando, en un descanso.

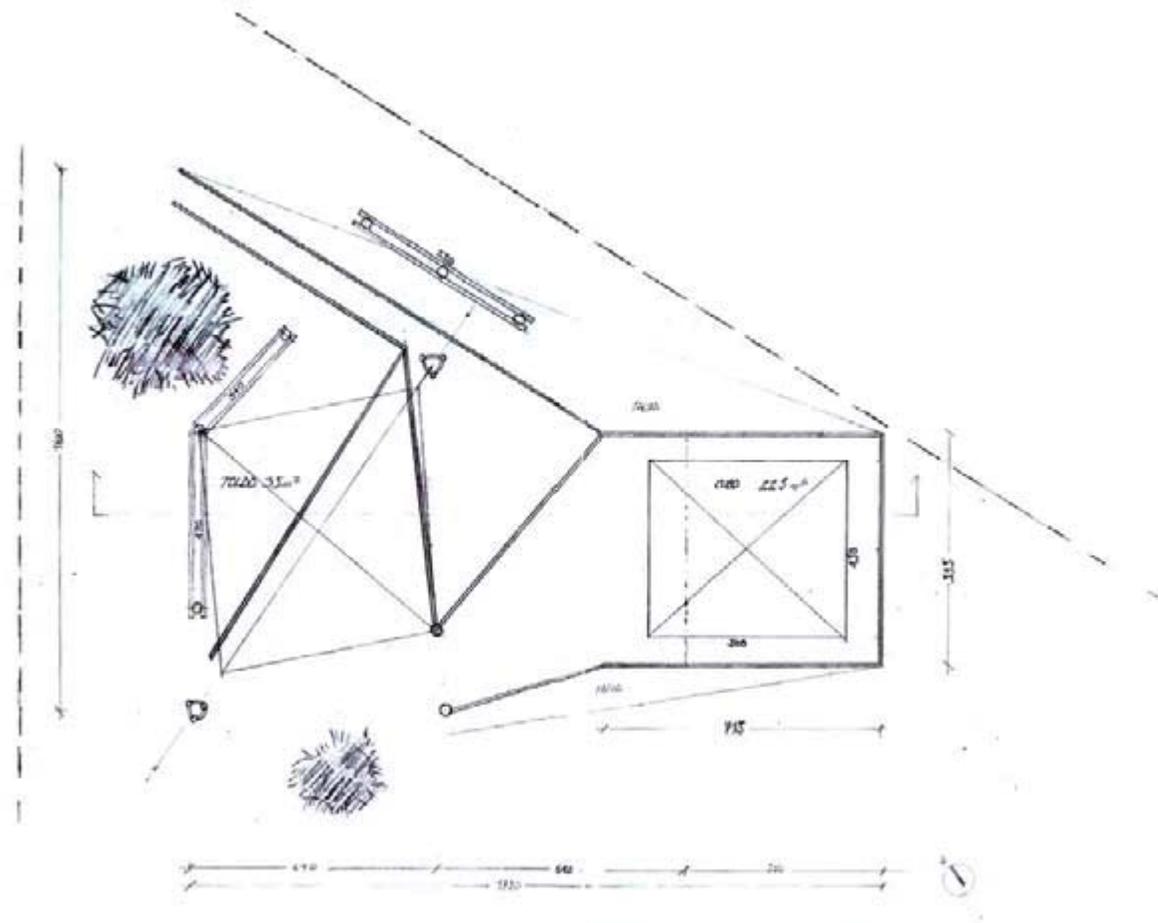
Luego, al tener nuestra obra y ver cómo ésta ha sido habitada que tuvo dos dimensiones: de día como protección del sol como sombra habitable y en la noche cuando se produjo el último acto, se puede concluir el tipo de obra que hemos hecho. No sólo es un regalo nuevo, sino que involucra las tradiciones típicas de país. Hemos contribuido al hacer de sus costumbres: generar una sombra de encuentro con la música, lo cultural y de reunión.

## UBICACIÓN

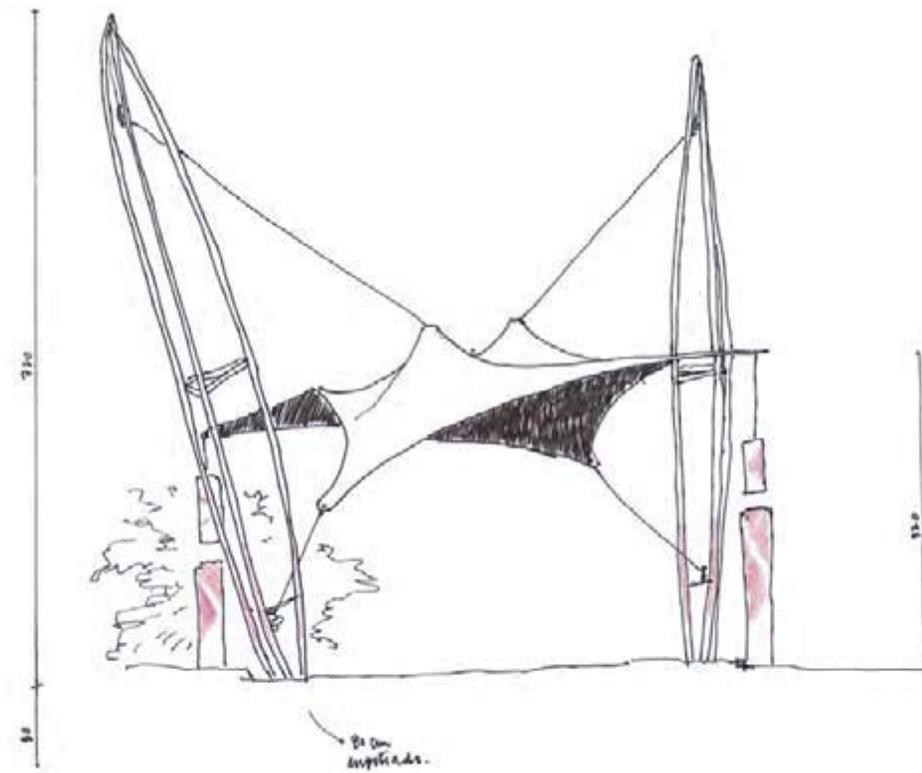




dimensiones de la obra



dimensiones de la membrana





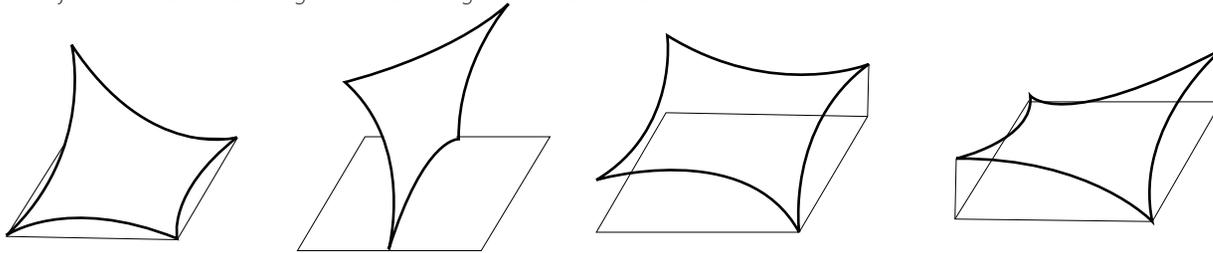
## capítulo dos: la técnica

estudio de la forma

## ESTUDIO DE MEMBRANAS

### Estructura de doble curvatura

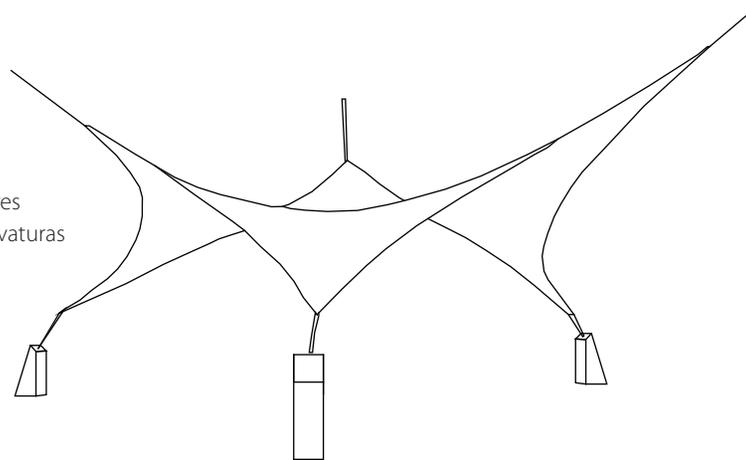
Esta membrana es generada por el desplazamiento de una parábola sobre una hipérbola. La tensión de las fuerzas se ejerce sobre 2 sentidos. Algunos modos de generar estas formas:



Sobre una base cuadrada donde se levantan dos vértices en forma vertical generando un polígono fuera del plano. Así se genera una superficie de doble curvatura pero generada por rectas.

### doble curvatura combinada

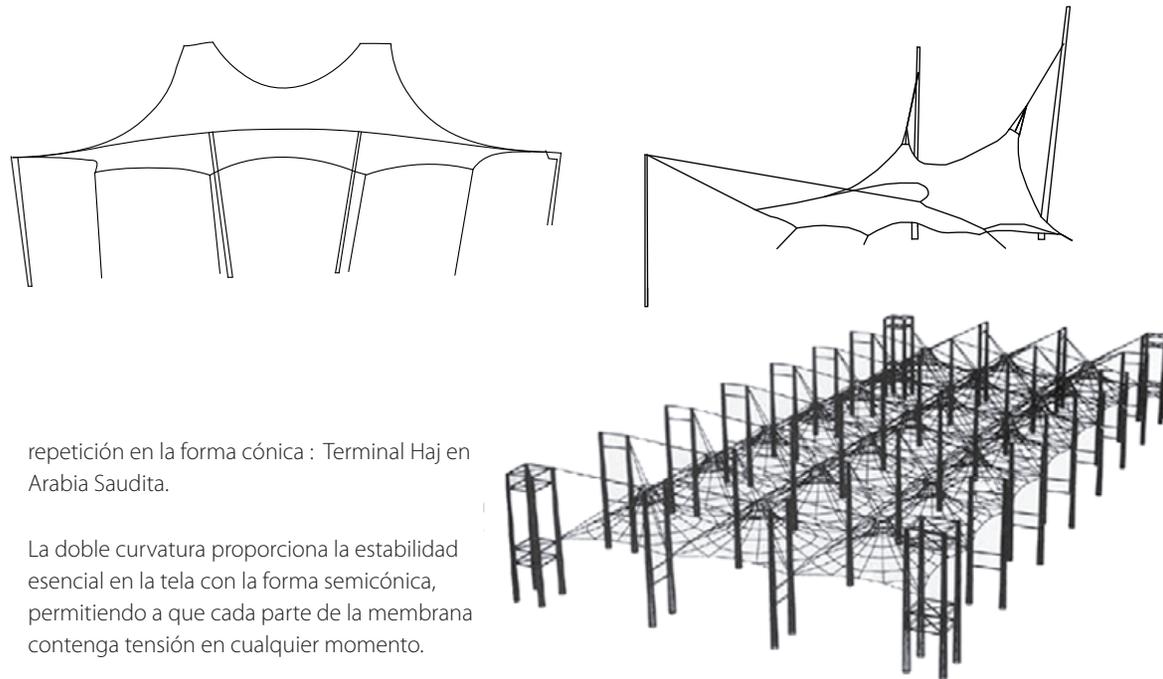
Esta estructura siguiente posee tres puntos altos y tres puntos bajos entrelazados. Se combinan dobles curvaturas en variados sentidos.



## Estructura de puntos altos o cónica

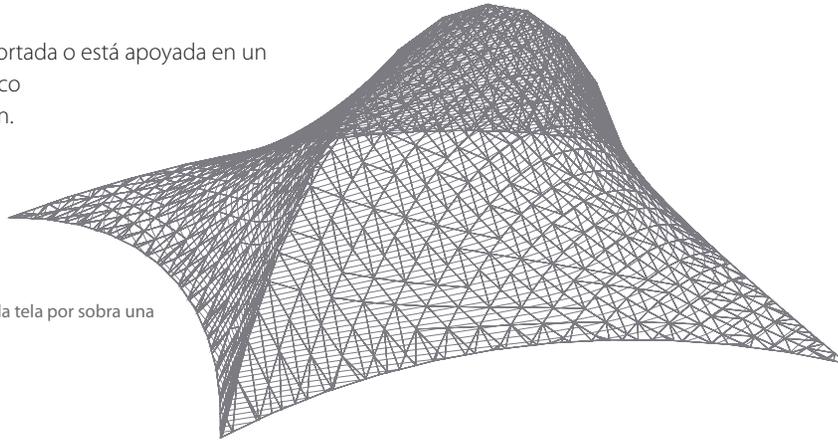
Membrana generada por un punto interno fuera del plano y por el soporte del perímetro de la membrana. También genera una doble curvatura, el punto interno genera fuerza en el plano vertical y el perímetro exterior en el plano horizontal.

En la forma básica los aros horizontales soportan la carga desde adentro hacia fuera y las líneas radiales soportan la carga desde afuera hacia adentro. Por lo que el punto más alto puede ser soportado por elementos internos o externos de compresión.



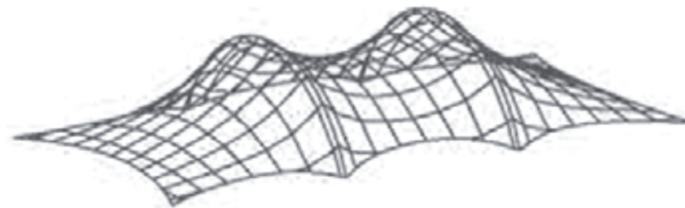
## Estructura de arcos

Arco soportando la forma.  
La membrana o la unidad básica es soportada o está apoyada en un arco. La membrana esta conectada al arco mediante cables que soportan la tensión.



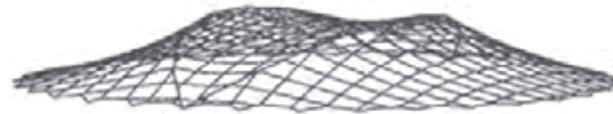
membrana modelada en relación a la tensión de la tela por sobre una estructura de un arco

La combinación de arcos puede ser otra forma de soporte, puestos en forma paralela o en forma diagonal.



El domo Akyta ubicado en Japón, se encuentra soportado por arcos dobles en una dirección y arcos simples por el lado contrario.

Entre los arcos dobles y los cables de tensión se genera la curvatura en la tela.

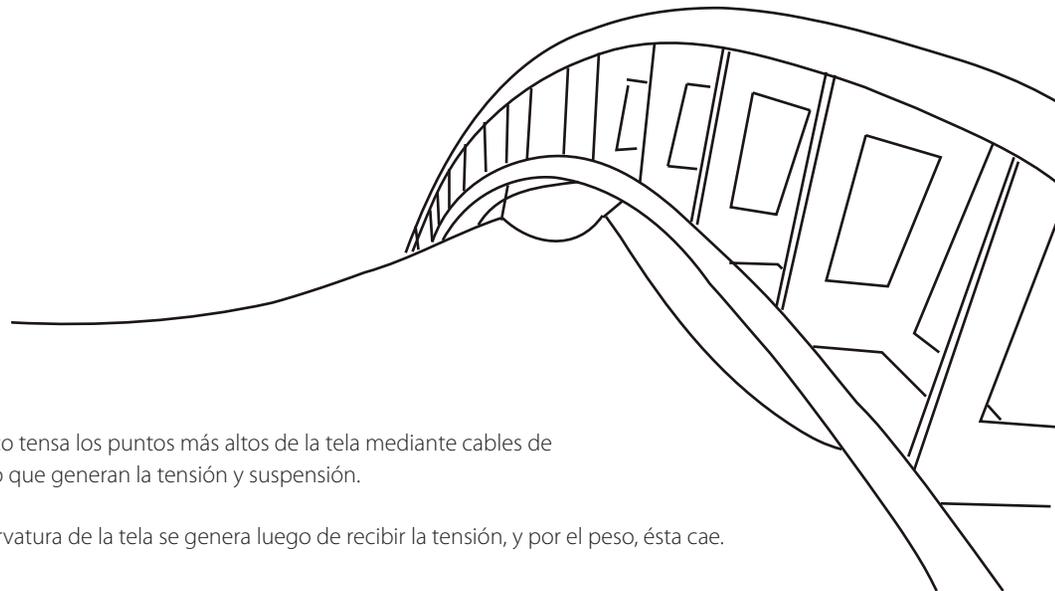


combinación de estructura de arcos con la doble curvatura

## arco soportante de la forma

en este tipo de estructuras, los arcos atraviesan por todo el exterior de la membrana y con la ayuda de la tensión de los cables se le otorga la forma.

las estructuras de arco son previamente confeccionadas y requieren de una gran escala debido a sus dimensiones.



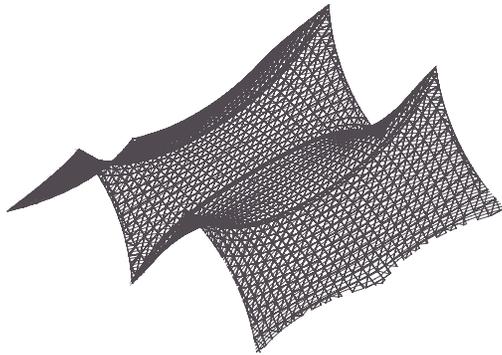
el arco tensa los puntos más altos de la tela mediante cables de acero que generan la tensión y suspensión.

la curvatura de la tela se genera luego de recibir la tensión, y por el peso, ésta cae.

## Estructura de cerros

Está basada en un sistema bidimensional con un cable de carga, tensión en el cable y elementos de conexión del cable.

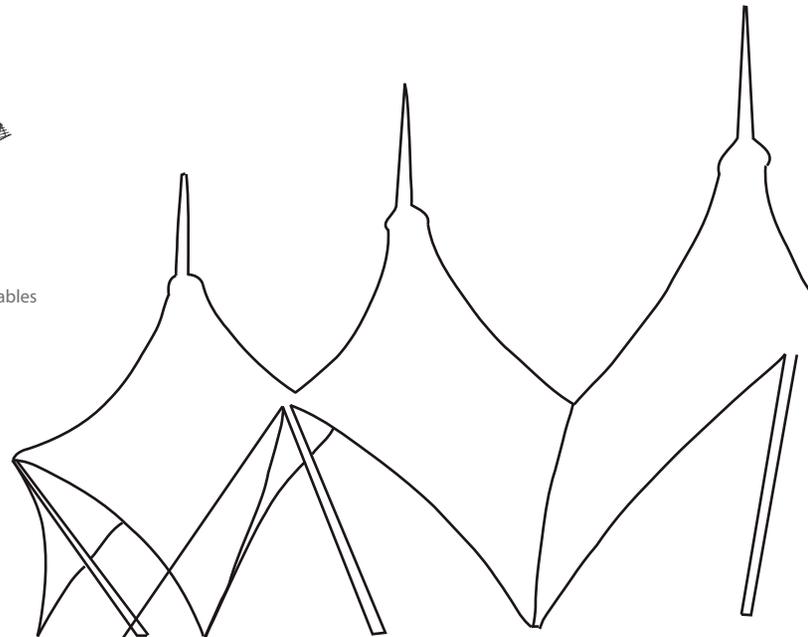
Si la carga y la tensión del cable se pone en planos paralelos, se obtiene la forma de ola.



modelado por malla de la tela otorgando la forma mediante cables de acero proyectados mediante la tensión

El Estadio internacional King Fahd posee esta estructura de puntos elevados que se encuentran distribuidos radialmente constituyendo una circunferencia para construir el espacio.

Cada módulo se genera por estos mástiles y cables de tensión, otorgándole la forma a la tela tensada.

