

DETAIL

Revista de Arquitectura y
Detalles de Construcción
2000 / 6

Página 960

Arquitectura de toldos

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. A pesar que los toldos reúnen los criterios principales solicitados en un edificio, han sido tratados con negligencia durante mucho tiempo en la teoría de la arquitectura. Fue a partir del siglo XIX en que los arquitectos pusieron su atención en esta forma de estructura y de manera amplia sólo en su forma decorativa. Hasta que, en 1861, Gottfried Semper describió formas constructivas textiles como uno de los cuatro elementos básicos en la construcción.

El verdadero éxito, sin embargo, ocurrió en 1954, cuando Frei Otto desarrolló sus primeras estructuras para toldos y escribió su disertación sobre "el techo suspendido". Desde entonces, la mayoría de las formas constructivas descritas sistemáticamente por Frei Otto han sido realizadas y desarrolladas en un sinnúmero de maneras; procesos apoyados por las nuevas tecnologías, así como por métodos computarizados de cálculo y de optimización.

Los restos arqueológicos encontrados en Siberia, en campamentos de hace 40 000 años, sugieren que los toldos fueron contruidos con ramas derechas ó curvas, cubiertas con hojas, cortezas o pieles. Algunas formas primarias han sobrevivido hasta nuestros días en los "Tepees" o tiendas cónicas de los indígenas norteamericanos, en las viviendas cubiertas de piel de foca de los "Inuit" y en los refugios más bien redondos de los lapones. Las estructuras de este tipo se encuentran tanto en las regiones frías como en las cálidas de la tierra. Así lo demuestran las tiendas de los beduinos en el norte africano. Aquí, sin embargo, la falta de materiales para los mástiles ha conducido a formas de construcción diferentes de aquellas de las boscosas regiones del norte del planeta. Las cubiertas en piel de las tiendas beduinas forman parte de la estructura sustentante.

Desde la antigüedad hasta el siglo XIX, las sociedades sedentarias utilizaron el toldo principalmente en ocasiones públicas,

cortesanas y para propósitos militares. La historia de estas estructuras es rica y variada. Unos relieves en Nínive muestran el campamento militar del rey asirio Sennacherib (705-681 AC), con toldos formados por postes bifurcados que sostienen una cubierta de protección y asegurados con estacas. En el pabellón festivo de Ptolomeo (aprox. 275 AC) aun se observan retratos de una "tienda real" en la batalla de Kadesh, de la cual se dice que estaba soportada por postes de cedro con capiteles de palma, cubriendo un área de alrededor 8 200 m². Los gigantes toldos parasoles sobre los teatros y el Coliseo de la antigua Roma pueden ser comparados con las imponentes cubiertas sobre los estadios modernos. En su variedad formal y sus detalles ornamentales, sin embargo, las construcciones con toldos del imperio otomano, de los siglos XV a XVII, rara vez han sido superadas. En la historia de la construcción europea de toldos, no es posible identificar un desarrollo independiente de ésta, sin embargo, la influencia de diferentes culturas es apreciable. Desde el medioevo hasta el siglo XIX, los toldos servían, en la Europa meridional, para fines cortesanos y militares. Existe poca información sobre los sistemas de construcción de estas estructuras; nuestro conocimiento al respecto, se debe principalmente a las descripciones o grabados, realizados por artistas como Durero y Merian. Un famoso ejemplo de campamento para una ocasión especial fue el del "Camp des Draps d'Or" en 1520, donde Enrique VIII de Inglaterra se encontró con el rey francés Francisco I cerca de Calais. Allí se erigieron mas de 400 carpas para albergar a 5000 personas y 3000 caballos. Una particularidad interesante es la similitud de estas carpas a la arquitectura utilizada en los palacios contemporáneos. Otros ejemplos de campamentos organizados con una calidad casi urbana pueden ser apreciados en el alojamiento provisto para los peregrinos en la ciudad de Meca, en campamentos temporales para jóvenes y en campamentos para refugiados y víctimas de catástrofes naturales.

El siglo XIX trajo consigo un sinnúmero de desarrollos decisivos en el uso de toldos en todos los países industrializados. Alteraciones sociales y el crecimiento de las actividades de esparcimiento de la clase media como deportes, música, etc., crearon la necesidad de estructuras temporales económicas. Se requerían, también, espacios temporales para la exhibición de productos industriales en ciudades que no podían darse el lujo de palacios de cristal como los de Londres y París. En 1911, una compañía de Constance arrendó una gran carpa para albergar a más de 30 000 personas durante un festival de canto en Nuremberg. Los circos también requieren de estructuras flexibles, como el famoso

"Chapiteau", que puede ser fácilmente trasladado de un lugar a otro.

En la década de los 50's, a pesar de sus crecientes dimensiones y envergaduras, los toldos se construían generalmente con marcos de madera, y ocasionalmente de acero, con cubiertas textiles de algodón. Estos sistemas cambiaron a partir de 1954, gracias a la innovadora labor de Frei Otto, quien diseñó elementos sujetos a fuerzas de tensión en su más efectiva forma estructural. Estos desarrollos fueron apoyados por parte de la industria de la construcción de toldos, dispuesta a la aplicación de nuevas tecnologías. Constantes mejoras en las membranas textiles compuestas por fibras naturales y artificiales (poliester, PVC, fibra de vidrio, etc.), facilitaron mayores envergaduras y garantizaron mayor seguridad y durabilidad. Hoy en día, redes de cables cubiertas de madera, metal ó plástico, y carpas que emplean fibras de vidrio pueden durar tanto como muchas formas convencionales de construcción. Hasta mediados del siglo XX, las formas espaciales en los toldos, consistían en superficies y volúmenes geométricos. Estructuras de domo, como la histórica yurta ó la moderna tienda de campaña, que asemeja segmentos de una esfera, están formadas por varas lineares que describen curvas elásticas. A pesar de diferenciarse en apariencia, tamaño y función, los toldos pueden clasificarse en cuatro tipos.

1. Los toldos con armazón tienen una construcción primaria compuesta por un marco rígido o reforzado, ó de un entramado tradicionalmente fabricado de madera; pero hoy existen, también, de aluminio o de fibra de vidrio para estructuras más pequeñas. La forma geométrica de los marcos condiciona que las áreas cubiertas por textiles sean planas o curvas en tan solo una dirección. El sistema estructural más ventajoso, en el que las secciones de membrana originan formas curvas tridimensionales que pueden estar en tensión, fue introducido sistemáticamente hasta 1955 por Frei Otto. Una de las reglas fundamentales en la construcción de toldos expresa que la tela debe ser siempre cortada "pequeña" debido a su elasticidad inherente. La verdad es que la cubierta de los toldos con armazón no puede estar realmente tensa, y por ello después de poco tiempo esta cubierta se pone floja y se ondula con el viento, acortándose considerablemente su duración.

2. según su tipología estructural, los toldos con armazón (tensados) provistos de tirantes se encuentran entre las estructuras tensadas y los toldos simples con armazón. La única diferencia con los últimos consiste en que los cables laterales que aseguran el armazón incrementan la estabilidad, disminuyendo la necesidad de nudos rígidos y de refuerzos diagonales.

3. Los toldos tensados tienen una membrana de soporte de carga, apoyada y

mantenida en posición mediante el uso de mástiles. La membrana está tensada desde los bordes. Tradicionalmente, las formas derivan de volúmenes geométricos básicos. Un problema de este tipo de toldos es: que la geometría plana en la que se basan los procesos de planeamiento y de fabricación no es idéntica a la geometría resultante después de la puesta en obra. Esta clase de toldos cambia de aspecto durante su instalación como resultado del tensado. A largo plazo, también existe un cambio provocado por el peso que soporta la membrana.

