

Desarrollo de la web sobre detalles constructivos de arquitectura textil

www.upc.es/ca1/cat/recerca/tensilestruc/portada.html

Dr. José Ignacio de Llorens / Escuela de Arquitectura de Barcelona, UPC
Arq. Nelson Rodríguez / IDEC / FAU / UCV

Resumen

Este es un proyecto de investigación que –además de ocuparse de difundir esta tecnología, también ha servido como instrumento para el aprendizaje de diseño constructivo y la transmisión de conocimientos técnicos– se desarrolló en dos etapas. En la primera se estableció la tipología para clasificar los detalles constructivos, su elaboración y el desarrollo de las otras secciones de la web. En la segunda etapa se procedió al análisis crítico-descriptivo de los detalles mencionados. En este artículo se presenta la web, su metodología, la elaboración del análisis crítico de algunos de los elementos y componentes que conforman los detalles, y su funcionamiento. La información gráfica relativa a obras singulares de la arquitectura textil convierte a la web en una herramienta útil para profesionales y estudiantes.

Abstract

This research project was developed in two stages and it has been useful not only in the dissemination of this technology, but also as a tool for the learning of construction design and technical knowledge. In the first stage, the typology for the classification of construction details was established. In the second, a critic-descriptive analysis upon those details was accomplished. This article will present the web, its methodology, the elaboration of critic analysis upon some of the elements/components that conform construction details, and finally, its operation. The graphic information related to works of textile architecture available on the web makes this latter a useful tool for professionals and students.

Las construcciones textiles se han desarrollado recientemente a partir del aumento de la capacidad estructural de las membranas sintéticas tanto de fibras de poliéster como de fibra de vidrio, ETEF u otras. Esto ha generado soluciones arquitectónicas en cubiertas que utilizan estos materiales como estructura y cerramiento. Para alcanzar su equilibrio estructural tienen que satisfacer tres requerimientos:

- Todos los puntos de la cubierta tienen que trabajar a la tracción.
- La cubierta debe estar permanentemente en tensión por lo que es necesario introducir un pretensado que mantenga la tracción en todos los puntos.
- La cubierta debe tener una geometría anticlástica de doble curvatura en sentidos contrarios.

Esta forma de construir ha originado una nueva generación de detalles constructivos. El objetivo principal de realizar una web de detalles de arquitectura textil es el de reunir esta información para su fácil consulta.

La página web está compuesta por seis secciones:

1. Catálogo de accesorios
2. Anclajes
3. Detalles constructivos
4. Bibliografía

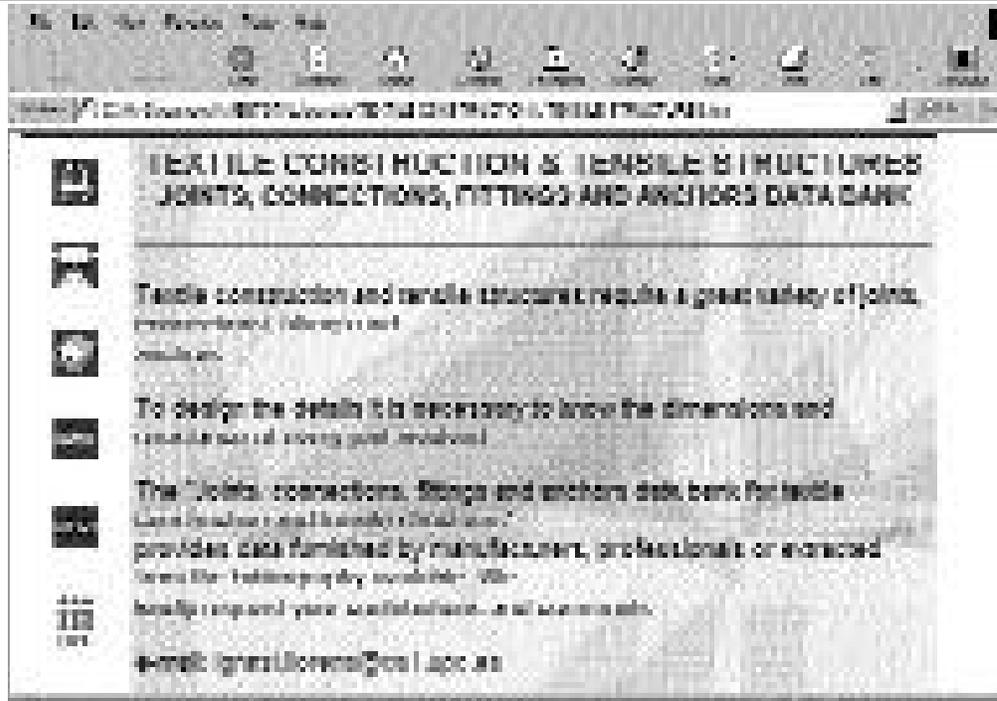
5 y 6. Información general a través de enlaces a otras páginas de información actualizada sobre eventos, congresos, nuevos materiales y organizaciones de profesionales, entre otras.

