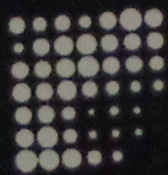


JORNADAS de
ESTRUCTURAS en
ARQUITECTURA

31/OCT. y 1/NOV. de 2013



faud.unmdp

02 04 2014



JORNADAS de ESTRUCTURAS en ARQUITECTURA

31/OCT. y **1/NOV.** de **2013**

EXPERIENCIA DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Tensoestructuras: Búsqueda de la forma a partir de la construcción de maquetas

Arq. Gustavo G. González¹, Prof. Adjunto Estructuras IV,
Arq. Karin Klein, Prof. Asistente Estructuras IV
Arq. Nahuel Ghezan, Prof. Asistente Estructuras IV
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, U N C. Córdoba, Argentina

RESUMEN

Las estructuras tensadas han demostrado tener propiedades únicas para cubrir grandes áreas utilizando el mínimo material. El diseño de estos elementos se ha basado principalmente en el diseño de la forma en relación al estudio del comportamiento estructural y en la resolución de condiciones constructivas.

Es importante destacar que las estructuras, antes de ser calculadas, deben ser “diseñadas”; esto implica un reconocimiento casi filosófico, sobre el comportamiento de un mecanismo estructural como elemento integrado en un edificio en el que interactúan sus propias condicionantes, características y limitaciones junto a las impuestas por los aspectos expresivos, funcionales, culturales y por su propio medio productivo.

El siguiente trabajo relata la experiencia implementada durante el año 2013, en la materia ESTRUCTURAS IV, con el objetivo de optimizar el trabajo en taller y verificar la transferencia de los contenidos propios de estructuras al proyecto arquitectónico.

La ejercitación práctica consistió en el diseño de una estructura liviana destinada a cubrir un espacio multifunción utilizando estructuras textiles o tensoestructuras, enfocándose principalmente en el diseño de las formas y mecanismos estructurales por sobre el dimensionado y verificación seccional. Se fijó como objetivo principal el reconocimiento de la variable tecnológica como una de las condicionantes relevantes en relación a la idea generadora y al desarrollo del proyecto.

Los alumnos construyeron maquetas de estudio, como recurso de diseño para la definición de la forma estructural, y como herramienta de aprendizaje para comprender el comportamiento de estas estructuras.

El trabajo se completó con el desarrollo de una memoria técnica que documentara proceso de diseño, definición de elementos componentes, análisis del mecanismo estructural, y diseño de detalles constructivos. Algunos grupos además modelaron la estructura para su verificación mediante el uso de programas de cálculo matricial.

¹ Correo electrónico de contacto: Gustavo G. Gónzales, arq-ggg@hotmail.com
Teléfono: 0351-155913487

INTRODUCCIÓN

Nuestra experiencia previa como docentes de estructuras de otros niveles dentro de la carrera de arquitectura nos permitió reconocer la dificultad que presentan los alumnos no solo de comprensión de los contenidos específicos sino también la falta de correlación y transferencia de los conocimientos adquiridos al diseño arquitectónico, situación quizás favorecida por un plan de estudios que ha estado caracterizado por una fragmentación disciplinar y por el pensamiento de que en las materias de estructuras solo se aprende a calcular y dimensionar.

Esta problemática sumada a la necesidad de conformar nuevamente la materia de ESTRUCTURAS IV nos brindó la oportunidad de reflexionar y replantear las metodologías de enseñanza con el principal objetivo de *“impartir conocimientos básicos con un lenguaje sencillo y explicaciones fundamentalmente conceptuales, sin perder por ello la rigurosidad de la propia ciencia”* [1] de manera de fomentar en el alumno la formación de criterios de diseño estructural que puedan ser luego vertidos en su propio proceso de síntesis proyectual.

En este sentido el dictado de la materia está organizado en clases teórico-prácticas con especial énfasis en el desarrollo del TRABAJO PRACTICO DE DISEÑO cuyo principal objetivo es la verificación del manejo de los aspectos tecnológicos desde la misma génesis del proceso proyectual sobre la base de un conocimiento conceptual de la problemática estructural y de las lógicas constructivas que posibiliten su materialización. Situación que se ve favorecida por la propia temática a abordar “grandes luces” en donde la estructura desenvuelve un rol primordial en la configuración espacial y formal del hecho arquitectónico.

