

La Asociación Internacional de Estructuras Laminares y Espaciales (IASS) *The International Association for Shell and Spatial Structures (IASS)*

José Manuel Gáligo Estévez^{1*}, Rafael Astudillo Pastor²

Palabras clave

estructuras laminares;
estructuras espaciales;
membranas; tensegridad;
IASS;

Resumen

En 1959, fue creada la Asociación Internacional de Estructuras Laminares (a la que posteriormente, en 1971, se añadió “y Espaciales”), IASS, bajo el impulso fundador de Eduardo Torroja, con la Secretaría ubicada en el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX en Madrid. Desde su creación, la IASS ha promovido la colaboración internacional de los arquitectos e ingenieros interesados en su ámbito técnico, mediante una estructura organizativa que se describe en el artículo. Y ha impulsado la investigación y estudio, el proyecto y la construcción de estructuras laminares y espaciales, campo en el que han ido apareciendo numerosas tipologías estructurales y métodos constructivos, que se resumen en este artículo.

Keywords

shell structures; spatial structures; membranes; tensegrity; IASS;

Abstract

The International Association for Shell Structures (to be expanded in 1971 to include “and Spatial Structures”) was founded in 1959 thanks to Eduardo Torroja’s initial push. The Secretariat of the Association was established at CEDEX’s Central Laboratory for Structures and Materials in Madrid. Since its inception, IASS has encouraged international collaboration of both architects and engineers interested in the technical field it represents, and through an organization structure which is described in the paper. Also, IASS has promoted research and study, design and construction of shell and spatial structures. In this field, a wide range of structural typologies and constructive methods have been developed, which are summarized in the paper.

1. INTRODUCCIÓN

La IASS es actualmente una Asociación sin ánimo de lucro que cuenta con 686 miembros de 55 países, siendo Estados Unidos, Japón, China, Alemania y España los países con más miembros. Desde su fundación por Eduardo Torroja en 1959, la Secretaría de la IASS reside en el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX, Ministerio de Fomento. El idioma de la IASS es el inglés, dado el carácter internacional de la misma.

2. ORIGEN Y ANTECEDENTES

A mediados del siglo XX se produce en Europa una intensa actividad en el campo de la construcción, ya sea en relación con la edificación como en el de las infraestructuras. El uso intensivo del acero y del hormigón favorece la aparición de nuevos tipos estructurales que requieren una forma distinta de combinación de los materiales así como el desarrollo de nuevas teorías de cálculo.

Surge la imperativa necesidad para los arquitectos e ingenieros de confrontar sus avances en la utilización de materiales como el hormigón armado y pretensado, así como en el desarrollo de nuevos métodos de cálculo, todo ello en

un entorno cada vez más global que imponía la necesidad de intercambio de conocimientos a nivel supranacional.

Es por ello el momento del nacimiento de las Asociaciones Internacionales sobre materiales y estructuras que habrían de constituirse en foros de intercambio, debate y divulgación de conocimientos agrupados, según los materiales o los tipos estructurales. Así, se produce el nacimiento de Asociaciones como IABSE (*International Association for Bridges and Structural Engineering*), en 1922 y especializada en los puentes y las estructuras, en general, o las posteriormente creadas como la RILEM (*Reunión Internacional de Laboratorios de Ensayo de Materiales*), en 1947, el CIB (*International Council for Building*), la ECCS (*European Convention for Constructional Steelwork*), el CEB (*Comité Européen du Béton*) y la FIP (*International Federation for Prestressing*) nacidas todas ellas en 1952. Las dos últimas posteriormente fusionadas en la fib (*Federation International du Béton*).

Las estructuras laminares constituían ya entonces un capítulo específico dentro del grupo de estructuras de hormigón, pero que, por su auge en la época y debido a su diseño y cálculo especializado, requerían el establecimiento de foros específicos para el intercambio de avances en los conocimientos. En 1952 se celebró en Londres, con asistencia fundamentalmente británica, un simposio sobre “Construcción de Cubiertas Laminares de Hormigón”, organizado por la *Cement & Concrete Association*, en el que se puso de manifiesto la necesidad de propiciar la creación de foros de carácter internacional específicamente dedicados a este tipo de estructuras. Sería en el “Segundo Simposio sobre Construcción de Cubiertas Laminares de Hormigón”, organizado en Oslo, en 1957, y ya con un carácter realmente

* Autor de contacto: jose.m.galigo@cedex.es

¹ Director del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

² Ex-Director del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

internacional, donde se decidió la creación de un comité de expertos constituido por miembros de distintos países que propiciara el desarrollo de las estructuras laminares.

Dado el reconocimiento internacional de Eduardo Torroja en este campo, fue elegido de forma unánime como presidente de este nuevo grupo.

3. CREACIÓN DE LA IASS

En la reunión de Berlín de dicho Comité se decidió la organización en Madrid, en septiembre de 1959, de un nuevo simposio: *“Procesos no tradicionales de construcción de Láminas”*, para cuya celebración Eduardo Torroja ofreció las nuevas instalaciones del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento del que era Director.

Fue en este simposio en el que se gestó definitivamente la llamada *“International Association for Shell Structures”*, cuya Secretaría se estableció en el entonces Laboratorio Central de Ensayo de Materiales de Construcción, del que Eduardo Torroja era, así mismo, Director desde 1951. Laboratorio éste perteneciente a la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, de la que Torroja ya era profesor desde 1939. El citado centro es el actual Laboratorio Central de Estructuras y Materiales, que desde 1957 está integrado en el CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) del Ministerio de Fomento.

La fundación de la IASS fue además acompañada de la creación de una revista periódica, el *“Bulletin of the International Association for Shell Structures”*, de carácter cuatrimestral. Actualmente su nombre es el de *“Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures”*, tiene frecuencia trimestral, habiéndose publicado en Junio de 2016 su número 188.

La IASS nace pues en septiembre de 1959 con Eduardo Torroja como Presidente, los Profs. Parne (EEUU) y Olszask (Polonia) como Vicepresidentes, el Prof. Levi (Italia) como Tesorero y el Prof. Florencio del Pozo como primer Secretario de la Asociación.

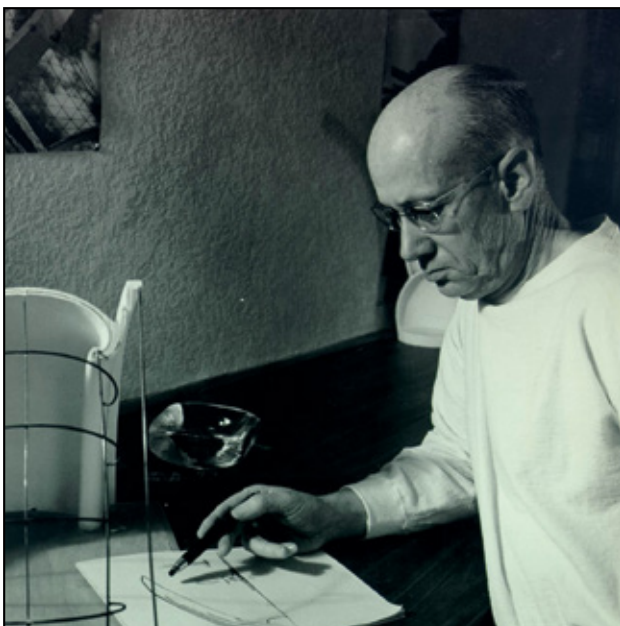


Figura 1. Eduardo Torroja, fundador de la IASS. Foto Oficina Técnica E. Torroja.