Descriptores:

Cubiertas y estructuras textiles; Desarrollo de detalles constructivos en la web

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN. Vol. 19-III, 2003, pp. 21-30.
Recibido el 09/04/03 - Aceptado el 21/07/04

Ilustración 1
Página de presentación
de la web



1. Catálogo de accesorios

Aquí se encuentra información detallada sobre accesorios, tensores, horquillas, guardacabos, grilletes, cabezales y terminales de cables frecuentemente utilizados en la arquitectura textil, fabricados por empresas especializadas. Para tener acceso a esta información se presenta una tabla html con iconos activos. Se enlazan con el prontuario de características técnicas tales como dimensiones o resistencias.



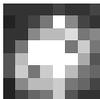
2. Anclajes

Esta sección muestra la tipología de anclajes disponibles.



3. Detalles constructivos

Presenta información sobre detalles tomados de construcciones singulares de la arquitectura textil, su descripción y crítica, para lo cual fue necesario definir una metodología de selección, análisis y propuestas.



4. Bibliografía

Se presenta una lista bibliográfica organizada por materias ordenadas alfabéticamente que facilitan la búsqueda



5. Información general

Enlace a la página de Tensinet, organización que agrupa a las instituciones, centros de investigación, empresas y profesionales de la Unión Europea especializados en la arquitectura textil.



6. Noticias

Enlace a la página de Technet, productor alemán de programas para la arquitectura textil que informa a cerca de las novedades que se producen en el sector.

Desarrollo de la sección de detalles constructivos

Primera etapa: Tipología

La sección dedicada a detalles presenta el análisis de detalles constructivos asociados a la membrana en combinación con otros materiales.

El primer aspecto abordado fue la realización de una tipología que estructurara la información, clasificando los detalles de acuerdo con su emplazamiento y función. Resultaron seis tipos:

- Puntos interiores
- Esquinas
- Bordes
- Juntas
- Líneas interiores
- Piezas auxiliares

Existen dos superficies geométricas básicas, el paraboloide y el conoide. De la combinación de estas superficies se deriva el repertorio formal de la arquitectura textil. Se presenta, a modo de ilustración, la localización de los tipos en un conoide por ser la forma que contiene todos los puntos de la tipología desarrollada.

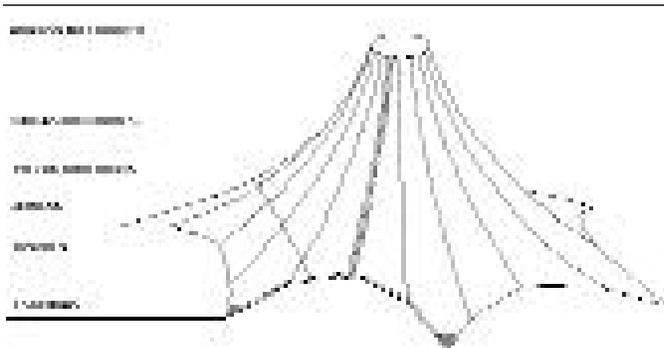


Ilustración 2
Emplazamiento de la tipología en un conoide



high points

1. Puntos Interiores

Son los puntos altos y bajos ubicados en el interior de la superficie de la cubierta, tanto atirantados como apoyados sobre estructuras de soporte a compresión suspendidas o mástiles.