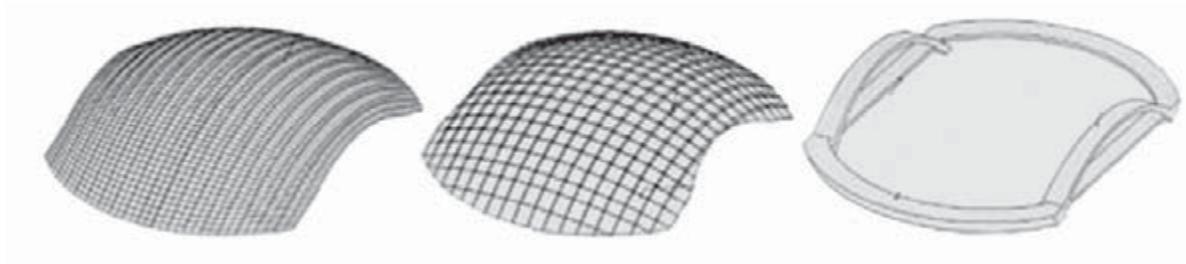


modelo que se combina con la forma de puntos elevados.

## Estructura neumática

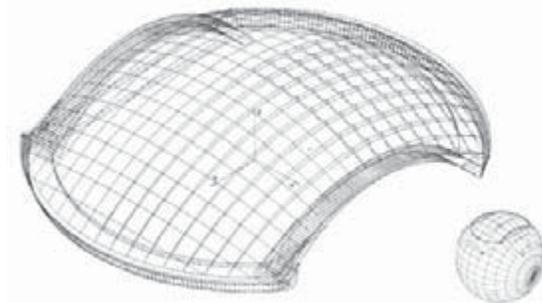
Una fina membrana curvada casi siempre en forma de cúpula se estabiliza con la sobrepresión o la depresión de un medio a través del cual surge la tensión en la membrana. La membrana sólo es solicitada a tracción entre todas las cargas exteriores.

Dicho medio es, en la mayoría de los casos, el aire. Aunque también pueden serlo otros gases, o el agua y los líquidos de todo tipo.



El desarrollo de las estructuras neumáticas como construcciones ha estado condicionado por la capacidad técnica de hacer los tejidos textiles herméticos con adhesivos de caucho y con materiales sintéticos.

Este ejemplo de membrana neumática es del proyecto Akita Skydome en Japón. Tiene una estructura curvada y ocupa una tela PTFE doble para dejar pasar grandes masas de aire por su interior.





## **capítulo tres: proyecto . umbra en el borde**

balcón alveolo. exterior sala ágora, escuela arquitectura y diseño



## METODOLOGÍA - PROBLEMÁTICA

Este proyecto fue hecho grupalmente por tres integrantes: Karen Corral, Valentina Quivira y Paulina Tapia. Grupo que realizó satisfactoriamente el proyecto, llevándose a cabo durante el segundo trimestre del año 2008.

En una primera etapa se hace un estudio con respecto al proyectar una membrana en un espacio determinado. Para esto se estudió la metodología que creó Bruno Munari en su libro "¿cómo nacen los objetos?" para obtener un orden de estudio y hacer la proyección.

Existen muchas variables que se deben tener en cuenta. En realidad, lo que se hace es descomponer un problema en subproblemas, cada uno con sus características particulares y con una gran variedad de posibles soluciones.

Por esto, la recopilación de datos y el análisis de los mismos debe hacerse de la manera más exhaustiva posible. Así, la tarea más difícil –que justamente es la de encontrar la solución óptima para cada uno de los subproblemas y su posterior coordinación – tomará un camino que irá delineando la configuración final. Recién a partir de aquí e intentando agrupar algunos de los subproblemas se podrá comenzar a trabajar en los primeros esquemas de un posible proyecto.

Finalmente, existe otra etapa que tiene suma importancia y que es la de evaluación. Esta no es una simple verificación del resultado final, sino que por el contrario está presente a lo largo de todo el desarrollo del trabajo, puesto que cada una de las diferentes etapas debe ser verificada volviendo cada vez a la raíz y al paso anterior para no perder de vista la intención inicial. Esto no quiere decir que no pueda variarse el planteo básico, sino que puede variar de a cuerdo al rumbo que se le quiera dar.

## Bruno Munari: ¿ Cómo nacen los objetos ?

<apuntes para una metodología proyectual>  
editorial Gustavo Gili, S.A.

**P**

PROBLEMA

**DP**

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

**EP**

ELEMENTOS DEL PROBLEMA

**RD**

RECOPIACIÓN DE DATOS

**AD**

ANÁLISIS DE DATOS

**C**

CREATIVIDAD

**MT**

MATERIALES/TECNOLOGÍA

**E**

EXPERIMENTACIÓN

**M**

MODELOS

**V**

VERIFICACIÓN

**dibujos constructivos**

**S**

SOLUCIÓN

## **P** PROBLEMA

Creación de una umbra habitable y se genere un espacio como extensión de la sala ágora para ser utilizado en distintas faenas.

## **DP** DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La construcción de esta umbra es a partir de una membrana pre-tensada que aparece por la figura que conforma un arco con una línea recta adecuados a las medidas del lugar.

Esta membrana debe contenerse en sí misma y generar este espacio habitable que sea una extensión de la sala para trabajar dentro con faenas necesarias y privarse de las vistas que aparecen desde el pasillo por sobre este espacio: poseer autonomía.

## **EP** ELEMENTOS DEL PROBLEMA

Estructurales:

conformación de la membrana mediante tres puntos de agarre propios del lugar: dos pilares de fierro, muro de la ventana de la sala y el muro curvo.

Que el total sea diseñado a partir de estos tres puntos de agarre, proyectando la curva por sobre la ventana y generando una recta paralela a este mismo muro, y así construir un horizonte.

#### Membrana:

que la materialidad de la membrana posea la característica de impermeabilidad para sea permanente y resista las variadas condiciones climáticas.

#### Lumínico:

se genera una umbra para poder habitar debajo, pero al mismo tiempo, que la altura proyectada sea consecuente con la luz que se recibe para aprovecharla y, además, no quitarle luz a la sala. La envolvente se utiliza como filtro, y no como barrera.

#### Ubicación:

este balcón se encuentra en el borde con el cerro y posee una vista hacia la avda España, Viña y el océano Pacífico.

Estas características inciden en la proyección de la membrana, ya que es necesario que el habitar debajo esté vinculado a la observación por debajo y desde la sala.

El espacio posee aproximadamente 36 m<sup>2</sup> habitables, y se encuentra a la salida de la sala ágora y por debajo de la sala de música.

#### Viento:

En cuanto a la situación espacial, existe un resguardo por el cerro y la curvatura que posee en cerro: las masas de viento no llegan directamente.

Sin embargo, el sistema estructural debe ser resistente y poseer elementos que reciban estas cargas. Cables de acero, tensores, sistemas de anclajes, etc, deben poseer una resistencia a la carga para contener al sistema completo.

#### Espacio interior:

debe generarse una sombra habitable, un espacio resguardado de luz y viento para que el interior pueda ser recorrido y a su vez, lograr una detención ya sea contemplativa o de pausa para este trabajo que se pueda generar en su interior.

Agua:

la forma de la membrana debe poseer una caída y curvatura suficientemente inclinadas para recibir al agua y dejarla caer y no contenerla encima para evitar un posible colapso. Además, la impermeabilidad de la tela juega un rol fundamental en la membrana, ya que así el total queda resguardado de este tipo de clima.

Forma:

ésta aparece netamente de la unión entre un arco con una línea recta. Lo que se genera entre medio es la forma de la carpa y su resguardo. La curva otorga la concavidad interior y la línea recta construye el horizonte. Estos dos aspectos aparecen directamente de las formas del lugar: proyección del arco de la ventana y la línea de horizonte entre el muro curvo y los pilares.

## **RD** RECOPIACIÓN DE DATOS

Tipos de membranas tensadas en el mundo: se tomaron los casos existentes de membranas tensadas en distintos lugares del mundo, separadas en distintos parámetros asignados para hacer un estudio y recopilar información de las muchas formas existentes en relación a cómo se componen, estructuras, funcionalidad, tipos de telas, etc. Los parámetros a estudiar fueron: Transportabilidad, aerodinámica, volúmenes (neumáticas), libertad en la forma, de estructura como valor formal, superficies planares, unidades que se repiten, lumínicas, sistemas dinámicos, modulares, de cubiertas.

En segundo lugar, se estudiaron los tipos de estructuras que a cada uno de estos la componen, tipos de anclajes, piezas de sujeción, tipos de tela y características de cada una.

## **AD** ANÁLISIS DE DATOS

Según los parámetros estudiados y en referencia a los que concluimos para hacer presentes en el proyecto de la membrana tensada, se evalúan y se toma de ellos lo necesario para llevar a cabo el nuevo proyecto, afirmándose así la necesidad de crear algo nuevo por sobre lo ya existente.

## **C** CREATIVIDAD

Se piensa en la creación de una membrana pretensada con una tela de pvc blanca que aparezca de la forma proyectada entre una curva y una línea recta. Esta forma aparece de líneas proyectadas en el lugar mediante un modelado en 3D.

La membrana se crea tomando los puntos necesarios en cuanto a las alturas y distancias necesarias para poder proyectarla. Para poder generar la membrana, se divide en 6 paños, los cuales serán unidos mediante un sellado electrónico que dejará una unión mucho más limpia en cuanto a la terminación.

El arco que la soportará en su parte trasera se encontrará previamente doblado e irá dentro de un bolsillo en la misma tela para otorgarle la forma. Las demás partes irán tensadas hacia los puntos de anclajes determinados.

La carpa necesitará de una post-tensión para poder obtener una forma abovedada mediante unas piezas a modo de prensas que irán tensadas hacia lo más alto de los pilares.

## **MT** MATERIALES

Membrana: PVC 10000

Anclajes: fierro estriado, pletinas de fierro 5 mm espesor, hilos zincado

Piezas sujeción: aluminio 5 mm espesor

## **E** EXPERIMENTACIÓN

Se realizaron pruebas en maquetas en escala 1:11. Estas pruebas fueron hechas para verificar la segmentación de la membrana en paños.

Con esto se pudo probar la cantidad de paños, y como estos funcionan.

Se hicieron dos tipos de pruebas: la cantidad de paños a usar y la curvatura para otorgarle a la carpa una forma abovedada.

Paños: se hizo una prueba de 4 paños en una primera instancia y resultó muy poco eficiente debido a las curvas. Luego los 6 paños aparecieron más apropiados.

La curvatura al modelarla y traspasarla a la maqueta aparece sobredimensionada, entonces se decide hacer los paños rectos para luego generarle una postensión.

## **V** VERIFICACIÓN

Se construye una maqueta final con la propuesta definitiva y luego se modela en 3D. Este modelo digital propone todas las piezas, anclajes y detalles que se deben considerar al construirla.

Se hace una verificación de los paños con las medidas necesarios, los bordes para el sellado, bolsillo para el arco de aluminio.

Al arco de aluminio se le toman las medidas para poder llevar a doblar.

Se realizan los planos necesarios de las piezas para poder construirlas en definitivo.

Los dibujos se van haciendo en relación al lugar, las medidas y distancias se toman en relación a esto, y se hace una visualización del entorno para comprobar al espacio generado en cuanto a la sombra con la vista que posee y luz.



## PROYECCIÓN DE UNA SOMBRA

### forma

Existen puntos determinados a considerar en este espacio, tales como la vista, la pendiente contigua hacia la avda. España, y la proyección del espacio desde la sala hacia fuera.

Construir este espacio es hacer una prolongación de la sala hacia fuera para poder habitarlo tanto como lugar para recorrerlo a modo de hacer una pausa con tal vista que posee, como generar un espacio para trabajar en algún tipo de faena.

### espacialidad

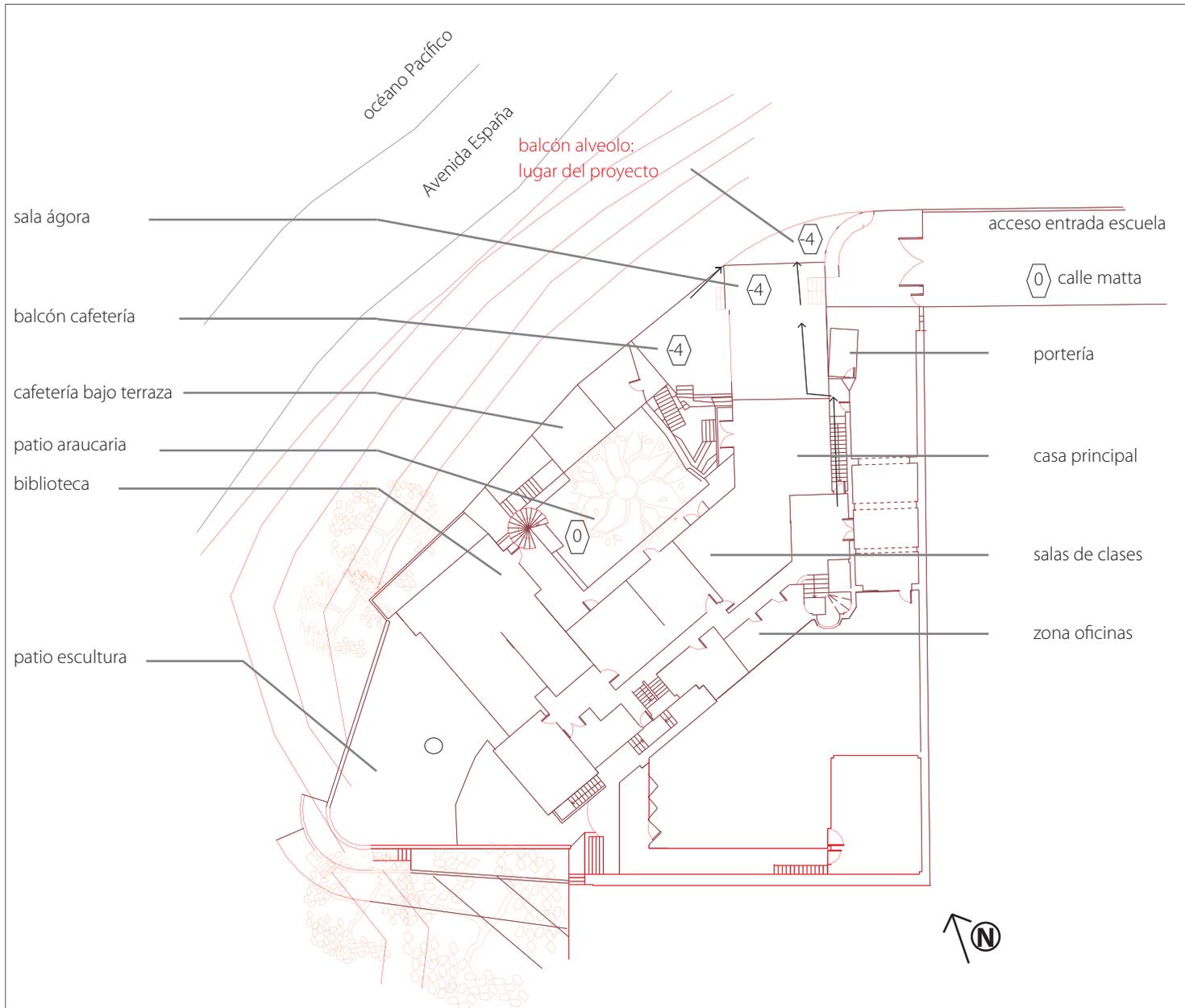
Existen puntos fijos en este espacio en cuanto al ubicarse dentro: la baranda, dos estructuras leves de fierro que parten de la baranda hacia la fachada de la sala, la fachada de piedra de la sala y un muro curvo de piedra. Queda abierta la posibilidad de usar todos estos aspectos como elementos de fijación para la membrana.

Al espacio debe tomarse en cuenta que la construcción de esta sombra debe incorporar la vista al mar y Viña que posee, la pendiente del cerro y el resguardo que posee en cuanto a las edificaciones próximas.

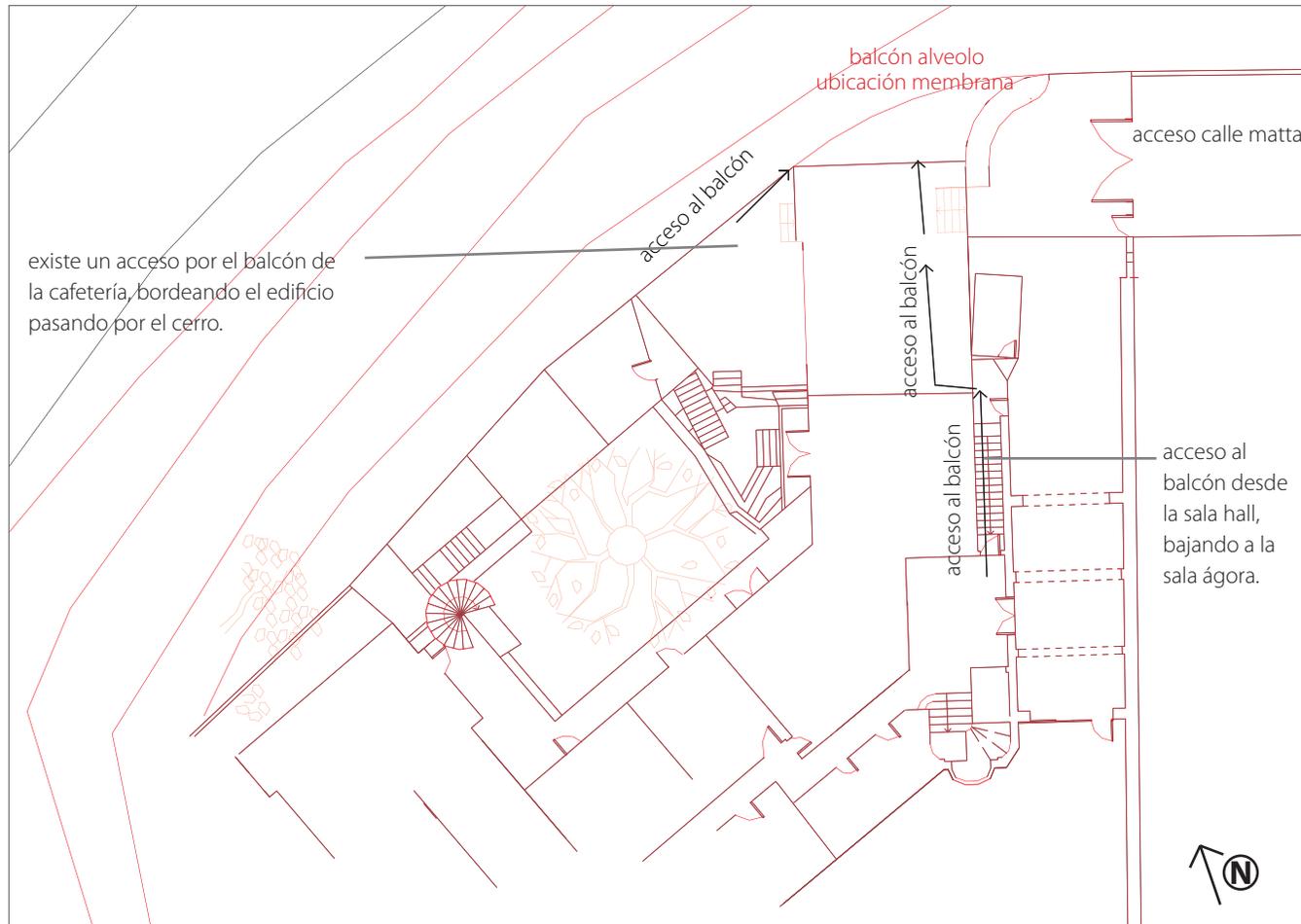
### del uso

En cuanto al uso, esta membrana se proyecta para generar una sombra y un resguardo en cuanto al clima y factores que pasan en el lugar. Al hacer esto, las posibles faenas que ocurren dentro de la sala de clases pueden extenderse hacia este exterior que ahora es un segundo interior, pero fuera. Las mismas faenas que alguna vez ocurrieron en este espacio no resguardado estarán ahora protegidas para generar un espacio más amplio desde adentro.

# VISTA SUPERIOR ESCUELA



## SITUACION ESPACIAL



## PROPUESTAS FORMALES INICIALES

Luego de hacer un estudio de membranas existentes realizadas en distintos proyectos en el mundo (anexo2), se hace un estudio del lugar para que esta membrana responda a los distintos factores que nos proporciona el lugar.

De esta manera, este proyecto hace referencia al estudio de tensiones, telas y elementos de fijación para generar un espacio de una sombra construida.

Se considera lo que nos proporciona el espacio: una estructura de dos pilares de fierro y dos paredes de concreto y piedra. Esto, para hacer uso de ellos en el momento de fijación de la membrana.

