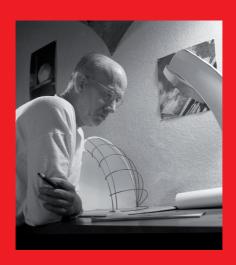
# MUSEO EDUARDO TORROJA



"Antes y por encima de todo cálculo está la idea, moldeadora del material en forma resistente, para cumplir su misión..

A esta idea va dedicado este libro."

Eduardo Torroja 1957 Razón y Ser de los Tipos Estructurales



#### FUNDACIÓN EDUARDO TORROJA

Edición y Diseño: Pepa Cassinello

Dibujo: "Una Idea en Movimento" Carmen Pinart Logo Museo: "Curva en Equilibrio" Cira Ascanio Esma

Dibujos Museo: Enrique Ramírez

Maquetación: Paula Giner Coordinadora, David Mencias y Enrique Ramírez

© textos sus autores

© imágenes, archivos del CEDEX, Instituto Eduardo Torroja y de sus autores

ISBN: 978-84-941820-1-3

Depósito Legal nº: M-31253-2016

Impresión: DAYTON S.A. 2016 Madrid. España





Una Idea en Movimiento Carmen Pinart 2016

#### **INDICE**

Presen	tación
	José Antonio Torroja Cavanillas
	Presidente Fundación Eduardo Torroja
•••••	
Patron	ato Fundación Eduardo Torroja
	p. 8
Proyec	eto Museístico
•	Pepa Cassinello
	Comisaria
	Directora Gerente
	Fundación Eduardo Torroja
	p. 9
T TL:	: ( D 4:
Obicac	ión y Destino p. 11
Organi	ización Espacial y Lenguaje Expositivo
Conto	
	p. 14
	p. 14
SALA 1	l - S1
	p. 15
	Eduardo Torroja
	Cimentación del Puente de Sancti Petri p. 20
	Ciudad Universitaria
	Viaducto Quince Ojos
	Viaducto del Aire
	Hipódromo de la Zarzuela
	Restauración de impouromo de la Zarzuela p. 32

#### SALA 2 - S2

0.12.1	52
	p. 35
	Acueducto de Tempul
	Mercado de Algecirasp. 38
	Frontón de Recoletos p. 41
	Acueducto de Alloz p. 44
	Puente de Tordera p. 48
	Puente del Pedrido p. 50
	Viaducto Martín Gil - Arco del Esla
	Hangares p. 54
	Campo de Fútbol de Las Corts
	Capilla Abierta Sancti Spirit p. 60
	Iglesia de Pont de Suert p. 64
	Depósito de Fedalap. 66
	Presa de Canelles
SALA 3	- S3
	p. 71
	Instituto Eduardo Torrojap. 72
	Elementos Singulares del Instituto
	Asociación Internacional de Estructuras Laminaresp. 86
	Costilla Laminar. Monumento al Hormigón y al Acerop. 90
Crédite	OS
	p. 94
	•
AGRADE	CIMIENTOS
	p. 95
	1

Una de las finalidades de la Fundación Eduardo Torroja es la identificación, estudio, conservación y difusión de la documentación existente sobre las diversas facetas de la poliédrica actividad de Eduardo Torroja, autor, junto a los arquitectos C. Arniches y M. Domínguez, del proyecto de este Hipódromo de la Zarzuela que nos cobija, y referente internacional de la ingeniería estructural en la primera mitad del Siglo XX. En este sentido, la Fundación siempre ha considerado que sería de gran interés disponer de un espacio adecuado donde exponer, tanto para estudio del experto como del público en general, lo más significativo de esta actividad. En definitiva, disponer de un local donde instalar el Museo Eduardo Torroja.

Y hoy, este Museo es una realidad, gracias al apoyo y patrocinio de diferentes organismos y empresas: en primer lugar, la propia compañía del Hipódromo de la Zarzuela, cuya Presidenta, Faina Zurita, luchó por vencer las múltiples dificultades que fueron apareciendo, y a cuyo esfuerzo y fe en el proyecto del Museo debemos el que éste sea una realidad; a la Dirección General de Arquitectura y al CEDEX, del Ministerio de Fomento; a la Fundación ACS y la Fundación Rafael del Pino. Así como a la colaboración de la Universidad Politécnica de Madrid, de las Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura y de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, al Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC) y a la Fundación Juanelo Turriano.

El Museo contiene una parte importante de la actividad de Eduardo Torroja, que dificilmente podría cubrir una mayor variedad de actividades: empezó trabajando como ingeniero constructor en una empresa de contratas, y a los pocos años montó su oficina de proyectos, donde desarrolló una labor proyectual que le grangeó, ya en 1936, un enorme reconocimiento internacional; y, desde 1934, dedicó sus esfuerzos a la investigación, desde el actual Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. También desarrolló una intensa labor docente en la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, donde llegó a impartir clases hasta en tres cursos.

El Museo muestra una parte relevante de la obra de Eduardo Torroja a través de Fotografías, documentos, y maquetas de obras que han sido seleccionadas utilizando la propia que hizo el mismo Torroja para su libro "Las Estructuras de Eduardo Torroja" (1958), en un intento de transmitir al visitante el mismo mensaje:

"...Se mencionan aquí solo algunas de mis obras, pero creo que aquellas que se han incluido ejemplarizan lo que perseguía, y lo que finalmente conseguí" Eduardo Torroja, 1958

Es de esperar que, al igual que su libro, este Museo sea capaz de difundir su obra, su manera de pensar y, en definitiva, de mantener vivo el conocimiento de su legado.

José Antonio Torroja Cavanillas Presidente Fundación Eduardo Torroja



#### Patronato

Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (CICCP)

Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España (CSCAE)

Confederación Nacional de la Construcción (CNC)

Agrupación de Fabricantes de Cemento de España (OFICEMEN)

Asociación Española de Fabricantes de Hormigón Preparado (ANEFHOP)

Asociación de Miembros del Instituto Eduardo Torroja (AMIET)

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc)

Fundación Caja Caminos



## Proyecto Museístico

Pepa Cassinello Comisaria Directora Gerente Fundación Eduardo Torroja



#### Comisaria

Pepa Cassinello Arquitecto / Directora-Gerente Fundación Eduardo Torroja

#### Asesores

**José Antonio Torroja** Presidente Fundación Eduardo Torroja

**Rafael Fernández Sánchez** Secretario Fundación Eduardo Torroja

**José Calavera** Presidente de Honor de INTEMAC

Restauración del Hipódromo de la Zarzuela y Adecuación de la Sala del Museo Junquera Arquitectos

#### Ubicación y Destino

Museo Eduardo Torroja esta ubicado bajo la tribuna norte del edificio del Hipódromo de la Zarzuela de Madrid, una de las más icónicas obras de Eduardo Torroja, hito internacional de la historia del desarrollo de las Estructuras Laminares de la Arquitectura Moderna. Privilegiada ubicación en la que el contenido y el continente tienen un mismo autor – Eduardo Torroja-



Fig 1. 1941 Hipódromo de la Zarzuela de Madrid.

Con el fin de mantener activo el Museo y de crear sinergias con las plurales actividades del Hipódromo de la Zarzuela, el Museo no cuenta únicamente con un gran espacio en el que se expone una representativa parte del legado de Eduardo Torroja, sino también una sala de exposiciones temporales en la que se expondrán obras innovadoras de la actual y venidera vanguardia de la ingeniería y la arquitectura españolas, así como otra sala dedicada a la historia de las carreras de caballos en el Hipódromo de la Zarzuela, que en 2016 cumple 75 años desde su apertura en 1941.

Por otra parte, dada la variedad de público asistente a las actividades que hoy alberga el Hipódromo de la Zarzuela, el museo nace con la intención de atraer, no solo a los profesionales de la Arquitectura, la Ingeniería y a los amantes y expertos del mudo del caballo, sino también a los jóvenes y niños que les acompañan. El Museo cuenta también con una pequeña sala de proyecciones audiovisuales que atenderán a estas tres temáticas: Eduardo Torroja, la innovación de la arquitectura y la Ingeniería de la siempre cambiante

vanguardia, y el mundo de las carreras de caballos. Con esta pluralidad de usos y su interrelación, se pretende generar un modelo de Museo activo al servicio de la también plural y cambiante sociedad.