4. El toldo pre-tensado es fácilmente reconocible, no se adhiere a superficies y volúmenes geométricos, sino siempre presenta la forma curva de una montura en parabolóide hiperbólico reflejando las ventajosas propiedades de transmisión de cargas de superficies sujetas solamente a la tensión. La forma y la estructura forman una unidad. Las membranas son tensadas entre miembros periféricos tridimensionales y estabilizadas por el proceso de pre-tensado. En muchos casos se emplean cables flexibles para la tensión de la membrana o área de red. Los soportes son ubicados tanto en las esquinas como dentro del área interior del toldo. En este último caso son necesarios detalles constructivos especiales. Si se aplica, en los toldos pre-tensados el principio de las áreas de superficie mínima, puede obtenerse una óptima coordinación entre formas, fuerzas y materiales. El área de superficie mínima es el área más pequeña dentro de una línea perimetral cerrada que describe cualquier forma deseada, con tensiones sobre la membrana que son iguales en cualquier punto y en todas las direcciones. Esto significa que los materiales para estos toldos ó estructuras de red pueden tener dimensiones constantes.

El toldo de soporte aéreo o neumático puede adicionarse a esta lista como un quinto tipo. Las estructuras de este tipo emplean la misma tecnología utilizada en la construcción tradicional de toldos, pero con una diferencia básica: No es un almacén o un sistema de postes el que las soporta y estabiliza, sino aire a una presión mayor a la de la atmósfera exterior.

Hoy en día, los toldos ya no se diseñan solamente como estructuras temporales y flexibles sino como edificios permanentes concebidos para largos períodos de servicio y para cubrir muchas veces áreas extensas. Son pocas las universidades que enseñan la construcción de toldos como una forma de construcción ligera, y son igualmente pocas las empresas que disponen de las condiciones necesarias para la puesta en obra de estructuras de este tipo.

Berthold Burkhardt

El autor es Profesor docente en la Universidad Técnica de Braunschweig, donde dirige el Instituto de Planeamiento de Estructuras. Además, dirige junto a Martin Schumacher un estudio de arquitectura en la

misma ciudad.

Página 965 **“queda mucho por hacer”**

Frei Otto sobre el futuro de la construcción con toldos

Detail: Las bases teóricas de la construcción moderna con membranas, fueron establecidas principalmente por los trabajos de investigación iniciados en 1951. △Cómo empezó a trabajar con membranas?

Otto: Cuando era estudiante estuve en los Estados Unidos durante año y medio. Conocí a diferentes arquitectos como Mendelsohn, Frank-Lloyd Wright, Charles Eames y Eero Saarinen. Por casualidad vi los dibujos de la arena Raleigh en Dorton, de Maciej Nowitzky. Este fue el primer techo reticulado con cables, aún no pre-tensados, como asumí al principio. Este campo me interesó, pues había ya trabajado sobre construcciones ligeras. Escribí mi disertación a este respecto y entré en contacto con la construcción basada en toldos. Llegué a la conclusión que una carpa es también una construcción flexible bajo tensión y que no presenta ninguna diferencia, ya sea formal o constructiva, con las construcciones en retícula de cables.

Detail: La elección de una construcción con toldos es de por sí una garantía para la creación de una buena obra. △Qué cualidades debe tener para ser fascinante?

Otto: La pregunta es: △se pretende también hacer arquitectura? El hecho de que hoy en día exista muy poco arte liado a la construcción con toldos, tiene que ver con la poca inversión técnica y de diseño. En muchas partes se trabaja superficialmente. Se confía en lo existente y mucha gente cree que así está haciendo automáticamente lo correcto. Es rara la ocasión en la que veo un toldo que me guste.

Detail: En la historia de la construcción, la forma constructiva con membranas y toldos es una de las más jóvenes. △En qué fase del desarrollo se encuentran los mejores ejemplos hoy?

Otto: Hay que tomar en cuenta que este desarrollo continuará a paso veloz. Tanto en las construcciones como en los detalles y los materiales. Sin embargo, apenas estoy detectando innovaciones. Los desarrollos más importantes surgieron a mediados de la década de los 70's y son aplicados desde entonces.

Detail: Si la correcta construcción técnica no produce problemas, △dónde están, entonces, los problemas que hoy requieren solución?

Otto: La evolución de los materiales continuará. Los materiales actuales presentan alguna desventaja y es muy difícil adecuarlos a las construcciones. Cada material debe ser “compensado”, sus propiedades elásticas son diferentes y deben ser examinados individualmente. Es en este sector que ocurrirán cambios.

Tendremos membranas que ya no consistirán en tejidos normales, sino de metales. Respecto a las construcciones, lo existente no se aplica en su totalidad y lo investigado y publicado no lo es todo, queda mucho por hacer.

Detail: El proceso de dar forma a las obras con membranas no es muy usual para los arquitectos. △Nos esperan innovaciones en este campo?

Otto: Fundamentalmente parece que las construcciones básicas más importantes con toldos, ya han sido realizadas al introducirse el aire como material por debajo de las membranas. A pesar de esto, se espera que ocurra mucho aún. Muchos arquitectos están en contra de aplicar procesos de formación autónoma. Como arquitecto uno quiere diseñar; pero si a la vez, no se toman en cuenta los procesos de formación continua, no se obtienen buenos resultados.

Detail: En el Instituto para Sistemas portantes de Membranas y Cascaras, usted ha investigado sistemas de construcción antiguos y modernos. △Requiere nuestra sociedad, más laboratorios como éste para generar sistemas innovadores?

Otto: Yo creo que sí. En el campo de la construcción se investiga muy poco, dejando de lado el desarrollo y las pruebas sobre los materiales. No se hace casi nada sobre los procesos de búsqueda de forma. Aquí, mi instituto era casi el único. Si no se apoya a la investigación científica, la próxima generación será la que lo sufrirá. Una sociedad que únicamente aplica, es una sociedad en declive.

Detail: △Ve usted futuro en el uso de membranas como terminado espacial permanente?

Otto: Indudablemente sí. El aislamiento acústico es lo más difícil. Ahí es donde se requiere un rápido desarrollo. El aislamiento térmico es, en un principio sencillo. El peso mínimo de una construcción de membrana, que proteja del viento y la nieve y que ofrezca aislamiento térmico es muy bajo. Equivale a pocas gramos por persona sujeta a protección.

Detail: Usted ha impulsado el que la arquitectura de membranas ocupe una posición consolidada en la arquitectura. Que tareas ve usted en el futuro para su actividad?

Otto: Sería incorrecto el caracterizarme siempre como constructor en membranas. He construido con piedra, hormigón y madera y he procurado siempre construir de un modo energético y estético sensato. Proseguiré con ello. Pero hay muchas otras tareas que me ocupan. Un trabajo de investigación está relacionado con los sistemas viales, no han sido alterados por planificaciones, sobre los cuales se mueven eficientemente, los seres humanos y los animales inteligentes.

Mi interés especial está dirigido hacia la forma y estructura de las construcciones

de tierra o piedra, a su estabilidad y a los criterios válidos para su diseño. En el sector de las membranas en la construcción hidráulica se presentan investigaciones respecto a medidas de protección y prevención de catástrofes naturales, en este caso inundaciones, así como una profundización de la investigación de las construcciones vivientes, que constituyen de una inigualable variedad constructiva de redes fibrosas capaces de reproducirse. De esta manera espero ampliar mi comprensión de la forma y estructura de los seres vivos. La entrevista con Frei Otto fue realizada por Andreas Gabriel

Página 980

Casas japonesas de té

El ritual de las relaciones sociales que envuelve la ceremonia del té empieza en el "roji", ó sendero de jardín, donde el huésped deja de lado sus preocupaciones cotidianas. Originalmente, la localidad de dicha ceremonia no era necesariamente una casa, sino simplemente un área definida. La forma histórica de la casa del té se desarrolló en el siglo XV a partir de la habitación "tatami" y presenta usualmente un plano cuadrado de dimensiones aproximadas a los 7 x 7 m. Shigeru Uchida ha diseñado tres casas de té de diferentes formas estructurales: Ji-an, la casa de la percepción, So-an, la casa de la composición; y Go-an, la casa de los recuerdos. Construidas con bambú y parcialmente con lino japonés, pueden ser desmanteladas y reconstruidas en diferentes lugares. Estas casas de té estarán expuestas en Septiembre en Munich.

