



EL PROCESO INTEGRAL EN LA MATERIALIZACION DE LAS CUBIERTAS TENSADAS

Cubierta Tensada Terminal de Combis Puerto Madero

RUNZA, Walter D.*^a, VALENZUELA Pablo C.^a, GABUTTI Gabriel M.^a, MOYA Paula V.^a,
BECHARA Evangelina^a

^a WAGG Arquitectura Textil.

www.wagg.com.ar

wdrunza@wagg.com.ar

Introducción

El proceso de diseño y materialización de una tenso estructura involucra varias disciplinas que deben combinarse para lograr buenos resultados.

En Mercados desarrollados como el europeo, la interacción de equipos especialistas es una práctica normal, tanto a nivel educativo como en lo comercial, donde proyectistas, calculistas, ingenieros, manufactureros y especialistas en montaje se combinan para completar el todo.

El desarrollo de cualquier disciplina es muchas veces resultante de requerimientos de mercado; en nuestra región las tenso estructuras se pueden considerar como una tecnología relativamente reciente, y debido a ello los desarrolladores se ven obligados a tomar más de una, sino todas las áreas intervinientes para llevarlas a cabo.

Nuestra empresa lleva más de 20 años trabajando en el campo de la arquitectura Textil, y en los últimos 15 ha incorporado las Cubiertas Tensadas como uno de sus áreas de trabajo. En nuestros inicios, frente a un mercado emergente había pocas alternativas con experiencia en el tema en la región; así fue que iniciamos un proceso de capacitación técnica basado en los desarrollos europeos, para poder dar respuesta profesional a las resoluciones de estas estructuras.

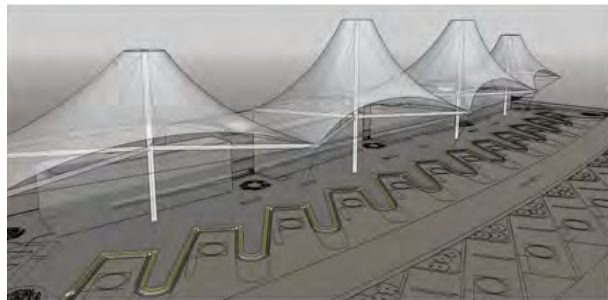
En la presente ponencia, y a partir del proyecto de la Terminal de Combis de Puerto Madero desarrollado para la subsecretaría de transporte, del Gobierno de la ciudad de Buenos Aires, vamos a presentar nuestra intervención en cada una de las etapas que envuelven el proceso completo de materialización de una tenso estructura:

- Análisis de Factibilidad
 - Búsqueda de la forma
 - Esquemas estructurales
- Análisis Técnico
 - Cálculo estructural
 - Simulaciones
 - Definición de la forma
- Ingeniería de detalle
- Producción, manufactura de la membrana y estructura
- Planificación logística y Montaje



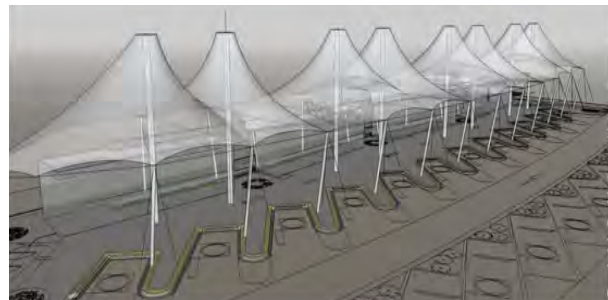
Evolución del planteo

1 El trazado inicial fue una premisa que desde el principio trazó la búsqueda de la propuesta. Un planteo estructural de **4 mástiles y tangones flotantes** a manera de sombrillas, intentaban resolver la totalidad de la cubierta.