#### Organización Espacial y Lenguaje Expositivo

a marcada linealidad del espacio arquitectónico del museo impone un recorrido lineal que favorece la deseable secuencia continua de los diferentes usos previstos. Con el fin de percibir el museo como un espacio único, y sin embargo diferenciar tamizadamente sus plurales usos, la compartimentación de las salas se ha proyectado abierta, utilizando paneles transversales, que cierran parcialmente la visión de la longitud total del museo y concentran la atención en la temática específica de cada una de las salas.

El espacio del museo queda así definido mediante una gran caja longitudinal de 55 metros de longitud por 5,50 metros de ancho y 2,80 m de alto, en la que el techo y la pared frontal a los accesos son de color negro mientras que el suelo y la pared longitudinal porticada son de color gris. A modo de hitos en el recorrido del museo, los paneles transversales (2,20 m alto) marcan las diferentes salas y usos, y adquieren los colores de la Modernidad coetánea con la obra de Eduardo Torroja; rojo, gris, amarillo, azul y negro. De esta manera, geometría y color adoptan el mismo lenguaje expositivo que, de alguna manera, evoca los famosos lienzos de Mondrian. El mismo que adoptan también las bases de las maquetas de la obra de Eduardo Torroja, así como los cúbicos puff de tela que invaden el museo, y que con diferentes tamaños y colores, sirven de asiento a los visitantes – mayores y pequeños-



Fig 2. Esquema espacial del Museo desde la entrada

El recorrido del museo se inicia por el espacio dedicado a la exposición permanente de la obra de Eduardo Torroja. Esta exposición se ha dividido en tres salas comunicadas visualmente S1, S2 y S3. Seguidamente se ubica la sala de Exposiciones Temporales S4 que sirve de pieza charnela entre la exposición permanente de la obra de Eduardo Torroja y la destinada a la historia de las carreras de caballos S5, y finalmente la sala de proyecciones audiovisuales S6.

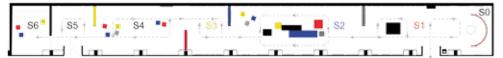


Fig 3. Planta general del Museo

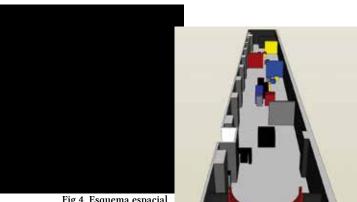


Fig 4. Esquema espacial del Museo desde el fondo

#### CONTENIDO MUSEÍSTICO

#### Exposición permanente / Eduardo Torroja

El poliédrico y extenso legado de Eduardo Torroja no tiene cabida en el espacio arquitectónico del museo, pero tampoco tendría sentido exponerlo en su abrumadora totalidad física ya que la mayor parte de sus archivos (proyectos, escritos, ensayos,...) están al alcance de todos en los fondos documentales digitalizados por el CEDEX, así como en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC).

La "razón de ser" del Museo es contar con un lugar permanente donde se transmitan - de manera concisa y clara- las más relevantes aportaciones realizadas por Eduardo Torroja al progreso del mundo de la construcción de la Arquitectura y la Ingeniería Civil, poniendo de manifiesto las razones por las que se convirtió en un referente internacional y a temporal para profesionales y estudiantes.

Atrapar la mirada del visitante a través de razones convertidas en imágenes y escasas y concisas palabras. Ese ha sido el objetivo del Proyecto Museístico. Con este fin se ha realizado una selección de obras construidas, investigaciones, publicaciones,... que en su mayoría fueron ya elegidas por el propio Eduardo Torroja para sus famosos libros *Razón y ser de los tipos estructurales* (1957) y *Las estructuras de Eduardo Torroja* (1999), publicado por `primera vez en 1958 en Nueva York bajo el título *The Structures of Eduardo Torroja*. También las palabras que acompañan al visitante explicando cada imagen, han sido extraídas de los textos de Eduardo Torroja. Es así el propio autor de la obra quien se dirige al visitante.

"No se mencionan aquí muchas de mis obras, pero creo que aquellas que se han incluido ejemplarizan lo que perseguía, y lo que finalmente conseguí"

Eduardo Torroja, 1958

Las obras seleccionadas se muestran en tres salas consecutivas denominadas; S1, S2 y S3. Su orden responde sensiblemente a su cronología, tipo estructural y uso, ya que la escenografía museística, en ocasiones, salta en el tiempo y el espacio para marcar y destacar algunos hitos, que como el Hipódromo de la Zarzuela ocupan mayores espacios expositivos.

#### SALA - S1

Una gigantesca imagen de Eduardo Torroja, situada frente a la puerta de acceso, es la que recibe y atrapa la primera mirada del visitante. Esta ubicada sobre la única pieza que sobresale de la pared de color negro y 55 metros de longitud que delimita uno de los bordes del museo.

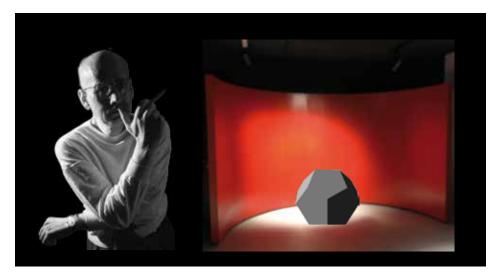


Fig 5. Eduardo Torroja- Muro cilíndrico y Dodecaedro

La escenografía de esta primera sala esta así mismo presidida por grandes figuras geométricas situadas a la derecha de la puerta de acceso, que hacen referencia a la importancia y variedad de formas geométricas puras utilizadas por Eduardo Torroja en la definición de su obra. Se trata de un enorme muro curvo pintado de color rojo. Un fragmento cilíndrico delante del cual aparece un dodecaedro blanco de 1 metro de altura, forma geométrica pura que Eduardo Torroja utilizó para la construcción del silo de carbón de 8 metros de altura del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento (1949-1953). Pieza que a modo de gigantesca

escultura se convirtió en uno de los símbolos del Instituto que hoy lleva su nombre "Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja", perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas, y símbolo también de la Fundación Eduardo Torroja.

Esta sala se destina a presentar la figura de Eduardo Torroja a través de una reseña biográfica y listado de selección de sus obras más destacadas. Ubicándose en ella parte de sus primeras obras, en las que se le da un protagonismo especial al Hipódromo de la Zarzuela, que no solo es una de sus más icónicas obras a nivel internacional, sino que además alberga el museo en su interior.

#### TEMÁTICA Y OBRAS EXPUESTAS

- EDUARDO TORROJA (1899-1961) Breve biografía incluyendo una vitrina con medallas y reconocimientos recibidos a lo largo de su vida.
- 1923-1927 Primeras obras con la empresa Hidrocivil: Cimentación del Puente de Sancti Petri
- 1930-1935 Ciudad Universitaria; Viaducto Quince Ojos, Viaducto del Aire, E. Ciencias,....
- 1934 Hipódromo de la Zarzuela / 2004 Restauración Junquera Arquitectos / ACS





Fig 6. Eduardo Torroja-Escudo de Familia

#### RESEÑA BIOGRÁFICA

Eduardo Torroja Miret (1899-1961) es uno de los más destacados referentes internacionales de la Historia del progreso alcanzado por la construcción Civil y Arquitectónica durante las doradas décadas de la Modernidad. Protagonizó en gran medida la revolución científica y técnica que abrió paso al trepidante desarrollo del hormigón armado y pretensado en la primera mitad del siglo XX. Contribuyó de manera relevante a la evolución de la industria de la construcción, de los Tipos Estructurales y de la nueva Estética declamada por la Modernidad. Alcanzó su fama internacional, no solo a través de su innovadora obra construida, sino también de su poliédrica actividad profesional; proyectista, científico, investigador, gestor y docente.

Nació el 27 de agosto de 1899 en Madrid. Se graduó en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid en el año 1923. 1923-1927 Trabajó en la empresa Hidrocivil, dirigida por José Eugenio Ribera, proyectando sus primeras innovaciones en hormigón armado.

1927 Fundó su oficina particular de proyectos. Se integró como ingeniero proyectista en el Gabinete Técnico de la Ciudad Universitaria de Madrid.

1930 Fundó la empresa Investigaciones de la Construcción S. A., ICON, que bajo su dirección se especializó en el ensayo de modelos como método de análisis del comportamiento estructural. Ello le permitió lanzarse a la realización de importantes estructuras laminares en unos momentos en los que no existían métodos fiables de cálculo para estas estructuras. Fueron famosos los modelos de las cubiertas del Mercado de Algeciras y del Frontón Recoletos, ambos a escala 1:10 y realizados en microhormigón.