La IASS se crea, por tanto, por la necesidad de dar satisfacción a un conjunto de técnicos de diferentes países interesados en la investigación e intercambio de conocimientos en relación, fundamentalmente, con una tipología estructural, la lámina de hormigón, que con un aprovechamiento óptimo del material permitía la cubrición de grandes espacios. En esta época, en la que no existían los métodos computerizados de cálculo y en la que las teorías de análisis estructural debían ser muchas veces contrastadas con ensayos en modelo reducido o, cuando era posible, mediante ensayos sobre prototipos, era de extraordinaria importancia el disponer de un ámbito internacional de reunión que permitiera el intercambio de información y la divulgación de conocimientos. Esta función fue la desarrollada por la IASS a través de sus simposios anuales o mediante los coloquios sobre temas específicos promovidos por sus grupos de trabajo.

El Laboratorio Central de Estructuras y Materiales fue en este tiempo un centro puntero en la construcción y ensayo de modelos reducidos de estructuras, no solamente laminares sino de otras muchas complejas tipologías en las que el modelo era un refrendo del cálculo.

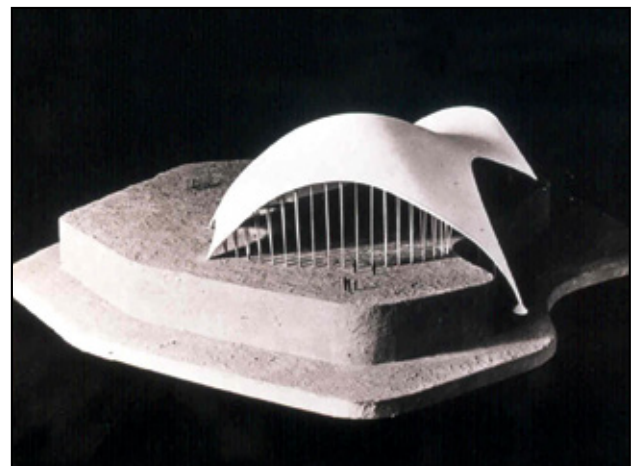


Figura 2. Maqueta para modelo de la lámina de Tachira. Foto CEDEX.

4. LA IASS COMO ASOCIACIÓN INTERNACIONAL

4.1. Campos de actuación

Como se pone de manifiesto en el punto anterior, el objetivo principal de la IASS desde sus orígenes ha sido la creación de un foro que, dentro de un ámbito internacional de participación, permitiera el intercambio permanente de conocimientos entre profesionales de diferentes especialidades técnicas sobre las estructuras espaciales en su concepto más amplio.

Las estructuras laminares fueron el objeto principal de la Asociación durante la primera época tras su creación pero, la progresiva aparición en el tiempo de otros tipos estructurales, de otros materiales, sistemas constructivos, métodos de cálculo y, en general, de otros condicionantes a los que la arquitectura e ingeniería han debido adaptarse para satisfacer los retos técnicos, estéticos, económicos o medioambientales, han propiciado que la IASS haya ido incorporando dentro de su ámbito de trabajo otros muchos tipos estructurales y

desarrollos tecnológicos que, a su vez, han ido evolucionando con el tiempo.

Sin considerarlo un listado exhaustivo, podemos citar como temas actualmente habituales, entre otros, en el ámbito de la Asociación los siguientes: láminas de hormigón, estructuras reticulares, estructuras de madera o cristal, mallas espaciales, tensegridad, estructuras de cables, textiles, torres, estructuras inflables, desmontables, etc. Más adelante en este artículo se tratarán con más detalle algunos de estos tipos estructurales.

4.2. Organización

Tipos de miembros

La IASS contempla distintas categorías de miembros, siendo las principales las de miembros Individuales, Colectivos, Estudiantes, “Chapters”, Honorarios y Suscriptores. Los miembros, excepto los Honorarios, pagan una cuota para pertenecer a la Asociación, cuotas que son bajas en comparación con otras Asociaciones Internacionales, ya que el trabajo en los Comités y en la Secretaría es voluntario y no remunerado. Los “Chapters” son grupos de 10 miembros que comparten una única cuota individual en determinados países con bajo PIB.

Órganos de gobierno

La IASS satisface los requisitos de la Ley de Asociaciones española, estando incluida en el Registro oficial.

El órgano máximo es la Asamblea General, constituida por todos los miembros de la IASS y cuenta además con un Presidente, cuatro Vice-Presidentes (uno de ellos es el Director del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales), dieciocho miembros del Comité Ejecutivo, un Tesorero y un Secretario. Cada año la Asamblea General renueva a seis miembros del Comité Ejecutivo, cuyo mandato es por tres años, y aprueba la gestión anual de dicho Comité.

Existe además un órgano consultivo que está constituido por antiguos miembros que han desarrollado una valiosa colaboración con la Asociación. El Comité Ejecutivo se reúne anualmente coincidiendo con el Congreso Anual.

La tabla 1 recoge los Presidentes de la Asociación desde 1959.

5. GRUPOS DE TRABAJO (COMITÉS TÉCNICOS)

La IASS dispone de un conjunto de Comités Técnicos, cada uno de ellos dedicado a un campo específico dentro de las estructuras espaciales. La función principal de los mismos es reunir a miembros interesados en uno de los ámbitos de trabajo de la Asociación, para la preparación de sesiones específicas sobre sus especialidades en los Congresos Anuales y para la elaboración, en su caso, de documentos técnicos o recomendaciones. Los Comités Técnicos se clausuran una vez cumplido su objetivo.

Los comités técnicos actuales son los de la tabla 2.

Tabla 1. Presidentes de la IASS

Nombre	País	Periodo
Eduardo Torroja	España	1959-1961
Arend M. Haas	Holanda	1961-1971
André Paduart	Bélgica	1971-1979
Rafael López Palanco	España	1979-1986
Yoshikatsu Tsuboi	Japón	1986-1990
Mamoru Kawaguchi	Japón	1990-1991
Stefan J. Medwadowski	EEUU	1991-2000
Mamoru Kawaguchi	Japón	2000-2006
John Abel	EEUU	2006-2012
René Motro	Francia	2012-2015
Sergio Pellegrino	USA	2015-

Tabla 2. Comités Técnicos

WG Nº	TÍTULO
WG 03	Cooling and Solar Updraft Towers
WG 04	Technical Expert Group on Masts and Towers
WG 05	Concrete Shell Roofs
WG 06	Tension and Membrane Structures
WG 08	Metal Spatial Structures
WG 12	Timber Spatial Structures
WG 13	Computational Methods
WG 15	Structural Morphology
WG 17	Historical Spatial Structures
WG 18	Environmentally Compatible Structures
WG 19	Temporary Spatial Structures
WG 20	Teaching of Shell and Spatial Structures

6. JOURNAL DE LA IASS

La IASS publica trimestralmente una revista en la que se incluyen artículos técnicos relativos a los temas de interés de la Asociación. El Journal está abierto a todo tipo de autores, sean o no miembros de la IASS, y los artículos presentados para su publicación son sometidos previamente a una estricta revisión por al menos tres miembros del Comité Editorial.

Al objeto de mejorar la difusión y visibilidad de los trabajos de la IASS, desde el año 2016 la revista incluye, para cada artículo y para las referencias bibliográficas incluidas en él mismo, los DOI (Digital Object Index) que permiten la identificación del artículo en un amplio número de sistemas de catalogación. Actualmente está en proceso de solicitud la indexación del Journal de la IASS.

Todo el proceso de maquetación, revisión y comunicación entre autores y revisores se realiza de forma electrónica a través de la web de la IASS.

Normalmente, cada año, uno de los cuatro ejemplares de la revista está dedicado a un tema específico. Los últimos ejemplares monográficos han sido:

- 2011: Heinz Isler
- 2012: Structural Morphology
- 2013: Pier Luigi Nervi
- 2014: Mast & Towers
- 2015: Membrane Structures
- 2016: Cooling Towers

Los miembros de la Asociación reciben la versión impresa y/o la versión electrónica, dependiendo del tipo de su suscripción. La versión electrónica puede descargarse de la web de la IASS, estando disponibles en dicha versión electrónica todos los artículos incluidos en el Journal desde el año 1996. Asimismo, en versión electrónica, disponen de los trabajos presentados en recientes Congresos Anuales, como se comenta en el apartado siguiente.