Mediante una maqueta del espacio completo del balcón y modelado 3D se comienza por confeccionar distintas propuestas que muestren una relación de membrana-espacio-sala para construir un espacio en sombra.

## propuesta uno

Esta maqueta se confecciona a partir del modelo propuesto en 3D y se conforma de una unidad de tela que se fija a los puntos en el espacio que se quiere utilizar.

La prueba se realiza en cuanto a la tensión de la tela que recae sobre la estructura, teniendo que incorporar refuerzos en la misma maqueta para evitar deformaciones.

En esta propuesta, el modelo queda fijo mayoritariamente en la estructura de fierro sin adosarse en la pared posterior de la sala dejando un espacio intermedio entre ésta y la membrana. Se puede pensar el modelo como una membrana de puntos altos, que da posibilidad a algunas caídas de agua.

Aparece, también, la posibilidad de incluir cables de acero para tensar la membrana

Se piensa la posibilidad de tensar el toldo también por medio de cables interiores por los paños, que vayan modelando la forma por medio de la tensión. Este toldo genera sombra, pero no resulta como un elemento que amplíe el espacio de trabajo, ya que no cubre en gran medida el espacio.



## propuesta dos

Se triangulan los lados de la membrana para conseguir una continuidad con el borde. Se calculan las alturas mínimas en cuanto a la vista y la estructura existente. La parte posterior que va fija al muro se deja por sobre la ventana.

Los fierros existentes se ocupan para fijar partes de la carpa en ciertos puntos para levantar la carpa y tener una caída considerando la bajada de agua.

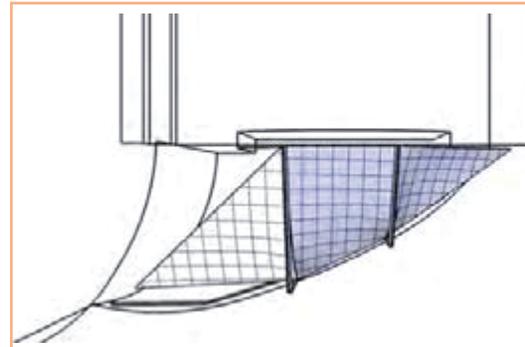
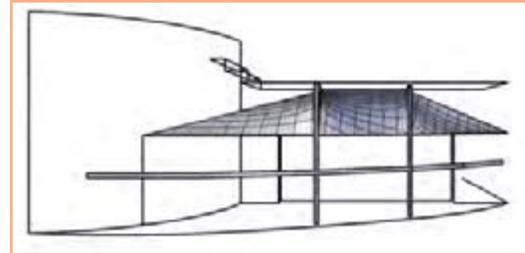
Se mantiene la idea de triangular las partes laterales con la parte central recta entre la estructura de fierro.

Este modelo amplía las dimensiones del toldo alargándolo desde adelante para agrandar la parte útil que se genera en el interior. Se propone alargar la estructura de la existente hacia el borde.

Estos modelos incorporan la sujeción de puntos superiores, puntos por la parte de encima del toldo, para tensar la membrana por arriba para lograr un abovedado mayor de la forma total.

Se plantea rodear la estructura frontal con la membrana con cables de acero continuo por todo el sector de adelante y fijos en distintos puntos de la estructura.

La membrana se confeccionaría en base a distintos paños que modelen la forma que se quiere hacer.

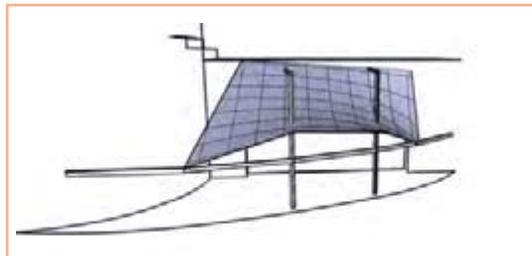
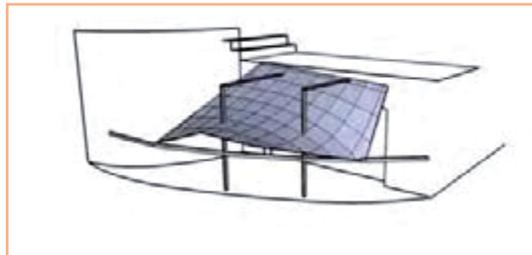
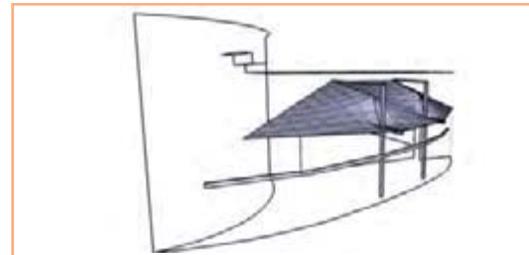
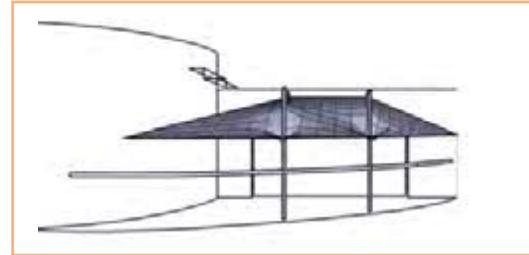


### propuesta tres

Se propone generar una forma por medio de una sola unidad de tela rectangular que se fija a la estructura en distintos puntos para conformarse en sí misma.

Se fija a la pared de forma recta y se deja una caída que la proporciona la tela misma con su peso y soltura de la misma. Se alarga el toldo hacia delante con una estructura de fierro que se vincule a la ya existente y la membrana quedaría fija a todo el borde con un horizonte mínimo.

No se quiere disminuir el horizonte sino que generar un horizonte visual continuo y de una misma altura por todo el borde.



### propuesta cuatro

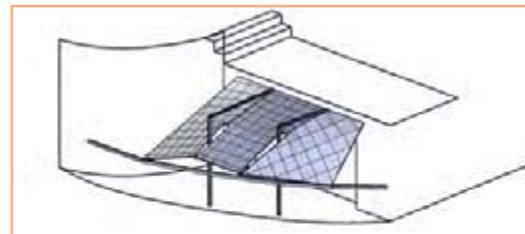
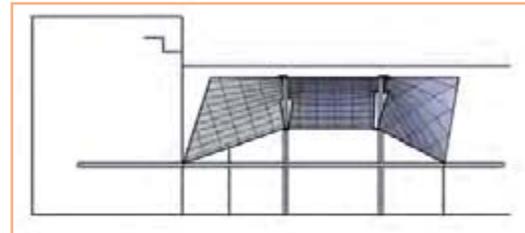
La idea de la tela en cuanto a una sola unidad presenta una mayor complejidad en la forma, ya que requeriría de un mayor esfuerzo en la misma, por lo que se decide subdividir la tela en paños de acuerdo a la forma de la membrana.

El borde se encuentra recto para obtener una continuidad de lado a lado. Los parantes de fierro como puntos superiores tensan la tela desde arriba para abovedarla mediante una gran tensión.

### propuesta cinco

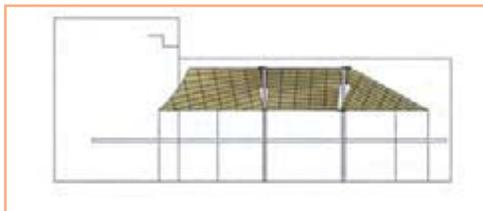
Se resuelve levantar el horizonte del toldo subiendo toda la membrana a una altura de 2.10 mts, tomando en cuenta cinco puntos de fijación: pared posterior del ventanal de la sala, dos puntos de la pared izquierda curva, y dos puntos delanteros de la estructura de fierro (agregando la extensión del fierro derecho hacia el borde cerro).

Se triangula la forma pensando en simplificar su construcción, ya que por medio de la tensión de los cables se favorecen las líneas rectas de la tela.



### propuesta seis

Propuesta que pretende constituir una línea continua con el borde ya existente del balcón sin traspasar las formas que éste le otorga. La altura del borde se mantiene y la de la parte trasera se levanta para generar una caída.



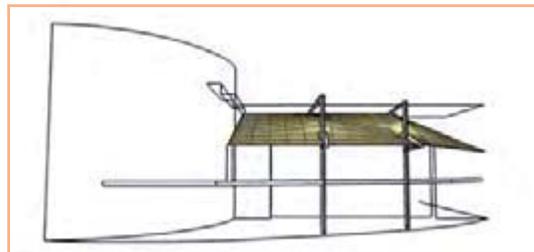
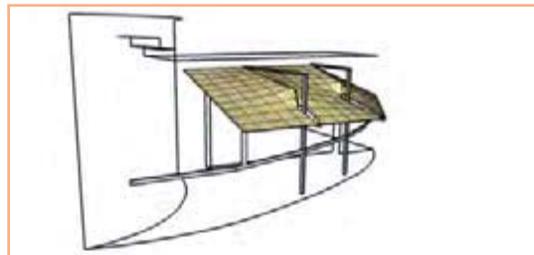
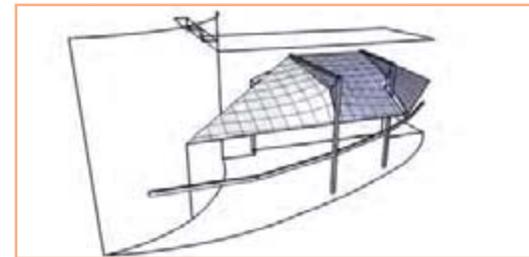
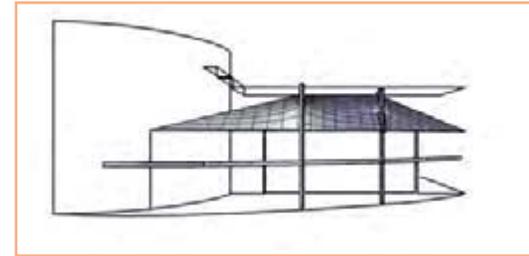
Dos modificaciones de este modelo, el primero se presenta sin extensiones en fierro hacia adelante, solo utilizando lo que existe como modo de fijación. En la segunda se plantea la opción de cuadrar adelante poniendo una extensión en el lado derecho que deje el mismo largo en toda la membrana. De esta manera se piensa rodear el fierro con la tela poniendo cable por todo el borde.

### propuesta siete

Propuesta que parte de la forma de la número cinco: aparece con el mismo planteamiento constructivo en cuanto a la fijación de distintos puntos.

Se plantea agrandar el sector izquierdo para generar una sombra más amplia, pero perdiendo un poco la simetría de las partes. La baranda tendría que alargarse mediante una extensión para dejar el horizonte a una misma altura.

Se baja la altura a 1,90 mt para abovedar más la membrana con la tensión de los cables desde la altura de los parantes.



### propuesta ocho

Se cuadran ambos lados del toldo y se conforma una superficie más plana con una caída más directa, un techo total plano con dos puntos de fijación desde arriba.

Este modelo no deja de lado el pensamiento de trabajo con telas, sino que lo trata de convertir en una unidad plana conseguible con la tela, pero que no rescata su actuar de acuerdo al material, y sólo se pretende tensar para convertirse en una cubierta.

En cuanto a lo estructural para fijar este toldo se debería fijar una estructura en el sector derecho o desde el fierro vertical que permita tensar esta esquina, y alinear la parte delantera. La membrana puede ser hecha por medio de paños rectos y de acuerdo a las dimensiones 6 unidades de tela selladas.

## Propuesta final

El modelo final recoge el estudio de las maquetas anteriores en cuanto a la continuidad con el espacio existente, las alturas y los puntos de fijación.

Partiendo desde la fachada de la sala, el toldo se compone de una curva proyectada desde el marco de la ventana de la sala y se levanta por sobre ella, dejando un margen por sobre ésta. Esto permite que la membrana aparezca de una forma más cerrada.

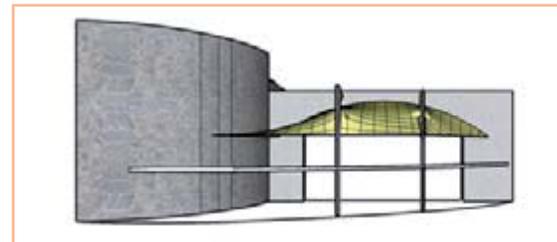
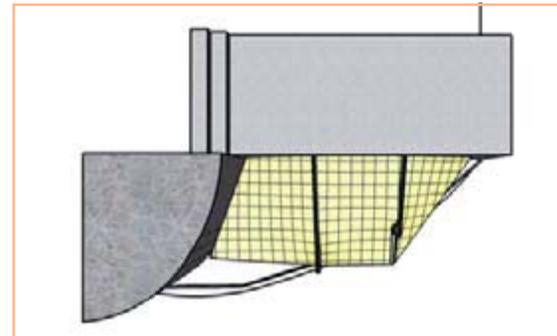
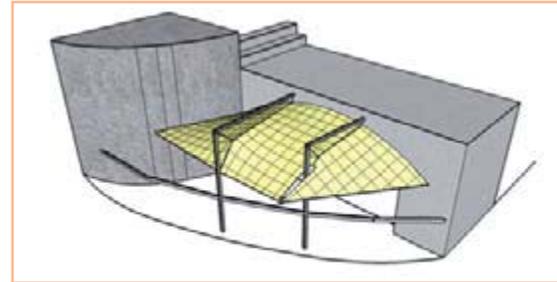
La parte delantera se constituye por un horizonte común debido a una línea continua que se proyecta desde el borde de la pared curva. Para esto es necesario que el pilar izquierdo tenga una salida con un fierro agregado que proporcione la distancia requerida.

Para lograr una forma más cerrada y abovedada se decide levantar la membrana por medio de dos puntos que generan tensión desde los puntos más altos de estos dos pilares de fierro existentes.

Se plantea que sean dos puntos fijos en la tela los que se levantan mediante unas piezas prensadoras, los cuales se encuentran en una línea que se proyecta desde estos mismos pilares en dirección a la ventana. Esto, porque los pilares hacen fuerza desde su misma estructura sin hacer un esfuerzo lateral.

Ambos lados de la membrana se encuentran triangulados evitando tener problema con la curvatura del muro de piedra.

La confección de la membrana se proyecta a modo de seis paños continuos rectos a los cuales se les aplicará una post tensión al momento de montaje, y así obtener la forma abovedada.



## Propuesta final : maqueta



Para hacer la maqueta se modela el toldo completo y el espacio en el programa Mpanel para luego poder obtener los paños de corte.

La maqueta se construye en cartón y la tela con lona poliéster.

En cuanto al cálculo de los paños, se hace de acuerdo a las dimensiones que posee la tela (150 cm) en el ancho.

Se hace una primera prueba con una membrana de cuatro paños de tela, pero debido al poco ajuste que tienen estos paños en cuanto a las curvas, se realiza una segunda prueba y final de seis paños.



Seis paños lo suficientemente rectos en cuanto a la unión entre ellos, pero con las curvaturas que se requieren para los puntos de fijación y pared.

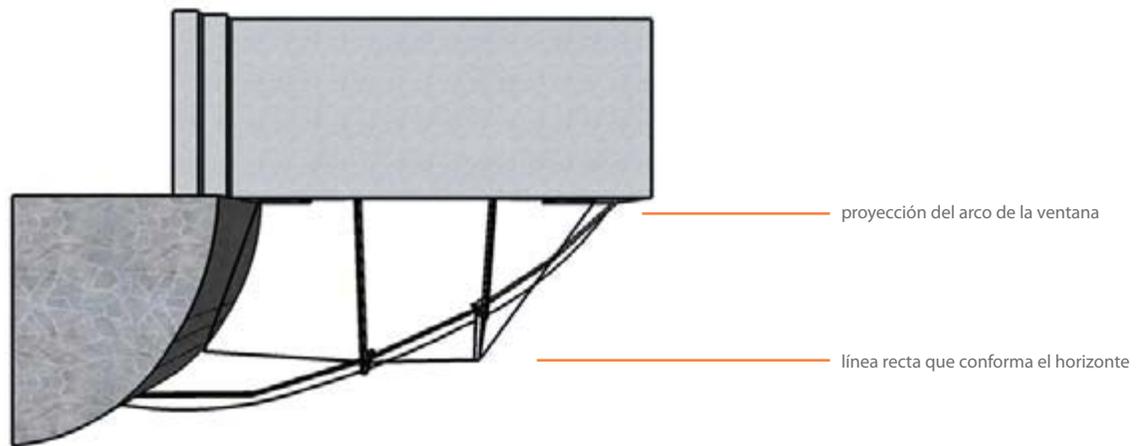
La parte delantera deberá contener un cable de acero que recorra todo el perímetro para obtener una buena rigidez. La tensión de los cables se regula mediante tensores que se encuentran en los puntos de anclajes.



Cada punto de agarre en la tela se encuentra previamente reforzado y con una pieza de metal para sostenerla.

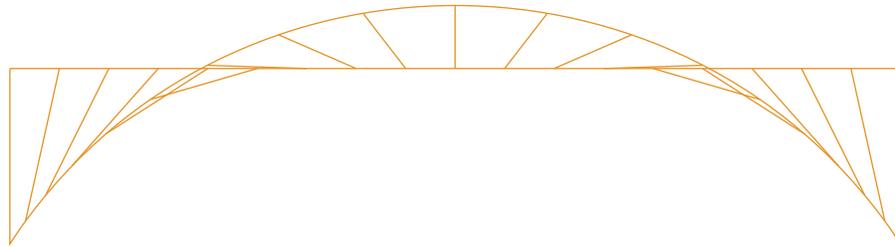
Hacer esta maqueta significa poder vislumbrar al espacio constituido y a la sombra construida. Entonces es posible ver los detalles de fijación, lo que ocurre con la vista desde dentro de la sala y poder calcular las alturas reales con relación a este espacio.

Para hacer aparecer la forma de la membrana en este espacio, se proyecta la línea del arco de la ventana por sobre ésta y se construye una línea recta paralela a la línea que dibuja el contorno superior de la sala. Como aparecen estas dos características del lugar para representar la forma, se unen para construir la carpa.

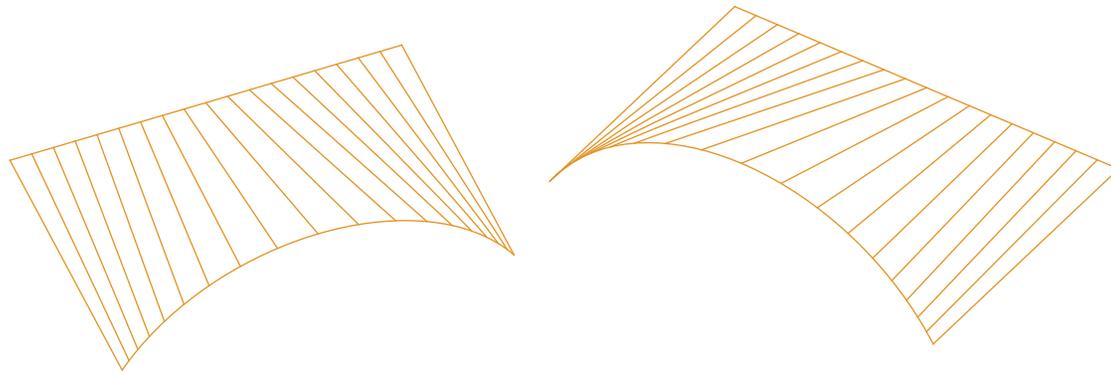


La idea de la recta aparece por la conformación de un cuadrado virtual en este espacio y que se acomoda a sus formas. Generar esta línea virtual por cómo se ve desde arriba al estar en el pasillo. Una línea que hace referencia al horizonte al cual uno ve a la distancia.

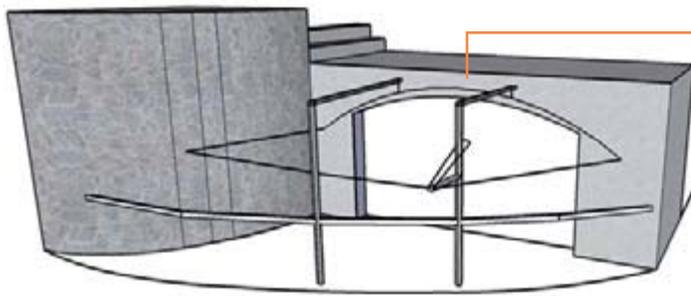
La membrana, en su esencia, es la unión de una curva-arco y una línea recta. Lo que aparece es una superficie que se va curvando desde lo mínimo hasta llegar a una concavidad obligada.