1934 Fundó el Instituto de la Construcción y la Edificación (itce)-, con un pequeño grupo de ingenieros y arquitectos; José Mª Aguirre Gonzalo, Alfonso Peña Boeuf, Modesto López Otero, Manuel Sánchez Arcas, Gaspar Blein Zaragoza y José Ángel Petrirena. El itce fue la primera organización creada en España "libremente" por particulares, con el fin de: Investigar, Promover y Divulgar, sobre todos los campos relacionados con la construcción para fomentar el progreso. Años más tarde, en 1939, se integró en el recién creado Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC.

1939 Fue nombrado profesor de la asignatura de "Cálculo de Estructuras". A partir de este momento, su dedicación a la docencia universitaria le acompañará hasta su muerte. A lo largo de los años impartió diferentes asignaturas en la Escuela; Resistencia de Materiales y Elasticidad, Fundamentos de Cálculo y Ejecución de Obras de Hormigón Armado y Pretensado, Cálculo de Estructuras y Tipología Estructural.

1941 Fue nombrado Director del Laboratorio Central de Ensayos de Materiales de Construcción.

1944 Leyó su discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

1945 Fue nombrado Presidente de la recién creada Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais de Materiaux, RILEM. Participó activamente en la creación del Commité Européen du Beton, CEB, en el que, a pesar de su nombre, se integraron los Estados Unidos y Rusia, influyendo decisivamente en la evolución de la normativa técnica europea de las contrucciones de hormigón armado. Fue miembro activo de la Fédération Internationale de la Précontrainte, FIP, fundada por Freyssinet, a quien sustituye como Presidente en 1958. Desde allí, promovió la creación del Comité Mixto FIP-CEB, para conseguir uniformar las normativas del hormigón armado y el pretensado.

1957 Publicó su famoso libro: Razón y Ser de los tipos estructurales, que fue traducido a varios idiomas; inglés, alemán, italiano y japonés.

1959 Cofundador y primer presidente de la International Association for Shell Structures, IASS. Publicó en Estados Unidos su libro: The Structures of Eduardo Torroja, que fue traducido al español en 1999.

Eduardo Torroja murió el 15 de junio de 1961 en su despacho del Instituto que hoy lleva su nombre, dejando una entrañable carta dirigida a sus colaboradores, de la que se deduce que sabía que iba a morir en breve.

La importante labor realizada por Eduardo Torroja Miret fue reconocida a través de diferentes distinciones; Doctor Honoris Causa por la Politécnica de Zürich, la Universidad de Toulouse, la Universidad de Buenos Aires, la Universidad de Lovaina y la Universidad Católica de Chile. Fue Académico correspondiente de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona y de la Academia de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes de Córdoba. Fue nombrado Caballero de la Gran Cruz de Alfonso X el Sabio y Caballero de la Gran Cruz del Mérito Civil. Tras su fallecimiento se le concedió el título de Marqués de Torroja.

Pepa Cassinello

Comisaria





Fig 7. Medalla al Mérito Civil

#### CIMENTACIÓN DEL PUENTE DE SANCTI PETRI

Diseño del Puente: Eduardo Torroja Miret, José Eugenio Ribera Dutaste

Empresa constructora: Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles (HIDROCIVIL)

Localización: Sancti Petri, Cádiz

Fecha: 1926

Longitud del Puente: 144 m; Forma resistente de la Cimentación: Hiperboloide de revolución

Diámetro superior: 7,00 m; Diámetro inferior: 7,60 m; Altura: 8,90 m

no de los primeros trabajos de Eduardo Torroja fueron los cajones de aire comprimido para la cimentación del puente de Santi Petri.

Eduardo Torroja cambió la forma resistente convencional de este tipo de cimentaciones, convirtiéndolas en ligeras estructuras laminares de doble curvatura. De esta manera optimizó; su funcionamiento estructural, puesta en carga, la seguridad de los obreros, y el coste. El cajón laminar con forma de hiperboloide de revolución fue ejecutado con doble pared de fábrica de rasilla armada con un espesor de tan solo 7 cm.

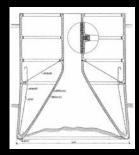
"Con el fin de tener una estructura ligera de poco calado, se escogió para los mismos un diseño circular, de doble pared en forma de hiperboloide de revolución. Esta disposición estructural ofrece notables ventajas. La suave inclinación de la pared exterior disminuye la fricción provocada cuando se sumerge el cajón. Por su parte, la forma de la pared interna evita que el cajón se hunda con demasiada rapidez en suelos cenagosos, con el consiguiente peligro de que la altura disponible en la zona de trabajo, entre el suelo y el techo, sea demasiado pequeña. Los cajones con techos horizontales convencionales presentan a menudo este problema.

Las paredes delgadas de sección transversal circular son las más adecuadas para soportar la presión hidráulica"

Eduardo Torroja, 1958

1926 Cimentación del Puente de Sancti Petri. Cádiz.

Construcción





Sección



#### CIUDAD UNIVERSITARIA

Cabinete Técnico que se formó para la construcción de la Ciudad Universitaria de Madrid, bajo la dirección de Modesto López Otero, colaborando con los arquitectos Agustín Aguirre, Pascual Bravo, Miguel de los Santos, Manuel Sánchez Arcas y Luís Lacasa.

Su intervención no se limitó a los proyectos y obras de ingeniería, sino que intervino de forma magistral en la mayor parte de las edificaciones arquitectónicas, asimilando desde el inicio la nueva estética de la Arquitectura Moderna, integrándola en sus novedosas y originales concepciones estructurales. Prueba de ello son los tres viaductos construidos en 1933 en la Ciudad Universitaria: Viaducto de los Quince Ojos, Viaducto del Aire y Viaducto de los Deportes; el muro de contención del arroyo de Cantarranas (1933), la Central Térmica, o la Estación de Tranvías del Estadio (1934), así como su intervención en las estructuras de las Facultades de Ciencias (1934), Medicina (1934) y Farmacia (1934), la Residencia de Estudiantes (1935), la Central Térmica (1935), o el Hospital Clínico (1935).

1934 Facultad de Ciencias. Ciudad Universitaria. Madrid.







1935 Ciudad Universitaria. Madrid.

Hospital Clínico Arquitecto: Manuel Sánchez Arcas Ingeniero: Eduardo Torroja Miret

Losas de hormigón armado voladas de las terrazas

Estructura lucernario



### VIADUCTO QUINCE OJOS

**Ingeniero**: Eduardo Torroja Miret **Arquitecto**: Modesto López Otero

**Promotor**: Junta de la Ciudad Universitaria (1927-1936)

Empresa constructora: Agromán, S.A.

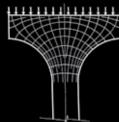
Fechas: 1929-1933 Localización: Madrid

Altura: 22 m Longitud: 84,70 m

El Viaducto Quince Ojos, cuyo nombre inicial fue "Viaducto de Alfonso XIII", esta formado por la secuencia continua de 15 grandes arcos de 7 metros de luz de vano libre, sobre pilas de de sección cuadrada de 1,70 m de lado. Su ancho es de 35 m y cuenta con arcos transversales similares a los que componen su disposición longitudinal. Se trata de un conjunto de unidades estructurales tridimensionales formadas cada una de ellas por un soporte sobre el que descansan 4 ménsulas de extradós plano e intradós en forma de medio arco. Una ingeniosa y estética manera de incluir las juntas de dilatación.

"La gran longitud y rigidez de esta estructura hizo necesario el establecimiento de juntas de dilatación a intervalos frecuentes, procurando que fuesen poco visibles para no perjudicar la estética de la obra. A este fin se decidió, como solución menos perjudicial, situarlas exactamente en las claves de los arcos, ubicación que transformó los arcos en dobles ménsulas".





