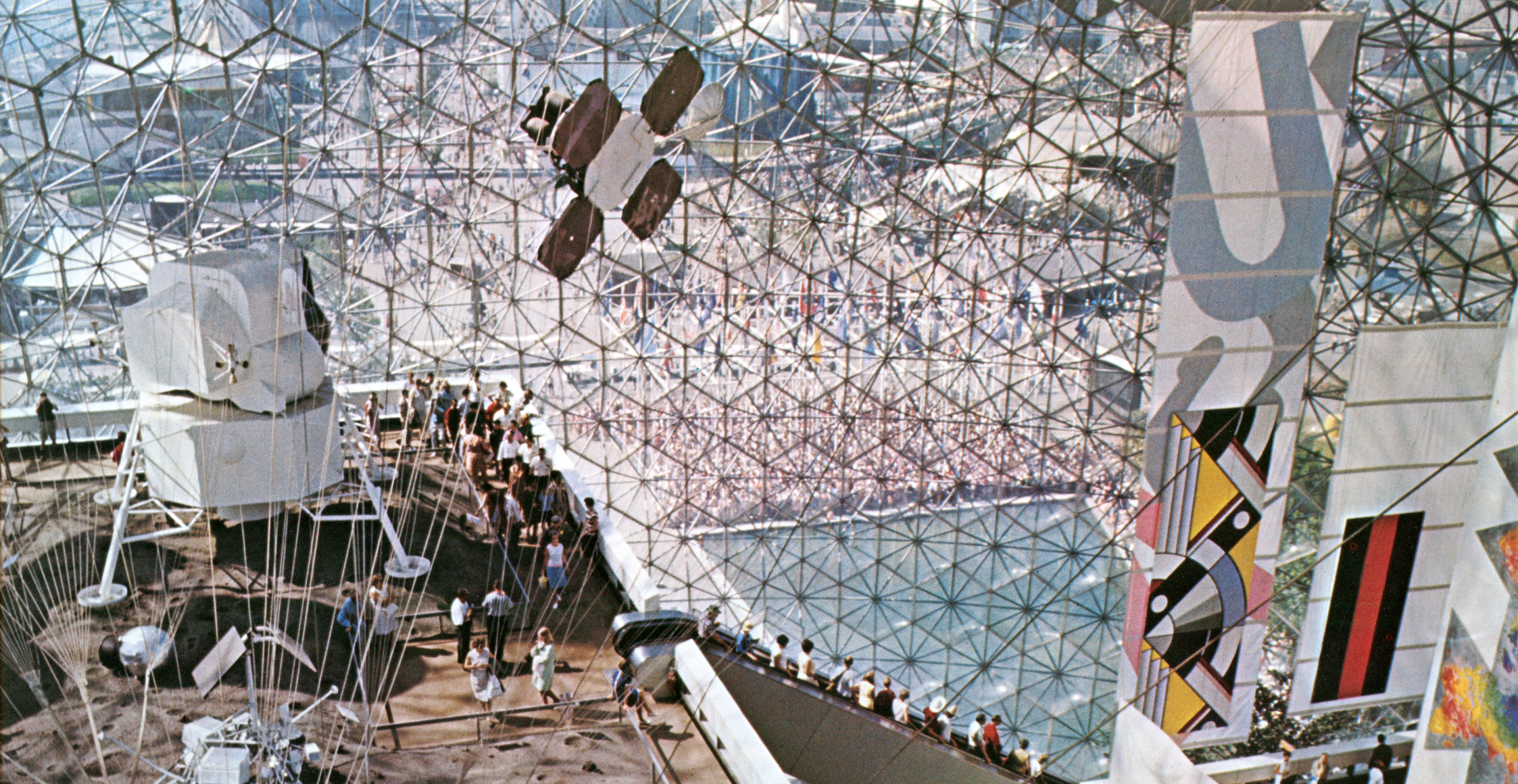




CONCURSO BIENAL ARQUIA / TESIS
Convocatoria 2013

TESIS DOCTORAL

Las Exposiciones Universales
Laboratorio de estructuras

Isaac R. López César

Fotografía de portada: Thomas Nelson & Sons

"The Memorial Album of the first category Universal and International Exhibition held in Montreal"

***LAS EXPOSICIONES UNIVERSALES
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS***

Isaac Rodrigo López César

Tesis Doctoral leída el 21 de Mayo de 2012 en
la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de
A Coruña.

TUTOR

D. Javier Estévez Cimadevila.

TRIBUNAL

D. Juan Pérez Valcárcel.
Catedrático ETS Arquitectura de A Coruña.

D. Robert Brufau i Niuvó.
*Profesor Titular ETS Arquitectura del Vallés.
Universidad Politécnica de Cataluña.*

D. Félix Escrig Pallarés.
Catedrático ETS Arquitectura de Sevilla.

D. Paulo Jorge Sousa Cruz.
*Catedrático ETS Arquitectura Universidade do
Minho (Portugal)*

D. Emilio Martín Gutiérrez.
Profesor Titular ETS Arquitectura de A Coruña.

CALIFICACIÓN

Sobresaliente “*cum laude*”

RESUMEN

La tesis analiza **la aportación que han supuesto los edificios construidos con motivo de las Exposiciones Universales a la historia general de las tipologías estructurales arquitectónicas**, determinando cuáles han sido estas aportaciones, en que campos se han producido y su trascendencia histórica, fundamentando documentalmente el carácter de Laboratorio de Experimentación de Estructuras que han constituido estos acontecimientos.