EL CONTEXTO INSTITUCIONAL

Es importante en una primera instancia remitirnos sintéticamente a contextualizar la experiencia del empleo de esta herramienta didáctica comprendiendo por un lado la inserción de la materia dentro de la estructura curricular y por otro lado el entorno en donde se plantea la ejercitación práctica dentro del programa de la materia.

Estructuras IV (Estructuras de Grandes Luces - FAUD) en el ámbito curricular de la carrera

En 1992 en la carrera de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño debido a una modificación del plan de estudios se eliminan varias materias obligatorias de quinto año, entre ellas Estructuras IV, y se reemplazan por un sistema de créditos a obtener de un amplio abanico de materias electivas que deben proponer las cátedras.

A partir de allí el plantel docente de la materia conforma el Taller de Investigación de Diseño Estructural dedicándose de lleno a la investigación, a la formación de becarios, a extensión, y a ofrecer materias electivas para los estudiantes de grado entre ellas: Diseño estructuras laminares, tensoestructuras, estructuras de grandes luces, estructuras de madera, estructuras de fundaciones.

Nuevamente en el año 2007 se modifica el plan de estudios re-incorporándose a la currícula la materia de Estructuras IV como asignatura cuatrimestral.

El equipo docente se conforma en parte con integrantes del Taller de investigación y con profesores del área de estructuras de otros niveles tanto de la FAUDI como de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

La asignatura Estructuras IV corresponde a Nivel V. Este nivel “abarca la culminación de las orientaciones, especializaciones o integraciones de conocimientos y capacidades adquiridas durante las instancias anteriores” según especifica el Plan de Estudios 2007, adecuado a la Resolución MECyT.

El Trabajo Práctico de Diseño y el Programa de la materia

La Materia comienza a dictarse a partir del año 2011 con la modalidad de cursado cuatrimestral. Esta organizada en 12 semanas con una disposición horaria de 3 horas semanales de clases teórico-prácticas de 1 y 2 hs respectivamente. Los alumnos tienen la posibilidad de elegir el cuatrimestre de cursado con la opción de elección de dos horarios por lo que la relación docente-alumno de es aproximadamente 1 docente cada 50 alumnos por taller. La temática específica a abordar es el diseño de estructuras de grandes luces mediante el estudio de las diferentes tipologías estructurales y de la tectónica que posibilita su construcción, por ello se propone la realización de experiencias de diseño con el objetivo propiciar la integración de los contenidos propios del campo específico al proyecto arquitectónico.

EL TRABAJO PRÁCTICO DE DISEÑO

El desarrollo de la propuesta didáctica ha sufrido modificaciones en función de evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje. Se han realizado experiencias de reelaboración, desarrollo y verificación del sistema estructural propuesto en los proyectos de materias troncales de diseño, se ha estimulado a la participación del concurso de Alacero para estudiantes, se han propiciado experiencias interdisciplinarias con estudiantes de ingeniería y en particular durante el primer cuatrimestre presente año se ha decidido focalizar el desarrollo del Trabajo Práctico en el Diseño de estructuras que trabajen principalmente a Tracción.

Elección de Estructuras Tensadas

En la actualidad los avances tecnológicos han posibilitado la incorporación de las herramientas digitales y el desarrollo de nuevos materiales que han revolucionado no solo las dinámicas proyectuales cada vez más complejas sino también los propios procesos constructivos y de ejecución que materializan nuestros proyectos arquitectónicos.

En ese contexto las estructuras traccionadas protagonizan la vanguardia de los retos del siglo presente hacia la optimización de la racionalización de las búsquedas formales presentando las siguientes ventajas que comulgan con la visión del cuerpo docente y que fueron determinantes en la decisión de su empleo para el desarrollo de la ejercitación práctica:

- Su diseño implica una íntima relación entre forma, función y materialidad para lo cual se requiere de una base teórica conceptual de su comportamiento membranal que incrementa sus posibilidades creativas.
- Existe una indisoluble relación entre configuración espacial resultante y la búsqueda formal que define a la estructura.
- Expresan belleza y liviandad mostrando el flujo de las fuerzas de forma natural y empleando las secciones estructurales de manera altamente eficiente.
- En su concepción persiguen una solución sostenible reduciendo al mínimo el consumo de materiales y adaptándose fácilmente a sistemas pasivos de acondicionamiento bioclimáticos.
- Su materialización implica un conocimiento avanzado sobre los nuevos materiales y componentes que configuran los elementos componentes del sistema estructural.
- El desarrollo del proceso constructivo implica un conocimiento detallado de todas las etapas de ejecución.