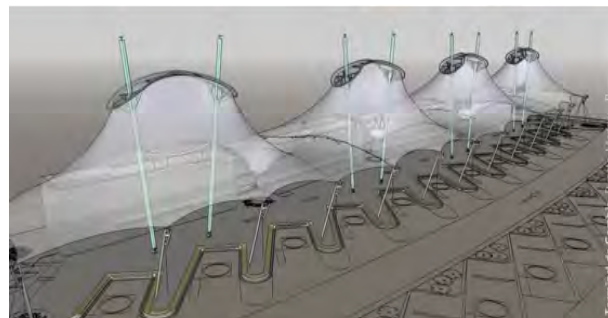


Los esfuerzos que arrojaban los cálculos tanto a nivel membrana como estructural eran de una magnitud inmanejable.

2 En una evolución, el desarrollo de una **mesa estructural** que soporte los mástiles centrales duplicados, ayudaron a estabilizar la estructura central. Los esfuerzos en este planteo comenzaron a ser factibles.

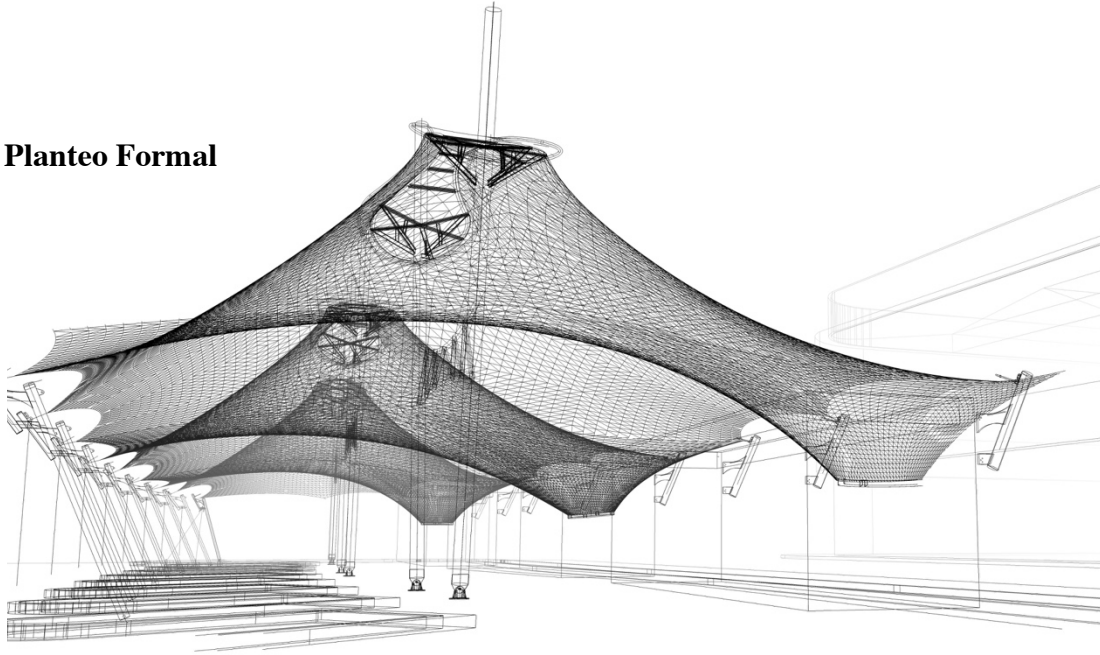


3 Finalmente el trazado se convirtió en pares de columnas arriostradas entre sí, integradas por unos “**moños**” que **unificaron los remates y propusieron linternas de iluminación**. Todas estas estructuras se arriostraron mediante cables de tracción a los mástiles perimetrales.



La liviandad y el minimalismo estructural fue desde un inicio una premisa buscada, el equilibrio entre superficie de la membrana y elementos estructurales definieron la propuesta final como una **cubierta ligera**.

Planteo Formal

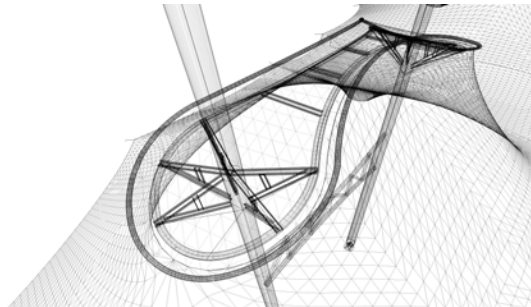


Las dos familias de conoides apelan a dar respuesta a requerimientos de dos escalas diferentes.