Isostáticas



#### VIADUCTO DEL AIRE

Ingeniero: Eduardo Torroja Miret Arquitecto: Modesto López Otero Empresa constructora: Agromán, S.A

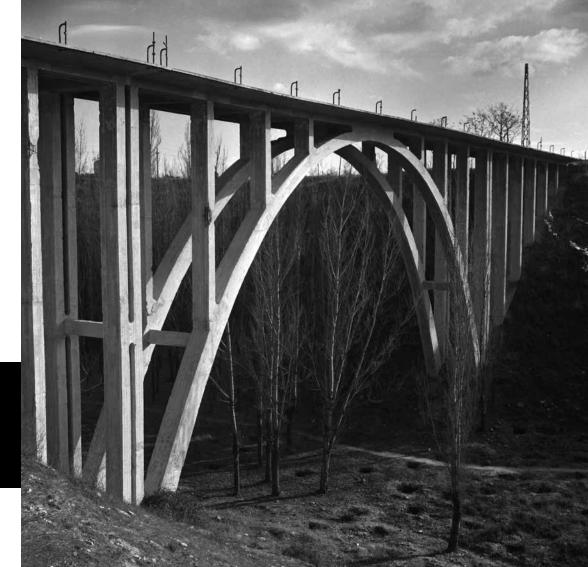
Fecha: 1933

Localización: Ciudad Universitaria. Madrid

El Viaducto del Aire es uno de los proyectos desarrollados por Eduardo Torroja durante su incorporación, como ingeniero, a la oficina técnica de la Ciudad Universitaria de Madrid. Su nombre hace alusión a su esbeltez estructural.

Se trata de un puente en arco de 36 m de luz de vano, con tablero superior, construido en su totalidad en hormigón armado. El arco esta formado por dos arcos gemelos sobre los que apoyan los montantes sobre los que se ejecuta el tablero del viaducto. Eduardo Torroja, con el fin de mejorar el efecto óptico del viaducto, no colocó los montantes con una separación constante sino que fue disminuyéndola a medida que estos se acercan a la clave.

".... constituye un claro ejemplo de las posibilidades técnicas y plásticas que ofrece el empleo de elementos longitudinales de gran esbeltez, propios de una estética lineal y geométrica. El cálculo de esfuerzos del arco se efectuó gráficamente por el método de la elipse de inercia"



#### HIPÓDROMO DE LA ZARZUELA

**Ingeniero**: Eduardo Torroja

Arquitectos: Carlos Arniches Moltó, Martín Domínguez Esteban

Empresa constructora: Agromán, S.A..

Fechas: 1934 (proyecto); 1935 (inicio obra); 1941 (inauguración)

Localización: Madrid

Cubierta Laminar de hormigón armado y tribunas: Eduardo Torroja

**Vuelo**: 12,80 m

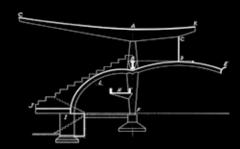
Espesor: 5,00 cm - 14,50 cm

n 1934 el Gabinete Técnico de Accesos y Extrarradio convocó un Concurso para la realización del Hipódromo de la Zarzuela, que fue adjudicado al grupo formado por los arquitectos Carlos Arniches y Martín Domínguez y el ingeniero Eduardo Torroja. Su construcción se inició en el año 1935, pero se paralizó debido a la Guerra Civil española (1936-1939) y no fue inaugurado hasta mayo de 1941.

A nivel internacional, la estructura de hormigón armado de las tribunas y su cubierta laminar es una de las más icónicas de Eduardo Torroja. El Hipódromo de la Zarzuela cuenta con tres tribunas independientes; dos laterales de 60 metros de longitud y una central de 30 m. Se trata de un conjunto de formas resistentes, cuya desnuda Modernidad define, en un solo gesto, la totalidad del espacio arquitectónico de las salas inferiores de apuestas y los graderíos ubicados sobre ellas. Cada tribuna esta definida por pórticos transversales separados 5,00 m, sobre los que se apoyan, a nivel inferior, las bóvedas cilíndricas de intersección –sección en gaviotaque definen la cubierta de las salas de apuestas y que sirven de apoyo a los graderíos exteriores de las tribunas, y a nivel superior, una cubierta laminar que cuenta con un vuelo de 12,80 m. El audaz conjunto de formas resistentes se equilibra mediante un tirante roscado de acero, ubicado en la parte posterior.

Su innovadora y esbelta cubierta laminar cuenta con un espesor variable de tan solo 5 cm en punta y 14,50 cm en el apoyo. Esta formada por una secuencia continua de sectores laminares de doble curvatura y geometría sensiblemente similar a la del hiperboloide. Su específica forma resistente no permitía la aplicación de los sistemas de cálculo existentes en aquellos momentos. Eduardo Torroja realizó cálculos manuales aproximados, y la comprobación del comportamiento estructural de la lámina fue realizada mediante ensayo experimental del modelo de un módulo construido a tamaño real, por la empresa Constructora AGROMAN.

"Me han preguntado en numerosas ocasiones cómo decidí el diseño del Hipódromo de la Zarzuela... Y surge entonces la pregunta: la invención de una forma especialmente adaptada a la resolución de un problema concreto, ¿es estrictamente un proceso de imaginación, o es el resultado de un razonamiento lógico basado en la forma técnica? Yo no creo que sea ninguna de estas dos cosas sino la mezcla de ambas. La imaginación por sí sola no podría llegar hasta un diseño así sin la ayuda de la razón, ni tampoco podría un proceso deductivo, avanzando en etapas sucesivas de perfeccionamiento, haber sido tan lógico y determinante como para conducir inevitablemente hasta ello."



Sección transversal

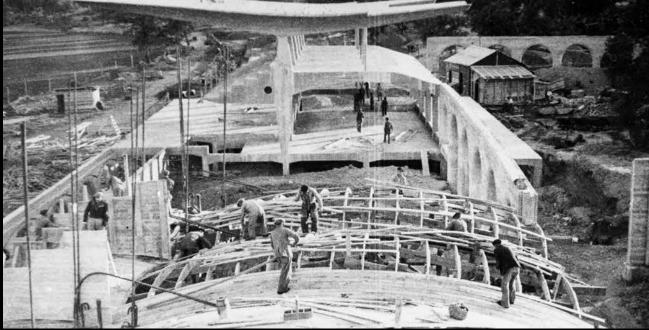


Vista lateral de las tribunas. © S.V. Kaskel

1935 Hipódromo de la Zarzuela

Construcción





1934 Ensayo sobre modelo a escala real realizado por la empresa Agromán











#### RESTAURACIÓN DE HIPÓDROMO DE LA ZARZUELA

**Arquitecto**: Junquera Arquitectos - Jerónimo Junquera García del Diestro

Ingeniero: Leonardo Fernández Troyano (Estructuras), Úrculo Ingenieros (Instalaciones)

Empresa constructora: Dragados, S.A.

Entidades colaboradoras: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja

SIKA España

Fechas: 2004 - 2007 (proyecto) 2008 - 2015 (obra)

Localización: Madrid

**E**n el año 2004, Junquera Arquitectos ganó el Concurso para la Restauración y Rehabilitación del Recinto de Carreras del Hipódromo de la Zarzuela, convocado por la sociedad Hipódromo de la Zarzuela S.A.

Las obras comenzaron en 2008 con la Restauración de las Marquesinas de las Tribunas, deterioradas por el paso del tiempo, y dañadas por el agua y diversas construcciones realizadas en etapas anteriores. A la vez, se fueron ejecutando en el Recinto obras de Prospección constructiva. Eran obras de investigación para descubrir y analizar los valores y sistemas constructivos originales, desvirtuados y perdidos por ampliaciones y modificaciones ejecutadas en el recinto. Esto evidenció daños estructurales importantes que exigieron obras de consolidación y reparación de la estructura.

Una vez completas las obras de reparación estructural, se inició la Restauración y Rehabilitación del conjunto arquitectónico, con el objetivo de recuperar los valores esenciales del proyecto de 1934 de Arniches, Domínguez y Torroja.

El Proyecto de Restauración confió la belleza del futuro Hipódromo a potenciar sus valores originales recuperando los que hubiese perdido. Recuperar para la ciudad el Hipódromo de la Zarzuela con las instalaciones óptimas para las carreras y el deporte hípico, en equilibrio con el uso y disfrute del Monumento.



2004 - 2015 Restauración Hipódromo de la Zarzuela. Junquera Arquitectos

#### **SALA - \$2**

En 1927 Eduardo Torroja abrió en Madrid su propia oficina de proyectos, iniciando una fructífera producción de innovadoras obras, que impulsaron el progreso de la construcción civil y arquitectónica siguiendo siempre los cánones de la recién nacida Modernidad.