DESARROLLO DEL PRÁCTICO

Objetivo

Diseñar un objeto arquitectónico de cierta complejidad, reconociendo la variable tecnológica como una de las condicionantes relevantes en relación a la idea generadora y al desarrollo posterior del proyecto. La estructura deberá desempeñar un rol protagónico como elemento configurante del espacio y de la caracterización de la obra.

Tema

Diseño de una estructura liviana destinada a cubrir un espacio multifunción que utilice estructuras textiles, estructuras de cables, tensigrity o cualquier estructura laminar que funcione principalmente a la tracción.

Se sugiere trabajar en el terreno perteneciente al área deportiva de Ciudad Universitaria, proponiendo un espacio multifunción donde se puedan realizar actividades tanto deportivas como sociales, y que permita una integración con los barrios vecinos.

Programa:

- Área principal, de aproximadamente 700 m²
- Servicios sanitarios y pequeño depósito

Metodología

La ejercitación de diseño fue planteada para el estudiante que ya ha completado el ciclo formativo y que posee la instrumentación necesaria para elaborar propuestas arquitectónicas de mayor complejidad y que se encuentra en la búsqueda de su propio proceso de diseño.

Por ello se busca a partir de la implementación de esta metodología didáctica el fortalecimiento del pensamiento estructural dentro del proceso proyectual. El mismo es un proceso evolutivo, interactivo y no lineal en el que deben integrarse las diferentes áreas de conocimiento.

En este sentido la propuesta pedagógica ha sido abordada teniendo en cuenta las etapas que lo definen elaborando los objetivos perseguidos, el material de entrega y los criterios de evaluación en cada una de ellas. A continuación se presenta un ideograma que representa la formulación del trabajo práctico (fig 1).