2. Esquinas

Son piezas para rematar el perímetro de la cubierta donde se ubican los mecanismos de ajuste y tensión del borde. Estas piezas transmiten los esfuerzos internos de la membrana a la estructura de soporte. Se clasifican en: Recortadas: en las que se ha suprimido la esquina y desviado los esfuerzos. Achaflanadas: las que, aun siendo recortadas, tienen elementos reguladores de tensión que definen la esquina. Reforzadas: las definidas por algún refuerzo de la membrana, bien sean cintas, chapas metálicas, plástico u otros materiales.



edges

3. Bordes

Son el remate de la membrana a lo largo de su perímetro, por donde se conducen los esfuerzos hasta llegar a las esquinas. Pueden ser libres, rígidos y se clasifican en: Cable interior: dobladillo de tela a lo largo del perímetro que contiene el cable. Cable exterior: borde definido por un cable separado de la superficie de la membrana que viaja paralelo a ésta y unido a la membrana por ganchos o conectores. Acordonados: enlazan el perímetro de la membrana con la estructura de soporte a través de un cordón que las va tejiendo. Rígidos: perfil unido a la membrana mediante tornillos, clavos, soldadura, presión o guías.



joints

4. Juntas

Son uniones entre los paños de la membrana (patrones) entre sí. Su disposición influye formalmente en el interior de la cubierta ya que al trasluz marcan direcciones. Su resolución constructiva puede ser: Cosida: en forma lineal o en zig-zag. Soldada: por solape o bandas auxiliares



inside lines

5. Líneas interiores

Son dispositivos de unión de tipo mecánico entre paños de membrana de grandes dimensiones, que por efecto del montaje o transporte de la cubierta hay que subdividir en: Cable interior, Cable exterior, Acordonadas, Rígidas



accessories

6. Piezas auxiliares

Son piezas confeccionadas con tela u otros materiales como lámina de acero, ganchos metálicos o plásticos. Sirven para realizar solapes, sujeciones para canales de agua de lluvia, refuerzos interiores, colgadores para aislamiento acústico o térmico y piezas de enganche o amarre a elementos rígidos.

Selección y estudio de los detalles

La siguiente actividad consistió en la exploración de los detalles constructivos que, por su originalidad y singularidad de diseño, pudieran ser analizados. Para su exploración y selección se tomaron en cuenta cuatro aspectos básicos.

El primero fue la información disponible, conseguida a través de visitas técnicas, publicaciones, revistas o libros especializados. El segundo se refirió a la relación entre complejidad y simplicidad de los aspectos formales y técnicos tales como proporción, materiales o peso. El tercero fue el funcionamiento estructural y la claridad del camino seguido por los esfuerzos y el cuarto la relación con el conjunto de la cubierta.

Concluida la selección de los detalles se realizaron bocetos de las principales vistas, para lo cual fue necesario interpretar el camino seguido por los proyectistas durante el proceso de diseño. Fue importante profundizar en el estudio tanto de la información gráfica y escrita de la obra construida como del proyecto, pudiendo en mu-

chos casos determinar los cambios realizados durante el proceso constructivo. En algunos casos fue necesaria la comunicación directa con los autores de la obra.

Para ilustrar esta metodología seleccionamos un detalle de esquina recortada. Se trata de la cubierta del Auditorio del Camp de Mart ubicada en el centro histórico de Tarragona, frente a las murallas romanas de la ciudad.