Página 981

Casa botella

"Desarrolle para la municipalidad de Rotis un área veraniega que provea espacio para por lo menos dos personas. Encuentre los medios para crear este espacio en el lapso de una semana y con un costo de menos de 5 000 marcos alemanes". Aproximadamente 100 estudiantes del curso básico de la Universidad Técnica de Berlín participaron en este curso de diseño. Uno de los grupos edificó un domo esférico, utilizando botellas PET como material de construcción. La cohesión se obtuvo mediante una membrana de soporte, a la cual se le atornillaron cada una de las 3 000 botellas. El vano de acceso se estabilizó mediante un anillo rígido creado a partir de placas de "OSB".

Página 982

Espacios de vida

Estos cuatro pabellones, construidos para una exhibición temporal, fueron erigidos sobre la laguna de un pueblo como habitaciones modelo que demuestran el estilo de vida de la gente joven de hoy en día. Diseñado y construido durante un

período de seis meses, los pabellones debían ser económicos, de instalación rápida y re-utilizables. Cada una de las formas cúbicas consta de dos contenedores alquilados y tiene un área de 6 x 5 metros. Las paredes exteriores y el techo están compuestos por una estructura de soporte de costillas curvas de madera, cubierta por placas también de madera horizontales y diagonales de diferentes anchos y pintadas en blanco. Las cementaciones fueron hechas con sacos plásticos rellenos de concreto, acomodados al fondo irregular de la laguna y que podrán ser quitados sin dejar huella alguna después de la exhibición.

Página 983

Techo móvil de membrana en la alcaldía de Viena

Esta estructura de techo, de 34,21 x 32,52 m de extensión, provee protección contra el sol y la lluvia y permite el uso del patio de la alcaldía para fiestas, conciertos y otros eventos. La construcción fabricada con cables, vigas transversales y una membrana, puede ser enrollada mediante rodillos sujetos sobre rieles. Este techo móvil es operado por motores que se encuentran fijos sobre las vigas, con piñones que accionan engranes soldados a las vigas de soporte. Los cables y las vigas son guiados mediante rodillos axiales y radiales combinados, que al mismo tiempo transmiten todas las cargas a las vigas de soporte longitudinales. Al iniciarse la operación de extensión, la viga final es puesta en movimiento. Después de desplegarse la membrana posterior, se mueve la siguiente viga transversal y así sucesivamente hasta desplegar totalmente el techo. El plegado del techo sigue el proceso inverso, hasta que la membrana queda plegada como un elemento de 4 metros de grosor.

Las vigas de los bordes están soportadas por bornes fijos en las cimas de las paredes de piedra que encierran, por dos lados, el patio. Los cables de cabeza están tensados entre las dos vigas a una distancia de 3.58 m formando una curva, en donde los puntos inferiores son 1,5m más bajos que los puntos superiores. La membrana está tensada entre estos cables en una sola dirección. Se insertaron lastres sobre la membrana, entre los cables de cabeza en forma de tubos de acero de 70 mm de diámetro por los que se pasaron cables. Estos tubos son sujetos en dobladuras de la membrana. Las fuerzas de tensión horizontales de los cables son transmitidas a cuatro armaduras, ubicadas sobre la superficie de la membrana.

El techo es drenado a lo largo de los bordes longitudinales. Un tubo de membrana al final de cada uno de sus valles, se extiende hasta el suelo y conduce el agua pluvial a una canaleta. Los cables de los lastres también pasan por este tubo y se fijan

a cadenas inoxidable, sujetas en el suelo. Este sistema constructivo previene ocasionales levantamientos del toldo, provocados por el viento.

La membrana consta de un tejido de poliéster laminado con PVC, manufacturado con un hilo de varios filamentos de alta resistencia y encogimiento mínimo. La suave lámina de PVC, es aplicada asimétricamente en ambas caras. El laminado de mayor grosor fue dispuesto en la cara superior para ofrecer protección contra el clima. Una laminación de fluoropolímeros adicional con un grosor mínimo de 10 µm. fue asimismo aplicada. La membrana presenta un grado de transmisión de luz promedio del 15 %.

Página 984

Hangar para un dirigible en Brand, cerca de Berlín

El hangar, de 306 m. de longitud por 220 m de ancho y 107 m. de altura, es probablemente la nave industrial más grande de Europa. Fue diseñada para albergar la construcción del dirigible "CargoLifter", una especie de grúa voladora que puede levantar cargas de hasta 160 toneladas y transportarlas sobre distancias de hasta 10 000 km. El hangar fue diseñado respetando el volumen mínimo necesario para acomodar dos dirigibles. La nave, formada por cinco vigas curvas de acero (c/u constituida por dos armaduras ligadas entre sí con varillas), mide 35 m entre ejes, además de contar con un sistema de membranas instalado entre ellas. Construido con miembros tubulares, las vigas tienen 8 m de altura y están constituidas por 17 segmentos rectos, cada uno de los cuales, mide más de 18 m de longitud. Los contravientos están fijos a las cintas inferiores, mientras que los estabilizadores contra torsión lo están, sobre las cintas superiores. Los arcos se hallan ancladas en bases de hormigón armado, de aproximadamente 9 m de altura. Los portales, ubicados en los dos extremos, constan de seis elementos móviles y dos elementos fijos. Se abren mediante carretas sobre rieles, girando alrededor de una gigantesca clavija de 1 m de diámetro situada en la cumbre.

Entre cada uno de los arcos se halla un sistema de membranas tensadas libremente sobre más de 31 m, que transmite el peso de las cargas de nieve y la fuerza del viento a las cintas superiores de las vigas. El sistema de membranas consta de cuatro capas de poliéster en forma de un cojín doble de aire, que forman dos cámaras de aire. Las cargas principales son soportadas por la capa superior, que forma la lámina exterior del cojín de aire, fijado al borde más alto de las cintas superiores. El segundo cojín, más ligero, está sujeto a la parte inferior de las mismas cintas. Este sistema constructivo permite un valor "U" de menos de 1 Wm²/K, manteniendo, sin embargo, el efecto traslúcido del tejido. Una transmisión

de luz del día sobre el área de la membrana ayuda a reducir el uso de luz artificial. El cojín interior de la membrana permite también el reemplazo de las capas superiores. El cojín exterior se halla fijo sobre la cresta y, por ambos lados, a lo largo de las vigas curvas. Un cable colocado por la parte inferior, evita la oscilación de la membrana, y el hueco así formado sirve para canalizar el agua de lluvia hacia tanques ubicados en la base. Por encima de las armaduras en arco y la viga cresta, se hallan tiras de vidrio que incluyen un sistema de ventilación mediante laminillas. Las tiras sirven para aumentar el ingreso de la luz del día así como para separar las membranas en caso de incendio.

Página 987

El proyecto Eden, St Austell, Cornwall

Tim Smit, iniciador del proyecto St. Austell, quiso crear un moderno Jardín Edén. Previamente había realizado un jardín tropical en el sur-oeste inglés, cuyo éxito condujo al proyecto actual. Los puntos importantes del proyecto Edén, mediante el cual Smit busca dotar a Gran Bretaña de otro trozo de selva, incluyen un centro para visitantes planificado por Nicholas Grimshaw y dos gigantescos viveros; en los cuales se revela la variedad del reino vegetal y su importancia para la humanidad. Para este efecto se destinó un área de 23 000 m² y un edificio de una altura de más de 50 metros. De esta manera, Edén sobrepasa todos los viveros construidos hasta hoy. Nicholas Grimshaw, quien junto a Anthony Hunt creara el extenso techo de vidrio libre de columnas de la estación de Waterloo, fue encargado del desarrollo de una estructura similar para Edén. El primer diseño, reminiscencia de Waterloo, fue abandonado por razones económicas y estructurales. Las diferentes secciones incluyen el centro para visitantes, una casa para las plantas mediterráneas y otra para la flora tropical.