Lo que ocurre con estas dos formas es que comprometen a dos aristas a ser fieles a la forma, obligan a construir una curva y a una línea, y lo que pasa entre medio es netamente lo que pasa con la tela (en este caso). La tela se entrega a estas dos formas y deja aparecer la unión de ambas con su forma: el peso recae sólo por gravedad y se conforma esta leve concavidad que tiende al plano.

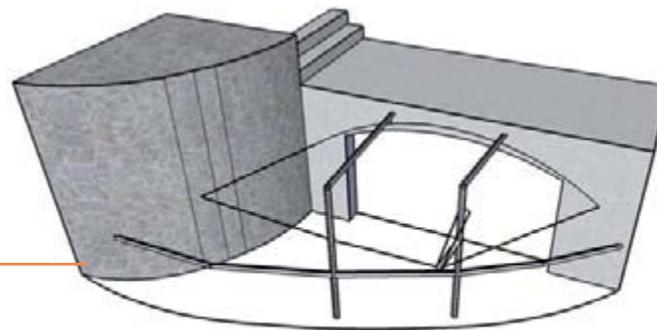


Para proyectar la carpa se tomaron ciertos puntos para concretar la forma:



Arco: se proyectó el arco de la ventana de la sala y se subió aproximadamente 12 cm. Este arco de aluminio posee 600 cm de longitud y de acuerdo a esta medida (largo total de un tubo) se generó la curva dejando unos márgenes por cada lado: 25 cms con el muro curvo y 66 cms con el borde de la sala.

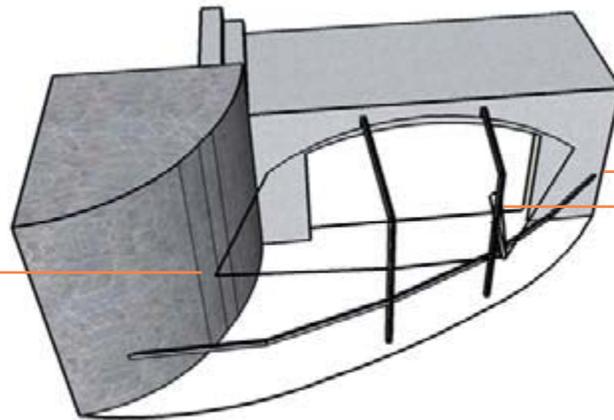
Muro curvo: en este muro se encuentra una flange con una argolla, la cual recibe el cable de acero interior de la tela. Esta flange se encuentra a 180 cms de altura y a 134 cms de distancia con el borde del suelo (borde cerro).



Muro pared ventana: se instalan dos flanges, al lado derecho e izquierdo de la ventana.

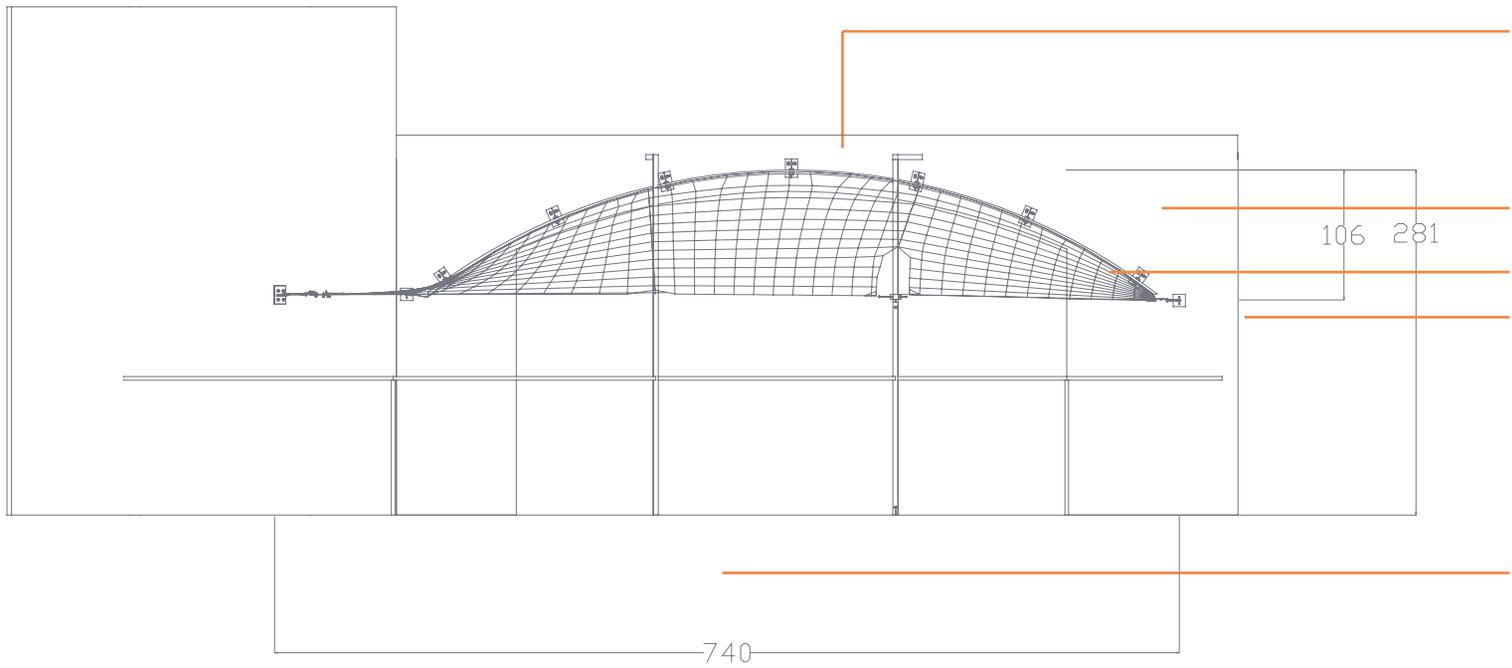
Lado izquierdo: la flange se encuentra a 180 cms de altura y a una separación de 13 cms del arco. Por este lado se engancha una pieza de aluminio que sostiene a la tela directamente y a un cable de acero que va por dentro de la tela bordeando el muro curvo.

Lado derecho: la flange se encuentra a 180 cms de altura, a 18 cms del arco y a 48 cms del borde de la sala. Este lado sostiene de la misma manera a la tela mediante el agarre de una pieza de aluminio y a un tensor que fija a un cable de acero que pasa por dentro de la tela.



Pilares de hierro: estos sostienen a la tela mediante unas piezas de hierro. La idea de este sector es que sea de fácil montaje y que sostengan la continuidad de la tela en cuanto a su línea recta.

# PENSAMIENTO FORMAL





arco de aluminio empotrado en la pared posterior



siete abrazaderas como soporte a este arco de aluminio



tela modelada en 3D

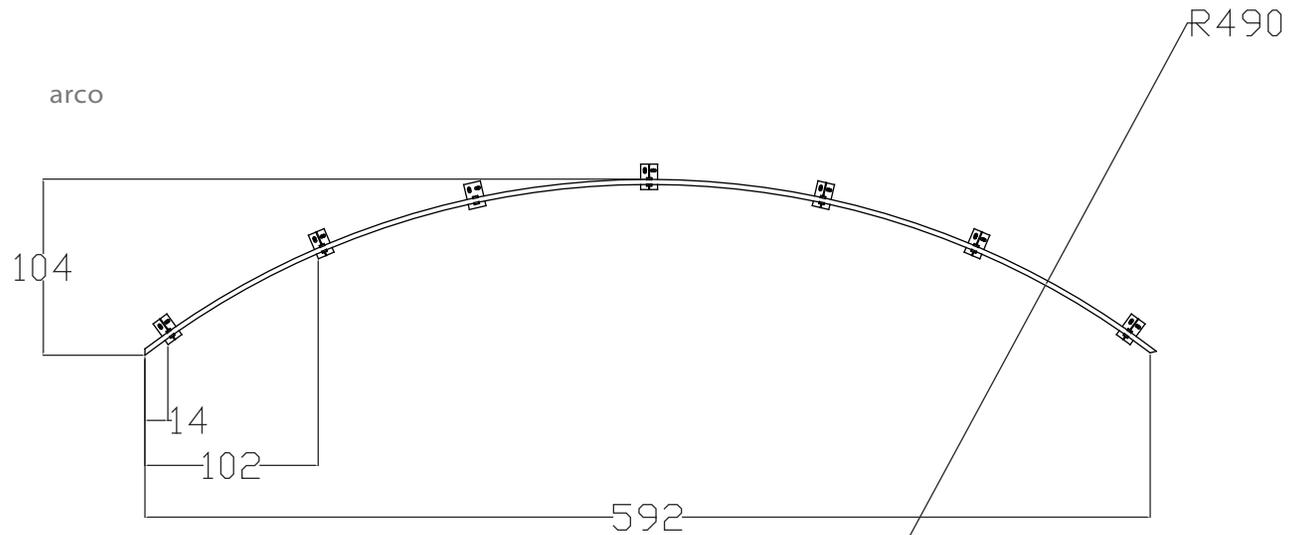


punto de sujeción. se repite en el lado contrario



dos pilares de fierro como soportes del toldo

piezas

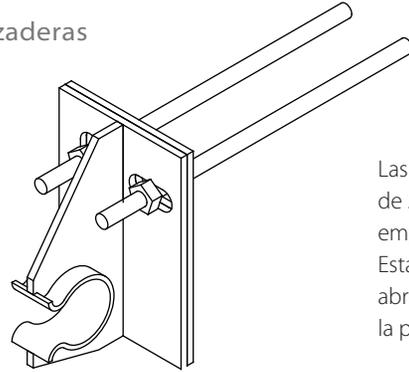


Por el borde posterior de la tela se construye un bolsillo para recibir en el interior un tubo de aluminio curvado, la curva se calcula a partir del marco de la ventana de la sala.

La idea es fijar el arco a la pared por medio de abrazaderas de fierro. De esta manera se divide la carga en la cantidad de abrazaderas que se ponga: en este caso son siete.

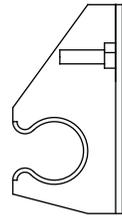
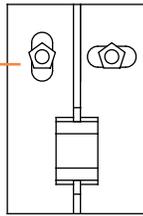
El tubo es de aluminio por su peso y flexibilidad al doblado, y además que por dentro del bolsillo se puede producir una condensación debido al calor. El aluminio no tendría problemas con estos cambios de estado en humedad.

## abrazaderas



Las abrazaderas son de hierro y soportadas por una flange (placa de hierro de 5mm). La flange tiene dos perforaciones por las cuales pasan unos hilos empotrados a la pared y, mediante unas tuercas, regular el empotrado. Estas abrazaderas deben instalarse en el tubo previo al montaje, ya que no se abren, sino que al estar todas puestas se instalarán en los hilos empotrados en la pared para hacer la fijación.

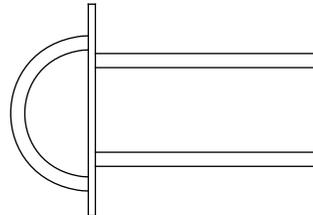
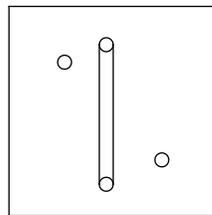
doble agujero para nivelar y asegurar con tuercas



hilos zincados empotrados a la pared con un anclaje epóxico (sikadur)

## Flanges laterales

Estas piezas se instalan en la pared con unos fierros estriados por la parte posterior y tienen unas argollas de hierro por delante a donde llegan los cables de acero y tensores que pasan por todo el contorno de la tela.

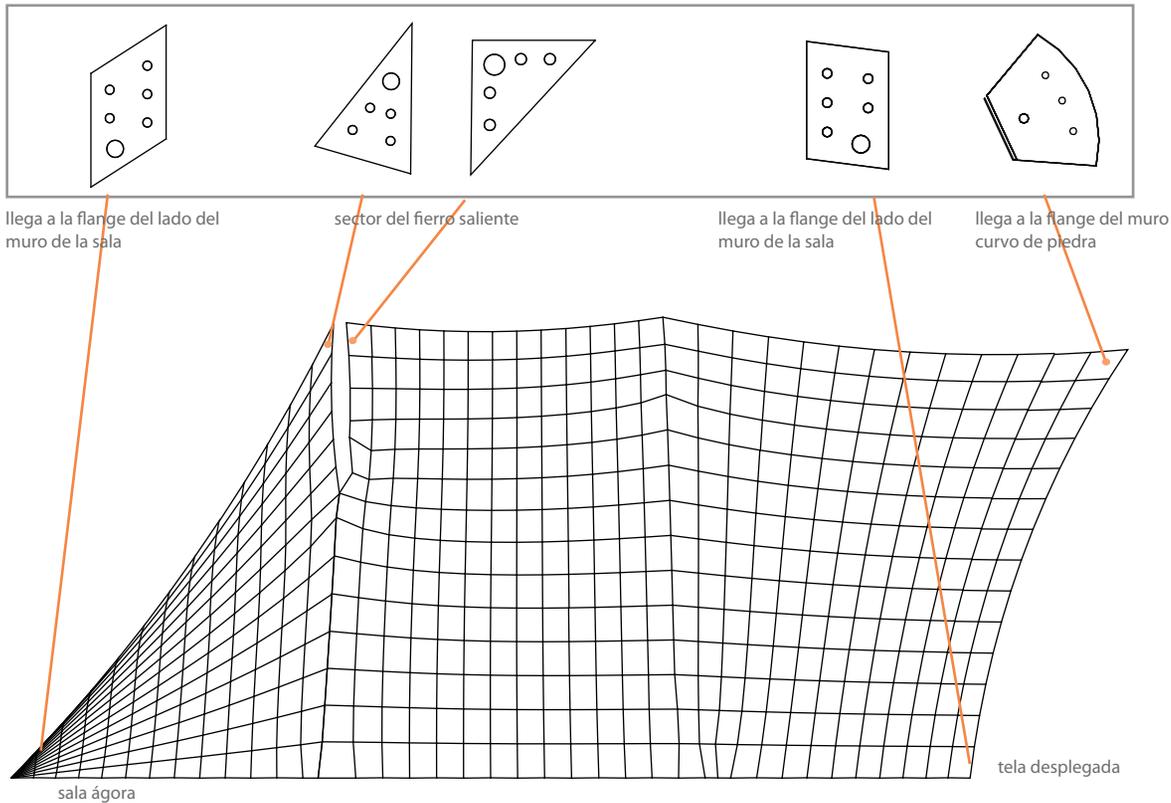


fierro estriado, empotrados a la pared con un anclaje epóxico (sikadur)

## Piezas de aluminio

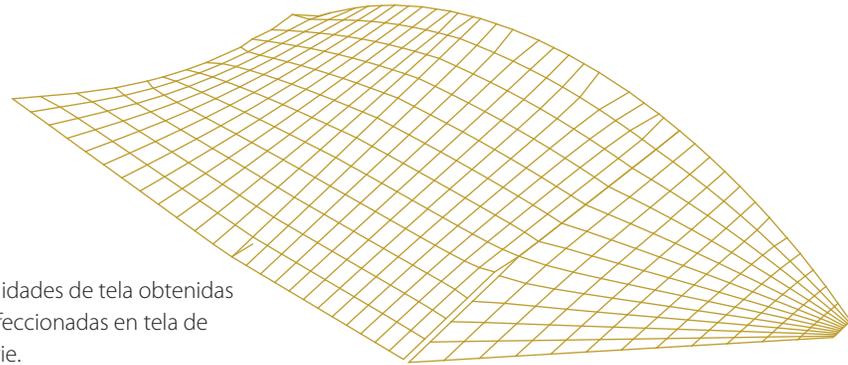
Por cada sector de la tela que deba generarse una tensión hacia estas flanges se instalan unas piezas de aluminio por ambas caras de la tela y por el interior tienen unas gomas del mismo tamaño para proteger a la tela. Se instalan con unos pernos para que queden lo suficientemente fijas a modo de prensa y tienen una perforación para que con un cable de acero y un tensor se extienda hacia las flanges como punto en común. Estas piezas tienen la principal función de que la tela en sí misma se tense y no sólo por los cables de acero interiores, ya que con la tensión de estos, la tela podría devolverse y generar pliegues.

formas de las piezas de aluminio



## Membrana

La membrana compuesta por 6 unidades de tela obtenidas a través del programa Mpanel confeccionadas en tela de pvc que es resistente a la intemperie.

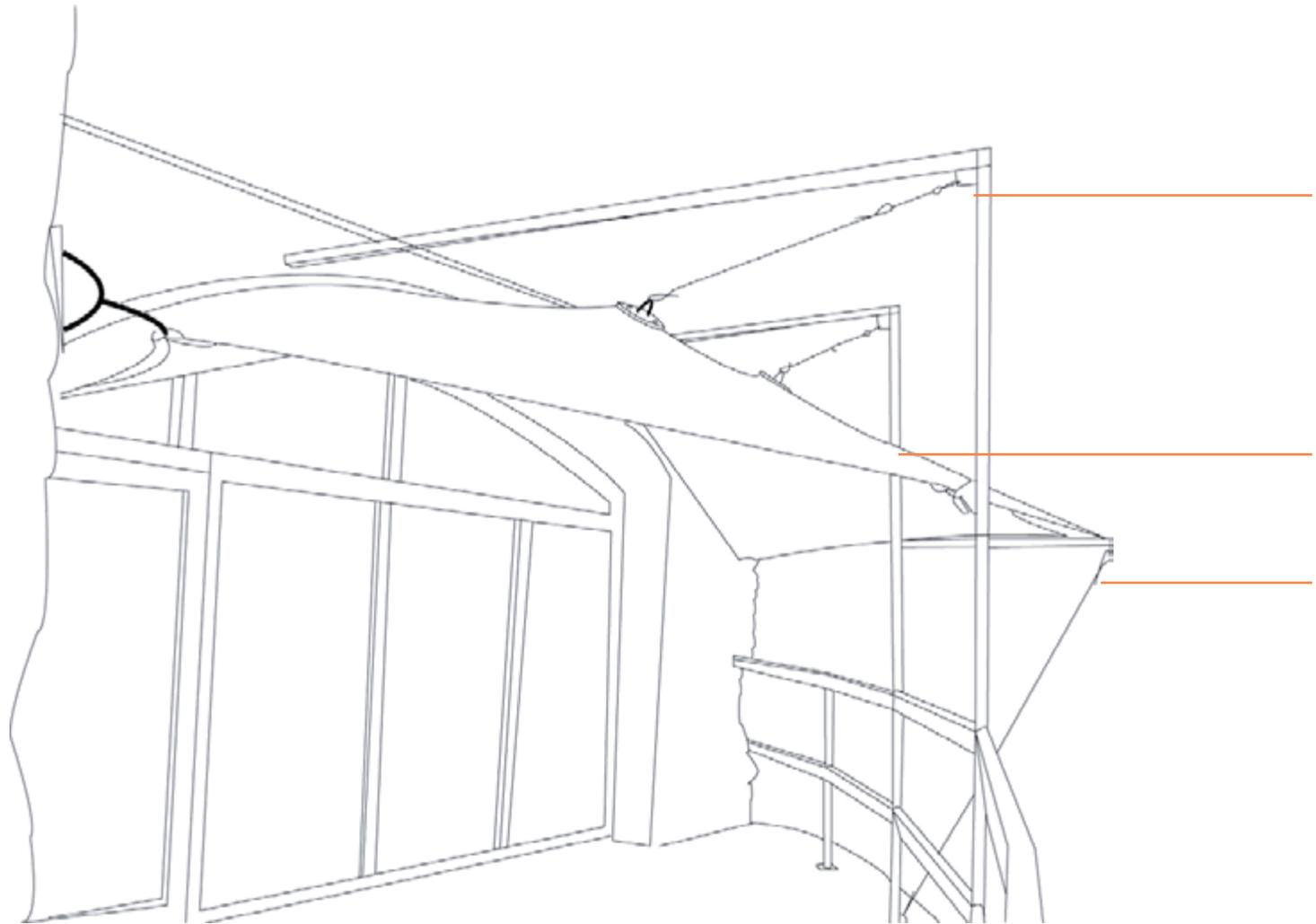


Los paños de tela se unen con una máquina de "sellado electrónico de alta frecuencia". Al hacer los cortes en la tela, se deja un margen de 2 cm a cada lado de cada paño para hacer la superposición.