Este detalle fue escogido porque aporta información acerca del diseño de dispositivos para la aplicación del pretensado en la cubierta. Sobre los bocetos del detalle se plantearon diferentes hipótesis de construcción y sus motivos. Una vez entendido el funcionamiento y estudiadas las proporciones de los componentes y piezas auxiliares, se inició la realización del dibujo en 3D utilizando CAD que permitió dibujar el detalle en el espacio con todas sus dimensiones. Para lograr este objetivo fue necesaria la consulta permanente a la primera sección de la web (catálogo de accesorios) donde se establecen las dimensiones de los mismos. Se estudiaron también aspectos generales de la cubierta tales como la geometría y el funcionamiento.

Ilustración 3.
Boceto de detalle constructivo. Cubierta del Camp de Mart en Tarragona, España

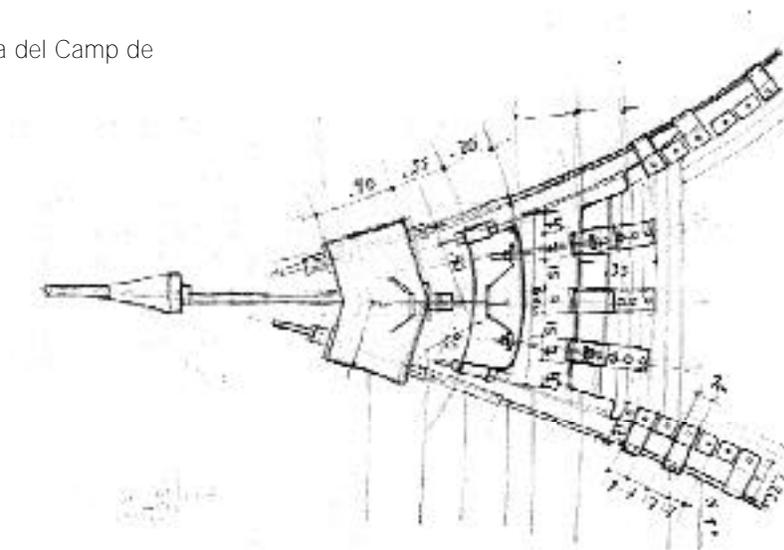
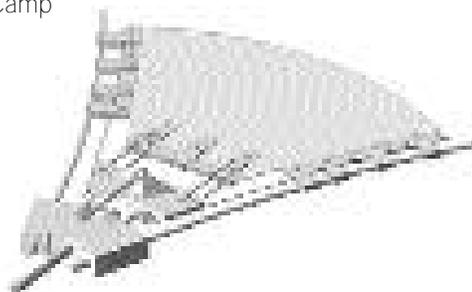


Ilustración 4.
Dibujo 3D del detalle constructivo. Cubierta del Camp de Mart en Tarragona, España



Toda la información elaborada fue ordenada en tablas html compatibles con el lenguaje manejado en internet. Se diseñó una página principal que sirve de índice y da acceso a la información, organizada a través de iconos activos destacando en el encabezamiento los nombres de las universidades participantes (UPC-UCV). Esta tabla de acceso permitirá el crecimiento progresivo del banco de datos agregando iconos (ilustración 5). Hasta ahora esta sección cuenta con 24 detalles pertenecientes a cubiertas textiles de reciente construcción.

Estos iconos activos conducen a tablas html donde se encuentran los datos gráficos y técnicos. Están compuestas por una ficha técnica de la obra especificando los datos de los autores, ubicación, constructores, año de montaje y del material de membrana utilizado. La parte gráfica cuenta con vistas bidimensionales y tridimensionales elaboradas especialmente para la página acompañadas por fotografías como se muestra en la ilustración 6.

Segunda etapa: desarrollo del análisis constructivo

La segunda etapa de este proyecto de investigación consistió en realizar el análisis descriptivo y funcional. Para ello explotamos el dibujo tridimensional visualizando y señalando las partes de que está compuesto. Los comentarios críticos se basaron en los siguiente aspectos:

1. Requerimientos estructurales: holguras, estabilidad, restricciones de movimiento y desplazamientos, distribución de las cargas y su contacto con la membrana, redundancia y seguridad estructural.