Fue sin duda su polifacética actividad – proyectista, investigador, docente, empresario y gestor- la que dotó a Eduardo Torroja de ese poliédrico conocimiento, que unido a su particular sensibilidad creadora le permitieron ser libre para convertir sus ideas en lo que posteriormente David Billington denominó "Arte Estructural".

"Mi objetivo ha sido siempre que los aspectos funcionales, estructurales y estéticos de un proyecto formen una unidad integrada, tanto en esencia como en apariencia"

Eduardo Torroja, 1958

Con el mismo lenguaje expositivo de todo el Museo, la segunda sala de la exposición permanente de Eduardo Torroja esta dedicada a una selección de obras realizadas entre 1927-1957, ordenadas de manera cronológica y tipológica, atendiendo a sus tipos estructurales y diferentes usos. Las obras de ingeniería civil; puentes, presas, acueductos, viaductos,... se sitúan el la pared porticada de color gris, en la que también se ubican las vitrinas horizontales marcadas por espacios barridos con mayor luz, mientras que las obras de usos arquitectónicos; mercados, hangares, estadios, iglesias,... se ubican en la pared longitudinal de color negro.

Marcando la decisión compositiva de convertir el Museo en un espacio presidido por las geometrías puras y los colores de la Modernidad, en el centro de esta sala se sitúa una macla longitudinal de volúmenes que sirve de apoyo a varias maquetas (Mercado de Algeciras, Puente de Tordera, Acueducto de Alloz, Frontón Recoletos, Iglesia de Pont de Suert, Depósito de Fedala, Club Tachira,...) y ordenan el recorrido por la sala.

Obras expuestas: 1927 Acueducto de Tempul, 1935 Mercado de Algeciras, 1936 Frontón Recoletos de Madrid, 1939 Acueducto de Alloz, 1940 Puente de la Tordera, 1940 Puente del Pedrido, 1941 Viaducto Martín Gil, 1942-1945 Hangares de Torrejón y Cuatro Vientos, 1943 Estadio de las Corts. Barcelona, 1953 Capilla abierta del Sancti Espirit, 1954 Iglesia de Pont de Suert, 1956 Depósito de Fedala, 1956 Presa de Canelles.

#### Acueducto de Tempul

Ingenieros: Eduardo Torroja Miret; Francisco Ruiz Martínez

Empresa constructora: Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles (HIDROCIVIL)

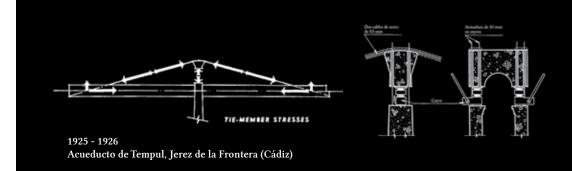
Fecha: 1925 (proyecto/ design).

Localización: Jerez de la Frontera, Cádiz, España

L'duardo Torroja fue pionero en el uso del pretensado. Este acueducto es una de las primeras obras de hormigón pretensado construidas en el mundo.

Esta formado por 11 tramos de vigas de hormigón armado de 20 m de luz y un tramo central tipo "Cantilever" de 57 m. Fue ejecutado con un ingenioso sistema de pretensado. Eduardo Torroja decidió modificar el proyecto inicial, suprimiendo las dos pilas centrales ubicadas en el lecho del río para evitar posibles problemas en sus cimentaciones. Las sustituyó por unos tirantes que pasan por encima de las pilas contiguas, situadas en ambas orillas del río, y que se anclan en los extremos de los tramos contiguos.

"Los tirantes, incluidos sus anclajes, habrían de medir unos 50 m de longitud. En 1926 no se disponía de técnicas de pretensado para tales longitudes, ni se había avanzado lo suficiente en las técnicas de soldadura como para confiar en ellas una estructura de tal envergadura. Decidí utilizar cables trenzados de acero de alta resistencia. De esta manera, los tirantes se podían fabricar fácilmente de una sola pieza. La solución adoptada consistió en apoyarlos en caballetes independientes sobre la cabeza de las pilas, dejando estas separadas de los fustes. De esta forma, una vez hormigonados los tramos con los anclajes de los cables, podían elevarse las cabezas mediante gatos hidráulicos, y con esta elevación se estirarían los cables hasta alcanzar su tensión adecuada de trabajo."





#### MERCADO DE ALGECIRAS

**Ingeniero**: Eduardo Torroja Miret **Arquitecto**: Manuel Sánchez Arcas

Empresa constructora: Ricardo Barredo

Fecha: 1934 - 1935

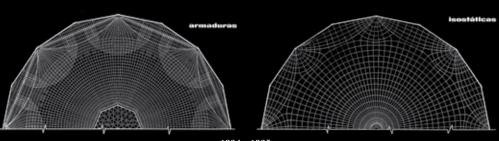
Localización: Plaza de la Palma, Algeciras (Cádiz), España

a cubierta del Mercado de Algeciras fue la primera gran cúpula laminar de hormigón armado construida en España y la de mayor tamaño, de este tipo, realizada en el mundo durante más de 30 años. Una hazaña sin precedentes en la que Eduardo Torroja aportó variadas innovaciones a la incipiente Historia de la "Aventura Laminar de la Arquitectura Moderna". En efecto, aunque pocos años antes se habían construido algunas cúpulas laminares de gran tamaño, como la del Mercado de Basilea proyectada por Franz Dischinger, Eduardo Torroja aportó; una nueva forma resistente de gran luz de vano, ejecutada con un espesor continuo sin nervaduras de canto visto, así como el ingenioso sistema de desencofrado mediante el postensado del zuncho perimetral y una rotunda imagen de Modernidad.

Su planta es octogonal de 18,20 m de lado. La cubierta es una cúpula laminar que salva una luz de vano entre apoyos de 47,76 m, y esta formada por un casquete esférico de 41,20 m de diámetro y 8 pequeñas bóvedas cilíndricas de eje horizontal que, a modo de viseras, definen su borde y apoyan sobre los pilares. Los bordes en arco de estas láminas cilíndricas conducen los esfuerzos de la cubierta hacia los pilares aportando rigidez al conjunto laminar. La lámina es continua no existiendo nervaduras de canto y su espesor es de 9 cm, incrementándose hasta 50 cm en los apoyos. La cúpula laminar cuenta con un lucernario octogonal (10 m – diagonal) situado en su cúspide. Los vidrios están soportados por triángulos prefabricados de hormigón armado.

"... el pilar soporta la componente vertical de la fuerza, mientras que la componente horizontal en sentido radial se ve contrarrestada por un zuncho octogonal periférico formado por 16 redondos de 30 mm. Este zuncho, al estar en tracción, se dilata, mientras que la lámina, al estar comprimida, tiende a contraerse. Por este motivo se decidió colocar tensores de rosca en las barras que constituían el zuncho. La acción de los tensores, tendiendo a acortar las barras, las puso en tracción, y ello provocó las correspondientes reacciones radiales sobre la lámina en sus uniones con los soportes..... la cúpula comprimida inició un ligero levantamiento, despegándose de la cimbra".









1934 - 1935 Mercado de Algeciras

#### FRONTÓN RECOLETOS

**Ingeniero**: Eduardo Torroja Miret **Arquitecto**: Secundino Zuazo Ugalde

Promotor: Nueva Empresa de Frontones, S.A.

Empresa constructora: Huarte y Cia

Fecha: 1935

Localización: Calle Villanueva. Madrid (desaparecida)

El Frontón Recoletos fue una de las más destacadas edificaciones de la Modernidad madrileña, resultado de la admirable colaboración entre el ingeniero Eduardo Torroja y el arquitecto Secundino Zuazo.

Su cubierta laminar de hormigón armado es una de las más innovadoras y singulares de Eduardo Torroja. Lamentablemente sufrió graves daños durante los bombardeos de la Guerra Civil y se desplomó en 1939. Se trataba de una cubierta laminar cilíndrica, de generatrices horizontales, cuya directriz estaba formada por la intersección ortogonal de dos segmentos de circunferencias de diferentes radios; el mayor de 12,20 m y el menor de 6,40 m (sección en gaviota). Era una "viga laminar lobulada" de 55 m de luz libre entre apoyos. Su dimensión transversal era de 32,50 m, De esta manera, la cubierta cubría la totalidad del espacio interior sin apoyos intermedios. Su espesor era continuo de tan solo 8 cm, excepto en la intersección de los lóbulos que era de 16 cm. La luz natural penetraba por dos lucernacios longitudinales que estaban formados por una malla de triángulos equiláteros de 1,40 m de lado.