El trabajo se centra en aspectos tipológicos y de diseño, abarcando el período histórico comprendido entre la primera Exposición Universal, celebrada en 1851, y el año 2000. Se establecen numerosas relaciones históricas entre los edificios expositivos y otros ajenos a estos eventos, que han constituido antecedentes y secuelas de los mismos, metodología que permite el engranaje del edificio de exposición en el contexto arquitectónico y tecnológico de cada época y, por tanto, su justa puesta en valor.

La tesis no se centra únicamente en aspectos técnicos sino que también establece múltiples relaciones entre las estructuras de los edificios expositivos y determinadas corrientes arquitectónicas basadas en la exaltación tecnológica o en la fantasía estructural, valorando además la influencia de los principales acontecimientos del devenir histórico general del mundo Occidental en el período estudiado. Asimismo, se realizan numerosas referencias a proyectos presentados a los diversos concursos convocados con motivo de estos acontecimientos y que, finalmente, no fueron construidos, permitiendo apuntalar la idea de la Exposición Universal como catalizador creativo.

La minuciosa labor documental realizada, con abundantes referencias a revistas y publicaciones del S.XIX, y el análisis riguroso de dicha documentación han permitido poner en su justo valor edificios que han permanecido en una situación histórica marginal, así como a detectar y a poner de manifiesto errores admitidos en publicaciones clásicas sobre la historia de la arquitectura moderna. Asimismo, la tesis saca a la luz abundante documentación tanto gráfica como escrita inédita en publicaciones contemporáneas.

ABSTRACT

The thesis analyzes the **contribution of the buildings built for the World's Fairs to the history of architecture structural typologies**, defining these contributions, their importance and the fields where they're acknowledged, supporting the fact that these events have been Structural Experimentation Laboratories.

The work focuses on typological and design aspects, ranging the period from the first World Fair held in 1851 to the year 2000. Numerous historical relations are established between Exhibition buildings and others besides these events, either precedents or sequels. This method places exhibition buildings in the architectural and technological context of their time and therefore proves justice to its value.

The thesis not only aims to technical issues but also relates the structures of exhibition buildings to the different architectural trends based on technological exaltation or structural fantasy, taking also into account the main historical events in western world during the studied period. Additionally, there are many references to other un-built projects that took part in the several design competitions for these exhibitions that help to build up the idea of World's Fairs as creative catalysts.

The thorough documentary work, with many references to magazines and 19th century publications, and the rigorous analysis of all these documents delivers justice to the value of these buildings, otherwise in marginal consideration, and helps detect mistakes in classical publications on history of modern architecture. Also, this thesis reveals many written and graphic documents unpublished in contemporary editions.

INDICE DE CONTENIDOS

- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO DEL TRABAJO
- METODOLOGÍA
- ESTADO DEL ARTE
- CAPITULADO

CAPÍTULO 1

EL CRYSTAL PALACE. SÍNTESIS DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL. PROTOHISTORIA DEL PÓRTICO RÍGIDO.

- 1.1 Fundamentos de la Revolución Industrial.
- 1.2 La Revolución Industrial en la arquitectura.
 - 1.2.1 Los avances científicos.
 - 1.2.2 Nuevos materiales y nuevas tipologías.
- 1.3 El Crystal Palace.
 - 1.3.1 La prefabricación.
 - 1.3.2 La gestación del pórtico rígido.

Conclusiones al Capítulo 1.

CAPÍTULO 2

EXPOSICIONES UNIVERSALES DEL S.XIX. EL DESAFÍO DE LOS GRANDES ESPACIOS DIÁFANOS.

- 2.1 La búsqueda de las grandes luces y la innovación tipológica en las cubiertas metálicas de planta rectangular.
 - 2.1.1 El Palais de l'Industrie de la Exposición Universal de París 1855.
 - 2.1.1.1 Antecedentes históricos.
 - 2.1.1.2 Estabilización horizontal y movimientos térmicos.
 - 2.1.1.3 La controversia del record de luz.
 - 2.1.2 La Galería de las Máquinas de la Exposición de París 1867.
 - 2.1.2.1 Principales características estructurales.
 - 2.1.3 La Galería de las Máquinas de la Exposición de París 1878.
 - 2.1.3.1 Principales características estructurales.
 - 2.1.3.2 Antecedentes históricos.
 - 2.1.3.3 Movimientos térmicos.
 - 2.1.4 La Galería de las Máquinas de la Exposición de París 1889.
 - 2.1.4.1 Principales características estructurales.
 - 2.1.4.2 Estabilización horizontal y aspectos térmicos.
 - 2.1.4.3 La controversia de la luz.
 - 2.1.4.4 Secuelas y aportaciones históricas.
 - 2.1.5 El Manufactures Building de la Exposición de Chicago 1893.
 - 2.1.5.1 Descripción y controversia de luz y materiales.
 - 2.1.5.2 Aportaciones históricas.
- 2.2 La búsqueda de las grandes luces y la innovación tipológica en las cubiertas metálicas de planta circular.
 - 2.2.1 El Halle au Ble de París. Ejemplo temprano de cúpula metálica semiesférica.
 - 2.2.2 El Crystal Palace de la Exposición de New York 1853.
 - 2.2.3 La Rotonda de la Exposición de Viena 1873.
 - 2.2.4 El Edificio de la Exposición de Lyon 1894.

Conclusiones al Capítulo 2.

CAPÍTULO 3

LA FANTASÍA DEL RÉCORD DE ALTURA.

- 3.1 Antecedentes históricos de edificación en altura.
 - 3.1.1 Los proyectos no construidos.
 - 3.1.2 Los logros reales.
 - 3.1.3 La experiencia de Gustave Eiffel y de sus colaboradores.
- 3.2 La Torre Eiffel. Exposición Universal de París 1889.
 - 3.2.1 El proyecto de la Torre.
 - 3.2.2 El principio estructural.
 - 3.2.3 El esqueleto estructural.
 - 3.2.4 Cimentación y montaje.
- 3.3 Consecuencias históricas.