2. Geometría: forma y caminos de las cargas, necesidades de espacio para desplazamientos o maniobras, efecto de la escala y coordinación dimensional.

3. Montaje y sistemas de pretensado: proceso de montaje y desmontaje, piezas de ajustes y accesibilidad para el mantenimiento.

4. Clima y medio ambiente: estanqueidad, corrosión, impermeabilidad, energía consumida, residuos producidos, contaminación.

5. Proporción y aspecto visual: relación peso/ligereza, suavidad, irregularidad, agresividad, proporción entre las partes.

Ilustración 5.
Tabla html con los iconos de enlace a los detalles

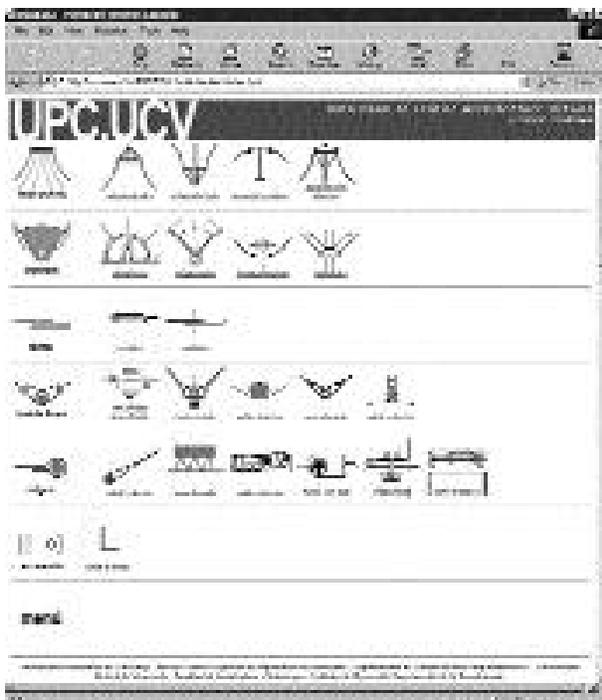


Ilustración 6
Tabla html con ficha técnica e información gráfica del detalle.

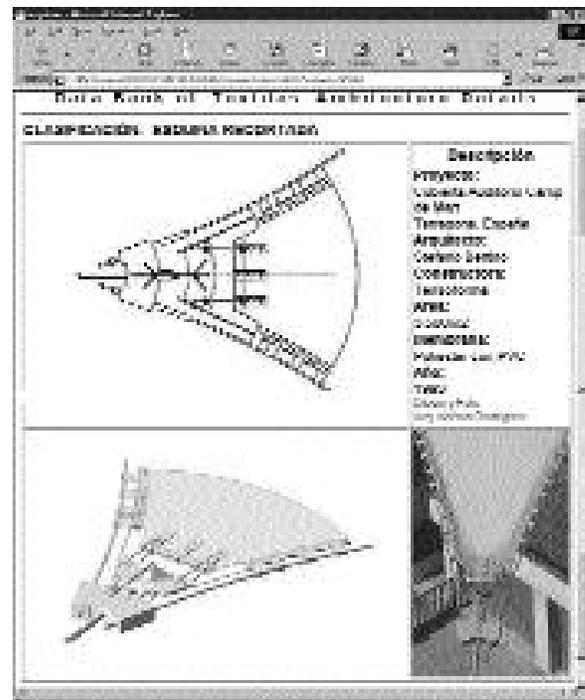
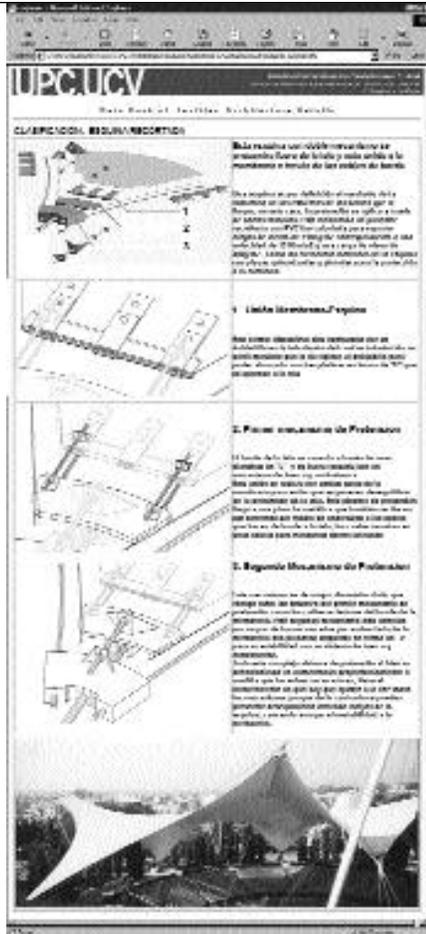