7. OTRAS PUBLICACIONES

Otro tipo de publicaciones, de carácter esporádico, son las recomendaciones editadas por los Grupos de Trabajo. Algunas de ellas han servido de referencia internacional, especialmente en la época en la que no existían todavía códigos técnicos para determinadas tipologías estructurales que sin embargo sí eran objeto de la IASS.

Recientemente han comenzado a incorporarse a la web de la Asociación las publicaciones técnicas recogidas en los Simposios Anuales de la IASS y que contienen todos los trabajos presentados en dichos eventos. Actualmente se han incluido las correspondientes a los años 2013 (Wroclaw, Polonia) y 2014 (Brasilia, Brasil).



Figura 3. Portada de un ejemplar del Journal de la IASS.

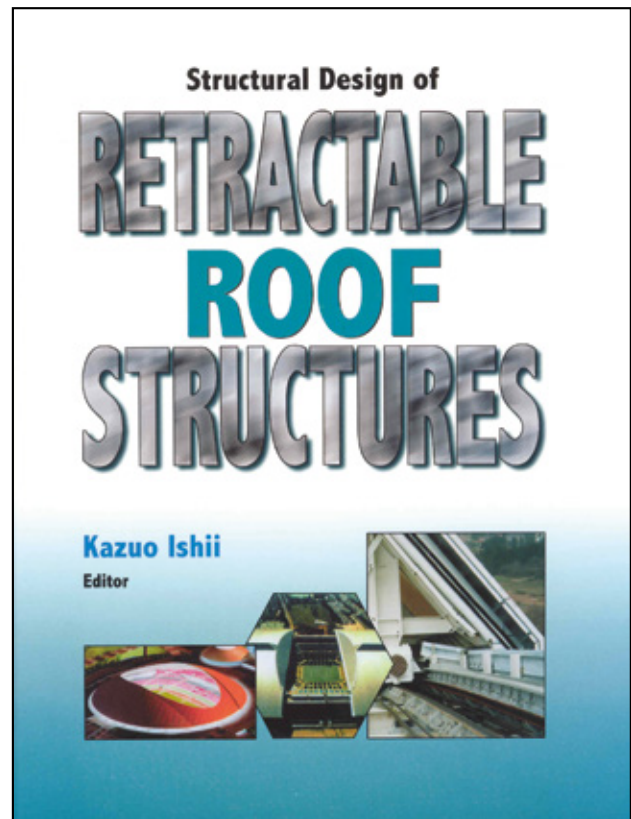


Figura 4. Publicación de una Recomendación Técnica.

8. PREMIOS HONORÍFICOS

La IASS tiene establecidos los siguientes premios y distinciones:

Medalla Torroja

Es la distinción más alta y se concede ocasionalmente a personas, miembros o no de la Asociación, en reconocimiento a su relevante y distinguida contribución al diseño, construcción, o investigación en el campo de las láminas y/o estructuras espaciales.

Miembro Honorario

Concedido ocasionalmente a miembros individuales con un distinguido historial y destacados logros en el campo de las láminas y/o estructuras espaciales, y/o por un servicio excepcional a la Asociación.

Premios Tsuboi

Se otorgan anualmente en dos categorías: (i) para el artículo original más meritorio publicado en la revista de la IASS en el año anterior, y (ii) para el artículo original más relevante presentado y publicado en las actas del Congreso anual que celebra la Asociación el año anterior a su concesión.

Premios Hangai

Para el estímulo de jóvenes al comienzo de su trayectoria profesional, estos premios anuales reconocen a investigadores de talento, proyectistas e ingenieros, menores de treinta años y que trabajan en el ámbito de las láminas y las estructuras espaciales. Este reconocimiento se logra mediante la selección de destacadas presentaciones en el Congreso Anual de la IASS en forma de trabajos de investigación, proyectos de diseño o ideas innovadoras.



Figura 5. Medalla Torroja.

9. WEB DE LA IASS

En la actualidad, como no podría ser de otra forma, la gestión, tanto en su parte organizativa como en la técnica, está basada en una utilización intensiva de Internet.

El sitio web de la IASS (<http://www.iass-structures.org>) tiene módulos específicos para desarrollar, entre otras muchas, las siguientes funciones:

- a) *Gestión Administrativa*
 - a) Datos completos de los miembros
 - b) Seguimiento de las suscripciones
 - c) Pagos automatizados de las cuotas mediante tarjeta de crédito o transferencia
 - d) Seguimiento de altas y bajas
 - e) Emisión de mensajes informativos
- b) *Gestión de Publicaciones: Journal*
 - a) Recepción de artículos
 - b) Proceso de revisión y aceptación/rechazo

- c) Montaje de artículos para constituir un ejemplar del Journal
 - d) Acceso a la versión electrónica de las publicaciones: Journal y Artículos de Congresos
- c) *Módulo de Elecciones*
 - a) Presentación de currículos de candidatos
 - b) Sistema automático de votación
 - d) *Mensajería electrónica*
 - a) Envío de mensajes a todos o a una selección de miembros
 - b) Envío de Boletines informativos (Newsletters)
 - e) *Eventos y Noticias*
 - a) Información de eventos técnicos y enlace a las webs de los mismos
 - b) Noticias de interés para los miembros
 - f) *Contenidos varios relativos a información de interés*
 - g) *Sistema de archivo de contenidos*

En la actualidad se está procediendo a una completa mejora del diseño de la web.

10. PRÓXIMOS EVENTOS

Las tablas 3 y 4 muestran los próximos eventos organizados o patrocinados por la IASS.

Tabla 3. Próximos congresos anuales de la IASS

26-30 Sep. 2016	IASS 2016: Spatial Structures in the 21st Century Tokyo (Japón)
26-28 Sep. 2017	IASS 2017: Interfaces - Architecture. Engineering, Science Hamburgo (Alemania)
16-20 Julio 2018	IASS 2018: Creativity and Collaboration in Design Boston (Estados Unidos)

Tabla 4. Otros eventos relacionados

27-29 Julio 2016	ICSA 2016 - 3rd International Conference on Structures and Architecture Guimaraes (Portugal)
5-8 Oct. 2016	ICCT 2016: International Conference on Industrial Chimneys and Cooling Towers. Rotterdam (Holanda)
26-28 Oct 2016	TensiNet - Novel Structural Skins: Improving Sustainability and Efficiency through New Structural Textile Materials & Design. Newcastle (Reino Unido)

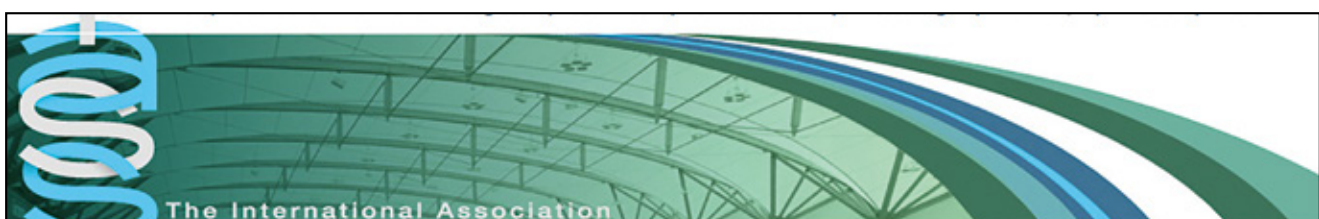


Figura 6. Web de la IASS.

11. LAS ESTRUCTURAS LAMINARES Y ESPACIALES EN LA IAASS

11.1. Láminas de hormigón

Cuando se creó la IAASS, en 1959, su campo de actividad estaba constituido por las láminas, de ahí que el significado inicial del acrónimo IAASS fuera Asociación Internacional de Estructuras Laminares. En aquel momento, la construcción de láminas de hormigón armado tenía una historia de casi medio siglo, y había dado lugar a realizaciones esplendorosas, icónicas. Es el caso, en nuestro país, de la cubierta del Mercado de Algeciras, construida en 1934, proyectada por Eduardo Torroja, del Frontón Recoletos, construido en 1935, en Madrid, con proyecto de Eduardo Torroja y el arquitecto Secundino Zuazo, o de la cubierta del Hipódromo de la Zarzuela, también de 1935, de Eduardo Torroja y los arquitectos Carlos Arniches y Martín Domínguez, todas ellas realizaciones emblemáticas de la ingeniería estructural.