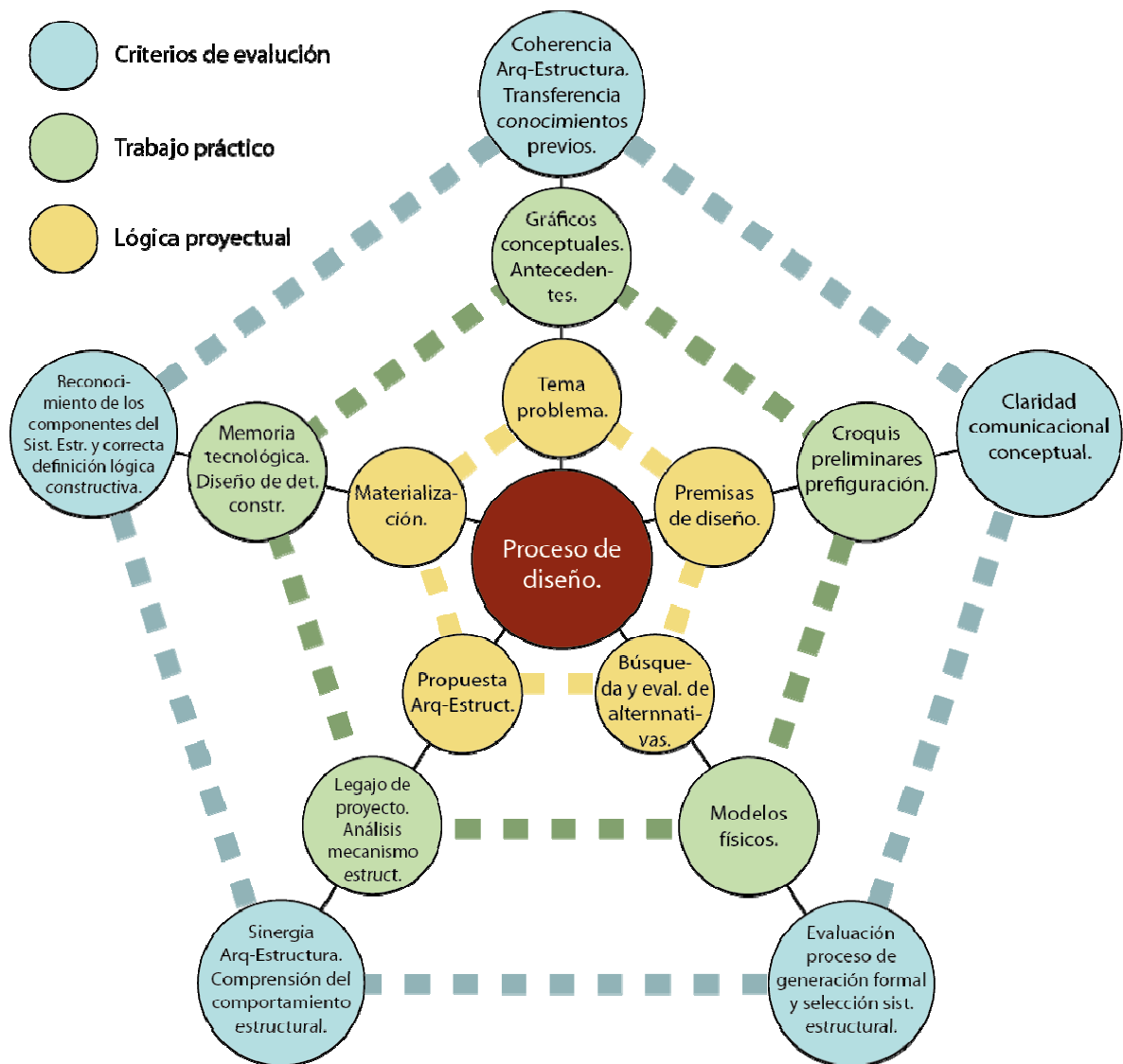


Figura 1. Formulación del Trabajo Práctico de Diseño

EXPERIENCIAS CORRESPONDIENTES AL 1 CUATRIMESTRE CICLO 2013

Definición del Tema-Problema

Elaboración del Programa definiendo diferentes condicionantes del entorno, posibilidades de implantación, orientaciones, relaciones funcionales que definen dimensiones, alturas, luces libres de apoyos, flujos, etc.

Aprender conceptos básicos vertidos en las clases teóricas sobre los sistemas estructurales que trabajan principalmente a tracción, su generación geométrica y sus posibilidades de estabilidad mediante aumento de peso de la cubierta, par de cables ó tensoestructuras. Incluye la búsqueda de antecedentes pertinentes.



Figura 2. Conceptualización del Tema Problema

Elaboración de Premisas de Diseño

En esta instancia se evalúan las condicionantes de diseño y se generan las premisas arquitectónicas en donde la variable estructural es determinante de la espacialidad y definitoria del proyecto. Es fundamental que el estudiante pueda ponderar adecuadamente todos los aspectos que condicionan su propuesta adecuando coherentemente aquellas que son fundamentales y que rigen los principios básicos de la generación geométrica que definen la estructura.