El sitio para esta construcción es una antigua mina de arcilla. Por ello, el suelo se hallaba perforado y ofrecía sólo una limitada capacidad de soporte de carga. Los arquitectos dejaron de lado la idea de levantar los viveros sobre pilares y los diseñaron como domos geodésicos interceptados. Esta forma de construcción presenta numerosas ventajas. El peso no es transmitido al suelo como cargas puntuales mediante columnas, sino de forma lineal a lo largo de todo el perímetro de la estructura, eliminando de paso la necesidad de profundas y costosas cementaciones. Fue necesario solamente una restauración mínima del lugar, ya que las estructuras de domo pueden adaptarse en casi cualquier punto a la irregular topografía del terreno. Además, los domos geodésicos, basados en el trabajo de Buckminster Fuller, proveen un máximo de volumen espacial con

relación al área de la superficie. La estructura primaria hexagonal, diseñada por Grimshaw y Hunt, consiste en un sistema tridimensional de varillas de acero, conectadas mediante elementos de nudo estandarizados. A estos nudos se fija una malla interior basada en una red triangular y hexagonal. Para ello, la estructura se segmentó en una serie de unidades menores, que reducen el peso y que facilitan su transporte a través de las angostas vías de Cornwall. Los viveros se hallan cubiertos por cojines ETFE de diámetros de entre 9 y 11 m. Estos pesan apenas el 1% del peso de una cubierta de vidrio equivalente.

Los cojines de membrana, de hasta 2 m de espesor, presentan un valor "U" promedio de 2,8 Wm²/K, y son inflados mediante compresores hasta 300 Pa. Un sistema de seguridad arranca automáticamente si el sistema primario falla o si la presión mínima no es mantenida. Para la producción de la cubierta reciclable se requiere únicamente de una fracción de la energía necesaria para la producción de vidrio. Además, la membrana tiene un coeficiente de transmisión UV más elevado, lo cual representa una ventaja en el cultivo de las plantas, ayudando también a reducir los costos de calefacción para el mantenimiento de temperaturas tropicales.

La construcción del centro de visitantes fue realizada por los arquitectos con la misma sensibilidad hacia el medio ambiente. En colaboración con geólogos, se crearon con tierra dos paredes curvas de soporte, que albergan el vestíbulo de entrada. Las paredes fueron hechas con arcilla del lugar, que fue introducida en un encofrado y comprimida mediante un apisonador mecánico. Extensos techos de voladizo sobre las paredes las protegen de la lluvia. El vestíbulo mismo está cubierto por un toldo textil.

Los visitantes pueden observar la construcción de los domos desde una plataforma de observación. Los viveros estarán abiertos en mayo 2001.

Página 994

Staten Island Esplanade, New York

Como parte de un programa para revitalizar las antiguas áreas portuarias de la ciudad, se erigió una estructura con toldo sobre el muelle de desembarco del Staten Island Ferry. A raíz de que la rampa solo soporta ligeras cargas puntuales y no puede soportar fuerzas horizontales ni fuerzas de flexión, se unieron los toldos entre sí en grupos de cuatro, en una construcción de pórtico abovedada. La red de acero inoxidable que parte de los troncos de los "árboles" es encerrada en la cima por un marco rectangular. La membrana tensada dentro de este marco se halla sujeta en la parte superior entre dos placas metálicas y fijada en la parte inferior mediante un ojal. Por las noches, los toldos son iluminados

desde el interior, acentuando así el efecto escultural de la estructura.

Plano de emplazamiento, escala 1:250
Vista parcial desde arriba, alzado escala 1:20
Detalle escala 1:5
1 Perfil de acero L 50,8/50,8/6,3 mm
2 Agarre de acero fino 3,2 mm
3 Barra de acero Δ 15,9 mm
4 Placa de apriete 4,8 mm
5 Membrana tela de poliéster, recubrimiento con lámina de PVC
6 Tubo de acero fino Δ 152,4/3,2 mm

Página 996

Sombrillas en la Expo en Hannover

Construidas con cubiertas de diferentes colores a lo largo de las vías principales de la Expo y frente al Pabellón Alemán, las sombrillas crean una sensación de continuidad e identidad. Esta sencilla construcción consiste en cuatro toldos curvados hacia dos direcciones, son de algodón y se encuentran colocados entre secciones de acero, siendo tensados después del armado de los soportes principales. La estructura es estabilizada contra la succión y la presión del viento mediante tirantes de tensión y de compresión. Los soportes principales también funcionan como canaletas que drenan el agua de lluvia hacia tuberías ubicadas en las columnas centrales. Las sombrillas tienen un área de 7.50 x 7.50 m y pueden ser unidas entre sí para formar cubiertas continuas. La penetración del agua de lluvia es evitada mediante láminas de policarbonato. Las sombrillas son desmontables y pueden ser re-utilizadas.

Alzado, Vista desde arriba
Escala 1:200

Isometría de la construcción de acero
Alzado Detalles escala 1:20
1 Pilar compuesto de 4 perfiles L 100/100/10 mm
2 Viga HEA 100
3 Tirante 12 mm
4 Chapa metálica 100/10 mm
5 Pieza de unión 10 mm
6 Membrana de tela de algodón
7 Pieza de conexión tubo medio Δ 70/6,3 mm
8 Tubo Δ 57/10 mm
9 Tubo Δ 70/6,3 mm
10 Tubo Δ 30/2 mm

Página 999

Carpa multiuso en Hamina, Finlandia.

La ciudad de Hamina está rodeada por un anillo de fortificaciones con siete bastiones. Una de ellas, que data del siglo XIX, fue sujeta a un extenso programa de restauración de 20 años de duración. Una vez los trabajos terminados, se planificó utilizar la localidad para eventos públicos. La ciudad y las autoridades competentes llegaron al acuerdo de construir un toldo ligero que no comprometiera el carácter de las fortificaciones de ladrillo. Cubriendo un área de aproximadamente 30 x 60 m, el techo ofrece un espacio protegido que

posibilita el acomodo de butacas para una audiencia de 4 000 personas. La forma especial de este toldo es una expresión de su sencillo sistema de construcción: La membrana es soportada por cables de cresta curvos fijados a cuatro pares de mástiles en forma de "V" y es fijada por cables curvos cóncavos anclados al suelo. Una tela de poliéster de 1mm., de espesor, recubierta de un laminado de PVC incombustible sirve de piel protectora. Los cables fueron hechos con delgados alambres de acero y tienen una capacidad de carga de 50 toneladas.

Secciones escala 1:500

Sección mástil escala 1:200

- 1 Arriostriamiento cable de acero
- 2 Anillo de acero para la sujeción de la membrana, recubrimiento platabanda
- 3 Membrana, tela de poliéster recubrimiento con lámina de PVC inflamable 1mm
- 4 Mástil compuesto de perfiles de acero
- 5 Solera, acero

Página 1002

Waterworks, Earth Centre, Doncaster

Sobre un sector de 26 acres de extensión, donde anteriormente se extrajera lignito, fue creado un parque de temática medio ambiental que comprende pabellones y varias áreas de paisajismo. El pabellón de nombre "Waterworks" ("obras acuáticas") presenta la purificación del agua mediante una "Living Machine" ("máquina viva"). Posee una estructura clara y simple. El marco, hecho de un esqueleto de acero, se apoya sobre paredes que forman las divisiones entre los tanques. La ligera membrana ETFE que rellena mediante cojines la fachada y el techo permite una estructura de dimensión esbelta y una alta transmisión de rayos ultravioleta.