Ilustración 7
Tabla html con el modelo de explosión del detalle y su análisis descriptivo



Caso 1
Auditorio del Camp de Mart

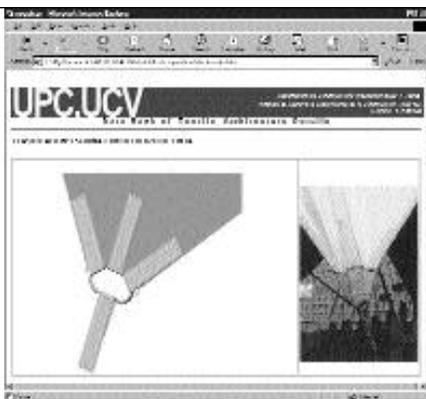
Dependiendo del tipo de detalle y su funcionamiento estructural, el comentario se centraba en algunos de los puntos antes señalados. En el ejemplo citado nos concentramos en el análisis de los sistemas de pretensado, ya que de éste depende el equilibrio estructural de la cubierta evitando su deformación y alargando su vida útil. Para ilustrar la transmisión de las cargas se resaltaron los dispositivos de ajuste por separado, colocando en gris aquellos elementos que no eran objeto del análisis, como se muestra en la ilustración 7.

El detalle se dividió en tres zonas: la unión entre la membrana y los sistemas de ajuste; el primer sistema de tensión que recibe el cable interior del perímetro y los esfuerzos de la membrana; el segundo sistema de tensión que recibe el cable exterior de borde y todas las tensiones correspondientes a los dispositivos anteriores para conducir las finalmente hasta el anclaje (ver ilustración 7).

Caso 2
Esquina de circo

Los detalles con errores visibles permiten su identificación y proponer alternativas. Para ejemplificar este proceso mostraremos el detalle de esquina reforzada con cintas perteneciente a una carpa de circo. Dicha esquina está conformada por la membrana y tres refuerzos de cintas, dos ubicadas en los bordes y una tercera en el centro. El detalle es conceptualmente acertado y muy simple para su confección. Sin embargo, cuando las cintas de refuerzo llegan a su punto final, el aro que las recibe no tiene espacio suficiente, con lo que se genera una yuxtaposición de elementos y arrugas. Para resolverlo se propuso no prolongar las cintas de refuerzo, terminarlas conjuntamente con la membrana y sustituir el aro por otro cuya geometría ovalada recibiera a las cintas en la dirección de las fuerzas (ver ilustración 8).

Ilustración 8
Detalle de Esquina reforzado con cintas



Caso 3 Woodpia Iñaki

Fueron también analizadas la redundancia estructural, la complejidad del diseño y la relación peso/ligereza que, en el caso de la cubierta del museo Woodpia Iwaki, en Japón, es un borde rígido muy complejo y pesado. Lo forman dos perfiles metálicos "U". El más grande se ancla al perímetro de concreto y contiene al menor, que recibe la membrana y puede desplazarse por medio de varillas roscadas ajustables para aplicar la pretensión a la cubierta. Como el conjunto queda cubierto por una cinta de PTFE (fibra de vidrio) que asegura la estanqueidad del sistema, no afecta la ligereza del aspecto visual global (ver ilustración 9).