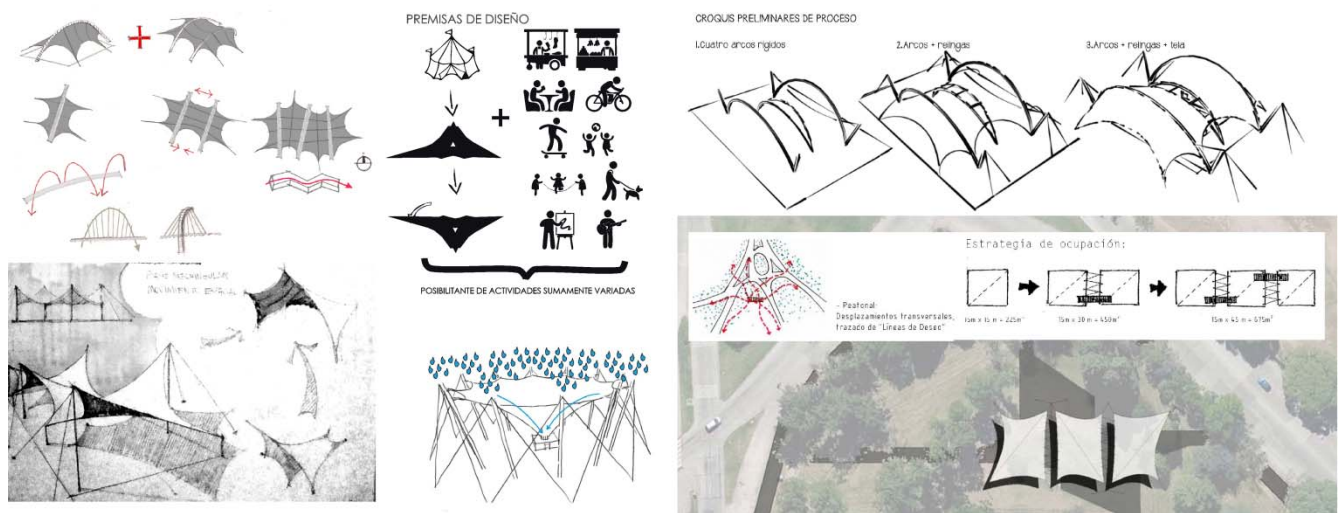


Figura 3. Premisas de Diseño y verificación de integración de la variable estructural

Proceso de búsqueda formal a partir de modelos físicos y evaluación de Alternativas

El proceso creativo debe estar basado en un profundo conocimiento teórico que permita interpretar los resultados del modelado analizando empíricamente el flujo de las fuerzas para planear nuevas soluciones y enriquecer las posibilidades de diseño.

En este tipo de estructuras es fundamental la DEFINICIÓN de la GEOMETRÍA mediante la aplicación de los principios de definición de superficies mínimas que garanticen una óptima coordinación entre forma, fuerzas y materiales y un correcto comportamiento membranal.

Por ello se propone trabajar con MODELOS FÍSICOS ya que ofrecen un sistema muy fiable de comprobación de su mecanismo estructural y de los que ya existen bastos antecedentes desarrollados sobre todo por Frei Otto.

Adquiere vital importancia entonces, el PROCESO de BÚSQUEDA de las FORMAS generadoras del sistema estructural y configurantes del espacio mediante el empleo de las maquetas que permiten verificar experimentalmente su secuencia constructiva, la transferencia de cargas entre los elementos que componen el sistema y de estos al plano de apoyo, los problemas de ejecución y estabilidad del conjunto, comprender las solicitaciones sobre cada elemento componente y la evaluación sobre las consecuencias de cada cambio introducido.