Conclusiones al Capítulo 3.

CAPÍTULO 4

LA NOTORIA AUSENCIA DEL HORMIGÓN ARMADO EN LAS EXPOSICIONES UNIVERSALES.

- 4.1 El contexto histórico estructural.
 - 4.1.1 El hormigón armado. Primeros desarrollos y patentes.
 - 4.1.2 Las primeras grandes estructuras de hormigón armado.
- 4.2 La aportación de las Exposiciones Universales.

Conclusiones al Capítulo 4.

CAPÍTULO 5

LA IRRUPCIÓN DE LAS CUBIERTAS EN TRACCIÓN.

5.1 Las estructuras en tracción en el S.XIX.

5.1.1 El contexto histórico tecnológico.

5.1.2 La aportación de las Exposiciones del S.XIX.

5.2 Las estructuras en tracción en el S.XX.

5.2.1 El contexto histórico tecnológico.

5.2.2 Las Exposiciones Universales en el Nuevo Siglo.

5.2.2.1 El Travel Building de la Exposición de Chicago 1933. Características estructurales y aportaciones históricas.

5.2.2.2 El renacer del esplendor estructural en la Exposición Universal de Bruselas 1958.

5.2.2.3 El New York State Pavilion de la Exposición de New York 1964.

5.2.2.4 El Seattle Center Coliseum de la Exposición Universal de Seattle 1962.

5.2.2.5 El Pabellón de la R.F.A. en la Exposición Universal de Montreal 1967. Frei Otto: la utopía y la innovación formal a través de las autoformas naturales.

5.2.2.6 La influencia histórica del cambio de orientación propiciado por Frei Otto en la Exposición Universal.

5.2.2.7 Otras estructuras de las Exposiciones Universales con relevancia histórica.

5.2.2.8 La aportación de las Exposiciones Universales a la historia de las estructuras "diseñadas en tracción".

5.2.2.9 La aportación de las Exposiciones Universales a la historia de las estructuras tensegríticas.

Conclusiones al Capítulo 5.

CAPÍTULO 6

LA EXPLOSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS NEUMÁTICAS.

6.1 El contexto histórico. Desarrollo de las estructuras neumáticas.

6.2 La aportación de las Exposiciones Universales.

6.2.1 La aportación de las Exposiciones Universales previas a la de Osaka 1970.

6.2.2 Osaka 1970: La Exposición Universal como escenario de grandes hitos estructurales neumáticos.

6.2.3 Osaka 1970: La Exposición como exponente de la singularidad de diseño.

6.2.4 Osaka 1970: La Exposición como conjunto estructural neumático.

6.2.5 Osaka 1970: Proyectos no construidos. La Exposición como catalizador de la imaginación.

6.2.6 Osaka 1970: La Exposición como generador normativo.

6.2.7 Las estructuras neumáticas en las Exposiciones Universales posteriores a Osaka 1970.

Conclusiones al Capítulo 6.

CAPÍTULO 7

MEGAESTRUCTURAS ESPACIALES.

7.1 El contexto histórico. Desarrollo de las estructuras espaciales.

7.2 La aportación de las Exposiciones.

7.2.1 Mallas espaciales y falsas tensegridades

7.2.2 Megaestructuras espaciales: entre la utopía y la realidad.

Conclusiones al Capítulo 7.

CAPÍTULO 8

LA MADERA EN TRES MOMENTOS CLAVE.

8.1 El contexto histórico. Desarrollo de las estructuras de madera.

8.2 La aportación de las Exposiciones Universales.

Conclusiones al Capítulo 8.

○ CONCLUSIONES GENERALES

○ PERSPECTIVAS DE DESARROLLO

○ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RESUMEN DEL CONTENIDO

OBJETIVO E INTERÉS DEL ESTUDIO

Ante la ausencia de un trabajo que trate el tema de las Exposiciones Universales desde el punto de vista de la estructura de sus edificios, de una manera global, sistemática e interrelacionada, **se planteó este trabajo de tesis con el objetivo último de analizar la aportación que han supuesto las estructuras de los edificios construidos con motivo de las Exposiciones Universales a la historia de las tipologías estructurales arquitectónicas. Nos propusimos determinar cuáles fueron estas aportaciones, en que campos se produjeron y su trascendencia histórica.** Creemos además, que la destrucción de la práctica totalidad de los edificios construidos con motivo de las Exposiciones Universales constituye otro factor que justifica la plasmación en un texto único de la aportación histórica de los mismos. La tesis abarca el período histórico comprendido entre la primera Exposición Universal, celebrada en 1851, y el año 2000. Hemos de aclarar que no se han tratado las Exposiciones Universales realizadas más allá del año 2000 por una cuestión de perspectiva histórica, entendida ésta como el resguardo de un período temporal que permita verificar las consecuencias de un determinado acontecimiento y, por tanto, otorgarle una determinada valoración histórica.

El intervalo cronológico en el que se desarrollan las Exposiciones Universales constituye un período de gran fecundidad estructural. Desde la primera, celebrada en 1851 hasta la actualidad, las Exposiciones Universales han sido testigos de importantes desarrollos en el ámbito de las estructuras: el desarrollo de la ingeniería del hierro en el S.XIX, la invención del hormigón armado, la aparición de la madera laminada encolada, el desarrollo y enorme difusión de las mallas espaciales, el nacimiento de las redes de cables y de las membranas textiles o el desarrollo y ocaso de las estructuras neumáticas. Como consecuencia, en las Exposiciones podemos encontrar edificios paradigmáticos de la historia de la arquitectura cuya estructura constituye un elemento fundamental de su gestación.