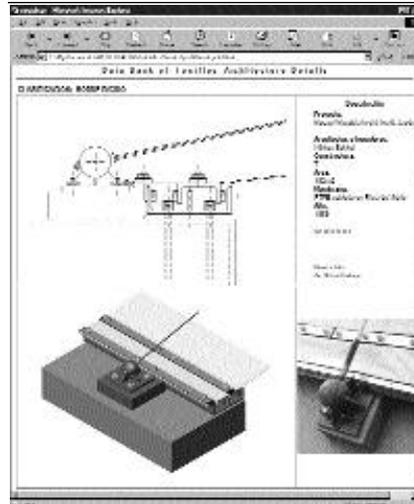


Ilustración 9
Detalle de borde rígido de la cubierta del Museo Woodpia Iwaki, en Japón

Caso 4 Aparcamiento en Munich

Para analizar puntos interiores se recurrió a la cubierta del Estacionamiento de la Oficina Municipal de Tratamiento de Residuos en Munich, formada por una serie de conoides.

Una manera de materializar los puntos altos de los conoides sin soportes en el centro de la cubierta es utilizando mástiles flotantes. Estos son elementos suspendidos que trabajan a compresión, cuya estabilidad depende de la membrana de la cubierta y de la red de cables que los empuja desde la parte inferior (ver ilustración 10).

La explosión del detalle destacó tres aspectos básicos a analizar:

- el cabezal del mástil flotante, definido por el aro de unión con la membrana
- la pieza de ramificación que va del mástil central al cabezal de la cubierta
- el terminal telescópico del mástil central que regula su tensión y asegura el ángulo suficiente para evitar que las tensiones de los cables sean excesivas (ver ilustración 11).



Ilustración 10
Cubierta del Estacionamiento de la Oficina Municipal de Tratamiento de Residuos en Munich

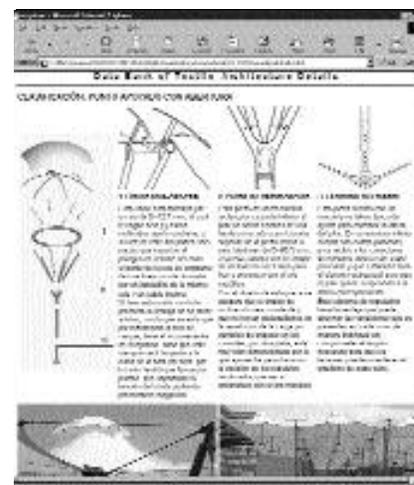


Ilustración 11
Modelo de Explosión de análisis del mástil flotante

Conclusión

Esta web es un instrumento de aprendizaje que sensibiliza y entrena al estudiante para considerar aspectos poco usuales en el ejercicio del proyecto, como son las posibilidades del diseño industrial, holguras milimétricas, tornillería, pasadores, articulaciones, piezas especiales de fundición o mecanizados, etc. y que son de amplia utilidad en la etapa del diseño de detalles constructivos.

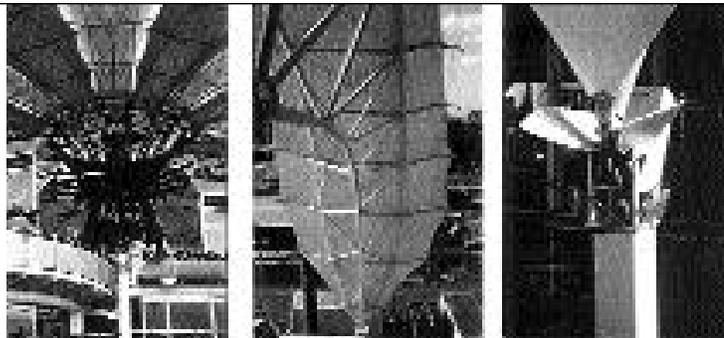
Así mismo, demuestra la importancia del conocimiento técnico como herramienta de diseño de los detalles en la arquitectura textil puesto que no solamente tienen que satisfacer los requerimientos estructurales sino que también influyen en el aspecto formal, la ejecución, el costo y la vida útil del edificio, su mantenimiento y durabilidad.