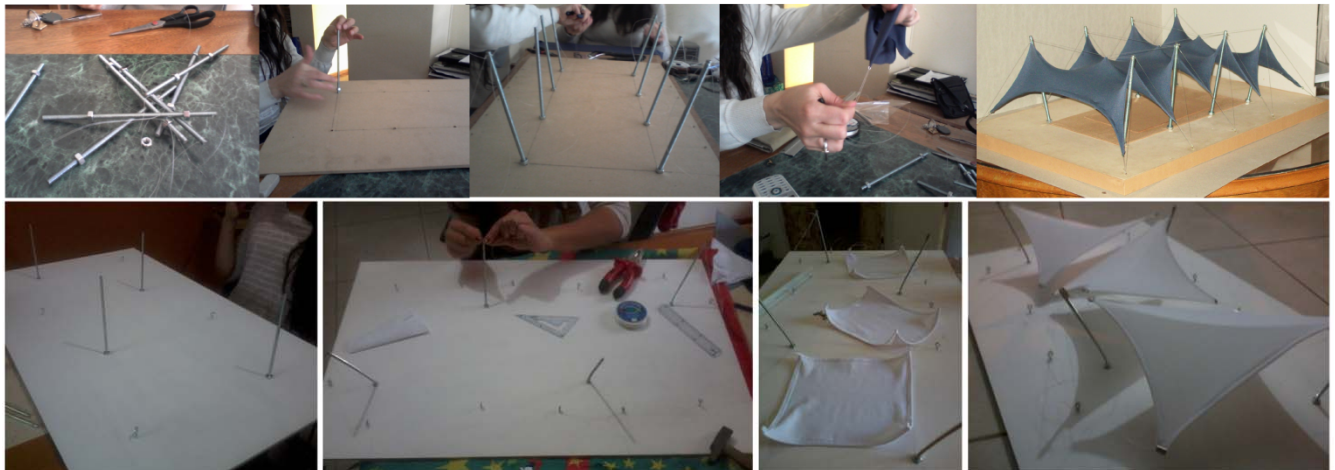
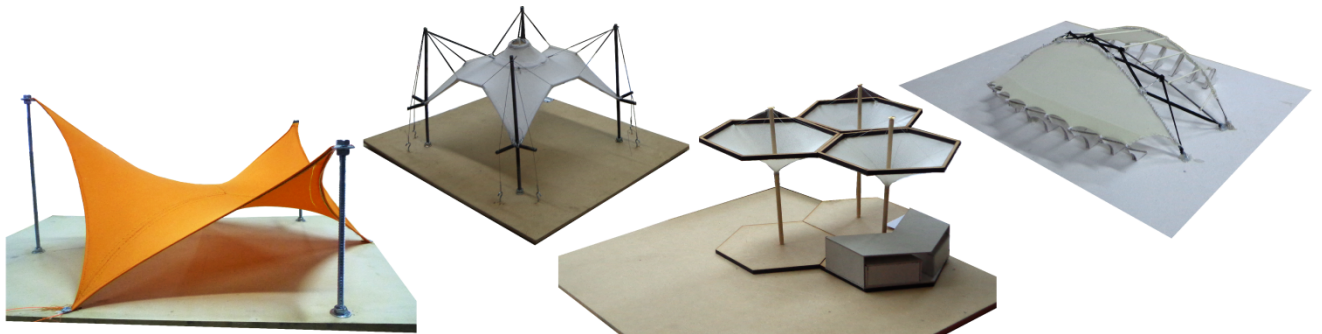


Figura 4. Búsqueda de la geometría a partir de modelos físicos

Desarrollo de la Propuesta arquitectónica y análisis del mecanismo estructural

Comprende la realización del legajo gráfico para la comprensión de la propuesta arquitectónica mediante la presentación de plantas, cortes, imágenes, maqueta final, etc y el análisis gráfico conceptual sobre el funcionamiento de la estructura lo que supone una deducción empírica del trabajo realizado a partir del uso de las maquetas. En esta instancia se evalúa la capacidad de los alumnos de proyectar formas resistentes altamente eficientes tanto del conjunto como de cada elemento componente persiguiendo principios de esbeltez y elegancia que caracterizan a las estructuras tensadas pero sobre todo que exista una SINERGIA adecuada entre el proyecto arquitectónico y la definición del sistema estructural valorando los criterios adoptados y la transferencia de los conocimientos específicos.