La competencia tanto de las naciones como de las empresas privadas por mostrar su poder económico y tecnológico dio lugar a una escalada en la que en cada Exposición se pretendía superar los logros estructurales en cuanto a innovación tipológica y luces alcanzadas en la anterior. El detonante de esta escalada de superación será el primer edificio construido con motivo de una Exposición Universal, el Crystal Palace de Londres 1851 [Fig 1]. Otros acontecimientos históricos como la Guerra Fría catalizarán este proceso. En particular, la carrera espacial ha dado también como resultado edificios con marcado carácter estructural que, desde nuestro punto de vista, han evocado la utopía del asentamiento humano en otros mundos mediante atmósferas controladas. Ejemplifican este extremo la cúpula geodésica del Pabellón de Estados Unidos en la Exposición Universal de Montreal 1967 (Buckminster Fuller) [Fig 2] así como la bóveda neumática de perfil bajo del Pabellón de Estados Unidos en la Exposición Universal de Osaka 1970 (David Geiger) [Fig 3]. En este sentido, podemos observar como en las Exposiciones Universales se han construido tipologías estructurales tales como las neumáticas o las cúpulas geodésicas que, aunque en el panorama arquitectónico actual apenas tienen presencia, sí que han materializado y, en ocasiones, simbolizado la realidad

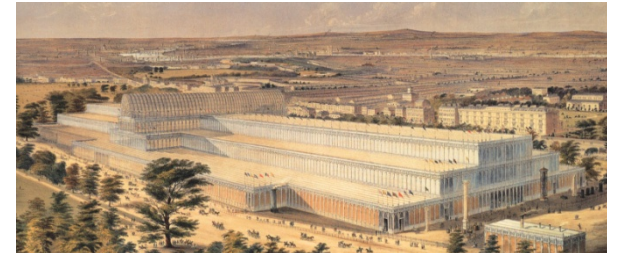


FIG. 1. Crystal Palace. Londres 1851.
FIG. 2. Pabellón USA. Montreal 1967.
FIG. 3. Pabellón USA. Osaka 1970.

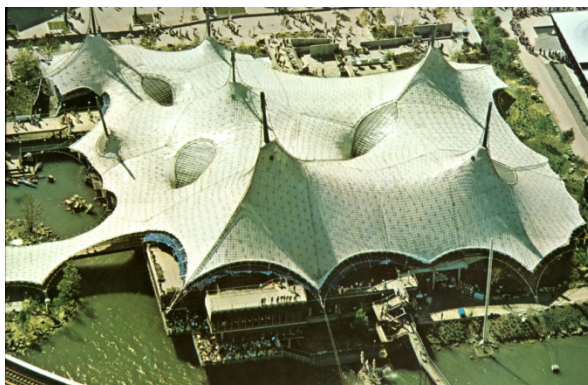


FIG. 4. Pabellón Alemán. Montreal 1967.

FIG. 5. Pabellón Fuji. Osaka 1970.

FIG. 6. Pabellón de Venezuela. Sevilla 1992.

social de una época de optimismo energético o de apogeo de la exploración espacial, conectando las Exposiciones Universales y las estructuras de sus edificios con el devenir de los acontecimientos históricos generales.

El **carácter universal** de estos acontecimientos como exponente de la difusión de las novedades estructurales se ha materializado mediante la visita de millones de personas y mediante la publicación en revistas especializadas de las realizaciones y, en ocasiones, de las propuestas presentadas a los distintos concursos.

La **temporalidad** es otro aspecto que, sin duda, ha influido en el enorme interés arquitectónico de estos acontecimientos. Este factor implica que se han podido soslayar en parte normativas, así como obviar, en gran medida, aspectos como la durabilidad. Un claro ejemplo de este extremo son aquellos primeros pabellones realizados mediante materiales textiles cuya vida útil no era todavía bien conocida. En este sentido, algunos de los edificios que se han conservado durante más tiempo nos han dado la oportunidad de observar su durabilidad y las patologías asociadas a la tipología estructural utilizada. Otra cuestión relacionada con este aspecto es el relativo al desmontaje y posterior montaje del pabellón de exposición en otro lugar. Esto constituye, en principio, una cuestión muy vinculada conceptualmente con la Exposición Universal. Sin embargo, a pesar de que a lo largo de la historia un numeroso grupo de pabellones fue construido con criterios de desmontabilidad, la realidad es que de los ejemplos más destacados estructuralmente, objeto de nuestro estudio, resultan escasos aquellos que finalmente fueron desmontados y reconstruidos en otro lugar. Valga como ejemplo el Pabellón Alemán de la Exposición Universal de Montreal 1967 (Frei Otto) [Fig 4] que jamás regresó a Alemania; tras nueve años, una parte colapsó debido a una nevada y fue desmantelado. De las numerosas estructuras neumáticas construidas en Osaka 1970 no tenemos noticia de su posterior presurizado en otro lugar [Fig 5]. Otro caso paradigmático lo constituye el Pabellón desplegable de Venezuela de la Exposición

Universal de Sevilla 1992 [Fig 6] y que, a pesar de ser relegado y devuelto a su país de origen, hasta la actualidad no se ha vuelto a desplegar. Lo anterior nos lleva a concluir como, en el ámbito de las Exposiciones Universales, en numerosas ocasiones ha primado más la imagen de vanguardia tecnológica que el uso racional de todas las potencialidades inherentes a la tipología estructural utilizada. Bien es cierto que unos pocos edificios fueron construidos con carácter permanente. Otros fueron consumidos por las llamas, mostrando en épocas tempranas la notable pérdida de resistencia del hierro y del acero a temperaturas elevadas. En todo caso observamos como, por uno u otro motivo, la temporalidad se ha impuesto inexorablemente. En este sentido, resulta significativo, que la única gran estructura del S.XIX vinculada a las Exposiciones que sigue en pie es la Torre Eiffel, tras la lucha de su autor por evitar la demolición y su posterior elevación a la categoría de símbolo.