Por cada punto al cual se le aplicará una tensión se refuerza con otra capa de la misma tela para que quede más resistente.

Por la parte posterior por donde pasa el tubo de aluminio, se construye un bolsillo para que éste pase por su interior. Y por todo el resto del contorno se construye un bolsillo de menos tamaño para que se incorpore el cable de acero.





## En cuanto al caso

Esta membrana cubre espacialmente una superficie aproximada de 36 m<sup>2</sup> como cubierta en sombra.

---

Los fierros de la estructura de los pilares levantan la carpa ejerciendo una fuerza hacia fuera, abovedándola.

---

Los cables que atraviesan por el perímetro de lado a lado (de pared a pared) funcionan traccionando la carpa para otorgarle firmeza y estiramiento para lograr la amplitud necesaria. Esto para no provocar pliegues y dejarla lo más tensa posible.

---

Fierro saliente, prolongado desde el pilar derecho, posee un cable de acero que se vincula con la parte más baja del pilar para recibir la carga del viento y resistir esta fuerza.

## PROCESO CONSTRUCTIVO MEMBRANA

Tela : cobertura 10.000

### Marcado

Con los moldes de la tela obtenidos en el programa es posible marcar la tela. Se imprimió el molde escala 1:10 cuadrículado. Luego en la tela se marca esta cuadrícula cada 10 cms y se traspasan las líneas. Cada paño mide alrededor de 1.50 x 4 mt. Al marcar la tela fue de vital importancia la precisión, ya que cada paño debe coincidir con el siguiente.



Luego de marcar cada paño, se trazaron las líneas de borde para los cables de acero con una distancia de 4 cm, el traslape para el sellado entre cada paño a una distancia de 2 cm por el tamaño de la selladora y 21 cm para el bolsillo del arco de aluminio.



Corte: Se cortó la tela con una tijera corriente para género. Las complicaciones que presenta esta tela al ser cortada son la rigidez y el peso que posee.

## Sellado

### Sellado

Para unir los paños se utiliza un sellado electrónico por alta frecuencia.

#### Sellado Electrónico de Alta frecuencia

La pérdida dieléctrica en un campo de alta frecuencia (radiofrecuencia o HF) entre electrodos lineales fríos o de temperatura constante puede regularse de modo que se eleve la temperatura entre dos películas o láminas en contacto con los electrodos para efectuar una soldadura dieléctrica, mientras el restante material permanece frío. Los plásticos con polaridad limitada, como las poliolefinas, PS y PTFE no son soldables mediante HF, siendo su mayor uso en la soldadura de PVC plastificado, combinado también con cartón, tablero o textiles. CA, PA, TPU y muchos elastómeros termoplásticos pueden también soldarse mediante radiofrecuencia.

Los equipos de soldadura HF funcionan con cargas de 500 W a 100 kW e incluyen prensas neumáticas o hidráulicas con una fuerza de cierre de 0,1 a 1000 kN, cuya superficie puede llegar a los 2x3 m, de las utilizadas en la confección de botes hinchables de salvamento. Estas máquinas suelen ir acompañadas de pre- o post-tratamiento en las líneas automáticas de producción y utilizan la frecuencia de 27,12 1,6 MHz permitida internacionalmente para soldadura por radiofrecuencia.

#### Descripción máquina

La máquina tiene una superficie de aproximadamente 1,20 mt de longitud por donde se puede apoyar la tela, pero el espacio de soldado corresponde a unos 70 cms. La prensa que fija la tela baja por medio de un sistema hidráulico y no calienta inmediatamente, por lo que se puede volver a subir la prensa y acomodar la tela sin problema.

Una vez que esta abajo la prensa se traspa el calor fundiendo las dos capas de tela, en aproximadamente un minuto o dos, se levanta la prensa y los dos paños ya están unidos y fríos: el sector esta listo.



Por el uso de la tela de pvc se decide sellar con este método, ya que es una forma limpia y duradera de trabajarla. La máquina, al ser recta, produjo complicaciones en cuanto a las curvas que se requerían, es por esto que algunos bolsillos aparecieron disminuidos y la estrechez presentó complicaciones al momento de montaje.



Se reforzó la tela en los sectores donde se encuentran los mayores esfuerzos por la tensión de los cables, además de reforzar los puntos donde se instalan las piezas de aluminio.



## Abrazaderas

Estas piezas se construyeron en pletina de hierro de 10 x 0,5 cm. de espesor. Se corta la pletina con la tronadora dejando las piezas de 10 x 15cm.

Posteriormente con el taladro de pedestal y una sierra de copa se hace la perforación central de la abrazadera por donde pasará el tubo de aluminio con una matriz guía. Esta matriz de madera se compone de todas las medidas necesarias para que cada placa de hierro calce y se haga el corte. Así la faena se hace más precisa y rápida.

Para poder lograr el corte con tal precisión a un hierro de tal grosor, es necesaria la continua lubricación de la sierra.



Luego de estar listas, se hace el corte angular con la galleta para obtener la abertura necesaria de la abrazadera y se lija rebajando hasta obtener la forma.



Con otra pletina de fierro de 3 x 0,3 cm se construye la curvatura interior de la abrazadera. La curvatura se construye con un tubo matriz de la medida. Esta pletina se encarga del encuentro con la tela de la carpa para no dañarla al estar montados.



## Flange abrazadera

Esta pieza se corta de la misma medida que la abrazadera para el calce entre ambas.

Se perforan todas las piezas que van en la pared con una matriz guía en madera para que todas queden de igual medida. Las perforaciones son dobles para asegurar el empotramiento de la pieza completa. Luego es necesario limar la parte interior para limpiar el corte.

Las perforaciones le pertenecen a la medida del hilo que irá empotrado en la pared y traspasará por estos orificios para asegurar la pieza completa a la pared con dobles tuercas de fijación.



Al acabar con esta faena, las abrazaderas se sueldan a esta flange ocupando, nuevamente, una matriz de madera para facilitar el trabajo. Matriz que incorpora ambas placas de fierro con el ángulo y distancias requeridas.



## Piezas de aluminio

Piezas de aluminio de 3mm de espesor. Estas piezas son las encargadas de prensar la tela en las puntas para sostener desde éstas un cable de acero que se encargará de tensar la tela.

Se marca sobre una plancha de aluminio todos los cortes de las piezas y se cortan con la guillotina y tijera de metal. Las perforaciones se hacen con el taladro de pedestal.



Por el interior de cada par de piezas se incorpora una goma que ve en contacto directo con la tela para que ésta no sufra ningún tipo de rasgadura con la tensión ni el roce.



## Montaje

Se marcó por sobre la ventana el arco de aluminio para luego marcar las distancias de las piezas abrazaderas que lo sostienen y hacer las perforaciones para los hilos. Esto, con un plomo, nivel y transportador se orientaron las medidas ya proyectadas anteriormente según cada pieza.

De igual manera se marcaron las piezas flanges laterales y las distancias de sus perforaciones. La profundidad para los fierros estriados es de 18 cms.



primera medición para el montaje



perforaciones y pruebas de anclaje

Para las perforaciones se utilizó un taladro hilti, ya que la pared de piedra requiere de un mayor esfuerzo para perforar.

Para montar los hilos y fierros estriados se usó un anclaje epóxico:sikadur 31. Para esto, las perforaciones deben tener un diámetro mayor que los diámetros utilizados con los fierros.



prueba del arco de aluminio

Se realizó, también, un soldado en obra: pieza de hierro como extensión de la estructura del pilar, pieza de agarre de los cables de acero en dos puntos.



pieza que recibe los cables de acero interiores de la tela



argolla que recibe el cable de acero que sostiene la presión del viento por sobre el fierro de extensión de la estructura-



pieza que recibe el cable de acero interior de la tela.

## montaje tela

Se instalan, primero, todas las piezas de aluminio que van en contacto con la tela y luego, el cable de acero que recorre todo el contorno de la membrana.



El tubo de aluminio se incorpora en el bolsillo de la tela, posteriormente se instalan las abrazaderas de fierro y al final se incorpora todo en el muro. Las abrazaderas se aseguran con estos hilos ya empotrados en la pared y se fijan con unas tuercas.



Cuando la tela ya está instalada en la parte trasera con el tubo de aluminio en la pared, se realiza el montaje de adelante: se tensan los cables de acero hacia las flanges con unos tensores y luego, se incorporan las prensas de madera en la tela y se tensan hacia la parte más alta de los pilares para generar la forma abovedada.



detalles



se realizó un post-tensado para generarle un abovedado a la carpa. Esto con la ayuda de unas piezas prensadoras que reciben todo el esfuerzo de la tensión.



vista superior de la pieza



se puede apreciar una leve traslucidez en la tela que permite una mejor luz interior.

## EN CUANTO AL LUGAR-ESPACIO

El lugar elegido para la construcción de la membrana es un espacio que llama a la contemplación, al detenerse y observar hacia el horizonte, lo que sucede por debajo en la avda. España, lo que ocurre en el mar, etc. Es un lugar propio de este acontecer.

Construir esta membrana tensada como un cielo que genera una sombra trae consigo la posibilidad de habitar el espacio y realizar actos de una mayor duración en cuanto a lo que el lugar requiere.

El estar dentro de este espacio es ahora protegido, el sol deja de ser un impedimento al estar en este balcón y las miradas por sobre la cabeza desaparecen, entonces se está en una privacidad resguardada.

La altura que posee trae consigo una buena aireación en el espacio interior y la tela, al ser blanca y un poco translúcida, construye una luz distinta de ambiente: el blanco se enciende y no opaca al lugar, trae una luz habitable sin ser perturbadora a la vista.

del lugar.



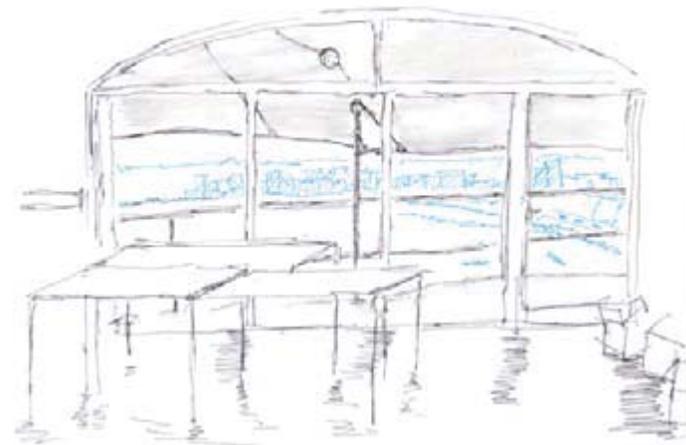
dos vistas desde dentro de la sala.

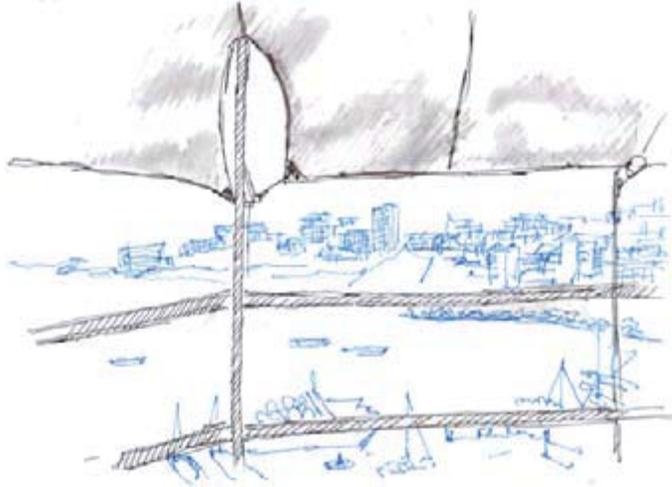
aparece la membrana al horizonte de la mirada por sobre la ciudad.

la membrana deja aparecer la ciudad en la distancia.

aparece una luz tenue, no directa que se hace agradable a la vista, pero no enciende por completo al lugar, construye sombras.

sombras de la ventana se hacen notorias dentro de la sala. se reduce un poco la luz, pero no desaparece.





la vista obliga a una detención, a una calma.  
el lugar se deja recorrer y la sombra invita a descansar,  
contemplar.

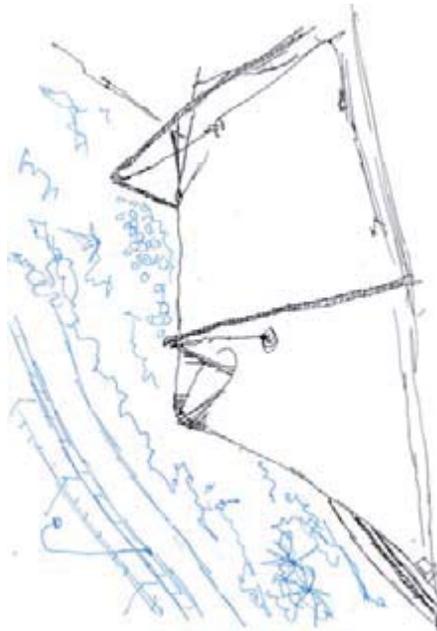
se genera un espacio habitable debajo de esta umbra.



por sobre la membrana se advierte un espacio autónomo que no deja  
traspasar la mirada, aunque sí los sonidos, el aire.

la membrana cumple con separar su umbra de la vista desde arriba,  
concluye al espacio, lo separa.

luego este lugar netamente geométrico como lo era este balcón,  
desaparece, se amplía la sala y aparece esta umbra habitable.







aparecen dos espacios netamente autónomos, que separados por este nuevo material que construye un cielo para uno de los espacios, se genera una separación a la mirada entre ambos logrando una intimidad en este interior.





Si comparamos espacio con lugar y se hace referencia a la distinción entre ambos, Mar Augé (libro: "los no lugares") dice: "El espacio sería al lugar lo que se vuelve la palabra cuando es hablada, es decir, cuando está atrapada en la ambigüedad de una ejecución, mudada en un término que implica múltiples convenciones, presentada como el acto de un presente (o de un tiempo) y modificada por las transformaciones debidas a vecindades sucesivas..."

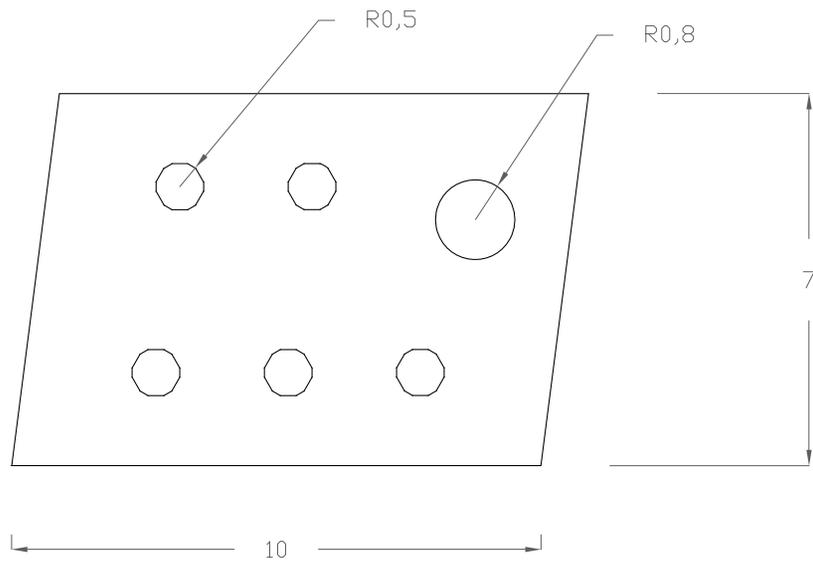
Proyectar, y luego, construir como una aproximación a la construcción de una sombra, es crear un lugar habitable. La membrana levantada en la terraza Alveolo hace referencia a esto, se construye un lugar que convoca a la utilización de la misma, aparece esta umbra por debajo que invita a ser recorrida y hacer una pausa en su interior.

Después de haber un espacio netamente geométrico, aparece este espacio "de acto", lugar de una experiencia de relación con el mundo de un ser esencialmente situado en relación con este medio.

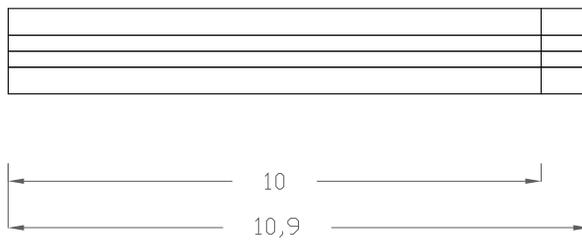


## capítulo cuatro: planimetría

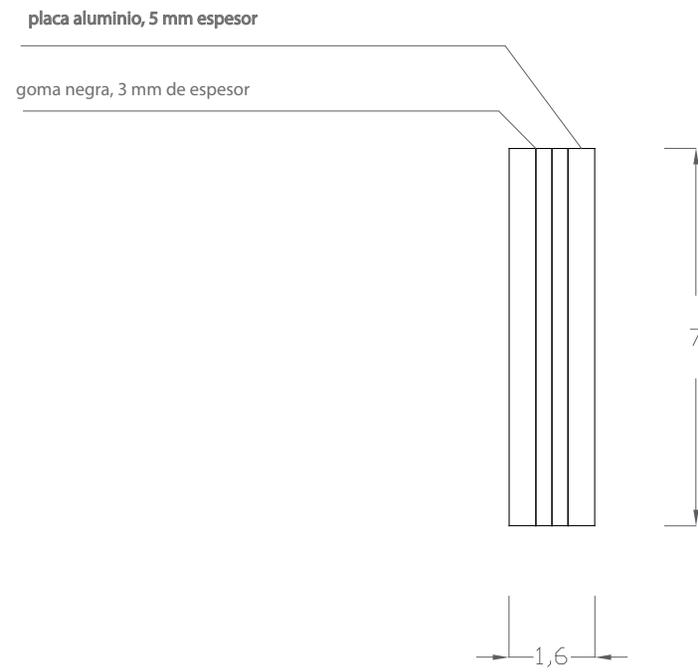
vista frontal



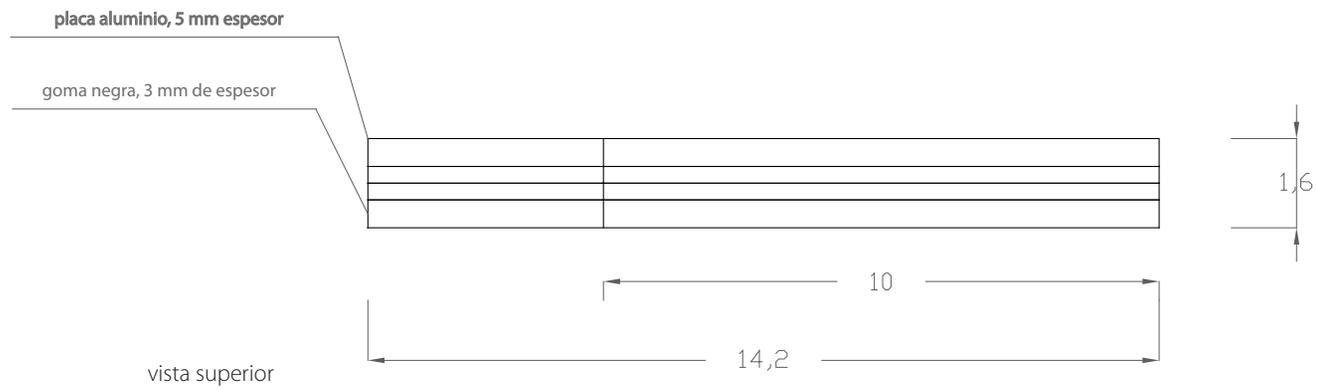
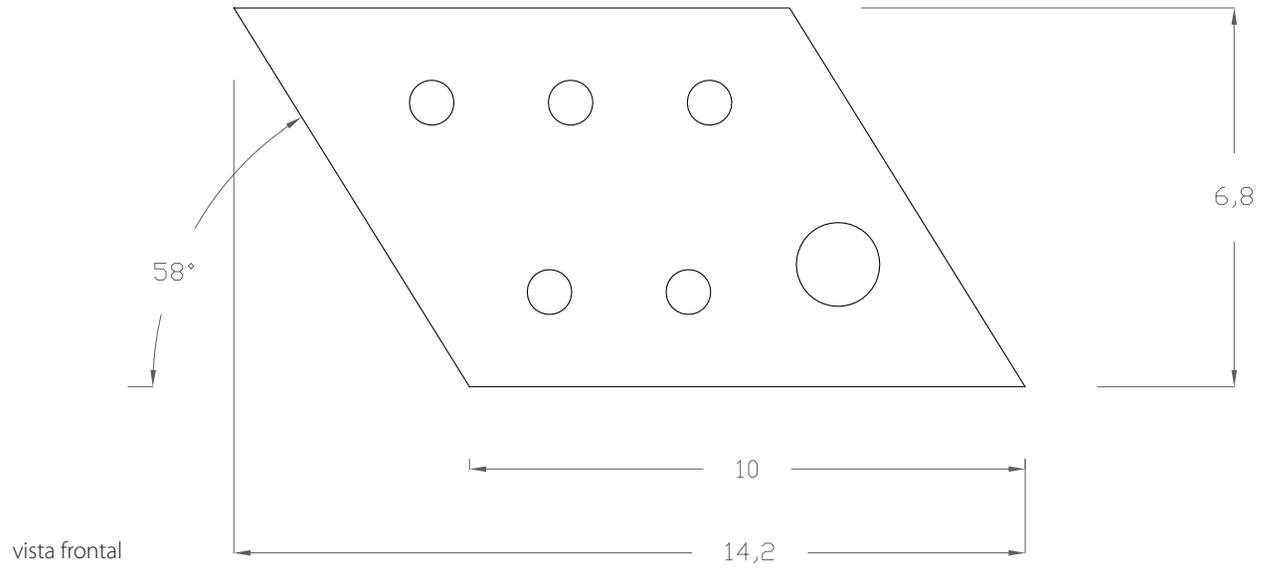
vista superior