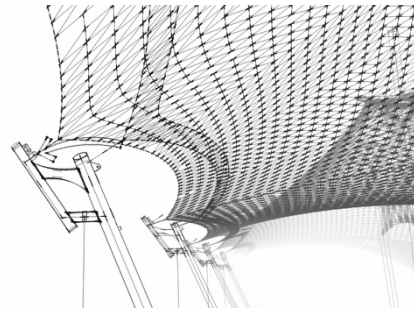
La combinación entre linternas y conoides invertidos ayuda a manejar las dos escalas de la terminal: por un lado la altura necesaria para el ingreso de las combis y por otro la escala humana de los peatones que circulan por su interior.

Planteo Estructural

La intensión formal que define la morfología de la cubierta, tiene su correlato en el sistema estructural que la sostiene. Cada linterna es soportada por un par de mástiles vinculados por un reticulado, que al pivotar sobre sus bases, determinan el modo de montaje.



En los bordes la cubierta llega a puntos sostenidos por mástiles que del lado de los vehículos coinciden con cada dársena. El punto de la tela se “despega” a través de un bayoneta que le permite alcanzar su altura reglamentaria sin invadir el espacio de circulación.



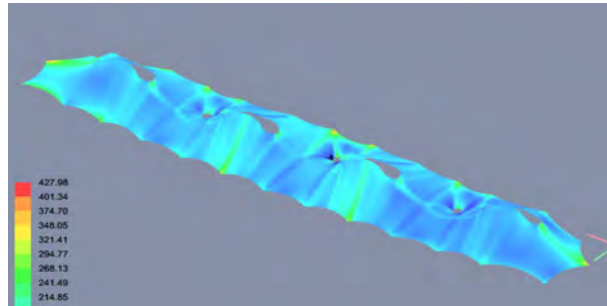
Por ultimo se generaron 3 conoides invertidos entre los volúmenes de los servicios que completan el desarrollo tridimensional de doble curvatura de la tela, actuando como desagües.



Análisis Técnico

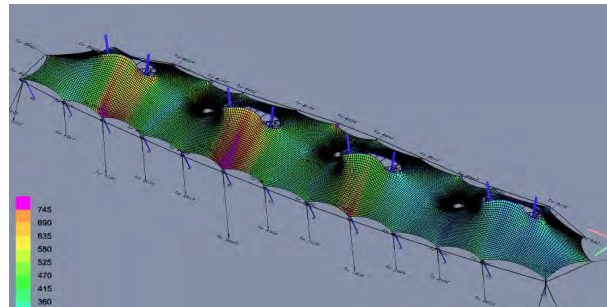
La factibilidad técnica del planteo se analiza a partir del análisis de la forma en programas específicos, en este caso iXCube de TSI Italia.

Partiendo del polígono geométrico que define la cubierta, los parámetros de materialidad, se genera la búsqueda de la forma tridimensional



Una vez obtenida la forma se generan las simulaciones de calculo que representen los estados a los que la membrana estará sometida, tanto en pretensión, viento, como sus combinaciones.

Estos cálculos nos permitieron verificar la factibilidad de la cubierta y obtener los esfuerzos y las resultantes geométricas para definir el dimensionamiento de cada elemento



Calculo de Viento

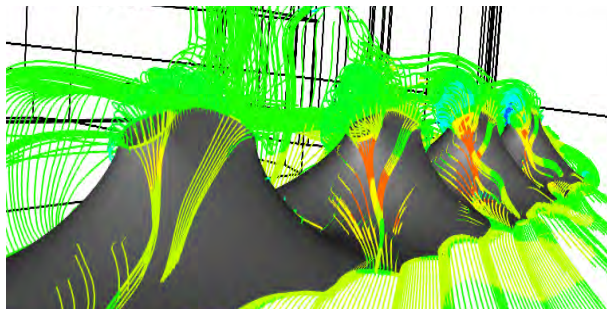
BASES DEL CALCULO DE VIENTO

Carga de viento según	CIRSOC 102\2005
Velocidad básica	45 m/s
Categoría	III
Factor de exposición	B
Presión dinámica	122 k/m ²

CFD (Computational Fluid Dynamics)

Debido a los escueto de los tiempos que contábamos para desarrollar el proyecto, se recurrió a la empresa TSI de Italia para realizar una simulación digital que nos otorgó los CP (coeficientes de presión).