Secciones

Alzado

Planta

Escala 1:400

- 1 Living Machine
- 2 Tanque de agua
- 3 Sala de maquinarias
- 4 Exposición

Plano de emplazamiento

Escala 1:4000

- 1 Waterworks
- 2 Mirador en proyecto
- 3 Bosque con pabellones geodésicos
- 4 Teatro al aire libre
- 5 Plantas del pantano
- 6 Restaurante
- 7 Río Don

Sección

Escala 1:20

- 1 Cojines ETFE con 3 láminas, lámina en medio de color blanco
- 2 Perfil de apriete aluminio
- 3 Láminas de ventilación aluminio, mando manual
- 4 Lámina ETFE soldado encima de lámina impermeable EPDM
- 5 Tensor tubo de acero Δ 76 mm soldado a barra con rosca Δ 20 mm fijación mediante casquillo roscado Δ 39 mm
- 6 Tubo de acero Δ 35 mm

- 7 Cojín ETFE con 3 láminas, lámina en medio transparente
- 8 Perfil de acero T 206/178 mm pieza de unión con chaflán
- 9 Tirante Δ 12,7 mm
- 10 Tensor acero fino
- 11 Perfil de acero T soldado
- 12 Chapa de acero 16 mm
- 13 Apertura rebatible para la ventilación madera contrachapada pintada
- 14 Rejilla de acero galvanizado
- 15 Rigizadores perpendiculares soldado 360-200 mm con placa de cabeza
- 16 Contrachapa metálica
- 17 Perfil de acero C 200 mm

Página 1005

Edificio administrativo en Munich

Este complejo de oficinas está ubicado sobre un histórico eje urbano, cerca del Königsplatz. Dos edificios existentes, que forman un ángulo recto, han sido complementados por un nuevo bloque construido en posición diagonal. Este diseño dio lugar a dos nuevos espacios abiertos: un jardín y un patio de 950 m² cubierto por un techo de membrana transparente. Del lado del edificio existente, el techo es soportado por columnas de 19 metros de altura. El otro borde está sostenido por la construcción nueva. La estructura del techo consta de vigas de acero acanaladas y de cojines inflados, tensados entre ellas. Los cojines, de 3.70 m de ancho y de más de 30 m de longitud, están compuestos por láminas plegadas de etileno incombustible de 0.2mm y se llenan de aire mediante compresores. Las suaves superficies de las membranas no requieren de servicios de limpieza. Los cojines pueden soportar el tránsito pedestre de los empleados de mantenimiento y tienen un grado de transmisión de luz del 94 %. El vestíbulo se ventila mediante ventanas con celosías de vidrio. Una estela de 8 metros de altura, en la cual también se integró la iluminación, provee ventilación adicional.

Plano de emplazamiento, escala 1:2500

Planta baja escala 1:1000

Secciones aa, bb escala 1:500

Detalles de las secciones escala 1:20

- 1 Conexión cubierta: chapa cobre 0,7 mm, lámina plástica, panel aluminio con núcleo poliuretano 30 mm
- 2 Lamas de acristalamiento aislante, vidrio de seguridad simple 6 mm + espacio hermético 16 mm + vidrio de seguridad compuesto 2x 4 mm sobre estructura de aluminio
- 3 Chapa de PVC 0,6 mm
- 4 Viga de BSH cubierta, chapa PVC 0,6 mm
- 5 Perfil de apriete aluminio, protección contra pájaros
- 6 Viga hueco soldada con tirantes, chapa de acero 12 mm
- 7 Cinta de chapa metálica 25 mm en el entorno de tirantes
- 8 Tirantes: tubo de acero 101,6/16 mm, barra de acero Δ 42 mm
- 9 Cojín, 3x lámina de etileno 0,2 mm
- 10 Arriostriamiento: tubo de acero Δ 88,9/8,8 mm
- 11 Cordón superior de la armadura, tubo de acero Δ 559/28 mm
- 12 Estructura de vigas y postes, aluminio
- 13 Acristalamiento fijo, vidrio de baja emisión vidrio de seguridad simple 8 mm + espacio hermético 16

mm + vidrio de seguridad compuesto 2x 4 mm

13 Tubo de acero 355,6/20 mm

Página 1009

Casa unifamiliar en Tokio

Esta casa de tres pisos está ubicada en un sector angosto de tres metros de ancho por 20 metros de longitud. Dado que los habitantes realizan la mayoría de las actividades domésticas fuera de la casa, se omitieron las divisiones espaciales tradicionales. El cliente encargó un interior con bastante luz y un alto grado de privacidad. La estructura consta de dos paredes paralelas de hormigón, reforzado con dos trabes cilíndricas de concreto entre ellas y una membrana extendida como techo. Las curvas idénticas, pero invertidas de las paredes originan una forma de techo de curvado múltiple, y a su vez, determinó la posición de los codales cilíndricos. La membrana de fibra de vidrio permite una buena iluminación natural. Por la noche, irradia una difusa luz desde el interior, revelando vagamente, a través de la cubierta, los movimientos de los habitantes.

Plano de emplazamiento, escala 1:500

Plantas,
Secciones,
Escala 1:250

Sección cc escala 1:50

Detalles escala 1:10

- 1 Perfil de recubrimiento, aluminio 1,5 mm
- 2 Membrana de fibra de vidrio recubrimiento con lámina PTFE 1,5 mm
- 3 Canalón, aluminio 1,5 mm
- 4 Cable de borde, poliéster 12 mm
- 5 Acristalamiento fijo de luna simple, 8 mm
- 6 Suelo de madera 15 mm sobre subconstrucción
- 7 Hormigón armado
- 8 Cartón enyesado 9,5 mm

Página 1012

Pabellón Japonés en la Expo en Hannover

Como una expresión de la arquitectura sustentable, tema central de la Expo, el pabellón fue construido con materiales reciclados que pueden ser desmantelados e utilizados nuevamente. Sobre el vestíbulo principal cáscara reticulada compuesta por tubos de cartón. La pared del frontispicio y su opuesta son construcciones de rejilla de panel de cartón tensado por cables. La cubierta del techo consiste en una membrana de papel de cinco capas impermeables e incombustibles. Incluso las cementaciones de acero, rellenas de arena pueden ser quitadas e utilizadas nuevamente. Fueron necesarios varios intentos para obtener el resultado planeado, evitando las posibles deformaciones permanentes en el material. La estructura tuvo que ser reforzada con escaleras de madera en curva, las cuales, junto a las cementaciones y los tirantes de acero, forman los elementos reales de soporte de cargas. La membrana de papel fue cubierta con una lámina de PVC adicional.

Isometría:

Membrana
Elemento arco de escalera de madera con tirantes
Cascara reticulada de tubos de cartón, paredes de
hastial con paneles de cartón Cimentación, estructura
de acero llenado con arena
Sección longitudinal, Sección, Planta escala 1:1000

- 1 Entrada
- 2 Area techada de espera
- 3 Administración
- 4 Rampa
- 5 Parrón
- 6 Islas de exhibición

Punto base escalera de madera: vista desarrollada,
sección

Escala 1:50

Escalera de madera: Sección escala 1:5

1 Membrana exterior 0,89 mm:

Tela de poliéster recubrimiento con lámina PVC,
transparente

- 2 Membrana interior de 5 láminas 0,52 mm
lámina polietileno, papel inflamable, tela fibra de
vidrio, papel inflamable, lámina polietileno, alta
resistencia contra el fuego
- 3 Arriostamiento borde de cabio listones de madera
contrachapada bolsas de membrana 9/60/1950 mm
- 4 Elemento arco de escalera de madera 60/75 mm
- 5 Cabios continuos, pino 60/95 mm
- 6 Cascara reticulada de tubos de cartón Δ 120/22
mm
- 7 Cable espiral acero fino Δ 6 mm
- 8 Cimentación: estructura de acero encofrado con
tablonos y llenado con arena
- 9 Platinas de acero para elementos de escaleras de
madera