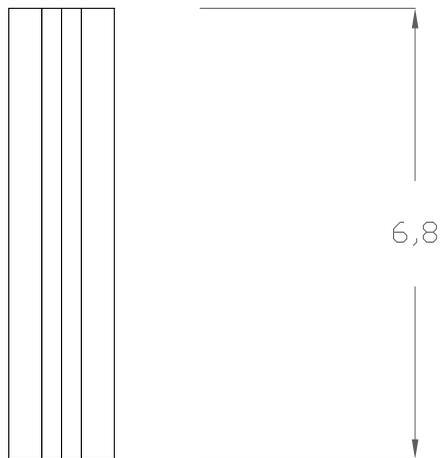


vista lateral

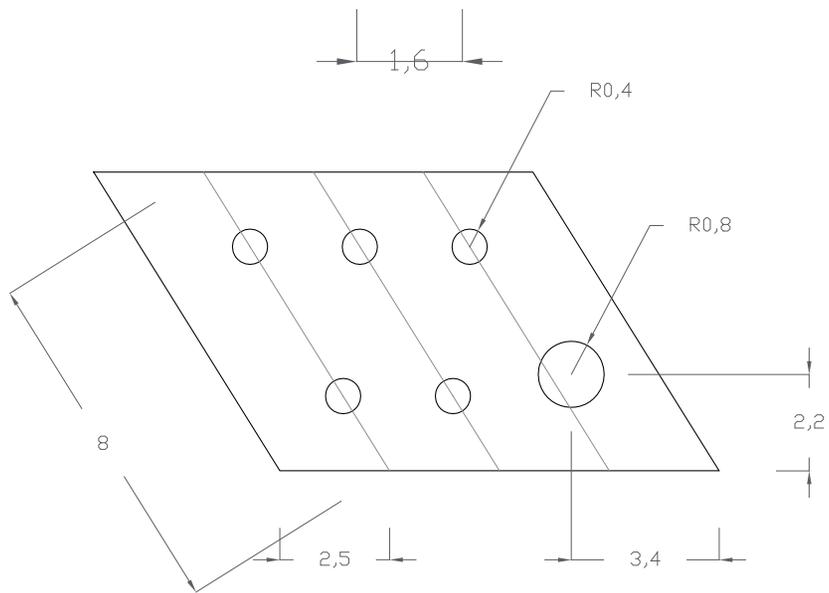


pieza aluminio agarre tela.  
escala: 7/1  
unidad: centímetros



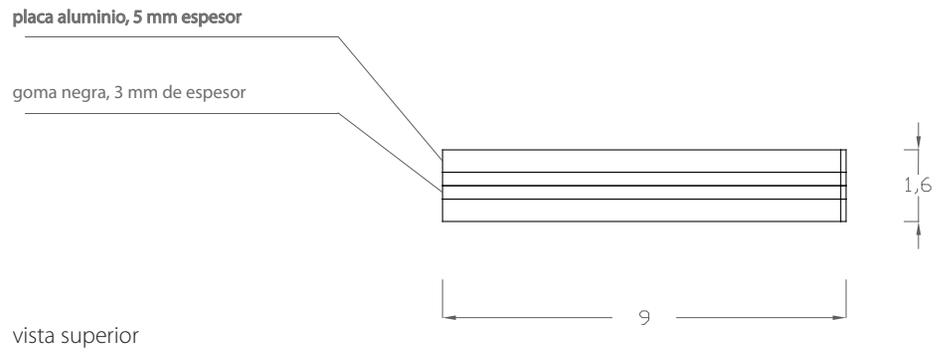
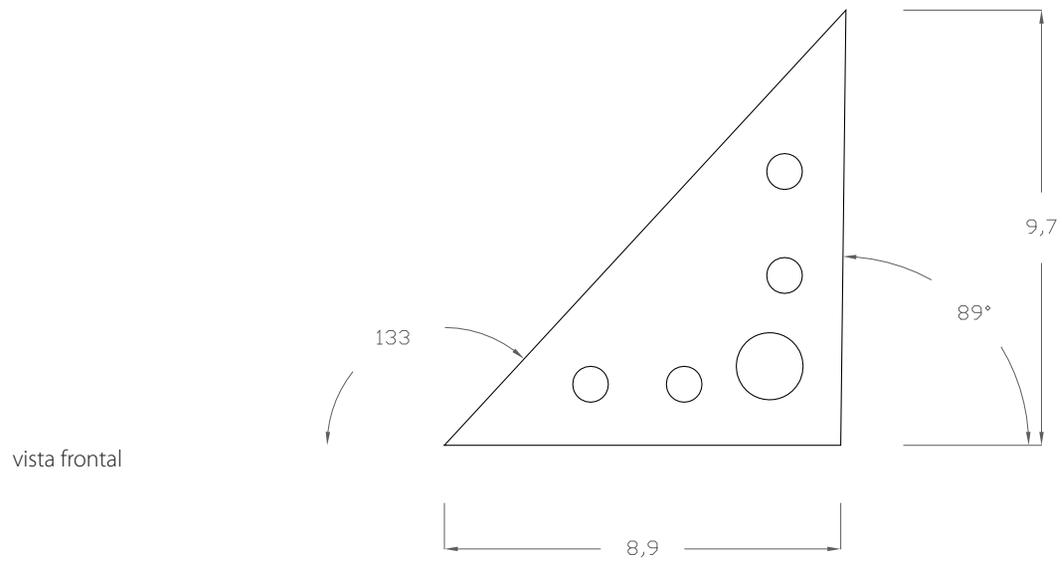


vista lateral

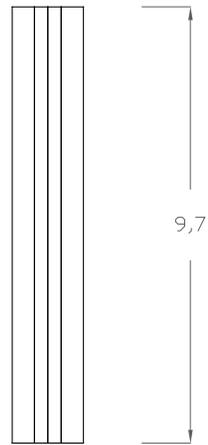


perforaciones

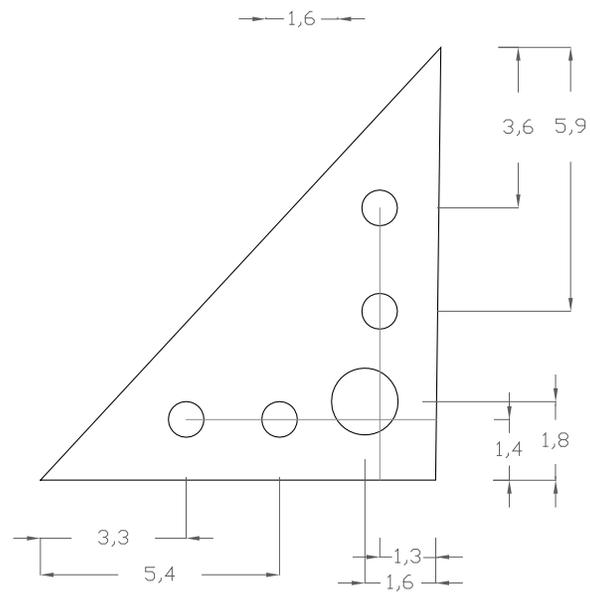
pieza aluminio agarre tela.  
 escala: 7/1  
 unidad: centímetros



vista lateral

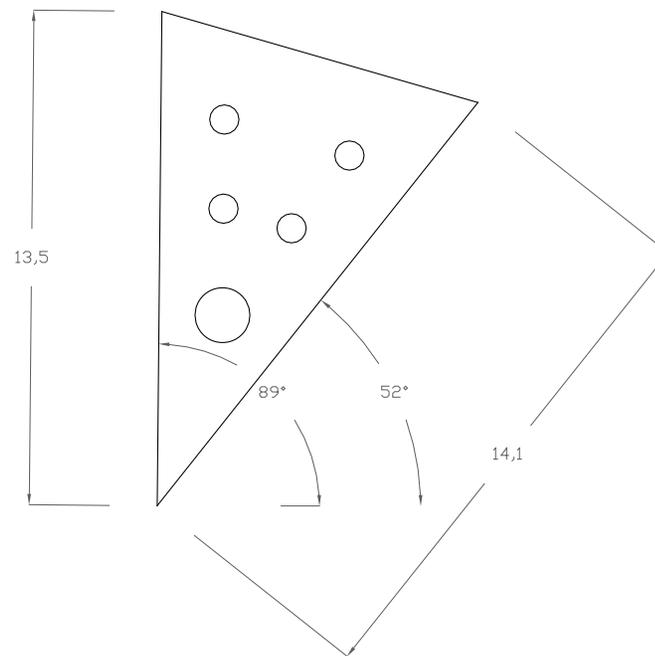


perforaciones

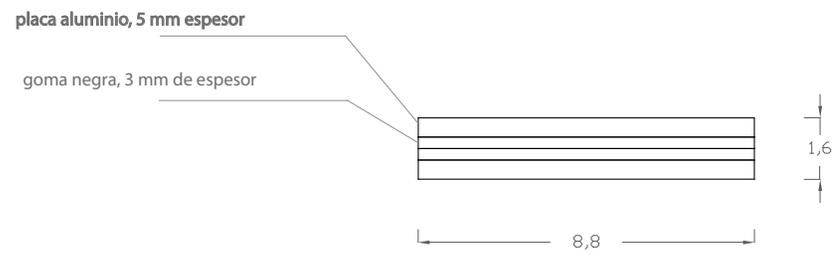


pieza aluminio agarre tela.  
escala: 6/1  
unidad: centímetros

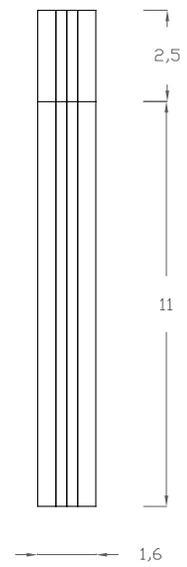
vista frontal



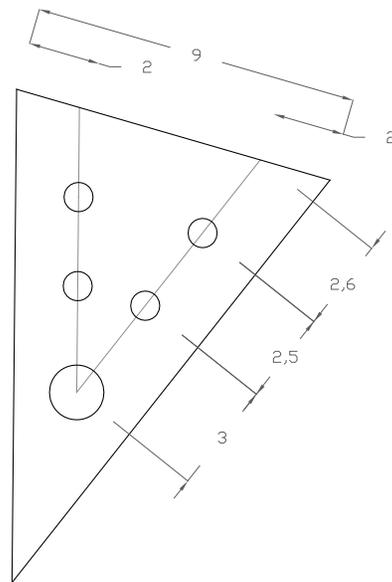
vista superior



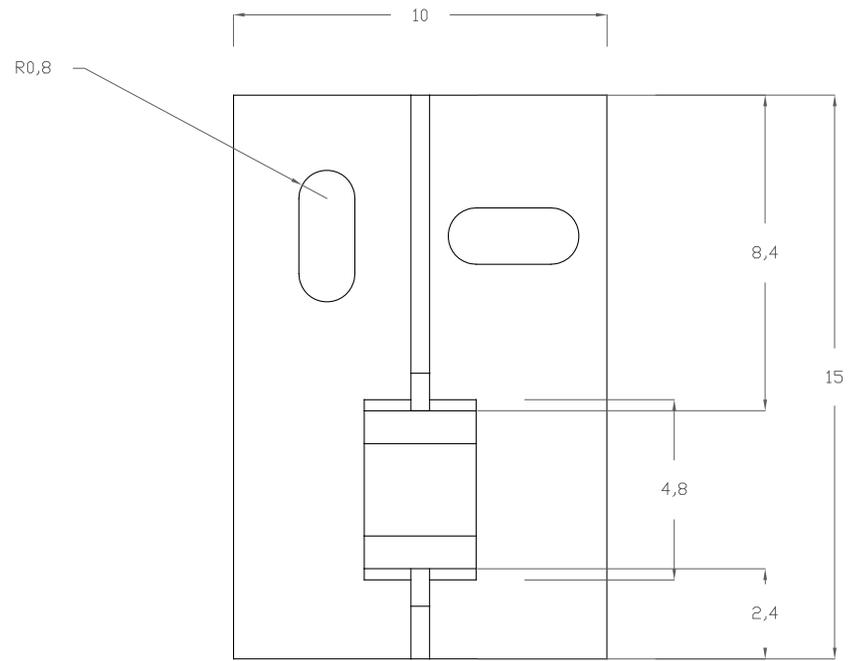
vista lateral



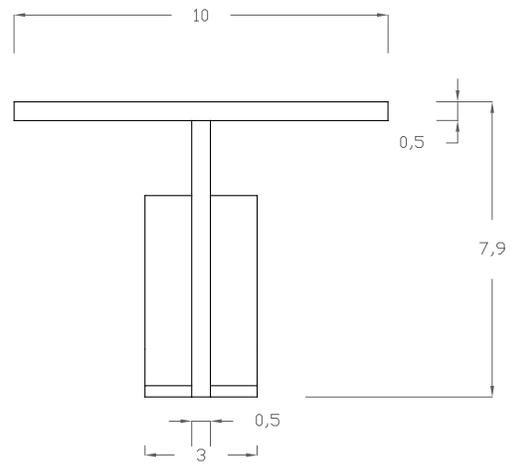
perforaciones



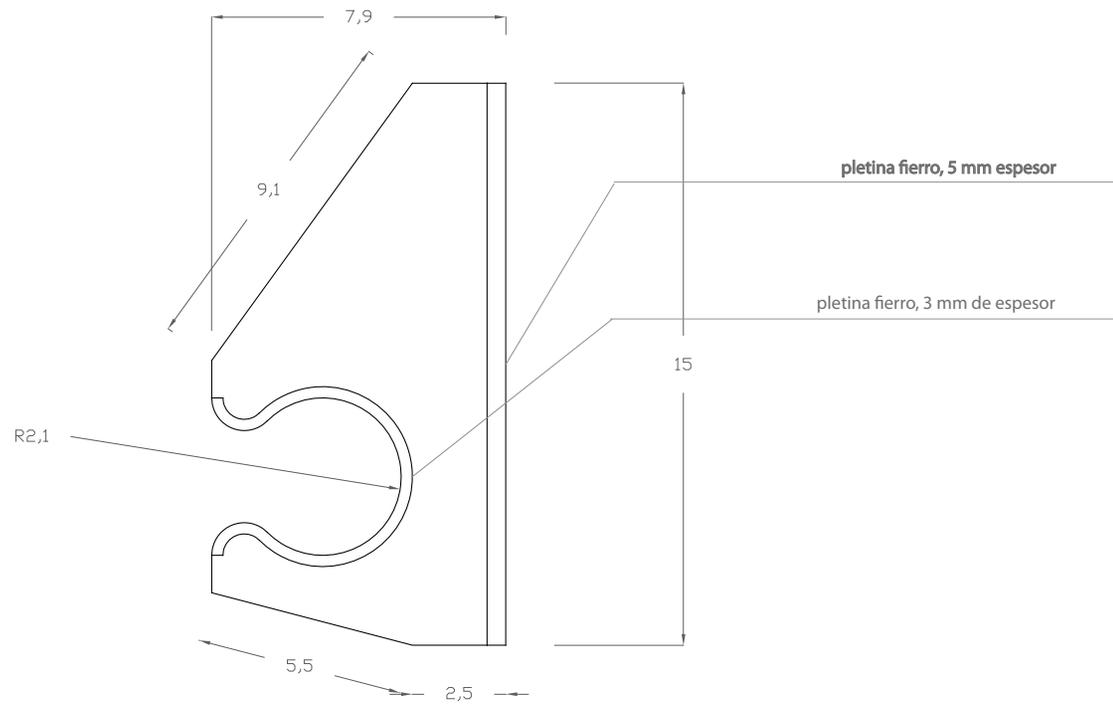
pieza aluminio agarre tela.  
escala: 6/1  
unidad: centímetros



vista frontal



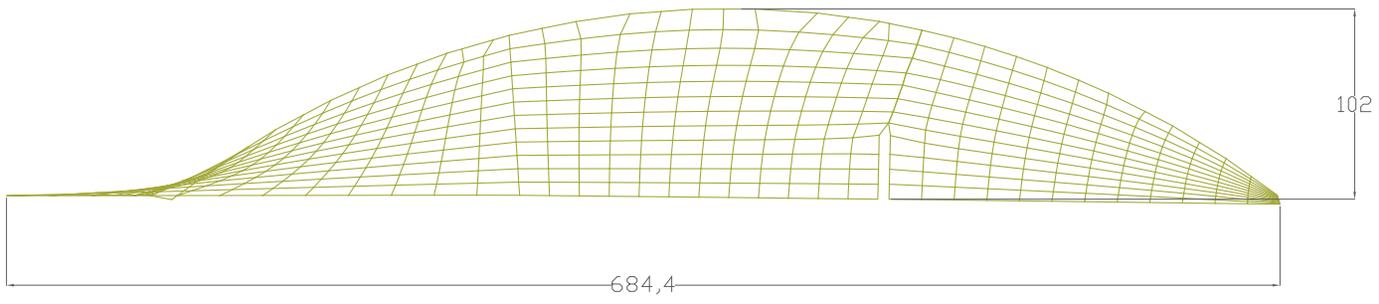
vista superior



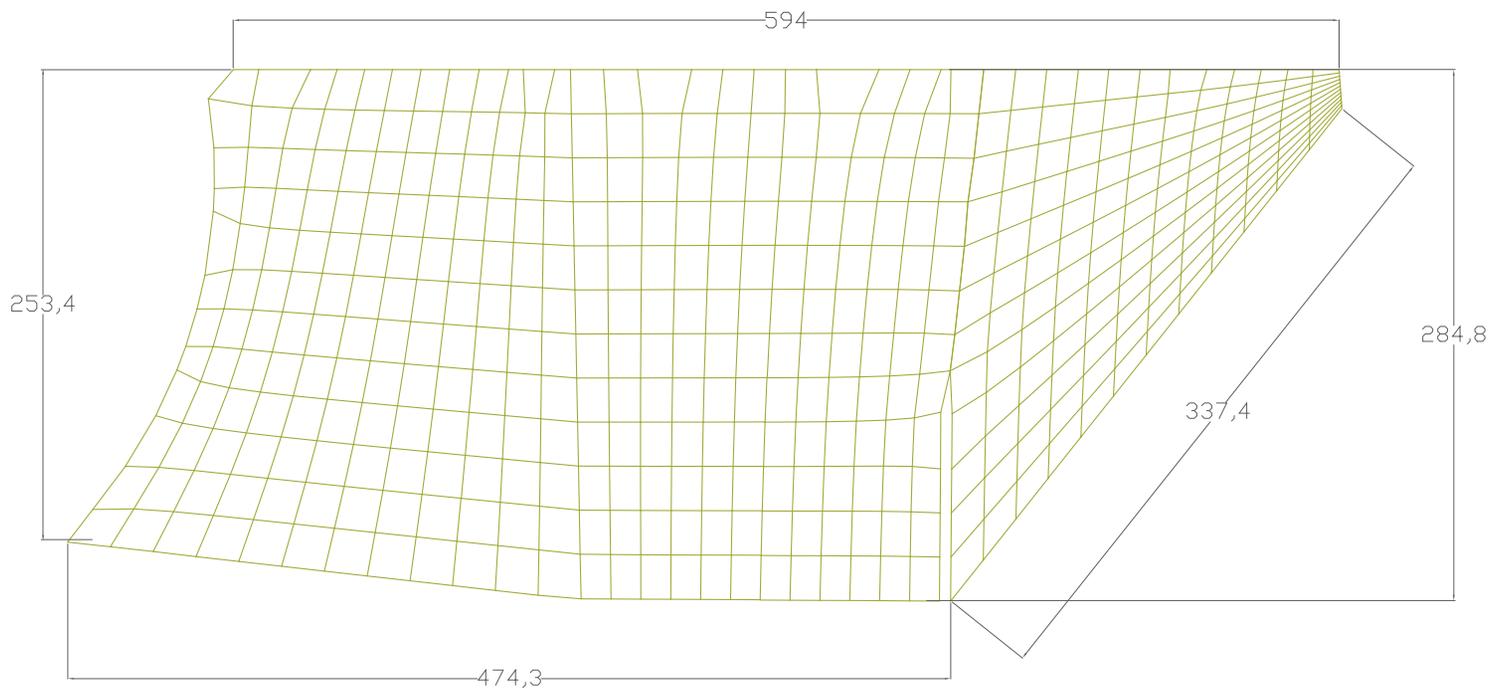
vista lateral

perforaciones

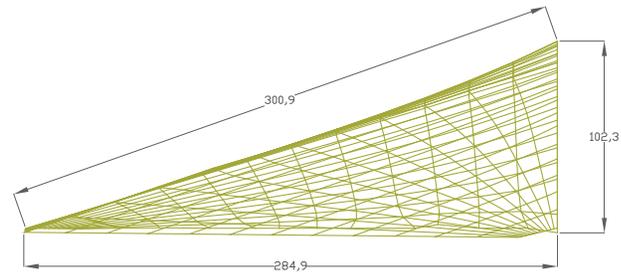
pieza abrazadera fierro  
 escala: 5/1  
 unidad: centímetros