Una de las ventajas de este sistema es la definición de un CP para cada triangulo de la trama, esto optimiza los valores de calculo en cada parte de la membrana.



Túnel de Viento

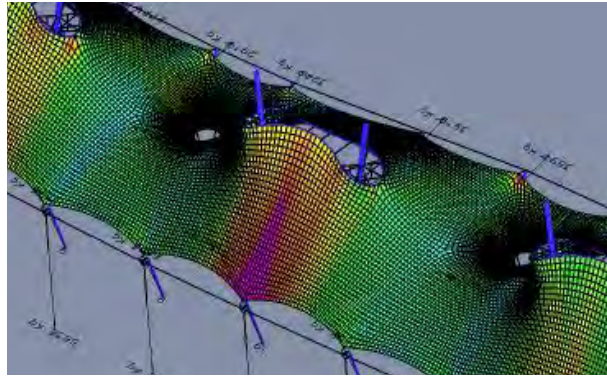
En paralelo con el CFD, se encaminó el análisis clásico de túnel de viento en el Laboratorio del UIDET Capa Limite y Fluido Dinámica de la Universidad de La Plata.



Calculo y Dimensionado

A partir de los valores de CP extraídos por el CFD y verificados en el túnel de viento se cargó el modelo de análisis.

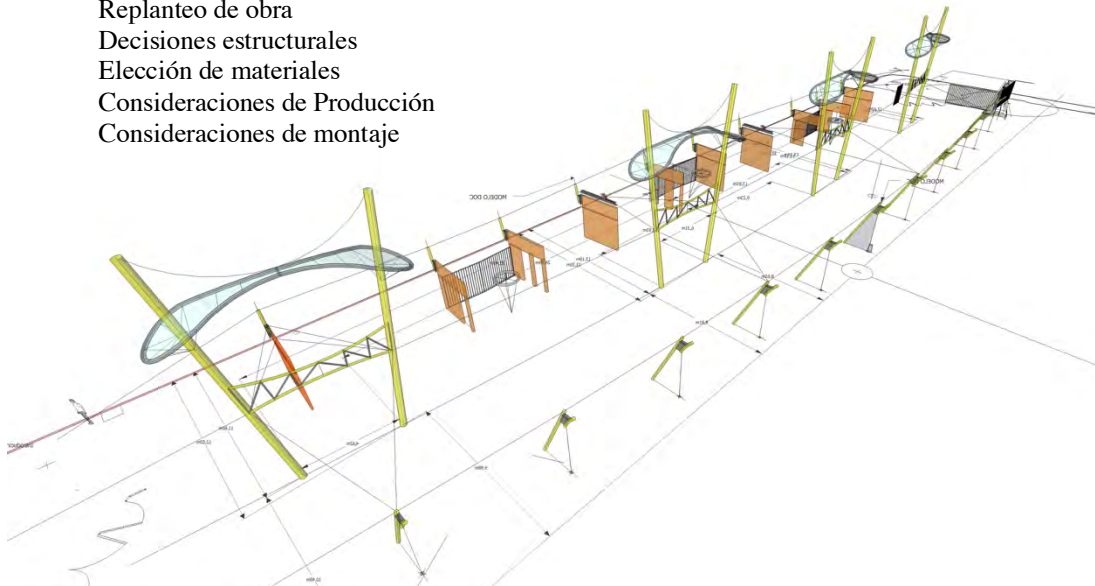
Se realizaron distintas simulaciones para obtener los esfuerzos más desfavorables y a partir de allí se extrajeron los esfuerzos en cada punto, y las resultantes geométricas para el posterior dimensionado de cada elemento.