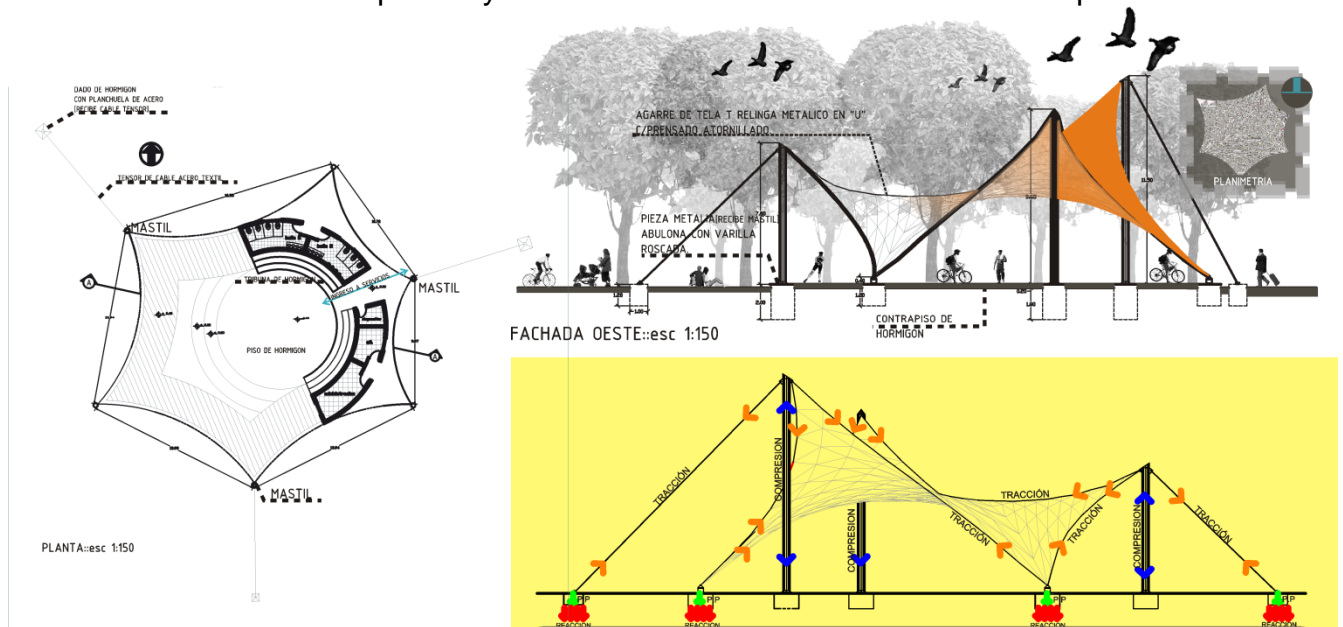


Figura 5. Desarrollo de las Propuestas y Análisis del Mecanismo Estructural

Factibilidad de materialización y definición de las lógicas constructivas

El análisis del comportamiento estructural de los modelos físicos permite inferir sobre el tipo de solicitaciones que actúan sobre cada componente estructural y reconocer los puntos críticos que deben resolverse para garantizar la factibilidad constructiva.

Estas estructuras presentan la ventaja de poseer una ligereza extrema y una facilidad de montaje necesitando de un profundo estudio de las propiedades de los materiales, las tecnologías disponibles y del reconocimiento del tipo de solicitación que oriente al estudiante hacia la búsqueda del diseño eficiente de las secciones.

Se debe evaluar el correcto criterio de estabilización y rigidización del sistema estructural y el consecuente diseño de puntos de anclaje y vinculación en especial de los apoyos y las fundaciones capaces de transmitir al suelo las cargas y de equilibrar el tiro de los cables. En su desarrollo geométrico deben evitarse posibles zonas de acumulación de agua de lluvia o nieve y cualquier otra carga capaz de ejercer una acción puntual. La materialización de la membrana supone conocimiento sobre su patronaje y el carácter deformable de las

estructuras condiciona el diseño de las envolventes que deben ser compatibles con sus movimientos