Figura 7. Hipódromo de la Zarzuela, Eduardo Torroja.

Tras la finalización de la Segunda Guerra Mundial, las necesidades de reconstrucción y el desarrollo económico propiciaron la construcción de un gran número de láminas de hormigón en todo el mundo: la cubierta de los hangares de Marignane (1951) y la lámina de doble cara de la CNIT (1958) ambas en Francia, de Nicolás Esquillan, las numerosas láminas en paraboloides hiperbólicos de Félix Candela, en Méjico, en los años 1950, las cubiertas nervadas de Pier Luigi Nervi para el Pequeño Palacio de Deportes (1957), y el Gran Palacio de Deportes (1960), ambos en Roma, o las pioneras láminas construidas en Estados Unidos desde los años 1930 por Anton Tedesko.

Las formas de láminas más profusamente utilizadas eran las láminas cilíndricas, cuya directriz se adaptaba especialmente al análisis elástico de la teoría de membranas, las láminas esféricas, tanto si eran soportadas por anillos o muros circulares, como si descansaban en apoyos aislados o en muros verticales conformando un apoyo de planta poligonal, y los paraboloides hiperbólicos. En todo caso, la moldeabilidad del hormigón y su capacidad de adaptarse a formas complejas, su buena resistencia a compresión, su resistencia a las acciones ambientales, y su economía, junto con un excelente comportamiento en servicio de las láminas construidas en hormigón, propiciaron la realización de un gran número de láminas en este material durante los años 1950 y 1960.

A las formas relativamente elementales de las láminas pioneras, se unieron en ese periodo de esplendor de las láminas de hormigón formas crecientemente complejas, como muestran las inspiradas formas utilizadas en sus proyectos por Heinz Isler, el Palacio de Deportes, en Méjico D.F., de Félix Candela (1968), o la cubierta del Edificio de Exposición del Comercio y la Industria, para la Feria Mundial de Seattle (1952), constituida por 52 paraguas hexagonales, diseñada por Christiansen y Proctor.

En los años 1960, la construcción de cubiertas laminares en hormigón inició un largo declive que se hizo más profundo en los años 1970. Las cubiertas laminares de hormigón fueron progresivamente sustituidas por nuevos sistemas estructurales, más ligeros o más económicos, y las láminas de hormigón quedaron crecientemente relegadas a realizaciones industriales, como las torres de refrigeración, los edificios de contención de las centrales nucleares, o los tanques y silos para almacenamientos diversos.



Figura 8. Sici Building. Ginebra, Suiza (1969), Heinz Isler. Foto H. Isler.

Sin embargo, aún se construyen cubiertas laminares en hormigón. El Estadio Cubierto de Kanteerava, en Bangalore, India, proyectado por Sundaram en 1998, constituido por 120 placas plegadas prefabricadas de hormigón sustentadas en un anillo traccionado en la base y un anillo comprimido en la parte superior, es un buen ejemplo, como también lo son el Badi Brugg, de Isler (1981), o el Crematorio Kakamigahara, de Mutsuoro Sasaki y los arquitectos Toyo Ito y Asociados, de gran elegancia formal (2006). Todas estas realizaciones muestran que las láminas de hormigón deben tener en cuenta al mismo tiempo las consideraciones estéticas, la facilidad de construcción y la economía, para continuar produciendo realizaciones en la actualidad.



Figura 9. Xochimilco, Méjico (1958), Félix Candela. Foto Princeton University, Candela Archive.

El progresivo declinar de las láminas de hormigón conduxo, a comienzos de los años 1970, al cambio de nombre de la Asociación, que en adelante tendría por título el actual de Asociación Internacional de Estructuras Laminares y Espaciales, reconociendo de este modo el creciente papel de las estructuras espaciales, si bien se mantuvo el acrónimo IASS. El número 46 del Boletín de la IASS, de agosto de 1971, es el primero que presenta el nuevo nombre de la Asociación que perdura hasta la actualidad.

11.2. Estructuras laminares para instalaciones industriales

Las mayores estructuras laminares construidas son, generalmente, las torres de refrigeración de las centrales térmicas y las centrales nucleares, que permiten que el flujo controlado de vapor de agua producido en la generación de energía alcance directamente la atmósfera sin problemas de turbulencia y sin afectar negativamente a los recursos hídricos naturales.

La forma hiperbólica clásica de las torres de refrigeración se debe a los ingenieros holandeses F. K. Th. Van Iterson y G. Kuipers (planta de producción de energía de Heerlen, construida en 1914). El desarrollo económico posterior condujo a torres de refrigeración cada vez más altas, que en los años 1960 llegaron a alcanzar los 125 m. La irrupción de la energía nuclear con fines de producción de electricidad, ha precisado torres de refrigeración aún más elevadas, ostentando el record mundial la de la central de Niederaussem, cerca de Colonia, en Alemania, de 200 m de altura.



Figura 10. RWE Power Plant Niederaussem, Foto RWE.

En 1965, tres torres de refrigeración de 114 m de altura (de un total de ocho) de la planta Central Ferrybridge C, en el Reino Unido, colapsaron durante una fuerte tempestad, y en los siguientes 20 años se produjeron otros fallos en centrales del Reino Unido, Francia y Estados Unidos, demostrando que el conocimiento estructural de estas láminas era insuficiente.

Ante esta situación, André Paduart, Presidente de la IASS, promovió en 1970 la creación en el seno de la Asociación, del Grupo de Trabajo WG3, sobre Torres de Refrigeración, cuya primera conferencia internacional se

celebró en 1975, en Bruselas. A partir de 2010, el WG3 amplió su misión, constituida en la actualidad por las Torres de Refrigeración y las Torres de Plantas de energía solar.

El WG3 ha sido muy activo en la organización periódica de conferencias, estando convocada para octubre de 2016 la conferencia conjunta sobre Chimeneas Industriales y Torres de Refrigeración ICCT 2016 en Rotterdam, Países Bajos. Por otro lado, en marzo de 2016 el Journal de la IASS ha dedicado un número especial, el nº 187, a las Torres de Refrigeración.

Las plantas de producción de energía solar mediante conducción vertical de aire (Solar Updraft Power Plants, SUPP), son en la actualidad la forma más económica y sostenible de producción de energía eléctrica en zonas áridas. La eficiencia de las plantas de energía solar de este tipo es aproximadamente proporcional a la altura de la chimenea, de ahí que este tipo de instalaciones esté llamado a precisar torres de muy gran altura.

La primera planta de energía solar de tecnología SUPP fue construida en Manzanares, España, en 1987, por el ingeniero alemán Jörg Schlaich, con una chimenea de 200 m de altura. En la actualidad, existen diseños, no construidos, de plantas de energía solar de hasta 1500 m de altura, para producción de hasta 400 MW de energía. Estas enormes chimeneas plantean difíciles cuestiones de carácter estructural, como los problemas de inestabilidad y vibración debidos al viento, la sensibilidad a la interacción suelo-estructura, o las tensiones de fatiga térmica inducidas a lo largo de la vida de servicio.

Un tipo adicional de estructuras laminares es el constituido por los tanques y silos, para almacenamiento de graneles líquidos y sólidos, respectivamente. Unos y otros presentan requisitos muy diferentes, pues mientras en los tanques la presión ejercida por el líquido es conocida con precisión, ya que depende sólo de la densidad del líquido y crece linealmente con la profundidad; por el contrario, la presión ejercida por los graneles sólidos en los silos plantea difíciles problemas relacionados con su granulometría, forma de presentación y compacidad, y también con los estados transitorios durante la descarga del material.