Ingeniería de producción

Para el desarrollo de la ingeniería es necesario disponer de:

- Forma final
- Esfuerzos y resultantes geométricas
- Replanteo de obra
- Decisiones estructurales
- Elección de materiales
- Consideraciones de Producción
- Consideraciones de montaje

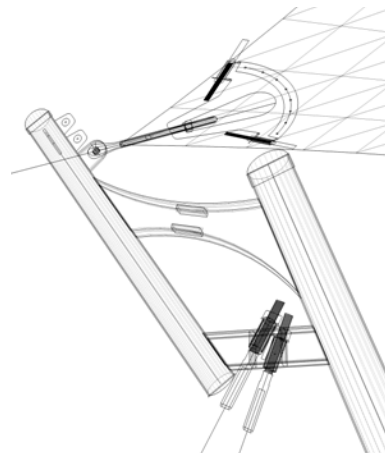


Aquí todos los elementos se someten a un análisis minucioso, para el diseño de cada parte y la determinación de su documentación.

Mástiles perimetrales

La cubierta se despliega longitudinalmente sobre dos frentes. Del lado de las dársenas los mástiles a piso se diseñaron con un anclaje a modo de “bayoneta” para que el puño de la tela se “despegue” de la estructura principal, limitada por los cables verticales de tracción, permitiéndole alcanzar su altura reglamentaria aumentando a su vez la superficie cubierta.

El borde opuesto llega con un sistema similar de soporte, pero fijándose a los tabiques de hormigón de los volúmenes de servicio que completan el conjunto.



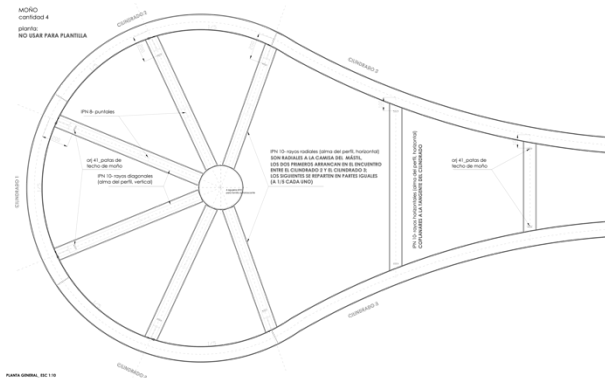
Mástiles centrales

Los 4 juegos de pares de mástiles centrales están arriostrados por una viga de reticulado, sostienen las linternas o moños y a su vez sus bases son pivotantes para permitir el montaje.

Moños

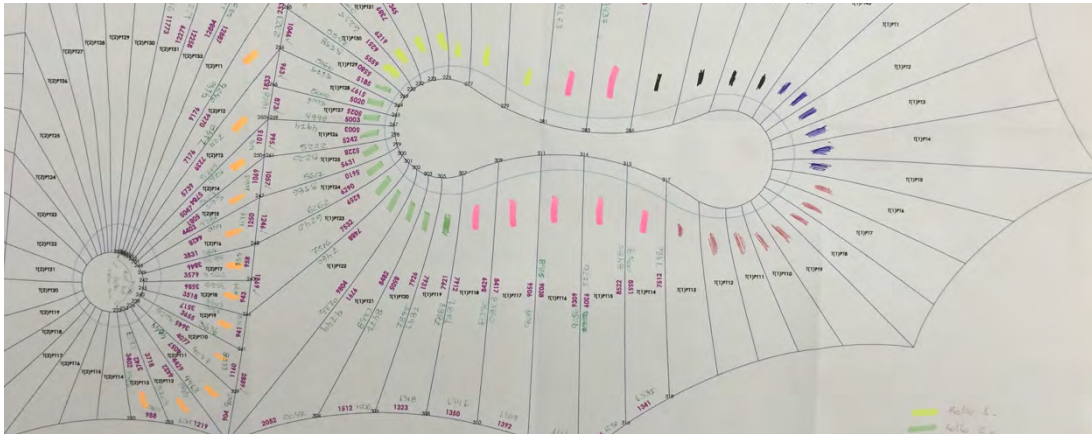
Las linternas o moños fueron desarrolladas para darle a la cubierta luminosidad y visión al exterior.