Los **concursos proyectuales** convocados para las distintas Exposiciones también han tenido una enorme influencia en la innovación arquitectónico-estructural. Este hecho permitió realizar nuevas materializaciones de investigaciones previas (como en el caso de Eiffel, que ya contaba con la tecnología desarrollada en sus puentes para construir la Torre; o de Fuller, con una larga trayectoria de investigación y realizaciones en el campo de las estructuras geodésicas previa a la construcción del Pabellón de los Estados Unidos en Montreal 1967); también permitió materializar aplicaciones pioneras de patentes; construir tipos estructurales primigenios o, incluso, permitir construir a individuos que no contaban con el desarrollo tecnológico previo completo para materializar su idea; tal es el caso de Paxton con el Crystal Palace londinense o incluso de las Galerías de Máquinas Parisinas del S.XIX [Fig 7] [Fig 8] que, como consta en el capitulo de la tesis y sus conclusiones parciales, fueron perfeccionando y solucionando las patologías derivadas de los movimientos térmicos inherentes a las grandes estructuras metálicas mediante un proceso de prueba y error. En este sentido hemos reflexionado también sobre la dificultad que ha entrañado en determinadas épocas la transmisión del conocimiento

adquirido en la construcción de un edificio a otras experiencias edificatorias, que no siempre se ha realizado de una manera continua y lineal, existiendo avances y retrocesos, dando lugar, en ocasiones, a las patologías repetitivas que han quedado plasmadas en el capitulado. Este último extremo resulta de enorme trascendencia pues nos lleva a concluir que las Exposiciones Universales han funcionado, en determinadas ocasiones, como motor de arranque de la tecnología y la industria.

La **publicación** de las numerosas propuestas presentadas a concurso y no construidas, con un gran protagonismo estructural en su formalización arquitectónica posibilitaría su conocimiento por los arquitectos de cada época, constituyendo un elemento impulsor de la creatividad.

La concepción del **edificio como símbolo** ha sido otro elemento de carácter proyectual que, sin duda, ha influido en la singularidad estructural de los pabellones de las Exposiciones Universales. Se trata del pabellón como contenedor carente de un programa especialmente rígido, lo que revertiría en una gran libertad proyectual y experimental. En este sentido, incluso se han llegado a erigir estructuras sin un fin concreto; valga como ejemplo paradigmático la Torre Eiffel, cuya única finalidad era la de establecer un nuevo record de altura.

Otro elemento que ha influido es la aparición de **corrientes arquitectónicas pseudoutópicas** de carácter hipertecnológico durante el período estudiado que han tenido en las Exposiciones Universales un campo experimental perfecto para materializar unas propuestas ubicadas entre la utopía y la realidad. De esta manera, los pabellones de las Exposiciones Universales no solo han aportado aspectos relevantes en cuanto a la innovación técnica sino que también han constituido vehículos de materialización de estas corrientes arquitectónicas pseudoutópicas basadas en la exaltación tecnológico-estructural. En este sentido, las Exposiciones Universales han constituido elementos de materialización de dichas corrientes así como elementos de retroalimentación de las mismas.

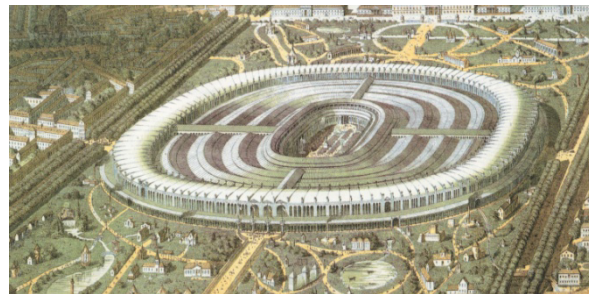
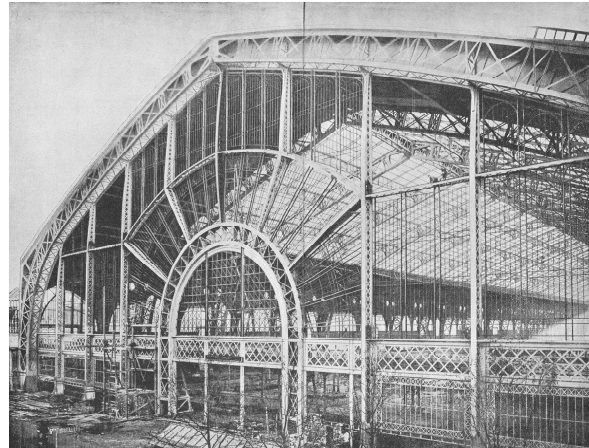


FIG. 7. Galería de las Máquinas. París 1889.
FIG. 8. Galería de las Máquinas. París 1867.
FIG. 9. Teatro Flotante. Osaka 1970.