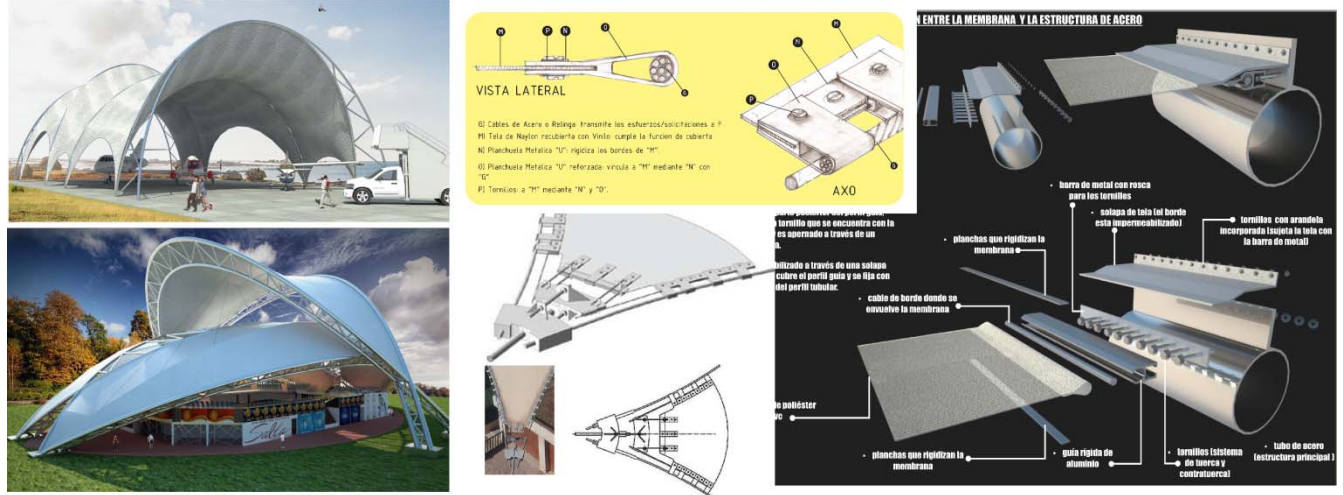


Figura 6. Definición de la Factibilidad de Materialización

EXTENSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

De acuerdo a la experiencia se valora positivamente el empleo de la metodología de enseñanza-aprendizaje y se propone profundizar a futuro sobre la definición más concreta del tema problema (en el segundo cuatrimestre se elige trabajar con un proyecto que cubra el espacio exterior vacante entre los edificios de la facultad) y del cálculo, dimensionado de las secciones y diseño de las fundaciones mediante uso del software específico Wintess desarrollado por el prof. Arq. Ramón Sastre de la Universidad Politécnica de Barcelona.

El aprovechamiento de las aptitudes que definen el perfil del alumno de arquitectura en cuanto al manejo de los modelos a escala y su facilidad para la comunicación gráfica a partir del uso de herramientas digitales permitió que los resultados obtenidos sean altamente satisfactorios por lo que fueron seleccionados para realizar una exposición de los trabajos que trascendió las propias fronteras de la cátedra y que formaron parte de ARQUISUR.



Figura 7. Afiche de presentación + imágenes de la muestra

CONCLUSIONES

La experiencia produjo una efectiva integración de la variable tecnológica- estructural durante el desarrollo del proyecto arquitectónico. Se comprueba la incorporación de los conceptos teóricos a través de la comprobación empírica mediante el uso de modelos físicos que permitieron un intercambio de experiencias fluido y dinámico entre los estudiantes durante su desarrollo en taller de manera de fomentar el aprendizaje colaborativo y participativo. Dicha experiencia trascendió los límites de la materia para hacerse extensiva a toda la comunidad educativa mediante la exposición de los trabajos realizada durante las Jornadas ARQUISUR que se desarrollaron durante la última semana de septiembre.

La experiencia nos ha permitido inferir en que la metodología didáctica adoptada ha posibilitado que los estudiantes sean los verdaderos agentes de la construcción de sus saberes y responsables de sus propios procesos de aprendizaje. Se pretende continuar con la formulación de actividades prácticas similares avanzando sobre su programa y el cálculo junto a la verificación seccional mediante la modelización digital de las propuestas a partir del empleo del programa de Wintess en el cual nos estamos capacitando actualmente el grupo docente para en un futuro llegar a una acción concreta de materialización.

Por último y para sintetizar el espíritu perseguido por nuestra cátedra citamos:

“Una vez más, parece que las estructuras ligeras (...) tienen la oportunidad de ser parte importante del futuro de las estructuras. De todos modos para todas las futuras estructuras complejas y de calidad necesitamos maestros de obras, ingenieros que sepan de arquitectura y ARQUITECTOS CON UNA BUENA FORMACION Y UN CONOCIMIENTO PROFUNDO DE CÓMO TRABAJAN LAS ESTRUCTURAS. Entonces podremos tener grandes esperanzas” [2]

REFERENCIAS

[1] Prof. OSCAR FERRERAS. (2010) Programa y Plan de Trabajo Estructuras IV FAUDI UNC.

[2] P.CASSINELLO, M. SCHLAICH, J.A TORROJA. (Julio Sep. 2010) “Felix Candela. En memoria (1910-1997). Del Cascarón de hormigón a las estructuras ligeras del siglo XXI” Informes de la Construcción Vol. 62, 519, 5-26, ISSN:0020-0883 eISSN 1988-3234 doi: 10.3989/ic 10.400 del Instituto Torroja.

AGRADECIMIENTOS

Al Equipo docente y alumnos de la Cátedra de Estructuras 4, FAUD, UNC.