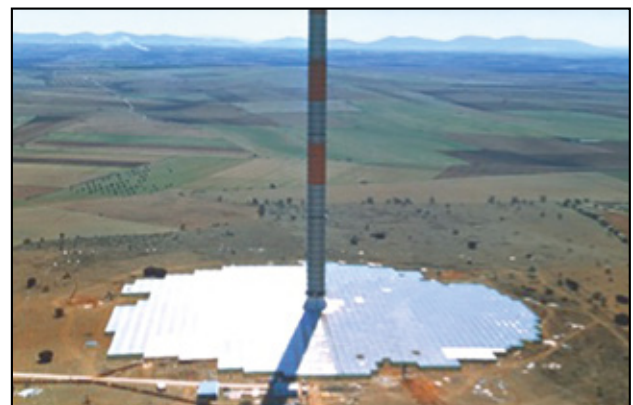


Figura 11. Prototipo de SUPP, Manzanares, España (1982), J. Schlaich. Foto sbp.

En cuanto a formas, la cilíndrica circular (en acero o en hormigón) es la más habitual para los tanques, excepto en el caso de depósitos de agua elevados, que

habitualmente consisten en un gran tanque de directriz circular y generatrices rectas, verticales o inclinadas, o generatrices curvas variadas, sustentado en un poderoso fuste vertical. En el caso de los silos, el material del que están contruidos y la forma de los mismos, varían según el material a almacenar y los requisitos funcionales del silo, existiendo silos en hormigón, acero, aluminio y materiales plásticos.

11.3. Estructuras traccionadas

La progresiva reducción del número de cubiertas laminares de hormigón, junto con el desarrollo de cables y materiales para membranas más resistentes y duraderos, y un nuevo impulso en el proyecto de estructuras avanzadas, condujeron, en los años 1960 y 1970, al desarrollo de membranas y de estructuras a base de cables, formadas por elementos trabajando a tracción. Esto ha dado lugar a estructuras espectaculares, de gran ligereza e impacto visual.

11.3.1. Membranas

Las membranas modernas están contruidas con materiales textiles, con un recubrimiento protector, en especial contra los rayos ultravioleta. El textil más utilizado es el constituido a base de fibras de poliéster recubiertas con PVC. Otros materiales empleados son textiles a base de fibras de vidrio, recubiertos por teflón, y, más recientemente, láminas de etiltetrafluoretileno, ETFE.

El gran impulsor de las membranas ha sido el arquitecto alemán Frei Otto, desde su Pabellón de Baile en Colonia, en 1957, de 33 m de diámetro, constituido por una membrana (inicialmente, de algodón, actualmente reemplazado por un poliéster revestido de PVC) con 6 puntos altos, sustentados por mástiles. Frei Otto diseñó, posteriormente, la innovadora cubierta del Pabellón Alemán para la Expo 67 de Montreal, en Canadá, que con 8 mástiles de altura diferente, y cables que atacan a los mástiles en forma asintótica, enfatizando su verticalidad, es el paradigma de las membranas modernas; y formó parte del equipo que proyectó la cubierta del Estadio para los Juegos Olímpicos de Múnich 1972.



Figura 12. German Pavilion, Expo 67, Montreal. Foto K. Ishii.

Entre las cubiertas icónicas formadas por membranas textiles destaca la Terminal para peregrinos del Aeropuerto de Jeddah, en Arabia Saudí, proyectada por Walter Bird, finalizada en 1981, constituida por un total de 210 conos textiles de planta cuadrada, sustentados en columnas de

acero de 46 m de longitud; la estructura, que cubre más de 46 hectáreas, es la mayor cubierta textil contruida.

Tanto para estadios deportivos, a los que las membranas textiles se adaptan especialmente, como para terminales de grandes aeropuertos (como es el caso del Aeropuerto Internacional de Denver, proyectado por Horst Berger y concluido en 1993), o para pabellones multiusos, las membranas textiles aportan ligereza, eficiencia en el uso de materiales y un positivo impacto visual.



Figura 13. Aeropuerto de Denver, Foto Birdair.

11.3.2. Estructuras formadas por cables

Las estructuras (primordialmente, cubiertas) sustentadas por cables, son especialmente adecuadas para albergar a grandes multitudes, por lo que han dado lugar a realizaciones muy importantes en el ámbito de los estadios deportivos. Es el caso del Estadio Olímpico Yoyogi, del arquitecto Kenzo Tange y los ingenieros Yoshikatsu Tsuboi y Mamoru Kawaguchi, para los Juegos Olímpicos de Tokio, en 1964, notable estructura híbrida, con estructura principal en celosía de acero, capaz de absorber momentos flectores, y cables inclinados colgados de dicha estructura principal.



Figura 14. Yoyogi Olympic Stadium, Kenzo Tange, Y. Tsuboi and M. Kawaguchi (1964). Foto M. Kawaguchi.

Una tipología interesante es la constituida por estructuras en rueda de bicicleta (con montante único central) o según variaciones de la misma, como las constituidas por la disposición de múltiples montantes interiores o la traslación al anillo exterior de los montantes. Es el caso de la cubierta del Estadio Olímpico de Roma (1990) de Massimo Majowiecki, o del Estadio Necker, de Jörg Schlaich (1993).

Otros ejemplos de las posibilidades plásticas de las estructuras sustentadas por cables son la Pirámide de Vidrio del Museo del Louvre, en París (1985) de Peter Rice y la Cúpula del Milenio, de Richard Rogers (1998).

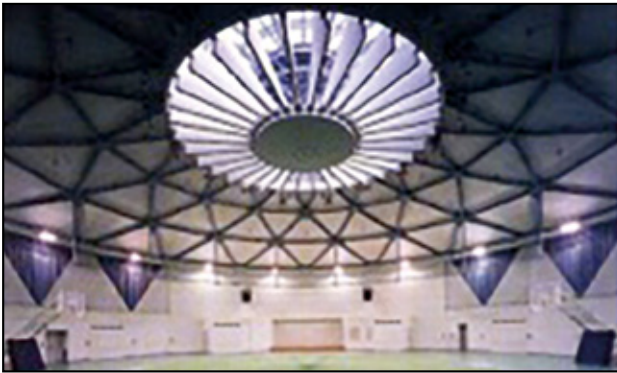


Figura 15. Suspendome (1995). Foto M. Kawaguchi.

11.4. Torres y mástiles

Las torres para líneas de suministro eléctrico, las torres de control de aeropuertos y las torres de comunicación han sido objeto del interés de la IASS desde la celebración en 1966 de un Simposio en Bratislava, sobre estructuras de acero y hormigón armado con forma de torre. Un Grupo de Trabajo de la IASS, el WG4 “Mástiles y Torres”, se ocupa específicamente de los avances y problemas de estos tipos de estructuras.

En cuanto a las torres para líneas de electricidad, las tipologías iniciales, en celosías metálicas de ancha base y con un impacto visual importante, han dado lugar a estructuras cada vez más ligeras, menos intrusivas, como las torres constituidas por elementos verticales y horizontales de tipo tubular. Las torres de aeropuerto, que constituyen una referencia visual importante de estas infraestructuras, han sido objeto de especial atención en su diseño formal, dando lugar a realizaciones notables como la torre de control atirantada del aeropuerto de Heathrow, en Londres.



Figura 16. Torre de control del aeropuerto de Heathrow, Londres. Foto Flint & Neill.

La necesidad de torres de telecomunicación, para radio, televisión y telefonía sin hilo, cada vez más altas, ha conducido al desarrollo de diferentes soluciones, y a la atención cada vez mayor a su aspecto estético, al ser estructuras llamadas a imponerse visualmente sobre las ciudades en las que se erigen. Así, la torre de hormigón pretensado diseñada por Fritz Leonhardt para Stuttgart, se convirtió en 1953 en el símbolo de la ciudad, como también lo es la Torre CN, de 553 m de altura, en Toronto, proyectada por el arquitecto John Andrews. En Barcelona, la Torre de Collserola, diseñada por el arquitecto Norman Foster, como parte de los trabajos de infraestructura para los Juegos Olímpicos de 1992, es otra estructura emblemática.