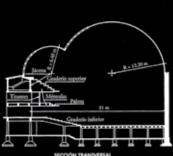
"Debido a la complejidad de los cálculos y al siempre presente riesgo de errores, el trabajo teórico se completó con un ensayo experimental sobre un modelo a escala reducida".



1935 Frontón de Recoletos. Madrid

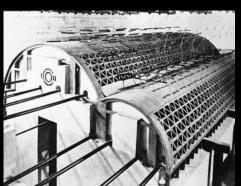


1935 - 1936 Construcción



Ensayo sobre Modelo reducido 1:10 Eduardo Torroja





#### ACUEDUCTO DE ALLOZ

**Ingeniero**: Eduardo Torroja

Empresa constructora: Huarte y Cia

Fecha: 1939 -1942

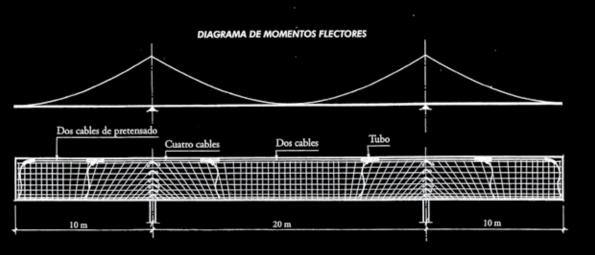
Localización: Camino de Santiago. (Municipio de Ciuraqui) Longitud: 218 m; Canal: 2,75 m/ altura, 15 cm/ espesor

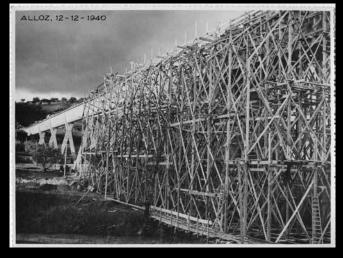
Torroja. Fue realizada con un ingenioso sistema de pretensado no convencional. Está formado por un canal autorresistente de sección en parábola cúbica, que esta pretensado en dos direcciones ortogonales que garantizan su impermeabilidad. El canal se apoya sobre soportes de hormigón en forma de "compás gigante" o de tijera dispuestos cada 20 m. Cada tramo de 40 m, esta formado por una parte central de 20 m y dos vuelos extremos de 10 m cada uno. El pretensado longitudinal se realiza mediante dos cables trenzados situados en los bordes superiores del canal, y el transversal esta formado por barras roscadas aéreas que unen transversalmente estos bordes cada 4 m. El ingenioso sistema de pretensado longitudinal consistió en la colocación de abrazaderas entre cada par de cables, que posteriormente se separaban por medio de un compás metálico y un gato hidráulico. Una vez tesados los cables se procedía a su hormigonado.

Pero no se trata únicamente de una obra pionera en el uso del pretensado. Su atractiva imagen ofrece al peregrino una impactante impronta de desnuda Modernidad en el Camino de Santiago.

"La idea principal en el diseño de este acueducto consistió en eliminar cualquier posibilidad de aparición de fisuras o filtraciones en el parámetro, sometiendo la cara interna de sus paredes a compresión bidireccional."







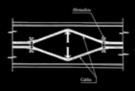
1939 - 1942 Acueducto de Alloz

Construcción

Tesado de los cables con gato hidráulico









Esquema del Acueducto de Alloz

#### PUENTE DE TORDERA

Ingenieros: Eduardo Torroja, César Villalba Granda y Gabriel Andreu Elizaicin

Empresa constructora: Obras Metálicas Electro-Soldadas (OMES); Investigaciones de la

Construcción, S. A. (ICON)

Fechas: 1939 (proyecto); 1939-1944 (construcción) Localización: Carretera General Barcelona-Gerona

duardo Torroja fue pionero en el uso de estructuras mixtas. Proyectó varios puentes mixtos de acero y hormigón armado aprovechando las diferentes características resistentes de estos dos materiales. El primero de ellos fue el Puente de Tordera (1939), que había sido destruido durante la Guerra Civil, quedando tan solo sus pilas en pie. Sobre estas pilas se construyó un nuevo tablero de hormigón armado sobre vigas metálicas elípticas de tres tramos, dos vanos extremos de 45,70 m y un vano central de 54,70 m, situadas bajo el tablero. Las losas de hormigón armado del tablero se conectaron al cordón superior de las vigas metálicas mediante barras soldadas, de tal manera que las losas trabajaran como cabezas de compresión de las vigas.

Los nudos de este Puente fueron objeto de reconocimiento internacional (Suecia)

"Después de probar diversas soluciones, la viga se escogió de forma elíptica a fin de conseguir que la carga – de tracción- fuera suficientemente constante a lo largo de toda la longitud de la cabeza inferior, manteniendo las compresiones en las diagonales lo bastante reducidas como para evitar el pandeo."



1939-1944 Puente de Tordera, Carretera Barcelona-Gerona, España



#### PUENTE DEL PEDRIDO

Ingeniero: Eduardo Torroja Miret, Cesar Villalba Granda

Empresa constructora: Ricardo Barredo S. A.

Fechas: 1939 (Eduardo Torroja - proyecto). 1939-1943 (construcción).

Localización: Ría de Betanzos (La Coruña), España

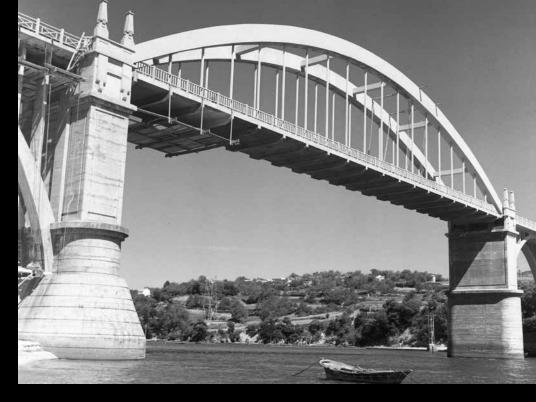
Tipo: Puente en arco

El Puente del Pedrido fue iniciado por el ingeniero Cesar Villalba Granda antes de la Guerra Civil. Se trata de un puente de 520 m de longitud, que cuenta con tres tramos diferentes. El inicio de la Guerra Civil en 1936 paralizó las obras cuando se habían construido únicamente los dos tramos extremos: el primero con un tablero de 340 m apoyado en 10 arcos dobles y el tercero con tablero de 102 metros sobre tres arcos dobles.

En 1939, Eduardo Torroja proyectó el tramo central completando así el puente. Se trata de un tramo central resuelto mediante un innovador arco atirantado de hormigón armado de 78,40 m de luz y 12,50 m de flecha, con dos articulaciones. Está formado por dos nervios principales de canto variable, que cuentan con ancho uniforme en sus arranques. El tablero inferior es un forjado continuo de 3,65 m de luz, que esta suspendido del arco mediante péndolas.

"La armadura principal del arco se proyecta de perfiles laminados soldados y estudiada para permitir el lanzamiento del arco en sus dos mitades desde cada extremo, y una vez unidas ambas partes en la clave, y colocado el tirante, permitir el hormigonado del arco."

Eduardo Torroja, 1940 (Memoria del proyecto)





1939 Puente del Pedrido, La Coruña, España Construcción

#### VIADUCTO MARTÍN GIL - ARCO DEL ESLA

Ingenieros: Francisco Martín Gil; César Villalba Granda; Antonio Salazar Martínez; Eduardo

Torroja Miret

**Promotor**: España, Ministerio de Obras Públicas

Empresas constructoras: Max Jacobson, S.A., Ricardo Barredo, S.A., Esab Ibérica, S.A.,

Investigaciones de la Construcción, S.A. (ICON)

Fecha: 1932 (1º proyecto). 1935 (2º proyecto) . 1939 (3º proyecto) . 1934-1943 (construcción)

Localización: Río Esla, Manzanar del Barco (Zamora), España

Longitud total: 479 m; Altura: 84 m

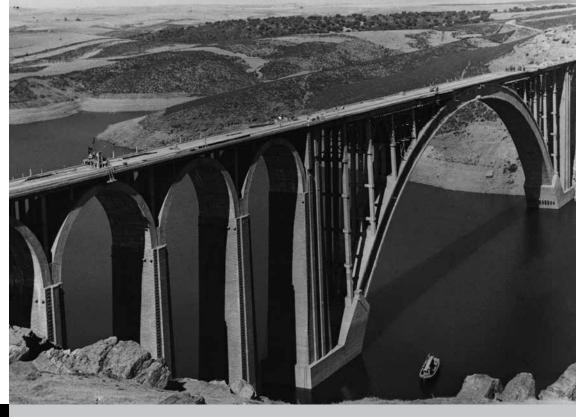
Arco central: 209 m

El Viaducto Martín Gil fue una de las muchas obras interrumpidas con el inicio de la Guerra Civil. En 1939, tras su finalización, Eduardo Torroja construyó el gran arco central de hormigón armado, que fue record de luz de vano con 209 m.