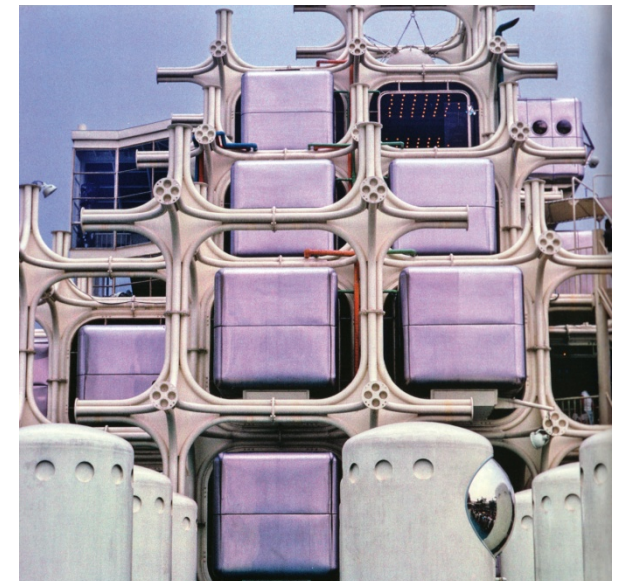


FIG. 10. Festival Plaza. Osaka 1970.
FIG. 11. Takara Beautilion. Osaka 1970.

Valgan como ejemplos la Festival Plaza (Kenzo Tange, Yoshikatsu Tsuboi) [Fig 10] o el Takara Beaulion (Kisho Kurokawa) [Fig 11].

En otras ocasiones, el pabellón constituye una **innovación tipológica** estructural de tal calibre que éste se eleva a la categoría de icono, dando lugar a numerosas y destacadas secuelas que, a caballo del progreso tecnológico, van superando al edificio inicial de referencia. Valga como ejemplo la bóveda neumática de perfil bajo de la Exposición Universal de Osaka 1970, realizada por David Geiger.

La **originalidad arquitectónico-estructural** alcanzada en la gestación de determinados pabellones ha propiciado que resulte verdaderamente difícil localizar antecedentes y consecuencias de los mismos que no resulten forzadas. Constituye un ejemplo, el Teatro Flotante neumático de la Exposición de Osaka 1970 de Mamoru Kawaguchi y Yutaka Murata [Fig 9], realizado mediante combinación de elementos presurizados positiva y negativamente.

METODOLOGÍA Y ESTRUCTURA DE LA TESIS

No nos resulta ajeno que, a priori, cualquier conocedor de la historia de la arquitectura sabe que con motivo de las Exposiciones Universales se han construido un número de edificios cuyas estructuras han resultado novedosas. De esta intuición, nació la idea de este trabajo de tesis. No obstante, es sabido que una intuición puede ser una semilla para la ciencia pero la ciencia en sí misma es aquello demostrable, en el caso del trabajo que se presenta aquello demostrable documentalmente. Por tanto, para el cometido de esta tarea, resultó imprescindible contextualizar documentalmente cada uno de los edificios tratados en su presente histórico, relacionándolo con los edificios antecedentes y con sus posibles secuelas. Solamente así pudimos determinar su grado de aportación histórica. En este sentido, y en aras de obrar con la máxima fiabilidad documental, siempre se procuró que las fuentes consultadas fueran contemporáneas a los edificios tratados, fueran escritas por los propios autores o colaboradores del proyecto, se trate de informes oficiales, o bien, tuvieran una autoría de prestigio. El mismo criterio se observó a la hora de reproducir citas o de seleccionar material gráfico. Respecto a esto último siempre hemos procurado que dicho material tenga la máxima calidad posible. En este sentido, hemos de decir que se han manejado más de trescientas referencias bibliográficas procedentes de numerosas bibliotecas del mundo. Constituyen algunos ejemplos: British Library, Biblioteca Nacional de Francia, Biblioteca Sainte Genevieve, Library of Congress, Library of the University of Michigan, University of California Berkeley Libraries, National Gallery of Canada Library, Universitetsbibliotek i Oslo, Queen Elizabeth II Library Canada, Bibliothèque Universitaire de Sciences de Grenoble, Columbia University Libraries, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Illinois Institute of Technology, Smithsonian Institution Libraries, Universitätsbibliothek Hamburg, University of Pittsburgh Libraries, Seattle Public Library, Biblioteca Nacional

Vittorio Emanuele III, University of Toronto Library, Harvard College Library, National Library of Australia; así como numerosas bibliotecas españolas tales como la Biblioteca Nacional de España, Biblioteca del CSIC, Biblioteca de la Universidad Politécnica de Cataluña, Biblioteca de la Universidad Politécnica de Madrid, entre otras. Por otra parte he de decir que hemos tratado con suma cautela la utilización de recursos procedentes de Internet, limitándonos fundamentalmente a la consulta de páginas oficiales.

En definitiva, la tesis que presento, por sus características, ha requerido recabar gran cantidad de información bibliográfica. Dicha información se encuentra en un estado de enorme dispersión geográfica, lo que ha precisado un esfuerzo de búsqueda, reunión, ordenación, traducción y, lo que resulta más importante, de estructuración e interrelación informativa en aras de poder obtener conclusiones. En este sentido, la búsqueda de información y la escritura del trabajo no se han realizado en dos procesos separados en el tiempo, sino que se ha procedido de manera enlazada. En un primer acercamiento al tema se escribió un borrador ordenado cronológicamente por Exposiciones. Esto constituyó la base del trabajo que nos permitió observar gran parte de los edificios e ir intuyendo su interés. Posteriormente se realizó la estructura capitular actual que procura una agrupación de los edificios en base, fundamentalmente a tipologías estructurales o materiales estructurales, por ser en estos dos ámbitos en los que fuimos observando que se producían las aportaciones más relevantes. Dicha estructura permite una interrelación entre edificios de la misma tipología o material, contextualizando cada uno de ellos mediante el establecimiento de sus antecedentes y consecuencias y, por tanto, mediante su engranaje en el contexto tecnológico y arquitectónico de la época. Solamente mediante la contextualización, en nuestra opinión, se puede determinar el alcance de las aportaciones de los edificios construidos en las Exposiciones Universales y extraer conclusiones al respecto. Lógicamente, la contextualización abarca la interrelación de los Edificios construidos con motivo de las Exposiciones