La torre para televisión de mayor altura en la actualidad es la Torre de Guanzhou, en China, de 610 m de altura, constituida por una celosía abierta que se torsiona progresivamente sobre su eje.



Figura 17. Torre de TV de Guanzhou. Foto Iba.

11.5. Estructuras reticulares espaciales

En la década de 1950, antes por tanto de la irrupción del cálculo por ordenador, se comenzaron a analizar las posibilidades de crear estructuras espaciales cada vez más complejas utilizando materiales diferentes del hormigón. Se trataba de construir estructuras a base de metal (fundamentalmente, acero; a veces, aluminio) y de madera, aplicando las teorías desarrolladas para las láminas mediante la simplificación de asimilar a una lámina continua la superficie real compuesta por los nervios de metal o madera.

En el caso de las estructuras metálicas espaciales, y a pesar de los precedentes existentes desde la incorporación del acero a la construcción de estructuras, el nuevo ímpetu constructor ocurrido tras la II Guerra Mundial determinó nuevos desarrollos tanto en tipología como en realizaciones.

La primera realización notable fue la cúpula Lederer, en Brno (actual República Checa), construida por Ferdinand Lederer para exposiciones internacionales, a finales de los años 1950. Está formada por una capa reticulada de tubos de pequeña longitud, siendo la luz de la cubierta de 95 m, y estando ésta sustentada por un anillo circunferencial de tracción de hormigón en su zona inferior, y disponiendo un anillo de compresión en su parte superior.



Figura 18. Lederer Dome, Brno. Foto S. Kato.

A las estructuras metálicas espaciales de los primeros años, caracterizadas por utilizar elementos tubulares de pequeño diámetro, estructura monocapa, nudos sencillos y una relación entre la luz y el espesor de la lámina equivalente que hacía innecesario el cálculo a pandeo, fueron sucediendo nuevos tipos de estructuras, de luz crecientemente mayor.

Hitos significativos en este desarrollo fueron el Astródomo de Houston, Texas, con una cubierta esférica en celosía bicapa, de 1,5 m de canto, y una luz de la cubierta de 196 m, construida en 1965 con proyecto de Lloyd y Morgan Arquitectos; la Louisiana Superdome, en Nueva Orleans, de 210 m de diámetro, de tipología semejante a la anterior, construida en 1975 y que, en 2005, hubo de soportar el huracán Katrina, que le produjo daños posteriormente reparados, de modo que sigue siendo en la actualidad la mayor estructura reticulada espacial del mundo, y desde luego, la cúpula esférica, Fuller Dome, diseñada por Buckminster Fuller para el pabellón de los Estados Unidos en la Expo 67 de Montreal, consistente en una esfera de 76 m de diámetro compuesta por elementos de acero en una disposición multicapa. En Japón, en las postrimerías del siglo XX, se construyeron la cúpula de Nagoya, de 183'6 m de luz, con estructura reticulada monocapa, y el Gimnasio Shibazaki, en la ciudad de Tachikawa, que utilizó un sistema industrializado de elementos y nudos, en búsqueda de una estructura ligera y reciclable.



Figura 19. Yamaguchi Kirara Dome. Foto Sekkei.

Otro tipo de estructuras reticuladas espaciales metálicas es el desarrollado para cubrir grandes espacios urbanos mediante cubiertas formadas por elementos triangulares de vidrio sustentados por una estructura reticulada monocapa de gran ligereza, como el Museo de Historia de Hamburgo; la cubierta del Gran Patio del Museo Británico, de Norman Foster, de 96 x 72 m en planta, de forma semejante a una lámina toroidal con curvatura gaussiana negativa, o el Gran Teatro de Ópera, en Pekín, de forma aproximadamente elíptica, con unas dimensiones de 212 x 144 m, proyectada por el arquitecto Paul Andrea, y finalizado en 2007.

En cuanto a las estructuras espaciales en madera, su desarrollo se ha visto favorecido por los grandes avances producidos en los últimos 50 años en la tecnología de la madera, especialmente en cuanto a la producción de elementos laminados y encolados, con formulaciones cada vez más avanzadas de las colas, y nuevas técnicas de laminación.

En madera, se han construido estructuras tan notables como la Torre de Observación de Lausanne, en Suiza, de Julius Natterer, construida en 2003, de 36 m de altura, constituida por 26 soportes de madera de sección semicircular solidarizados por una escalera en espiral, y con una plataforma superior de madera laminada, siendo el diámetro de la torre decreciente linealmente desde 12 m en la base hasta 6 m en la coronación. Existen muy notables ejemplos de cúpulas construidas en madera, especialmente en Estados Unidos, como la Tacoma Dome, en Tacoma, de 163 m de diámetro en la base, construida en 1983, o la Superior Dome, en la Universidad del Norte de Michigan, en Marquette, cúpula geodésica de 163'4 m de diámetro en planta, la mayor del mundo, y una altura de 44 m. En Canadá, el Richmond Olympic Oval, en Richmond, Columbia Británica, construido en 2008 como estadio de pruebas de patinaje para los Juegos Olímpicos de Invierno de 2010, es una estructura con notables méritos. Estructuras igualmente notables en madera son el Estadio de Hielo de Davos, en Suiza, ahora llamado Vaillant Arena, construido en 1981; la cúpula de Izumo, del ingeniero Masso Saitoh, construida en Japón en 1992 o la cubierta, con forma de casco invertido de navío vikingo, del Hamar Olympic Hall, construido en Noruega para los Juegos Olímpicos de Invierno de 1994.



Figura 20. Torre de observación de Lausanne, J. Natterer.

11.6. Estructuras temporales, retráctiles y desplegables

Desde su creación, la IASS se ha mostrado muy interesada en todas las tipologías que se han ido desarrollando para cubrir grandes superficies, entre ellas las estructuras espaciales temporales, cuya vida de servicio prevista se mide generalmente en meses (estructuras muy frecuentes en las Exposiciones Internacionales), las estructuras retráctiles, de utilización fundamentalmente en cubiertas de estadios deportivos y piscinas, y las estructuras desplegables (estructuras prefabricadas que pueden transformarse desde una configuración cerrada, compacta, utilizada en su almacenamiento y transporte, a una configuración abierta, expandida, para su utilización prevista en servicio).

Las estructuras temporales, por su corta vida útil, tienen requisitos menos exigentes de proyecto, por lo que dan a los proyectistas mayores oportunidades para experimentar nuevas tipologías, ideas o materiales. Entre las estructuras temporales más destacadas construidas con membranas destacan el Pabellón de Alemania Occidental para la Expo 67, de Montreal, que es una estructura formada por una red pretensada de cables, con material de cubierta de poliéster recubierto por PVC, proyectada por Frei Otto; el Pabellón de Estados Unidos para la Expo 1970, de Osaka, Japón, estructura neumática proyectada por David H. Geiger, con forma elíptica y membrana en fibra de vidrio recubierta por PVC; y el Pabellón del Grupo Fuji, también para la Expo 1970, de Osaka, proyectado por Mamoru

Kawaguchi, formada por una estructura compuesta por 16 tubos en forma de arco con aire a presión en su interior. Otras estructuras temporales muy diferentes son las construidas a base de hielo, como la cúpula de Tomamu, en Hokkaido, Japón, de 30 m de luz, construida por Tsutomu Kokawa en 2001, o las construidas mediante proyección de nieve y agua sobre una membrana inflada que actúa como encofrado.



Figura 21. West Germany Pavilion. Foto Taiyo Kogyo Corp.