Conexión rejilla de panal a membrana escala 1:5
Conexión de tubos de cartón

Pared de hastial:

Sección aa, sección bb, vista exterior
Escala 1:20

- 1 Tubos de cartón, laminados de acrílico
 - 2 Tubos de madera Δ 76 mm
 - 3 Tornillo M12
 - 4 Cinturón superior e inferior del arco de borde
60/700 mm
 - 5 Membrana PVC, membrana papel, madera
contrachapada 30 mm
 - 6 Lóbulo EPDM
 - 7 Lambrines de madera
 - 8 Listones de madera, pino pintado 30/19 mm
 - 9 Impermeabilización EPDM
 - 10 Cable tensor acero fino Δ 12,5 mm
 - 11 Nudo tubo de acero galvanizado Δ 139,8/9,5 mm
 - 12 Paneles de cartón 30 mm
 - 13 Membrana PVC 0,89 mm, membrana papel 0,52
mm
 - 14 Tablonos 250/40 mm
 - 15 Cimentación estructura de acero
- Página 1018
Millenium Dome en Londres

Como parte del programa para las celebraciones del fin del milenio, se rehabilitó un antiguo emplazamiento industrial que había estado en desuso durante 20 años. La meta consistía en albergar la inmensa carpa en domo, la estructura de membrana más grande del mundo, con un diámetro de 365 m. y una altura de 50 m. Después de la fiesta de año nuevo realizada dentro de ella al iniciarse el año 2000, el domo fue transformado en un parque temático que incluye varios pabellones diseñados por arquitectos británicos. Los pabellones están organizados en círculo y albergan varias exhibiciones. En el centro de la carpa se

encuentra una arena para presentaciones de danza y acrobacia. En enero 2001, el domo pertenecerá a una empresa privada que presentará otras atracciones. La vida hábil del domo se estima en por lo menos 25 años. (cf. pp. 1040)

- 1 Mástil de 8 tubos de acero Δ 323 mm
- 2 Arriostamiento cable de acero Δ 32 mm
- 3 Arriostamiento cable de acero Δ 25 mm
- 4 Cables tensores de anillo soporte Δ 25 mm
- 5 Unión con anillo soporte 2 tubos de acero Δ 114
mm
- 6 Tirante del anillo soporte Δ 30 mm
- 7 Tela de fibra de vidrio, recubrimiento con 2 láminas
de PTFE, con cámara de aire

- 1 Mástil de 8 tubos de acero Δ 323 mm
- 2 Perfiles platabanda 254/254/73 mm soldado a tubo
de acero
- 3 Tubo de acero Δ 150/100/12.5 mm con placa de
cabeza 20 mm
- 4 Tubo de acero Δ 100/100/1,5 mm
- 5 Tubo de acero Δ 50/50 mm
- 6 Perfil Δ 50/50 mm compuesto de cintas de tela de
fibra de vidrio, soldado en múltiples laminas,
recubrimiento con lámina PTFE
- 7 Vidrio acrílico
- 8 Tela de fibra de vidrio con cámara de aire,
recubrimiento con lámina PTFE, 2 laminas
- 9 Tirantes del anillo soporte Δ 25 mm
- 10 Tubo de acero Δ 30 mm
- 11 Arriostamiento cable de acero Δ 25 mm
- 12 Fijación pasarela
- 13 Nudo de conexión, 2 tubos de acero Δ 114 mm
- 14 Tensores dobles 2x Δ 32 mm
- 15 Arriostamiento cable de acero Δ 32 mm
- 16 Tubo de acero Δ 139,6 mm con placa de cabeza
soldada
- 17 Apriete cable tirante 2x platabanda Δ 100/10 mm
- 18 Anillo tirante de 12 cables de acero Δ 48 mm
apretado con placas de acero
- 19 Perfil de aluminio 120/120/10 mm
- 20 Tragaluz
- 21 Ventilación
- 22 Chapa de aluminio 120/120/10 mm
- 23 Poste medio acero soldado
- 24 Canalón aluminio recubrimiento con capa de polvo
2 mm
- 25 Cable tirante de borde Δ 90 mm
- 26 Cinta de aluminio 50/3 mm para sujetar el canalón
- 27 Listón de recubrimiento
- 28 Lámina intermedio EPDM
- 29 Lámina intermedio aluminio
- 30 Tela de fibra de vidrio recubrimiento con lámina
PTFE soldado con la membrana
- 31 Apriete de acero

Página 1024**Centro de eventos y exhibiciones en Edimburgo**

El Dynamic Earth Centre se divide en tres secciones principales: el anfiteatro, el techo de membrana y la estructura de exhibición como forma constructiva sólida. El anfiteatro será usado principalmente durante el Festival de Edimburgo, pero funcionará también como foro público y como amplia escalera de acceso, mediante la cual los visitantes podrán acceder al nivel de entrada del museo y a la plataforma de observación. Para establecer una relación con los atractivos alrededores, este nivel, el superior, está cubierto por un ligero y curvado techo de membrana, visible desde la distancia ante el impresionante fondo montañoso. Las paredes laterales son de

vidrio, de modo que desde el interior se adquiere la impresión de encontrarse ante un espacio abierto techado, ampliamente iluminado por la luz del sol a través de ranuras de vidrio en el techo y en los bordes de la membrana. La sólida estructura de base fue construida sobre los restos de una cervecería victoriana y alberga una exposición que describe la historia de la tierra. La ligera forma del techo contrasta con las secciones sólidas del complejo y con los alrededores urbanos. Externamente, el nexo con el tema de la exhibición, "La tierra y la naturaleza", es establecido por formaciones rocosas tanto naturales como trabajadas. En contraste, la blanca y ligera techumbre de membrana y la mínima estructura de metal simbolizan el mundo artificial creado por el hombre. Un sistema de ocho pilones tensados recíprocamente, cuatro armaduras suspendidas que proveen rigidez lateral y tres vigas tubulares que dividen la superficie de la membrana PTFE; soportan el toldo del techo.

Plano de emplazamiento escala 1:5000

- 1 Centro de Exposición y Congreso
"Dynamic Earth Center"/ "William Younger Center"
- 2 Parlamento de Escocia (Arquitecto Enrique
Miralles)
- 3 Castillo Holyrood

Sección – planta nivel acceso

Escala 1:500

- 1 Anfiteatro
- 2 Sala de recepción, plataforma para visitantes
- 3 Cine multimedia
- 4 Exposición
- 5 Administración
- 6 Planta aparcamiento
- 7 Café
- 8 Bar
- 9 Escalera de caracol

Sección vertical escala 1:50

- 1 Mástil, tubo de acero Δ 457 mm
- 2 Conexión 1 con 3, barras de acero con tensores
- 3 Viga de tubos de acero soldados largueros Δ
273/10 mm
peldaños Δ 193,7/5 mm
- 4 Fijación de la barra de acero de 1 en la viga
- 5 Cuello de impermeabilización PVC blanco
- 6 Tabla trapecio de vidrio de seguridad simple, fijado
en puntos
- 7 Membrana de cubierta lámina PTFE
- 8 Cable sustentador con sujeción de membrana
- 9 "Bisagra" de membrana para la compensación del
movimiento de la cubierta
- 10 Fachada de vidrio
- 11 Pilar de borde tubo de acero Δ 139,7/10 mm
- 12 Arriostamiento tubo de acero

Secciones verticales escala 1:10

- A Conexión cubierta / fachada
- B Conexión tragaluz / membrana
- C Sección cresta intermedia
- 1 Viga larguero Δ 273/10 mm
- 2 Viga peldaño Δ 193,75 mm
- 3 Tubo de acero Δ 60,3 mm
- 4 Membrana de cubierta, lamina de PTFE
- 5 Chapa de acero con cortes
- 6 Unión de platabandas soldadas
- 7 Listón de presión platabanda
- 8 Apertura de ventilación
- 9 Cable de acero Δ 26 mm
- 10 Chapa de acero doblado en forma de U
- 11 Cordel de poliéster elástico para estirar la
membrana
- 12 "Bisagra" de membrana para la compensación del
movimiento de la cubierta
- 13 Fachada de cristal, vidrio de seguridad 12 mm