Para optimizar el proceso de construcción y el coste, Eduardo Torroja diseñó una cimbra metálica que quedó embutida dentro de la sección de hormigón del arco, como armadura permanente. Esta cimbra estaba formada por dos cuchillos paralelos arriostrados transversalmente. El hormigonado del gran arco se realizó por capas longitudinales, cada vez de mayor espesor, ya que, al fraguar el hormigón colocado con anterioridad, la cimbra podía soportar mayores esfuerzos.

"Una vez endurecido el hormigón se colocaron gatos hidráulicos en arranques y clave de las cabezas inferiores, para poner en compresión estos cordones y liberar parcialmente a los superiores de las cargas de compresión que, hasta este momento, habían soportado ellos solos."

Eduardo Torroja, 1958







1934 - 1943 Gran Arco del Esla, Manzanar del Barco (Zamora), España

Construcción

#### **HANGARES**

**Ingeniero**: Eduardo Torroja Miret **Arquitecto**: Rafael de la Joya Castro

Empresa constructora: Obras Metálicas Electro-Soldadas (OMES)

Fecha: 1942

Localización: Aeropuerto de Torrejón de Ardoz, Madrid

**Promotor**: Ministerio del Aire

Empresa constructora: Obras Metálicas Electro-Soldadas (OMES)

Fecha: 1946 - 1949

Localización: Real Aero Club de España, Cuatro Vientos (Madrid), España

Intre 1942 y 1949, Eduardo Torroja diseñó y construyó en Madrid tres hangares con grandes cubiertas metálicas, que le fueron adjudicados mediante Concursos Nacionales convocados por el Ministerio del Aire. El primero de ellos fue el del aeropuerto de Torrejón, cuyo modelo se utilizó también para el de del aeropuerto de Barajas. La superficie libre debía ser de 182,88 m x 47,24 m y las puertas de acceso, ubicadas en uno de sus lados de mayor longitud, podían estar divididas por un soporte central situado como máximo a 10 m hacia el interior. Eduardo Torroja diseñó la cubierta con una inclinación ascendente por sus cuatro costados (13°) con el fin de reducir al máximo la presión del viento sobre las paredes laterales. Esta formada por una jácena longitudinal sobre la que apoyan las cerchas transversales arriostradas mediante elementos en X.

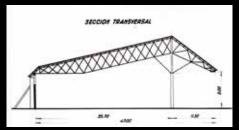
El último y más diferente de estos hangares fue el de Cuatro Vientos. Su cubierta esta formada por arcos metálicos de 35 m de luz, que se cruzan formando una bóveda reticulada de gran rigidez. Los arcos se montaron en el suelo y posteriormente se izaron hasta su posición definitiva. (imagen pág. 56)

"Cada una de las dos mitades de la estructura de cubierta trabaja como una especie de viga triangulada de gran rigidez a pesar de su ligereza"



1942 Hangar en Torrejón de Ardoz (Madrid), España









1946 - 1949 Hangar de Cuatro Vientos, Madrid, España

#### Campo de Fútbol de Las Corts

Ingeniero: Eduardo Torroja Miret Arquitecto: José Mª Sagnier Vidal Promotor: Club de Fútbol Barcelona Empresa constructora: Pubasa

Fecha: 1943-1945

Localización: Barcelona, España

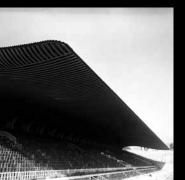
s una innovadora estructura mixta hormigón-acero. Su cubierta metálica vuela 25 m sobre el graderío, y se apoya sobre grandes soportes de hormigón armado. Una vez más, el diseño responde a la continua búsqueda de Eduardo Torroja por elegir, en cada caso específico, no solo la adecuada forma resistente que acompañe a la funcionalidad del espacio, sino también los materiales que optimicen el coste de la estructura.

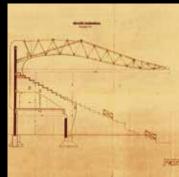
La estructura de la cubierta esta formada por una malla espacial de ménsulas metálicas trianguladas, separadas 5 metros, ancladas a los soportes de hormigón armado por medio de pernos que unen la cabeza superior de la ménsula a la armadura de acero del hormigón. La atractiva forma ondulada de su intradós es el resultado de revestirla con planchas de madera de color anaranjado. La estructura de hormigón armado que soporta la cubierta y graderíos esta ingeniosamente diseñada para reducir su canto, coste e incremento de momento flector. Con este fin Eduardo Torroja partió en dos la luz de 8 metros de las vigas inclinadas de los graderíos por medio de un tirante central.

"No era fácil encontrar materiales o soluciones estructurales alternativas susceptibles de ser empleadas en esta gran cubierta en voladizo, ya que su luz de 25 m sobre las gradas, necesariamente tenía que ser metálica para reducir peso y costes."



1943 - 1945 Estadio de las Corts, Barcelona, España





Prueba de Carga

-----

The same of the sa

Sección

#### CAPILLA ABIERTA SANCTI SPIRIT

**Ingeniero**: Eduardo Torroja

**Promotor**: Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana (E.N.H.E.R.)

Fecha: 1953

Localización: Valle de San Nicolau, Aigües Tortes (Lérida), España (desaparecida)

n un idílico paisaje perdido en las montañas y al borde del río San Nicolau, Eduardo Torroja construyó una pequeña joya de la Modernidad de las Estructuras Laminares, lamentablemente desaparecida. Se trataba de una pequeña capilla abierta a modo de refugio hemisférico. La estructura laminar definía, desde su arranque del suelo, la totalidad del espacio habitable. Semejaba una vela hinchada por el viento.

Su forma resistente era la de una media cúpula, ejecutada en fábrica de ladrillo armada. Solución muy económica en España en aquellos momentos. Resaltaba su original sistema de rigidizar el borde de la cúpula mediante la inclusión de una familia de tirantes tesados, dispuestos de manera radial desde dos puntos fijos.

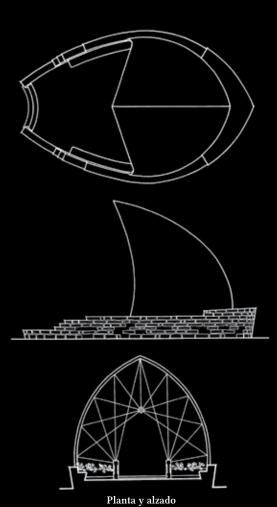
"En el momento presente, no existe ningún método práctico que permita realizar el cálculo de tensiones en láminas de este tipo, si bien este problema no debería ser motivo para descartar su construcción, incluso aun siendo sus dimensiones mayores que las de este pequeño refugio"







Capilla del Sancti Spirit, alzados lateral y frontal



1952 Eduardo Torroja Módulo de Pont de Suert



#### IGLESIA DE PONT DE SUERT

**Ingeniero**: Eduardo Torroja Miret **Arquitecto**: José Rodríguez Mijares

Promotor: Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana (E.N.H.E.R.)