Esta tecnología se encuentra en un período de innovaciones incrementales tanto desde el punto de vista

de la geometría como de su técnica constructiva. Así lo demuestran interesantes ejemplos constructivos como la malla del pabellón de Japón de Shigeru Ban y los pétalos del pabellón de Venezuela de Fruto Vivas ambos en la Expo Hannover 2000 en Alemania, la cubierta del Eden Project de Nicolas Grimshaw en Londres o el Oita Stadium en Japón. El éxito de estos ejemplos es debido, en buena medida, a la precisión y exactitud en el diseño de sus detalles constructivos.

En los próximos años veremos nuevos ejemplos de edificaciones con tejidos y mallas sintéticas, arquitecturas flexibles, de gran ligereza y adaptabilidad que darán respuesta a las nuevas exigencias funcionales de la sociedad. Disminuir el peso propio seguirá siendo un factor primordial en este tipo de arquitectura y, para conseguirlo, el diseño de los detalles constructivos y las nuevas propiedades mecánicas y físicas de los materiales textiles jugarán un papel determinante.

Ilustración 12.
Detalles del Pabellón de Venezuela
en Expo Hannover 2000, Alemania



Referencias Bibliográficas

- AAVV (2002) Building with plastic, Detail N° 12-2002, Munich.
- AAVV (2001) Roof Structures, Detail N° 5-2001, Munich.
- AAVV (2000) Membrane Construction, Detail N° 6-2000, Munich.
- AAVV (1998) Roof structures, Detail N° 5-1998, Munich.
- Berger, Horst (1996) *Light Structures-Structures of Light. The Art and Engineering of Tensile Architecture*. Birkhäuser, Basel.
- Bubner, E. (s.f.) Membrane construction, connection and detail, Drucherci Wehlmann. Alemania.
- Capasso, Aldo; Majowiecki, Massimo; Pinto, Vincenzo (1993) *Le tensostrutture a membrana per l'architettura*, Maggioli Editori, Rimini.
- Emmitt, Stephen (2002) *Architectural Technology*, Blackwell Sciences, London.
- Huntington, C.G. (¿año?) «Connections and detailing», en *Fabric & Architecture*, enero-febrero p. 85, marzo-abril p. 64-67.
- Ishii, Kazuo (1999) *Membrane Designs and Structure in the World*, Shinkenchiku-sha, Tokyo.
- Ishii, Kazuo (1995) *Membrane Structures in Japan*, SPS Publishing Company, Tokyo.
- Llorens, José Ignacio (2001) «El Pabellón de Venezuela en Expo 2000 de Hannover», en *Informes de la Construcción*, vol. 53, n° 473, mayo/junio 2001, Madrid.
- Mollaert, Marijke (2000) *The Design of Membrane and Lightweight Structure*, VUB University Press, Brusseles.
- Majowiecki, M. (1994) *Tensostrutture: progetto e verifica*, Consorzio CREA, Italia.
- Monjo, Juan (1962) *Arquitectura textil*, COAM, Madrid.
- Frei, Otto (1962) *Cubiertas colgantes*, Editorial Labor, Barcelona.
- Schaeffer, R. E. (1996) *Tensioned Fabric Structures. A practical introduction*, American Society of Civil Engineers, New York.
- Shock, Hans-Joachim (1997) *Soft Shells: Design and Technology of Tensile Architecture*, Birkhäuser, Berlin.
- Vandenberg Chichester (1997) *Soft Canopies. Detail in building*, Academy Editions, London U.K.