- 14 Rigizadores perpendiculares de vidrio de seguridad 19 mm
- 15 Perfil de acero U, continuo
- 16 Cresta intermedia tubo de acero Δ 320 mm

Página 1030

Servicio para el tratamiento de basura en Munich

La sección cubierta del estacionamiento, para los 150 camiones recolectores de basura de la ciudad, es una de las tres secciones de un complejo construido para la Oficina Municipal de Tratamiento de Desperdicios. El techo que cubre la sección del estacionamiento es una estructura de membrana de fibra de vidrio traslúcida y laminada con PTFE. Los estacionamientos se ubican en dos niveles, compuestos por una plataforma de hormigón superior colocado sobre una estructura sólida de cajón sumergida en el suelo. Esta plataforma alberga, a su vez, los vestidores y las duchas para los 500 empleados. El toldo del techo, cuya área es superior a los 8 400 m², está soportado por 88 columnas de acero ubicadas en una retícula de 10 x 12 metros entre ejes. La membrana consta de tiras prefabricadas de 12 metros, unidas en obra. Las columnas interiores están protegidas contra golpes por soclos de concreto, tienen además, articulaciones en sus bases. Las cargas horizontales son transmitidas a la estructura inferior por columnas periféricas inclinadas. Cada una de las 70 crujeas, está tensada por un elemento de acero en la parte inferior. El techo es drenado por un sistema de vacío dentro de las columnas principales. La ligera construcción de membrana fue apoyada, gracias al hecho de que no contiene miembros sujetos a doblaje. Fue diseñada como un área estructural continua, con delgados cables de acero sobre la cubierta que articulan las crujeas individuales.

Alzado norte, Alzado oeste, Planta alta
Escala 1:1000
Isometría sin escala

Sección detalle escala 1:50

Detalle pilar escala 1:20

- 1 Membrana 1mm, tela de fibra de vidrio recubrimiento con lámina PTFE resistencia al desgarro 130 kN/m
- 2 Pilar de aire tubo de acero Δ 127/7,1 mm
- 3 Pilar tubo de acero Δ 177,8/5 mm
- 4 Platabanda Δ 40/90 mm
- 5 Cable de acero fino Δ 21 mm
- 6 Tubo de acero Δ 101,6/5 mm
- 7 Tubo de acero Δ 60,3/7,1 mm
- 8 Ramificación acero colado
- 9 Elemento tensor tubo de acero Δ 108/7,1 mm
- 10 Tirante cable de acero recubrimiento con lámina de galfano Δ 22 mm

A Pilar interior vista desde arriba, sección vertical
B Pilar de borde vista desde arriba alzado
Escala 1:20

- 1 Cable de acero recubrimiento con lámina de galfano Δ 22 mm
- 2 Anillo de platabanda Δ 80/40 mm
- 3 Anillo de fijación, platabanda Δ 40/6 mm
- 4 Capitel soldado, canto 9 mm

- 5 Cable eléctrico para la calefacción
- 6 Bajante de pluviales Δ 50 con aislante térmico y calefacción
- 7 Apoyo pendular tubo de acero Δ 177,8/5 mm
- 8 Articulación pieza de acero giratorio soldado
- 9 Pieza de unión tubo flexible
- 10 Base de hormigón (protección contra choques)
- 11 Cable de acero fino en bolsa de borde quebrado
- 12 Tirante horizontal cable de acero recubrimiento con lámina de galfano Δ 22 mm
- 13 Cable de acero recubrimiento con lámina de galfano Δ 22 mm
- 14 Arriostamiento vertical cable de acero recubrimiento con lámina de galfano Δ 22 mm
- 15 Barra de acero Δ 193,7/20 mm

Página 1044

La construcción con membranas

Por varias razones, la construcción con estructuras de membrana tiene, aún, un papel subordinado en la construcción. Esta tecnología es tratada como una disciplina especializada y las normas, que le conciernen, son anticuadas, trayendo como consecuencia, que el permiso para su construcción es otorgado solo en casos muy particulares. Por esta razón, a los arquitectos con poca experiencia en este campo les resulta difícil obtener una visión clara al respecto, y juzgar los argumentos de los especialistas. Por otro lado, existe una base comprensiva y científica del conocimiento de los principios de la moderna construcción de carpas.

Las membranas están hechas de varios materiales, pueden ser hojas metálicas de latón o aluminio, textiles de fibra sintética ó natural, hojas sintéticas y paneles de madera. Los materiales más usados hoy en día, son el poliéster laminado con PVC y las telas de fibra de vidrio, laminadas con PTFE

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 por el proyectista. 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 solo 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.

Las membranas pueden ser tensadas de diferentes maneras, pero, la tensión mecánica es la más común.

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.

Otro método es el de membranas tensadas por medio de lastres.

Las membranas pueden también ser tensadas por medio de diferencias de presión.

Las estructuras neumáticas son un ejemplo. La diferencia de presiones puede también ser mantenida utilizando agua o rellenos materiales. Una gran variedad de formas puede ser obtenida incorporando divisiones en la estructura para crear cámaras separadas.

Las membranas mantenidas en rotación pueden ser tensadas y estabilizadas por medio de la fuerza centrífuga, como es el caso de paneles solares en los viajes espaciales.

Una característica especial de todas las estructuras de membrana es que la forma y la distribución de fuerzas están en relación recíproca. Por esto, no es posible una consideración aislada de la geometría, olvidando el contexto estático.

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 mas uniforme posible.

Los autores dirigen su propia oficina, Rein + Wilhelm en Stuttgart. El trabajo de ésta, incluye la planificación de estructuras especiales y el desarrollo de elementos constructivos. Ambos, Alfred Rein y Victor Wilhelm, trabajaron por muchos años en la oficina de Werner Sobek Ingenieure, donde fueron responsables de numerosos proyectos. Materiales de membrana y su uso en la construcción de edificios

Karsten Moritz

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, cargas de tensión. Las membranas tensadas mecánicamente deben formar, idealmente, una superficie curvada en dos direcciones opuestas, mientras que los sistemas tensados neumáticamente presentan usualmente la forma de superficies curvadas en una sola dirección. Únicamente de este modo, la membrana puede resistir fuerzas opuestas, como la succión y la presión del viento y el peso de la nieve, transmitiéndolas de modo económico y seguro a la estructura primaria y a las cementaciones.

Los materiales de gran resistencia permiten ahora la construcción de estructuras de techo traslúcidas y de gran envergadura de dimensiones delgadas y sin columnas intermedias. Los productos utilizados para las membranas pueden ser divididos en dos grupos principales: los materiales anisotrópicos, como textiles técnicos de diferentes tipos y materiales prácticamente isotrópicos, que presentan propiedades mecánicas idénticas en cualquier dirección como son las membranas termoplásticas delgadas o láminas de metal.

Estos materiales pueden clasificarse en tres diferentes tipos de acuerdo a la naturaleza de su fabricación: tejidos, entretejidos y no-entretejidos (pañós, fibras laminadas, etc.) Los materiales entretejidos presentan una estructura de hilado más ó menos perpendicular, donde cada uno de los hilos consta de unas cuantas fibras individuales. Las fibras pueden ser naturales, minerales, metálicas o sintéticas. El cálculo de las tensiones precisas de un material se ha complicado mucho, causado por la delgadez de las fibras, lo que impide la determinación de sus secciones exactas. La "longitud de desgarramiento", es la medida que describe la relación entre el peso y la resistencia a la tracción de un material, por ejemplo, la longitud en kilómetros a la cual un hilo no tensado y suspendido por un extremo se desgarrará bajo su propio peso. A su vez, ésta sirve como medida inicial para determinar si un material fibroso es apropiado para su uso en estructuras de gran envergadura.