Universales con edificios ajenos a las mismas, por lo que las referencias a éstos resultan numerosas a lo largo del trabajo. En definitiva, mediante esta estructura capitular se realizaría una mayor profundización en la configuración estructural de los edificios, buscando y relacionando informaciones, contextualizando edificios, eliminando aquellos que no considerábamos relevantes, agrupando aquellos que creíamos relacionados, poniendo de manifiesto las aportaciones estructurales, los antecedentes y las secuelas ajenos a las Exposiciones de cada uno y, en definitiva, extrayendo las conclusiones parciales que se incluyen al final de cada capítulo. En este sentido, hemos de decir que son estas conclusiones parciales las más relevantes de la investigación por ahondar profundamente en cada tema concreto.

Resulta necesario aclarar que la tesis se concentra fundamentalmente en los aspectos concernientes a los conceptos de diseño estructural, más que en los métodos de análisis y dimensionado. Por otra parte, hay que decir que el trabajo no ha pretendido ser una recopilación de todos los edificios construidos en las Exposiciones Universales. Parte de la dificultad del mismo ha estribado precisamente en seleccionar aquellos cuyas aportaciones han resultado en mayor o menor medida relevantes para la historia de los sistemas estructurales arquitectónicos lo cual se determinó, reiteramos, mediante su contextualización histórica. En este sentido también ha resultado importante en nuestro cometido que el trabajo no sea una sucesión de descripciones de edificios sino que, en la medida de lo posible, exista en cada capítulo estudiado un hilo conductor histórico materializado mediante la relación con otros edificios ajenos a las Exposiciones Universales. Siendo, como se ha expuesto, el objetivo del trabajo determinar en que medida las Exposiciones Universales han aportado elementos relevantes a la historia de los sistemas estructurales arquitectónicos, en ocasiones, nos hemos encontrado también en nuestro camino de estudio documental con algunos elementos que suponen otras aportaciones puntuales. Estas otras aportaciones, que también hemos puesto de manifiesto, consisten en la detección de incorrecciones históricas admitidas en

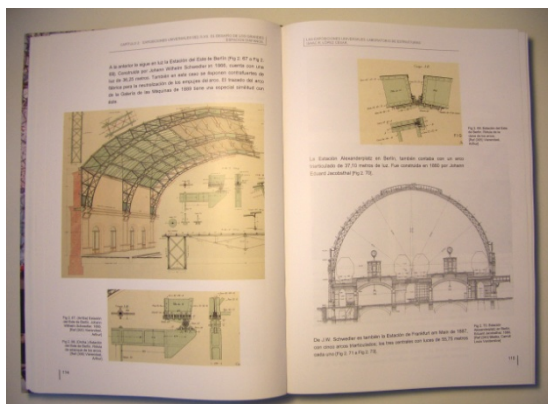
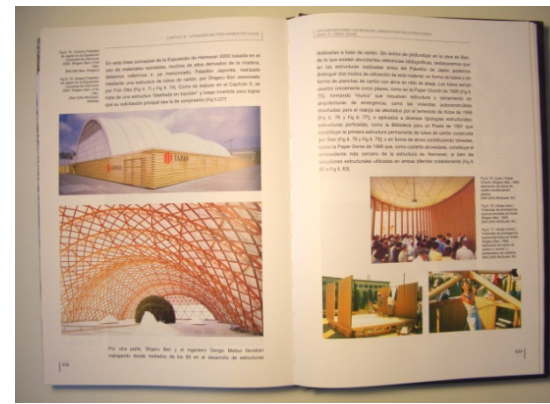
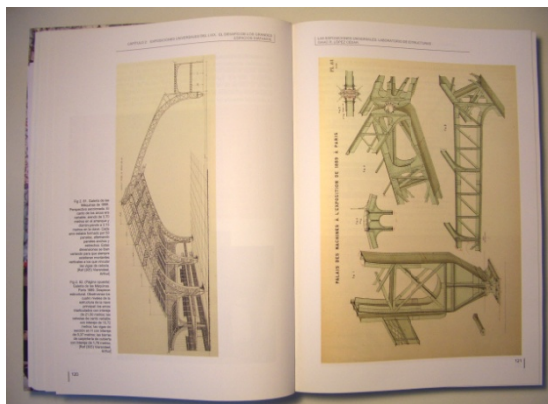
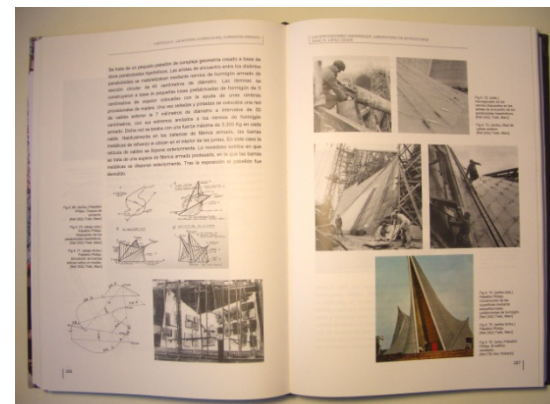
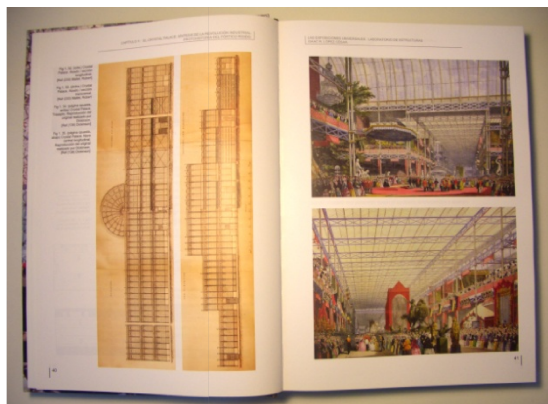
publicaciones relevantes, generalmente en libros de historia general de la arquitectura.