Las estructuras retráctiles, para cuyo desarrollo ha sido muy importante la publicación en 2000 del Estado del Arte y Guías para el Proyecto Estructural de cubiertas retráctiles, elaborado por el Grupo de Trabajo WG 16, de la IASS, pueden ser de cubierta retráctil rígida o flexible. La cubierta del SkyDome, en Toronto, Canadá, proyectada por el arquitecto Roderick Robbie y el ingeniero Michael Allen, construida en 1989, con 4 grandes paneles de acero que se recogen durante la apertura de la cubierta, y una luz máxima de 207'8 m, es un paradigma de las cubiertas retráctiles rígidas, que tiene otros ejemplos notables en la Komatsu Dome, construida en 1997 en Komatsu City, Japón, o el Centro de Tenis Qizhong, en China, construido en 2005, con una inusual estructura formada por segmentos de cubierta que giran sobre sus ejes verticales, manteniendo fijo el contacto con el anillo circular de contorno. En cuanto a las cubiertas retráctiles flexibles, cuya apertura y cierre se efectúan mediante plegado/desplegado de su membrana de material polimérico, efectuado mediante cables, la cubierta del Estadio Olímpico de Montreal, finalmente construida en 1988, es un ejemplo paradigmático, cuyo funcionamiento mostró las ventajas y limitaciones operativas de este tipo de estructuras; del mismo año, 1988, es la cubierta de la Plaza de Toros de Zaragoza, proyectada por Schlaich, Bergermann und Partner.

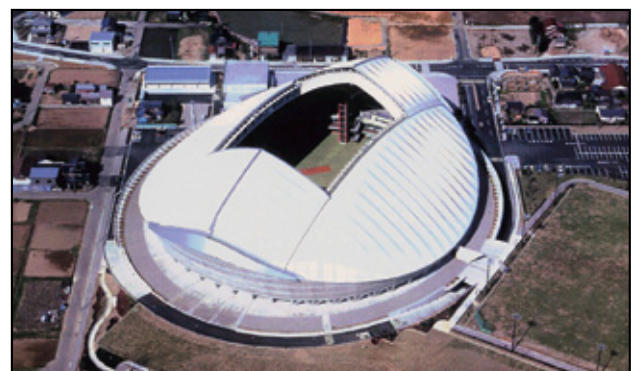


Figura 22. Komatsu Dome, Japón (1997). Foto K. Ishii.

Las estructuras desplegadas, de gran interés para actuaciones de emergencia ante catástrofes naturales, pero también para instalaciones temporales, como exposiciones, instalaciones recreativas, etc., tuvieron en el arquitecto español Emilio Pérez Piñero su primer diseñador moderno, al desarrollar, en 1961, un teatro móvil constituido por una estructura en pantógrafo desplegable. Su senda fue continuada, entre otros, por el sevillano Félix Escrig, proyectista de la cubierta desplegable para una piscina en Sevilla; Waclaw Zalewski y Enrique Hernández realizaron el diseño estructural del Pabellón de Venezuela, construido en dicho país a partir de la idea del pantógrafo, y transportada y desplegada en su ubicación en la Expo 1992, de Sevilla. En los últimos años, las estructuras desplegadas han producido innovadores diseños para utilización en grandes eventos musicales, como el diseño de Hoberman para la gira mundial 360° del grupo U2, construido en acero inoxidable y aleaciones de aluminio de aviación, y estructuras desplegadas para la industria aeroespacial, en forma de plataformas, paneles solares, grúas y brazos de manipulación remota, protecciones frente a impactos, etc.



Figura 23. Cubierta desarrollable para piscina en Sevilla, Félix Escrig.

12. MORFOLOGÍA ESTRUCTURAL

Una de las áreas de mayor fecundidad técnica en la actualidad es la relativa a la morfología estructural, área de creciente atención e investigación sobre el acoplamiento entre la forma y las fuerzas o acciones que se ejercen sobre la estructura. Este campo, que fue evidentemente cultivado por pioneros de las estructuras laminares como Torroja, Nervi o Candela, ha producido en las últimas décadas resultados muy importantes, consecuencia del desarrollo de sofisticadas herramientas de computación.

En 1991, la IASS creó un Grupo de Trabajo específico, el WG15, dedicado a la Morfología Estructural, con Ture Wester, Pieter Huybers, Jean François Gabriel y René Motro como sus miembros fundamentales. En 2008, el WG15 identificó cinco grupos objetivo para sus estudios: estructuras transformables; estructuras adaptativas; computación y geometría; origami; estructuras de superficie curva.

A partir de sus trabajos, inicialmente teóricos, pero conducentes progresivamente a desarrollos concretos y

realizaciones prácticas, han emergido conceptos como el descubrimiento o invención de formas (form finding), la optimización de la forma estructural, la búsqueda de superficies mínimas, la morfogénesis o la optimización tipológica. Y han dado lugar a prometedoras realizaciones, como el proyecto Akutagawa Riverside, en Japón, 2004, o los recientes Sidra Trees, del Centro Nacional de Convenciones de Qatar.

13. CONCLUSIONES

Desde su creación en 1959, la IASS, cuyo acrónimo tiene el significado actual de Asociación Internacional de Estructuras Laminares y Espaciales, ha sido el catalizador del desarrollo de nuevos conceptos, tipologías y diseños en el campo de las estructuras laminares y espaciales, ampliando su campo de interés inicial, las láminas de hormigón, hacia horizontes cada vez más amplios, como las membranas, las estructuras formadas por cables, las torres y mástiles, las estructuras reticuladas espaciales, las estructuras temporales, retráctiles y desplegadas, o los desarrollos actuales, en gran parte teóricos, en el campo de la morfología estructural.

La IASS, asociación extendida en todo el mundo, integra, y es uno de sus grandes valores, a la vez a arquitectos e ingenieros estructurales, y tanto a investigadores teóricos como a proyectistas y constructores de las más variadas realizaciones prácticas. Cuenta, para el desarrollo armónico de sus actividades, con una estructura organizativa (Bureau, Comité Ejecutivo) y científica (Comités Técnicos, Simposios, Conferencias) que a su vez descansa y se apoya en la Secretaría de la Asociación, ubicada desde su creación en el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX, como consecuencia del reconocido liderazgo de su fundador, Eduardo Torroja.

Esto ha permitido una presencia importante de España, y de los arquitectos e ingenieros españoles, en el quehacer de la Asociación, y su presencia y participación activa en los Simposios, Comités Técnicos y demás actividades de la IASS. En definitiva, mediante la Secretaría ubicada en el CEDEX, la IASS y España se han beneficiado mutuamente y mantienen una colaboración fructífera en el ámbito de las estructuras laminares y espaciales. Estructuras que, a través de la reinención constante de formas y tipologías, materiales y conceptos, que apenas se ha podido mínimamente recoger en este texto, han dado lugar a un número importante de las mejores y más bellas realizaciones humanas en el campo de la construcción. Un estudio muy completo y pormenorizado de la evolución de las estructuras laminares y espaciales en el periodo comprendido desde la II Guerra Mundial hasta el presente, que puede consultarse, es el volumen publicado en inglés por la IASS el año 2011, coeditado con el CEDEX, con motivo del 50 aniversario de la fundación de la Asociación, sobre los 50 años de Progreso de las Estructuras Laminares y Espaciales, con un total de 500 páginas, que incluyen la contribución de 29 expertos en los diversos campos de estas estructuras, resúmenes biográficos de 89 pioneros y expertos en este campo, y una extensa información fotográfica.