Consta de dos partes, por un lado el coronamiento de la membrana principal y por otro el postizo de cierre.



Membrana

La Membrana se diseñó en 3 piezas para facilitar su producción, y posteriormente se unió previo al izaje mediante una unión de planchuelas y una solapa que actúa como cierre hidráulico.



Producción

Todo el proceso de análisis tridimensional debe finalmente volcarse a una documentación bidimensional tanto en la membrana como en las piezas estructurales, ya que los sistemas de producción se basan en modelos 2D para corte y ensamble.

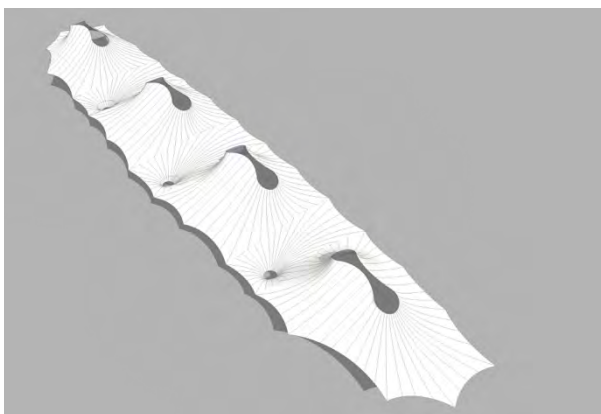
Fundaciones

Obviamente una de las primeras tareas en obra es la preparación de las fundaciones que tomarán los que resolverán los anclajes



Membrana

El proceso de corte y definición de los moldes para la producción de la membrana se llama patronaje o "Patterning"; a partir de un proceso de triangulación se transforman los planos alabeados de las cubiertas en moldes desarrollados en el plano que permiten ser ploteados y cortados sobre la membrana propiamente dicha.



Estructura

Al igual en las membranas, la fabricación de cada pieza requiere de un rigurosa documentación acompañada con decisiones sobre los materiales, su proceso de producción, acabado, las previsiones de logística y montaje posterior



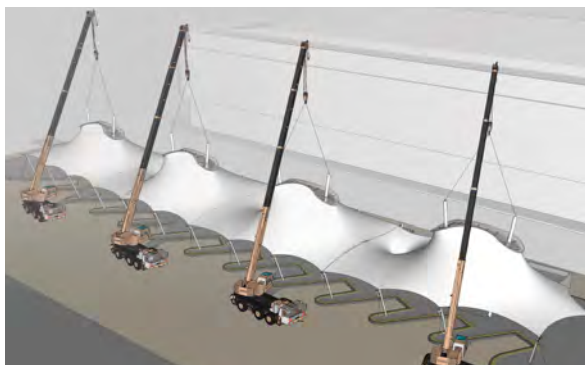
Montaje

La planificación del montaje de la cubierta, fue concebido desde los inicios planificando tanto su producción como el montaje.

Si bien la producción de los 2500 m² de membrana se fabricó en 3 piezas que luego se unieron en obra, el izaje fue diseñado y planificado para hacerlo en forma total. El diseño de los 4 pares de mástiles y sus reticulados, actuaron como pivots de izado que tomados a 4 grúas de 45 tn elevamos todo el conjunto.

Secuencia de la preparación del montaje

- Posicionamiento en piso de los 4 pares de mástiles, sus reticulados y las linternas.
- Colocación de los mástiles de dársenas con sus cables de anclaje.
- Colocación de los mástiles fijos a tabiques.
- Abertura de las lonas en cada uno de los sectores.
- Aplanchuelado de las mismas a las linternas.
- Colocación de las Tapas de las linternas, cierre y sellado.
- Unión de las 3 membranas mediante una costura de doble planchuela.
- Ubicación y aplanchuelado de los 3 conoides invertidos.
- Colocación de los chapones de tela y cable de borde.
- Preparación Logística de izado, andamios, aparejos, etc.



Adjuntamos enlace al video de análisis de la secuencia del montaje

<http://wag.com.ar/videos/terminal-puerto-madero-secuencia-de-montaje.html>