Sin perder de vista el objetivo último del trabajo y, a pesar de que, como se ha expuesto, el desarrollo capilar no se estructura necesariamente en sucesión cronológica, el lector puede distinguir dos partes o maneras en la elaboración del mismo:

-La primera, que corresponde a la etapa más antigua de las Exposiciones Universales y que alcanza aproximadamente hasta mediados del S.XX, en la que se da más importancia a las descripciones más o menos pormenorizadas y a la aportación de material gráfico de los edificios tratados.

-La segunda, correspondiente a la etapa contemporánea en la que esta información pierde peso.

Esto es así porque en la primera etapa se aportan descripciones y material gráfico, en ocasiones inédito en publicaciones contemporáneas, disperso y que muchas veces tiene su origen en revistas de arquitectura e ingeniería antiguas cuyo contenido no está vaciado en bases de datos y, por tanto, resultan de difícil localización. También, en ocasiones, conseguir el préstamo de estas publicaciones o reproducciones de calidad por parte de las bibliotecas de origen nos ha resultado difícil debido a la antigüedad de los documentos. Por estas razones nos ha parecido interesante incluir parte de este material que, junto con la bibliografía de procedencia, puede servir para investigaciones futuras. En la segunda parte del trabajo, que corresponde a edificios construidos aproximadamente a partir de la segunda mitad del S.XX no hemos entrado en descripciones tan exhaustivas, ni en la aportación de gran cantidad de material gráfico dado que, en la mayoría de los casos, se trata de edificios que han sido profusamente documentados y dicha documentación resulta fácilmente accesible.



CONVERSIÓN EN LIBRO

Antes de enumerar las operaciones necesarias para convertir esta tesis en un libro quisiera manifestar cuáles creo que son las razones para que merezca la pena realizar esta transformación.

La historia de la arquitectura moderna desde el punto de vista de la estructura que soporta sus edificios no cuenta con manuales completos en castellano e incluso resulta muy escasa la historiografía en inglés. Fundamentalmente, lo existente al respecto es material disperso como artículos de revista que tratan sobre la historia de un único material, un único edificio o una tipología estructural concreta y también libros con un enfoque numérico (de cálculo) dirigido a un público superespecializado y que incluyen un primer capítulo a modo de introducción histórica a los aspectos que van a desarrollar.

La contextualización mediante la continua referencia a numerosos antecedentes y secuelas de los edificios contruidos en Las Exposiciones Universales da una amplitud al tema que **hacen de la tesis una verdadera historia de las estructuras arquitectónicas modernas usando como original hilo conductor estos acontecimientos.**

También resulta ventajoso el amplio abanico de público al que va dirigido, aspecto poco frecuente en una obra de carácter científico. Si bien es cierto que resulta preciso tener unos conocimientos de tecnología arquitectónica para su buen entendimiento, no es menos cierto que estos conocimientos han de ser básicos. El trabajo resulta plenamente inteligible para todo aquel que conozca el significado de conceptos

como rótula, tracción, arco triarticulado, empuje, cercha, acción eólica o dilatación.

Por otra parte, no existe libro publicado en idioma alguno que analice la enorme aportación que han supuesto las Exposiciones Universales a la Historia de la arquitectura moderna en su vertiente estructural.

Se trata, en definitiva, de un trabajo, en el que además de obtener conclusiones y aportar una visión personal del tema, es susceptible de convertirse en un libro de historia que bien puede complementar la historiografía de la arquitectura y la construcción, pudiendo llegar a ser una publicación de referencia en el ámbito de la historia de la arquitectura de los S.XIX y XX.

OPERACIONES PARA LA CONVERSIÓN EN LIBRO

La tesis se estructura en un único volumen que tiene 693 páginas, de las cuales 40 son de bibliografía. No contiene anejos.

En principio, consideramos que la estructura capitular resulta adecuada ya que, en cada capítulo, existe un hilo conductor narrativo.

Se ha buscado que el estilo lingüístico utilizado resulte claro y didáctico por lo que entendemos que no precisa transformación significativa.

No obstante, de la observación de los criterios editoriales utilizados en las publicaciones de la colección *Arquitesis* entendemos que la extensión del trabajo resulta excesiva. Por esta razón, sería necesario acortarlo, buscando siempre no perder el valor de conjunto de un trabajo de carácter histórico. En este sentido, al margen de las indicaciones de la Editorial, las transformaciones propuestas son:

-Compactación de la bibliografía.

-Eliminación de los apartados de metodología, estado del arte y perspectivas de desarrollo.

-Eliminación de las conclusiones parciales a cada capítulo, ya que éstas quedan implícitas con la lectura de cada uno de ellos.

-En la parte más antigua de la tesis existen pasajes excesivamente descriptivos que se han considerado importantes ya que se trata de información inédita en publicaciones contemporáneas y de interés para futuras investigaciones. No obstante, creo que carecen de sentido en un libro, puesto que cortan el fluir natural de la narración, por lo que deberían ser reconsiderados.

-Las imágenes juegan un papel fundamental en el trabajo, y, a pesar de que se habían obtenido bastantes más, se ha tratado de insertar aquellas fundamentales para no hacer del texto una monografía de cada edificio. No obstante podría ser reconsiderado su número, así como el tamaño de las mismas.