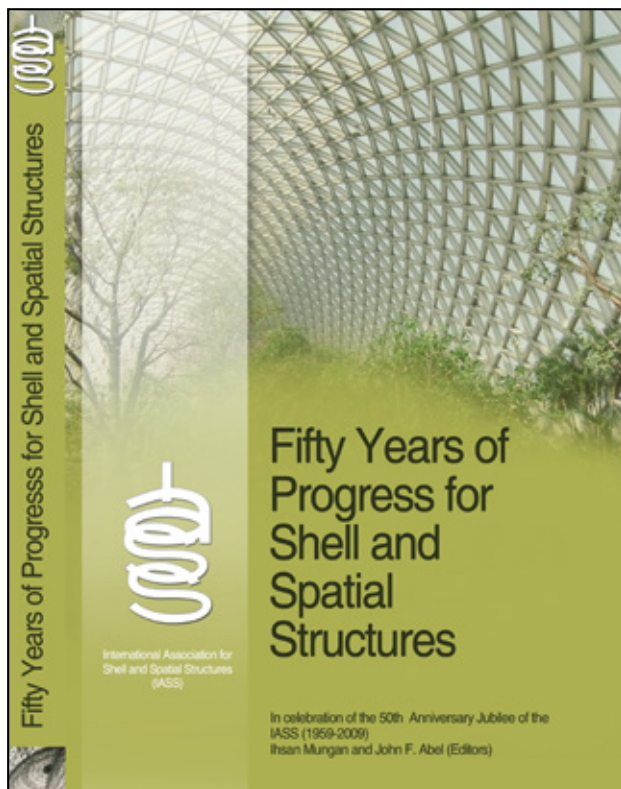


Figura 24. Portada del libro conmemorativo del 50 Aniversario de la IASS.

Tabla 5. Datos básicos de la IASS (2016)

Presidente: S. Pellegrino (EEUU)
Vice-Presidentes: J.M. Gállego (España), C. Lázaro (España), K. Kawaguchi (Japón), J.G. Oliva-Salinas (Méjico)
Editor Jefe: Ch. Gantes (Grecia)
Editor Asociado: A. Morales (España)
Secretaría: B. Mateo (España)

Dirección de la Secretaría

IASS · CEDEX - Laboratorio Central de Estructuras y Materiales ·
 C/ Alfonso XII, 3 · 28014 Madrid,
 tel. 34 91 335-7409; fax: 34 91 335-7422
www.iass-structures.org

14. BIBLIOGRAFÍA

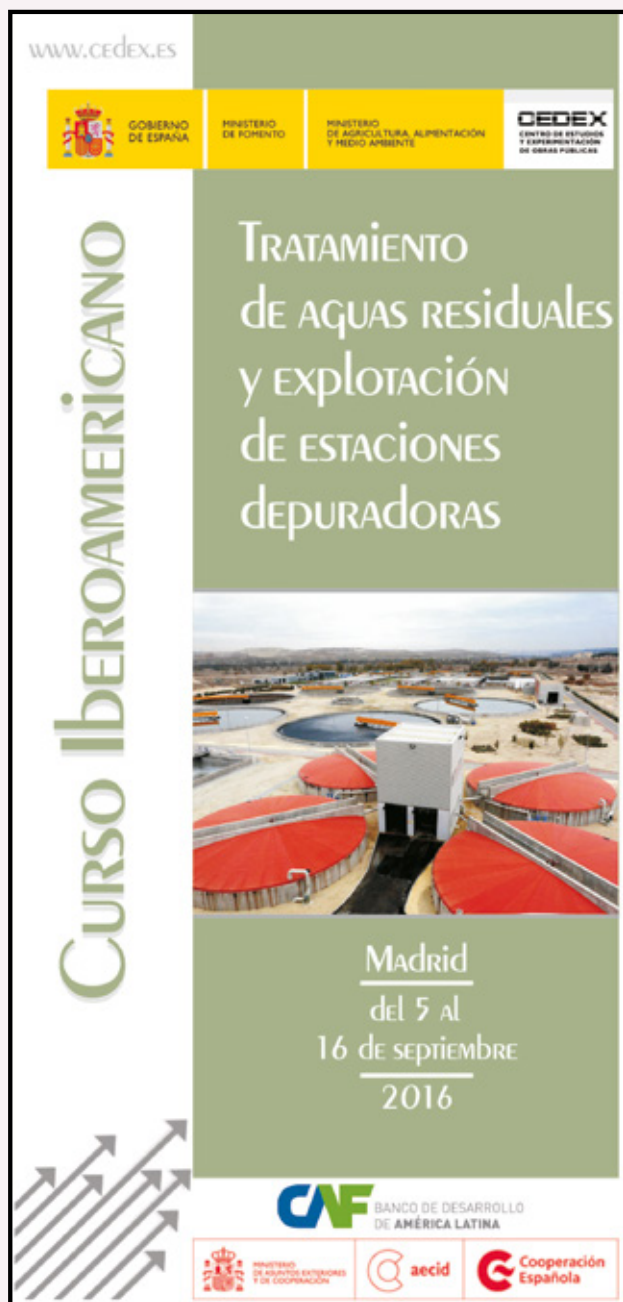
Cassinello, P., Schlaich, M., y Torroja, J. A. (2010). Félix Candela. En memoria (1910-1997). Del cascarón de hormigón a las estructuras ligeras del s. XXI. *Informes de la Construcción*, 62 (519), pp. 5-26. Madrid: Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento.

Escrig, F. (1984). Estructuras espaciales de barras desplegadas. *Informes de la Construcción*, 36 (365), pp. 35-46. Madrid: Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento.

IASS (2011). *Fifty Years of Progress for Shell and Spatial Structures. In celebration of the 50th Anniversary Jubilee of the IASS (1959-2009)*. IASS-CEDEX, Madrid: Mungan, I., y Abel, J. (eds.).

Torroja, E. (1958). *The Structures of Eduardo Torroja*. Nueva York (EE UU): F.W. Dodge Corporation.

CURSO SOBRE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y EXPLOTACIÓN DE ESTACIONES DEPURADORAS



CAF-CEDEX: COFINANCIACIÓN PRIMER CURSO IBEROAMERICANO SOBRE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y EXPLOTACIÓN DE ESTACIONES DEPURADORAS

La realización del presente curso está encuadrada dentro del marco de colaboración y transferencia de conocimiento establecido entre CAF (Corporación Andina de Fomento), por parte de América Latina, y CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) y AECID (Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo) a través del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS), por parte de España.

En esta línea, el curso tiene como objetivo fundamental la mejora en la gestión de los recursos hídricos en la región latinoamericana, constituyendo asimismo una excelente oportunidad para generar toda una rica sinergia en este campo específico de actividad.

Como actividad académica de carácter internacional, esta acción se inscribe en el mutuo deseo no solamente de fomentar el intercambio de experiencias técnicas y profesionales sino, también, de potenciar al máximo actuaciones encaminadas a prestar asistencia técnica especializada siguiendo las mejores prácticas desarrolladas en el ámbito internacional. Además, el trabajo de coordinación que ha implicado su organización ha supuesto un fructífero estrechamiento entre instituciones públicas y privadas, las cuales no han ahorrado esfuerzos de cara a promover la investigación y la innovación tecnológica.

La oportunidad de un curso de estas características está, en todo caso, plenamente justificada por un doble motivo. En primer lugar, por las propias características que ofrece América Latina como región: con una creciente proporción de población urbana, por un lado, y, por otro, con un alto porcentaje de aguas residuales que son devueltas directamente sin recibir tratamiento alguno. Obviamente, la introducción de mejoras en la forma en que se gestionan dichas aguas reportaría beneficios de toda clase: una mejor salud para sus poblaciones, un tratamiento más respetuoso del medio ambiente, una mayor y mejor calidad productiva y, en definitiva, un sustantivo incremento en los niveles de calidad de vida.

Y, en segundo lugar, por la dilatada experiencia acumulada por el CEDEX en esta actividad y, estrechamente vinculado a este hecho, la posibilidad de compartir y difundir todo este acervo técnico y científico. La actuación del CEDEX, desde esta perspectiva, está orientada a difundir y aplicar dicha experiencia a través de proyectos que tengan presente las peculiaridades que ofrece la heterogénea realidad latinoamericana; y teniendo en cuenta, a su vez, los procedimientos de trabajo más asentados en la región.

Por último, el curso se va a celebrar en las instalaciones y con los medios materiales del CEDEX en su sede de Madrid (España), entre los días 5 al 16 de septiembre de 2016.