vista frontal

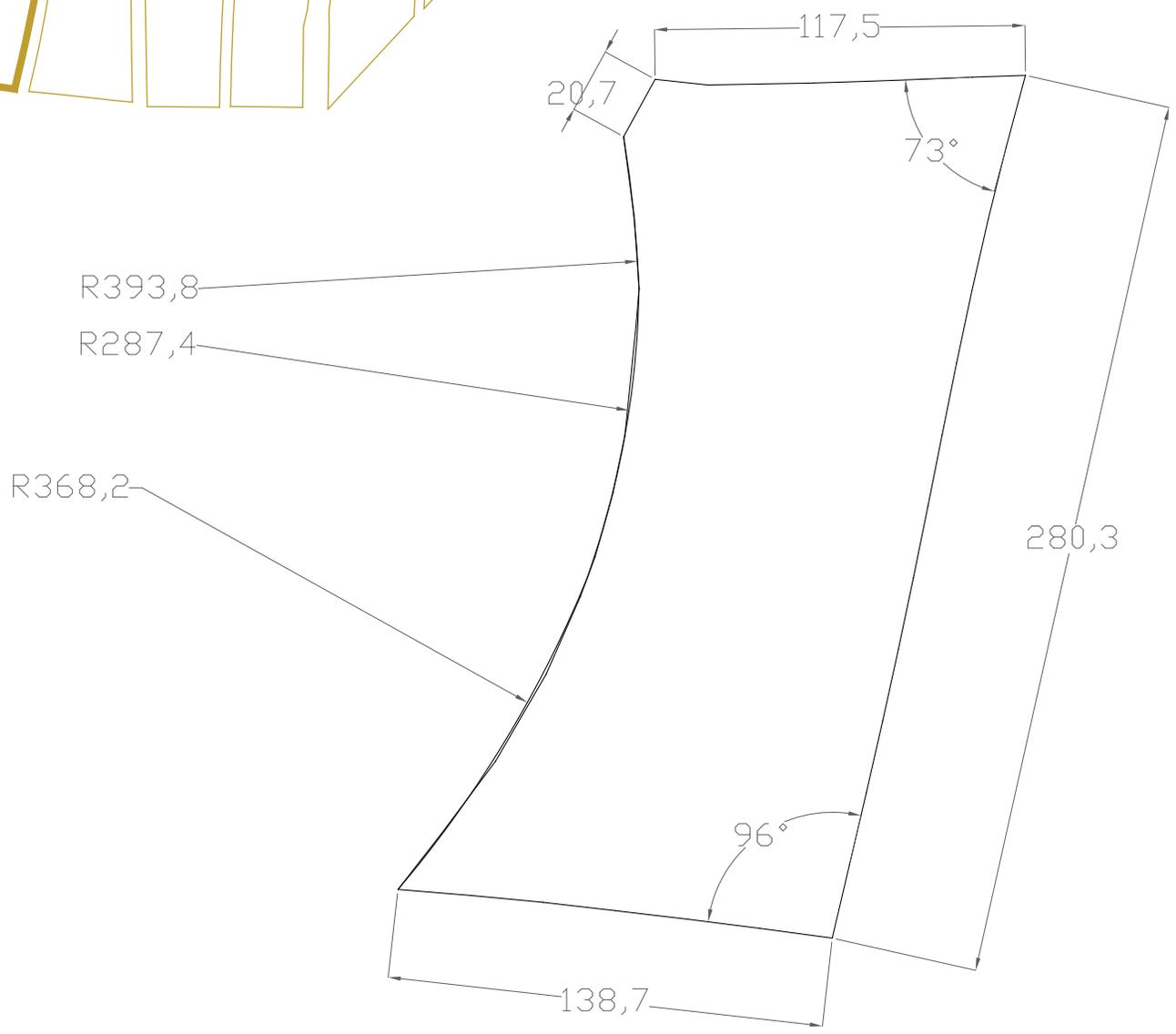
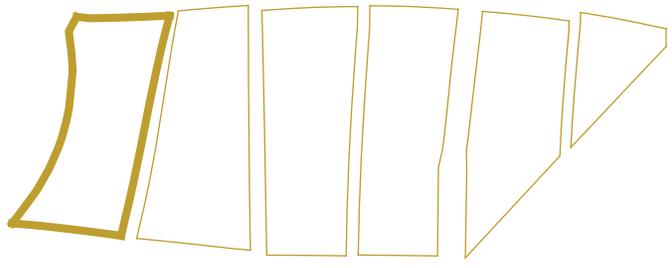


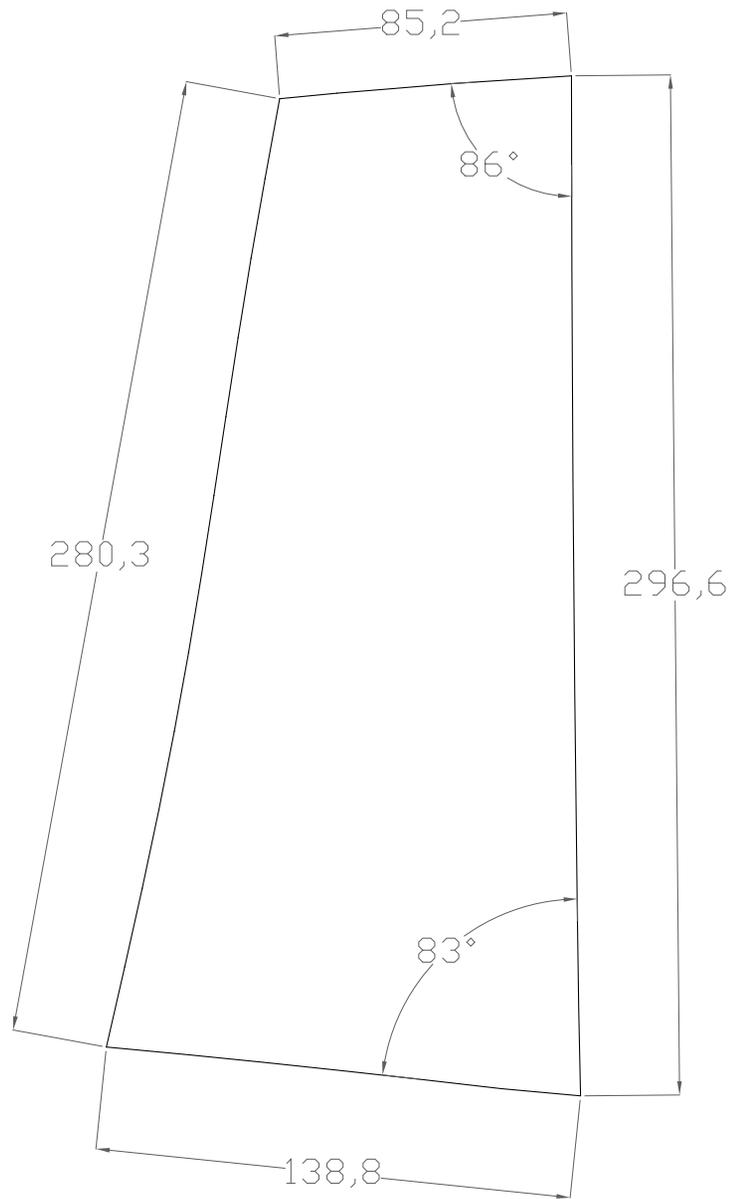
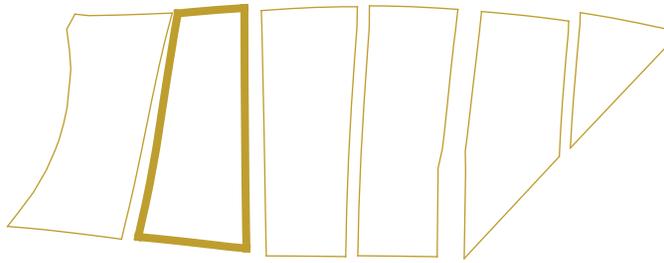
vista superior

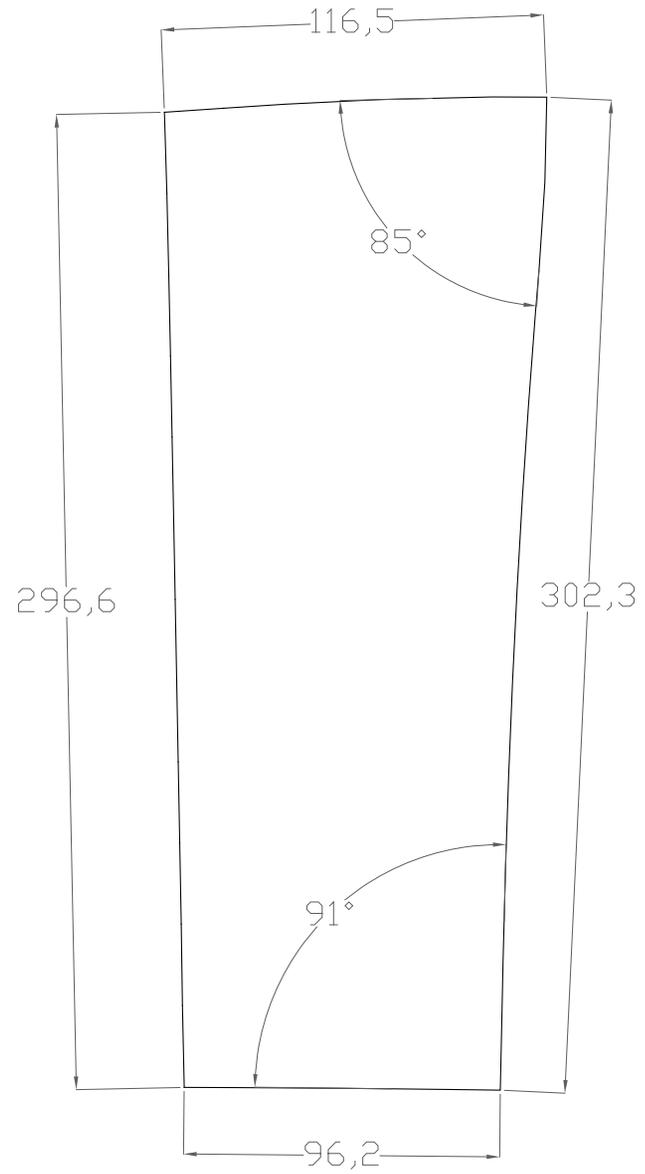


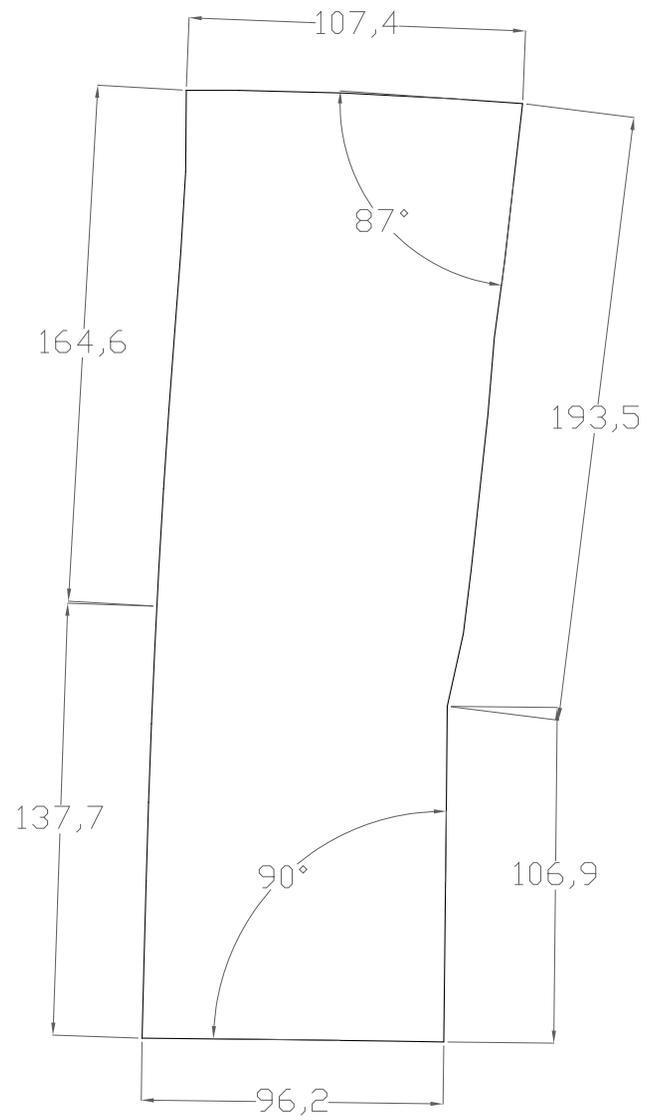
vista lateral

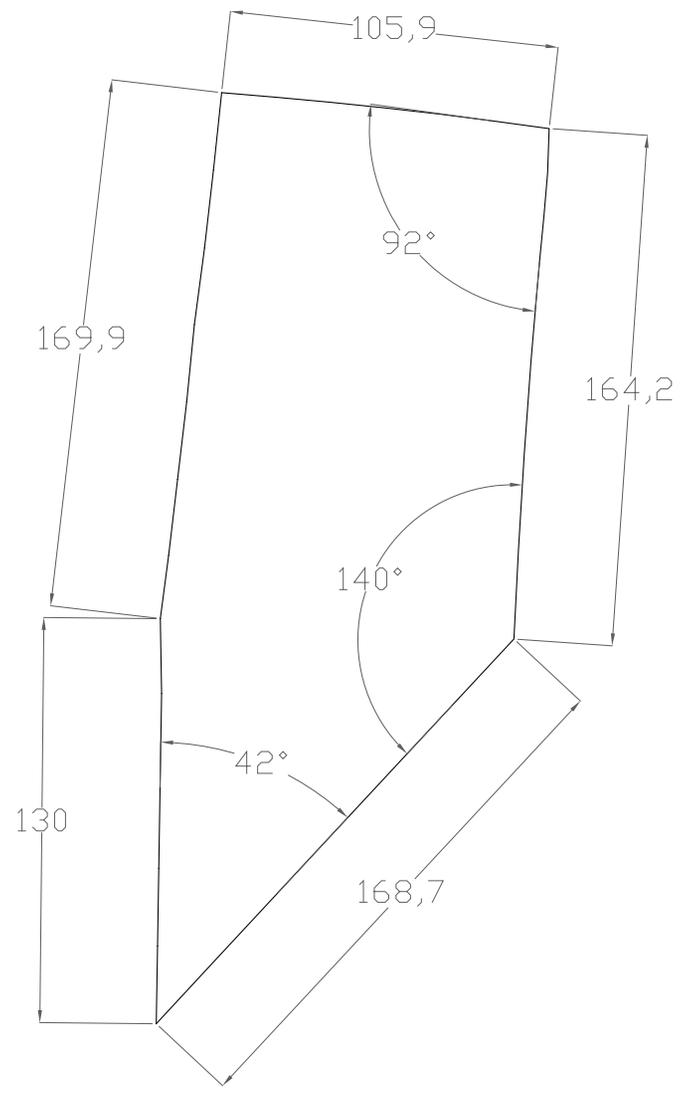
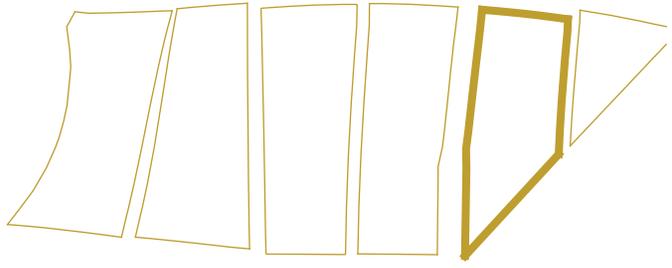
tela modelada  
escala: 1/4  
unidad: centímetros

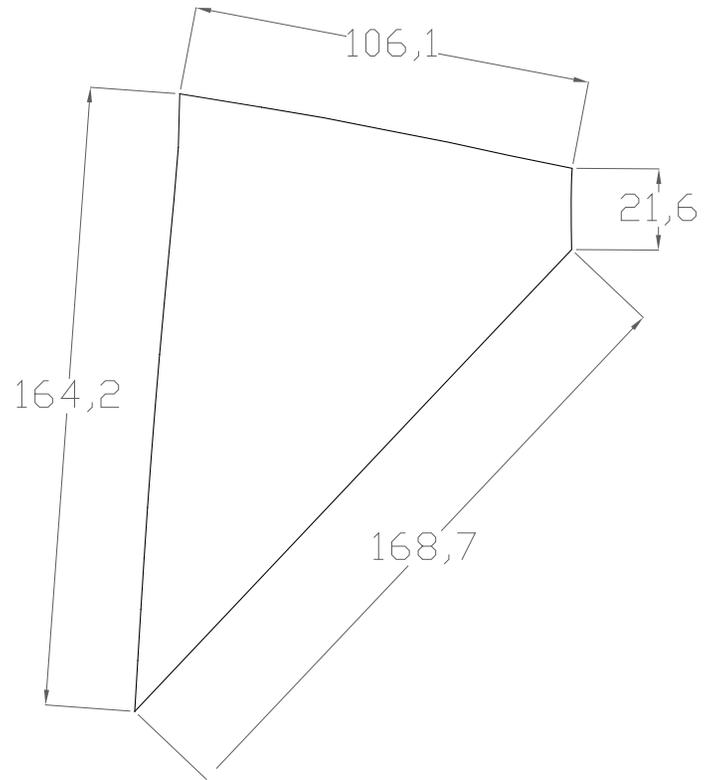
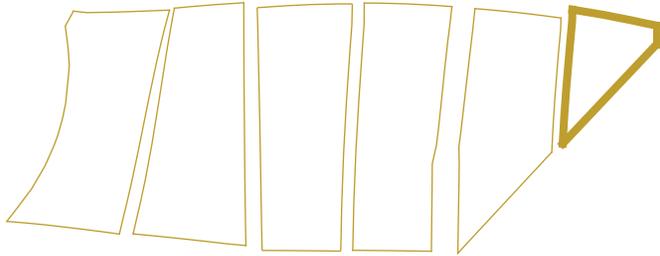