Los hilos que se encuentran en la misma dirección en la cual el material es fabricado son denominados "hilos de urdimbre", mientras que los perpendiculares a éstos, son los "hilos de trama". Desde que los hilos de urdimbre son sometidos al pretensado, durante el proceso de su fabricación, éstos presentan una rigidez y un estiramiento

previo a ruptura mayor a los hilos de trama. Estas diferentes propiedades mecánicas pueden ser controladas durante el proceso del tejido y explotadas para la construcción. Otras características del material, como la resistencia a los cambios de temperatura y la resistencia al pandeo, pueden ser afectadas por laminados de superficie y sellados. Los laminados, usualmente aplicados en ambas caras, protegen a la membrana de la humedad, de la radiación ultravioleta, del fuego y de ataques de microorganismos y hongos. También influyen en la resistencia a la contaminación y en la duración de la vida útil del material. Los laminados son medios permanentes de impermeabilizar el material y permiten una coloración controlada de éste, mediante la adición de pigmentos. Como los hilos del material no pueden ser unidos directamente, los laminados permiten que las membranas sean unidas con medios térmicos o de soldadura de alta frecuencia.

Como consecuencia a esta situación los materiales no laminados tienen que ser unidos mediante costuras. Las excepciones más importantes son los fluoropolímeros, cuyos hilos pueden ser soldados y los laminados con silicona, que son unidos exclusivamente con adhesivos. Hoy en día, los laminados más comunes son el policloruro de vinilo PVC, el politetrafluoretileno PTFE y la silicona. Los laminados de PTFE pueden ser utilizados únicamente con materiales cuyas fibras tengan un punto de fusión mayor al del PTFE. (arox.327°C), como el vidrio. Por ello el PTFE no puede ser utilizado como cobertura para materiales de poliéster (temperatura de fusión 220 -260°C). Otros materiales de laminación empleados en situaciones especiales incluyen THV, PVDF, éteres acrílicos, poliuretano y gomas. Estos materiales son, sin embargo, raramente utilizados.

Mientras el PTFE y la silicona no presentan signos de envejecimiento durante un período de por lo menos 25 a 30 años, el PVC es sensible al clima. Para aumentar la elasticidad se requieren varios aditivos, como los plastificantes (aproximadamente 40 % de peso). También son necesarias pequeñas cantidades de radiación ultravioleta como estabilizadores térmicos. El PVC debe ser protegido adicionalmente, por lo menos en la cara exterior por una capa de sellado. La impermeabilidad al vapor de este sellado minimiza el escape y la disipación de los componentes del material. También reduce la acción de la radiación UV sobre la cobertura previniendo así la destrucción a largo plazo de la estructura polímera del PVC. Por otro lado, después de ser sellada, la superficie será suave y no adhesiva, lo que aumenta la resistencia a la contaminación del material. La desventaja de las coberturas de PVDF es su alto punto de fusión. Esto significa que

antes del ensamblado de la membrana, el laminado debe ser retirado de las áreas a soldarse sin dañar el material. Los laminados de PVF, con un grosor de aproximadamente 25 µm, proveen la mejor protección, pero son costosos. Deben ser quitados antes de que el material pueda ser soldado, lo que ocasiona en la membrana una resistencia menor al pandeo. Paralelamente al desarrollo de nuevos materiales, los aspectos relativos al reciclaje adquieren mayor importancia en la especificación de futuras estructuras de membrana. Esto se aplica especialmente a materiales compuestos.

Para determinar el rango de aplicaciones, serán necesarios datos cuantificables de los siguientes aspectos: protección contra el fuego, aislamiento térmico y acústico, propiedades mecánicas del material y técnicas de unión apropiadas, su peso por unidad de área, dimensiones de fabricación, textura de superficie y posibilidades de coloración, la resistencia a la contaminación ó la facilidad de limpieza, la permeabilidad al vapor y a la humedad, la transmisión, absorción y reflexión en el espectro visible, el infrarrojo y el ultravioleta y la resistencia a sustancias químicas y biológicas (incluyendo sales, ácidos, hongos y bacterias) así como a la abrasión mecánica (granizo, vandalismo, etc.). En este contexto, no debe olvidarse que las propiedades de los materiales pueden cambiar dentro de un rango de temperatura relevante (-23 °C-+50 °C) y durante la vida útil específica de la membrana. En proyectos de mayor escala, son importantes: el alcance de cantidades adecuadas de tejidos y su viabilidad económica así como los períodos necesarios para la planificación y el ensamblaje. Por último, la viabilidad económica de la estructura y su apariencia son de vital importancia.

Cualquier comparación entre los costos en las construcciones de membrana y aquellas formas de construcción tradicionales deben considerar el hecho de que el uso inteligente de membranas debe ser planificado en conjunción con la estructura de soporte de las cargas. En otras palabras, debe considerarse el edificio entero. La elección de una estructura de membrana obviamente no es apropiada en toda situación. La ventaja de las construcciones con membranas radica en su translucidez o transparencia y en su coeficiente de transmisión UV mayor que el del vidrio. En ciertos casos, la rapidez de construcción de estructuras de membrana puede resultar decisiva; por ejemplo, al diseñar edificios

DETAIL es publicado por el Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH, Sonnenstr. 17, 80331 München, Alemania
Tel.: (+49 89) 38 16 20-0, Fax: (+49 89) 39 86 70
www.detail.de
Traducción: Architext

de exhibición. Las cubiertas existentes en muchas arenas, tanto deportivas como de otra índole, ilustran las ventajas de la construcción de membranas, que puede excluir un gran número de columnas. Sistemas de techo variables y móviles serían inconcebibles sin materiales de membrana. A pesar que los delgados materiales generalmente no proporcionan un aislamiento térmico y acústico adecuado, pueden producirse sistemas de membrana de capas múltiples para cumplir con requerimientos de aislamiento térmico en verano e invierno. Pueden obtenerse valores U de 2.7 a 0.8 W/m²K. Edificios como el centro cívico de Puchheim cerca de Munich (ill. 7), la clínica en Masserberg y el teatro móvil Gaudí en Colonia demuestran que la instalación de sistemas de capas múltiples de membranas con aislamiento térmico y acústico es ahora posible.

Techos provistos de aislamiento térmico adecuado, que no sufran pérdidas de translucidez o transparencia son posibles únicamente mediante membranas de capas múltiples soportadas neumáticamente. La construcción con membranas avanzará un paso más gracias al desarrollo de sistemas de tejidos de capas múltiples en combinación con otras tecnologías como el aislamiento térmico transparente o instalaciones que explotan la energía solar.

Edificio administrativo en Kronberg

El Nombre Braun garantiza productos de alta calidad y de claro diseño. Esto se refleja, también, en la arquitectura del edificio de la administración central de la empresa en Kronberg, concluida en marzo de este año.

El edificio de tres pisos encierra un patio interior en forma de "U". Un sector de acceso techado se halla ubicado en la parte frontal abierta. El elemento figurativo más llamativo del edificio es sin embargo, su fachada. Los arquitectos Schneider y Schumacher, de Francfort, en cooperación con Ove Arup, Berlín, desarrollaron para el edificio un sistema de fachada extraordinario, desde el punto de vista estético y funcional. La construcción patentada, entendida por los arquitectos como interpretación de la ventana de cajón suiza, puede abrirse hacia el exterior en caso de sobrecalentamiento en el interior del edificio. Las ventanas, de la altura de un piso, se abren y cierran controlados electrónicamente, mientras que la fachada interior de madera, puede ser accionada manualmente para la ventilación.

Al abrir y cerrar de la piel externa de la fachada se altera el aspecto exterior del edificio. Al estar la fachada cerrada, el edificio es un liso y reducido bloque cúbico que refleja sus alrededores, mientras que al tener las alas abiertas parece móvil y transparente.