## **anexo uno**

presupuesto proyecto umbra de borde



## Presupuesto membrana Sala Agora

### membrana

material	medidas	costo por metro	cantidad	costo	iva	costo total
covernil	150 x 100 cm	3.600	21	75600	13608	89208
sellado por ultrasonido		500				50000

### piezas

material	medidas	costo unitario	cantidad	costo	iva	costo total
bridas	1/4"	139	15	2085	396	2481
tensor	1/2"	1524	10	15240	2895,6	18136
tensor	1/4"	631	2	1262	240	1502
cable acero	1/4"	400	20	8000	1520	9520
guardacabos	1 cm	170	7	1190	214	1404
grillete	1/2"	250	5	1250	237,5	1488
argollas de acero	600cm x 1cm	4131	1	4131	785	4916
hilos	d: 1 x 100 cm	2003	4	8012	1522	9534
tuercas	d: 1 cm	100	28	2800	532	3332
pernos y tuercas	1/4"	100	32	3200	608	3808
golillas	1/4"	37	32	1184	225	1409
broca	15 mm	5228	2	10456	1987	12443
broca	10 mm	2260	2	4520	859	5379
broca	6 mm	964	1	964	183	1147
electrodos	kg	5338	2	10676	2028	12704
sierra de copa	d: 6 cm	6480	1	6480	1231	7711
adaptador sierra de copa	6 cm	5904	1	5904	1122	7026
sikadur 31	1 kg	4380	1	4380	970	5350
goma empaquetadura	20 x 100 cm	2460	2	4920	935	5855
hilos	d: 1 x 100 cm	2003	4	8012	1522	9534
pletina de fierro	3 x 0,3 x 600 cm	4379	2	8758	1664	10422
pletina de fierro	10 x 0,5 x 600 cm	31160	1	31160	6840	38000
tubo cuadrado fierro	0,5 x 0,5 x 100 cm	5338	1	5338	1014	6352
placa de aluminio	110 x 50 x 0.5	20500	1	20500	3895	24395
imprevistos						50000

total:

393055



## **anexo dos**

membranas en el mundo

## Casos de Estudio

### The O2

Especificación técnica

Nombre del proyecto: Domo Milenio

Ubicación: Greenwich, Inglaterra. El nuevo milenio

Propietario: Experience Co., Ltd., London,

Arquitecto: Richard Rogers Partnership

Ingeniero: Buro Happold

Area : 85 530 m<sup>2</sup>

Año de termino: 1999

Tipo de membrana: PTFE Sheerfill II y V y Fabrasorb IA

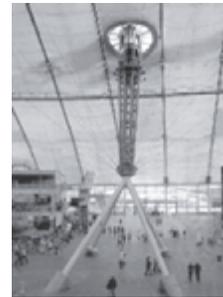


### Características

En la forma la superficie de azotea es un gorro esférico. Doce mástiles de acero 100m altos soportan una red de tensión de cables de acero, puestos radialmente sobre la superficie del domo y sostenido en el espacio por el hangar y atan abajo cables en 25m intervalos. Un anillo de cable de 30m-diámetro refrena el centro de la red de cable. Un rayo de anillo de compresión y anclas de tierra(razón) verticales en el perímetro refrenan fuerzas de tensión. Entre los cables, los paneles de tensión PTFE-cubren la tela de fibra de vidrio, en el 80000m<sup>2</sup> (el tamaño de 13 lanzamientos de fútbol) incluyen el domo. Una capa interior reduce el beneficio solar y mejora el Externamente se asemeja a una gran carpa blanca con torres amarillas de sujeción , una por cada mes del año o cada hora de la esfera del reloj, representando el papel jugado por el Tiempo Medio de Greenwich. Su planta es circular, de 365 m de diámetro, uno por cada día del año, con bordes ondulados. Aunque se le llama domo no lo es estrictamente al no sujetar su propio peso y requerir la ayuda de una red de cables sujetas por mástiles.

Las cargas de viento fueron tomadas al principio de datos publicados y luego confirmadas por pruebas de túnel aerodinámico (de viento). Las cargas de nieve fueron sacadas de un análisis de datos de nevada y observación del grado de varias situaciones.

Trabajo en Acero (montaje): Para el proyecto de domo, se clasificó la galvanización - lo más ligero- fue especificado para los cables bajo la azotea; y Galfan, una mezcla más duradera de aluminio y zinc, para galvanizar los cables externos. Los cables tuvieron que ser preestirados para eliminar la extensión de construcción, y luego marcado a las longitudes correctas bajo la carga especificada. La mayor parte de los cables eran la longitud muerta sin cualquier previsión para el ajuste.



## Estructura

La estructura se comporta como vector activo post-tensado con anclaje externo, tiene una circunferencia de un kilómetro y una altura de cincuenta metros; está suspendida a un grupo de doce árboles de acero, cada uno de cien metros de altura, mantenidos en posición por más de setenta kilómetros de cables de alta resistencia. Aunque se le llama domo no lo es estrictamente al no sujetar su propio peso y requerir la ayuda de una red de cables sujetas por mástiles. Los cables de tensión son directos, y la tela es básicamente plana. Ellos llevan las cargas por la desviación acompañada por un aumento de tensión.

Este concepto es simple, pero hay peligros asociados con las desviaciones, en particular el de pondeo causado por la nieve o la fuerte lluvia, cuando cargado por el viento o la nieve, el hangar superior, los cables radiales transmiten las cargas de la tela hacia abajo a la tierra. Las fuerzas de los cables primarios radiales son llevadas al centro por un anillo de cable de 30 metros de diámetro.

Esto fue construido con doce cables de 48mm diámetro para proporcionar la seguridad contra la falla de alguno. En el perímetro, las fuerzas de los cables radiales son recogidas por 12 cables curvos divisorios fijados a 24 puntos de anclaje. La estructura cuenta con la forma de la superficie tensionada para su funcionamiento bajo la carga. Las fuerzas son resistidas por la tensión y la curvatura: mayor la curvatura, más pequeño será la tensión necesaria para resistir a una carga dada. Los cables radiales son pretensados a 400kN/line, y la tela es pretensada a 4 kN/m.

## Superficies planas tensadas INTERCAMBIADOR MODAL LAS PALMAS

Nombre del proyecto: intercambiador modal las palmas  
Ubicación: Las Palmas de Gran Canaria, España  
Area: 1225 m<sup>2</sup>  
Arquitecto: Gestiarq  
Constructora: UTE Intercambiador  
Tipo de membrana: Ferrari ref. 1302 Fluotop T



### Estructura

Esta estructura esta constituida por dos pilares compuestos. Cada pilar compuesto se compone por dos pilares de fierro empotrados a traves de zapatas aisladas ademas de contener dos tensores que contraponen las cargas. Para generar la contracurva se han dispuesto dos pilares por lado, de menores dimensiones. Todos los pilares se encuentran reforzados con tensores La carga de la membrana se distribuye en tensores y pilares transmitiendo las cargas a la superficie e impidiendo el movimiento de la tela. En la parte superior de la membrana hay un tensor de acero.

### Membrana

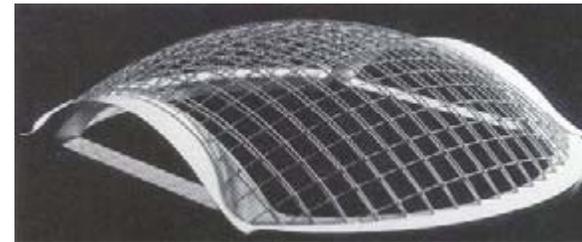
Por todo el borde de la membrana recorren cables de acero, este cable se encuentra subdividido por tramos, de esta manera en las puntas de cada tramo hay una pieza que resive por ambos lados el cable y lo fija a los pilares. Desde esta pieza el cable sigue su recorrido hasta el suelo donde es fijada al suelo por medio de tensores que regulan su tensión.

Detalle Técnico:

- 8 pilares
- 12 tensores
- 1 tensor superior.

## Superficies de cubierta Akita skydome

Nombre del proyecto: Akita Skydome  
Ubicación: Kawabe-gun, Japón  
Propietario: Akita Prefecture  
Arquitecto: Kajima Design  
Area: 12200 m<sup>2</sup>  
Año de término: 1990  
Tipo de membrana: PTFE  
Tiempo de duración: 6-10 años  
Duración: temporal, convertible



Los objetivos para el diseño de este domo fueron dos: un campo atlético con un suelo seco; y un espacio con una sensación de exterior. Esto, para promover la salud de los ciudadanos y mejorar la calidad del invierno. La translucidez fue considerada como vital en la creación del espacio para el deporte con una atmósfera de "al aire libre". En consecuencia, una estructura de membrana singular fue emplazada y fueron previstas medidas para acelerar el deslizamiento de la nieve.

El edificio está situado en dirección al viento y a la nieve en el invierno. La dirección de las líneas en forma de "v" (v-shaped) en secciones, generan una reducción en el acumulamiento de la nieve por sobre la cubierta que facilitan la caída. Arcos de gran especialidad (arcos tridimensionales hechos de tubos de acero) capaces de resistir una carga de nieve de 450 kgf/m fueron usados para el marco. Estos arcos son usados como conductos para el sistema de entrega de aire caliente. El aire caliente es suministrado uniformemente de numerosos motores distribuyendo a la membrana completa. Este sistema induce movimientos con poca energía y asegura el desbordamiento de la nieve. Los conductos son usados, también, para prevenir que la base del campo atlético se enfríe, la condensación y quitar el calor en el verano.

## Superficies modulares Haj Terminal

Nombre del proyecto: Terminal Haj  
Ubicación: Jeddah, Reino de Arabia Saudita  
Propietario: Ministerio de defensa, Jeddah,  
Arquitecto: Skidmore,Owings & Merrill, Chicago  
Ingenieros: Geiger Engineers, NY  
Area: 418.064 m<sup>2</sup>  
Año de término: 1981  
Tipo de membrana: PTFE OCF Structo Fab 475  
Sheerfill



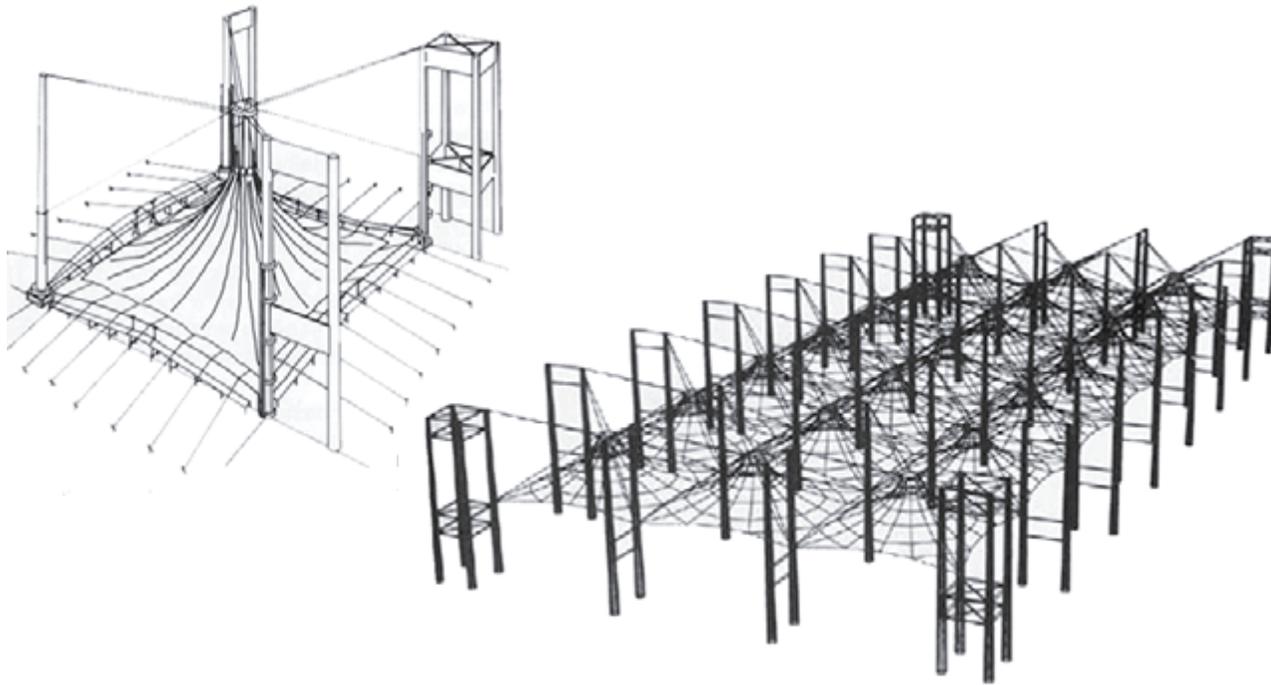
### Características

El Terminal Haj tiene una carga de vertical hacia abajo transfiriendo la carga hacia la tensión en la tela de fibra de vidrio a cables de acero y finalmente a los mástiles. Con una carga hacia abajo, la tensión en los treinta y dos cables radiales de cada módulo de membrana transmite la carga a un anillo de tensión central. Desde allí, los cables primarios transmiten la carga por conexiones a cada uno de los cuatro mástiles que rodean cada módulo. Como estos cables se encuentran en ángulo, la fuerza trabaja en vertical y horizontal. En el mástil, el componente vertical de esta tensión es transmitido directamente a tierra por la compresión.

El ciclo de transferir cargas a los mástiles sigue hasta que el límite de la estructura sea alcanzado. Al final de cada módulo hay un doble mástil que resiste cualquier componente restante horizontal de tensión durante un momento desarrollado con las fundaciones. Si la carga vertical fuera ascendente más que descendente, los cables del borde o cables divisorios y los cables de estabilidad, podrían transferir la carga de tensión a los mástiles adyacentes. La tela en la estructura es el elemento principal sujeto a la carga lateral, donde los mástiles resisten la carga directamente.

La doble curvatura proporciona la estabilidad esencial en la tela con la forma semicónica, permitiendo a que cada parte de la membrana contenga tensión en cualquier momento. Sobre la membrana, una carga horizontal sería transmitida de la tela al anillo de treinta y dos cables secundarios y luego transferida a los cables primarios en el anillo de tensión y los cables exteriores.

Los mástiles resisten una carga horizontal a través de un momento en la fundación y de impartir una tensión en los cables conectados. La tensión desarrollada en los cables se transfiere a través de cada módulo y tomado en parte por los otros mástiles en el sistema.



## Tela

La tela en la estructura es el elemento principal sujeto a la carga lateral, donde los mástiles resisten la carga directamente. La doble curvatura proporciona la estabilidad esencial en la tela con la forma semicónica, permitiendo a que cada parte de la membrana contenga tensión en cualquier momento. Sobre la membrana, una carga horizontal sería transmitida de la tela al anillo de treinta y dos cables secundarios y luego transferida a los cables primarios en el anillo de tensión y los cables exteriores.

Estos, transmitirían la carga a los mástiles. Para resistir la carga transferida, los mástiles desarrollan un momento en las fundaciones. Internamente, los mástiles tendrían una tensión que se dobla como ellos al transferir la carga horizontal a la tierra. Si el mástil estuviera en medio de un módulo entonces la carga sería resistida por el cable frente al que aplica la carga además del doblamiento en el mástil y la resistencia de la fundación. Entonces, como en el caso vertical, la carga sería transferida a los mástiles adyacentes donde una parte sería transferida a la tierra y el resto redistribuido a los siguientes mástiles.

## Superficies modulares King Fahd International Stadium

Nombre del proyecto: Estadio internacional King Fahd

Ubicación: Riyadh, Arabia Saudita

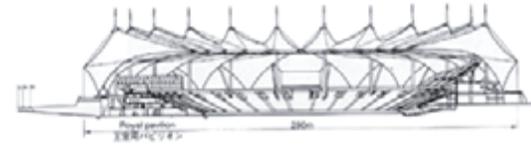
Propietario: Reino de Arabia Saudita

Arquitecto: Ian Fraser, John Roberts & Partners

Ingenieros: Geiger-Berger Associates

Area: 47.000 m<sup>2</sup>

Año de término: 1986



La estructura de la cubierta del estadio es la más grande en el mundo a pesar de su apertura de centro. Reglas internacionales para el fútbol hicieron esta apertura necesaria. Esto es el 21 % del plan el área y podría haber sido cerrada fácilmente sin cambiar el sistema. Los 50000 m<sup>2</sup> de estructura fueron proyectados en el diseño arreglados en 24 unidades de membranas en un círculo con un diámetro externo de 288 m La altura de los mástiles son de 60 m de alto, localizados sobre un círculo con 247 m de diámetro que forman los apoyos principales de las unidades.

Estas son hechas de dos formas modulares de tela, repetidas y tensadas por cables de borde, de altura (de valle) y catenarias de borde. Los cables de canto se encuentran conectados a la cima de los mástiles principales, sosteniendo el sistema. Los cables que bajan (de valle) están conectados a anclajes, sosteniendo el sistema. El final externo de los cables de borde y catenarias sostienen desde un punto fijo desde mástiles que se inclinan que se encuentran triangulados por cables de ancla. El borde interior del sistema de la membrana está conectado a un cable que equilibra toda la fuerza de la estructura.

Para que la estructura quede vertical y rígida, contiene un sistema de cable adicional, que consiste en la suspensión y estabilización de cables. Los mástiles con las anclas forman un sistema estable estructural que no requiere la participación de la tela. Este sistema sirve como para instalar la tela y a futuro para poder reemplazar los paneles. Este sistema estructural no es sólo económico, crea un espacio muy eficiente y agradable. Las formas de tienda absorben el sonido y calientan subidas de aire. Las finas curvas que apoyan la cubierta sostenida por marcos estructurales dan el enorme sentido de especialidad y los pliegues escarpados de los módulos dan el exterior su intensa imagen.

## Estructuras Dinamicas Tribuna desplegable A.R.I.E.S



País de ubicación: Reino Unido

Año de construcción: 2002

Nombre del propietario: Arena Sillería Ltd

Función de la construcción: Espectáculos y actividades recreativas.

Grado de confinamiento: estructura abierta

Principales dimensiones de la forma:

Longitud total: 16 mt

Anchura total: 5,7 mt

Material de la cubierta: Ferrari, Precontraint 502

Peso (g/m2): 590



### Características

El sistema completo del prototipo se completó en julio de 2002, tras un período de dos años de programa financiado por Teaching Company Scheme. La estructura sustituye a los tradicionales diseños funcionales proporcionando una mejor estética y mayor grado de seguridad tanto durante como después del despliegue. También es más rápido para levantar, sólo se necesitan dos personas para preparar y levantar a todo el módulo. El módulo básico se puede ampliar a los asientos de cualquier largo. Para lograr este objetivo, el sistema ha sido producido a partir de módulos diseñados por partes. Estos son capaces de ser llevados manualmente y puede ser fácil y rápidamente levantados en la plataforma sin la necesidad de un elemento mecánico acero.

La estética radical es en gran parte en función del sistema de soporte estructural del coladizo. La solución para mejorar la seguridad del operario y la reducción de tiempos de montaje era permitir que el techo en voladizo fuera montado a una altura de trabajo segura. Los módulos se montan de los asientos, sobre la plataforma de a cuatro secciones. Las secciones al ser ligeras son fácilmente manipuladas y se ajustan con pasadores de Una vez terminado la estructura se levanta desde la cubierta. En este momento parcialmente desplegada la membrana se tira, se tensa y se engancha. El vínculo del cable de abajo se utiliza para la post tensión de la membrana. El módulo terminado representa un diseño muy eficiente compuesto post-tensados de tracción con una estructura y membrana de doble curvatura apoyada por travesaños de aluminio.







## colofón

Esta carpeta fue editada e impresa por la alumna de diseño industrial, Paulina Tapia Cabrera. Se diagramó en Adobe InDesign CS3, las imágenes se editaron en Photoshop CS3 e Illustrator CS3 y los planos en AutoCad 2007.

Fue impresa en papel Opalina lisa en un formato de 21 x 22 cms. en una impresora Láser.

Las tipografías utilizadas fueron Myriad Pro en tamaños:

7 regular, 9 light, 10 semiextended, 12 regular, 14 semicondensed, 20 bold condensed.

Fue empastada en la sala de empaste de la Escuela de arquitectura y diseño de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Esta carpeta se terminó en octubre del 2008.