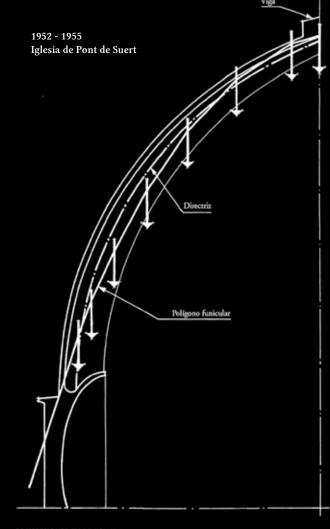
Fecha: 1952 - 1955

Localización: Pont de Suert. LLeida

esde el punto de vista de su concepción espacial, el aspecto más destacable de la cubierta laminar de la iglesia parroquial de Pont de Suert es que no es solamente una cubierta en sí misma, sino que define la totalidad del espacio habitable desde su arranque del suelo. Es la propia estructura la que define la forma geométrica de la iglesia. Un hecho que es también reconocible desde el exterior.

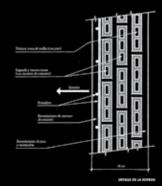
La estructura de la única nave de la iglesia esta formada por la secuencia continua de unos módulos laminares abovedados formados por la unión de un lóbulo abovedado principal (cubierta y pared) y las también abovedadas pequeñas capillas absidiales. El lóbulo adopta la curvatura general de los arcos ojivales, pero con su curvatura transversal variable, más aplanada en la clave. Su forma geométrica esta adaptada a los momentos flectores En la clave de los módulos enfrentados a lo largo de la nave, se ubica una viga de hormigón armado que rigidiza y estabiliza la estructura. Estas bóvedas laminares se ejecutaron con tres roscas de fábrica de rasilla de 3 cm de espesor cada una, colocadas de plano. Al exterior se colocó una fina malla metálica recubierta de mortero de cemento.

"Este tipo de láminas resulta económico y puede adaptarse a cualquier forma que se desee, incluso a curvaturas en constante cambio como evidencian las bóvedas de esta iglesia"









#### Depósito de Fedala

**Ingeniero**: Eduardo Torroja Miret

Colaboradores: Alfredo Páez, Florencio del Pozo

Empresa constructora: F. Fernández, Société marocaine des Entreprises Fernández, Marruecos

Localización: Fedala. Marruecos

Fechas: 1956 (proyecto); 1956-1957 (obra)

l más innovador y atractivo depósito de Eduardo Torroja fue sin duda el de Fedala. Proyectó sus diferentes partes con diferentes formas resistentes y materiales, con el fin de optimizar su funcionamiento estructural, funcionalidad y proceso de construcción.

Por ello, la paredes de la cuba y su fondo están construidas con hormigón armado y pretensado, mientras que su cubierta, dado que no recibe ni peso ni empuje del agua contenida, fue construida con una ligera estructura laminar de fábrica de ladrillo, que no necesita encofrado. El fondo de la cuba es una bóveda tórica de hormigón armado, cuyo anillo exterior esta postensado mediante tensores de rosca, y las paredes adoptan la forma de un hiperboloide de revolución de hormigón postensado según sus generatrices y directrices. La compresión simultánea de estas líneas evita el riesgo de aparición de fisuras. Una ingeniosa y atractiva solución en la que cada elemento adopta la forma resistente y el material más adecuados.

"El principal problema durante el diseño de este depósito, de 3.500 m3 de capacidad, fue encontrar el método de impermeabilización satisfactorio. Por ello, se modificó la forma inicial –un cono truncado- y se optó por un hiperboloide de revolución, postensado a lo largo de las dos familias de líneas rectas típicas en un hiperboloide. Así se conseguía una compresión simultánea en sus generatrices y directrices, y se evitaba el riesgo de aparición de fisuras".

Eduardo Torroja, 1958











1956 - 1957 Depósito de Fedala, Marruecos

Construcción

## Presa de Canelles

Ingenieros: Carlos Benito Hernandez, Eduardo Torroja Miret

Promotor: Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana (E.N.H.E.R.)

Empresa constructora: E.N.H.E.R.

Fecha: 1953-1964

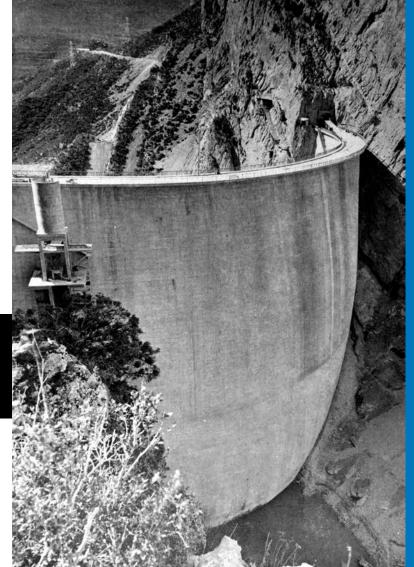
Localización: Río Noguera. Ribagorzana (Lérida)

Longitud: 210 m Altura: 140 m

a Presa de Canelles es una presa en bóveda de hormigón armado de 140 m de altura, que fue record en España. Su forma geométrica cuenta con una curvatura variable tanto horizontal como vertical, que es el resultado del análisis estructural que realizó Eduardo Torroja utilizando varios y sucesivos ensayos sobre modelos reducidos para optimizar su forma resistente. La construcción finalizó en el año 1964, tres años después de la muerte de Eduardo Torroja.

"Se prepararon 17 modelos distintos a escala reducida antes de llegar al diseño definitivo. En cada modelo se iban introduciendo las modificaciones que aconsejaba el ensayo anterior, y así sucesivamente. Los ensayos se dieron por finalizados cuando se obtuvo una forma para la presa con compresiones máximas de 50 kg/cm² y tracciones prácticamente nulas en el paramento de aguas arriba."

Eduardo Torroja, 1958







Ensayos sobre modelos reducidos.

1953 / 1964 Presa de Canelles, Lérida, España

## SALA - S3

La tercera y última sala de la exposición permanente del Museo Eduardo Torroja esta dedicada al hoy conocido como Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja perteneciente al CSIC.

La construcción de su nueva y revolucionaria sede (1949-1953) permitió a Eduardo Torroja desarrollar las relevantes actividades de investigación, difusión y enseñanza que tenía previstas para impulsar el progreso de la construcción civil y arquitectónica durante las doradas décadas de la Modernidad. Fue en el seno del Instituto donde Eduardo Torroja creó, entre otras muchas organizaciones nacionales e internacionales, la International Association for Shell Structures iass (1959).

" Otros juzgaran mejor que yo la labor que hemos realizado"

Eduardo Torroja, 1961

(fragmento de la carta a sus colaboradores)

**OBRAS EXPUESTAS**: la construcción de la nueva y actual sede del Instituto, sus elementos singulares, así como publicaciones, las láminas experimentales construidas por Eduardo Torroja en 1959 y la Costilla Laminar construida en 1969 en homenaje al hormigón y el acero, en recuerdo de Eduardo Torroja.

# Instituto Eduardo Torroja

**Ingeniero**: Eduardo Torroja Miret

Arquitectos: Gonzalo Echegaray Corriba, Manuel Barbero Rebolledo

**Promotor**: Eduardo Torroja Miret **Empresa constructora**: Agromán, S.A.

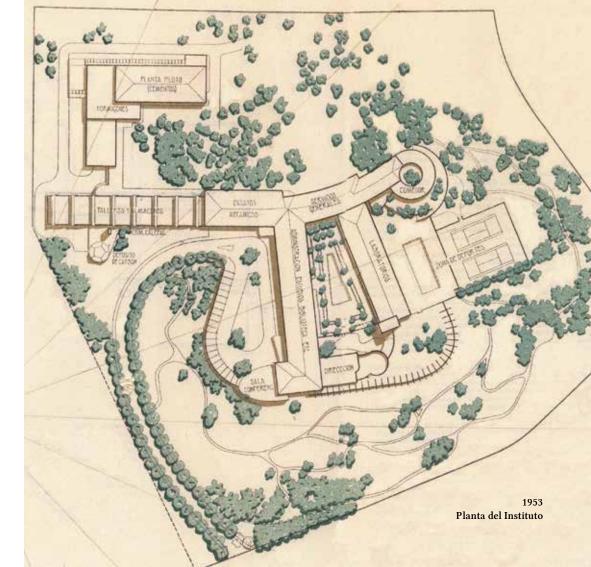
Fecha: 1949-1953

Localización: Madrid, España

El Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc), fundado en el año 1934 bajo el nombre de Instituto Técnico de la Construcción y la Edificación (ITCE), es sin duda el más relevante y querido legado de Eduardo Torroja. A él dedicó gran parte de su vida profesional (1934-1961), dirigiéndolo, hasta el mismo día de su muerte, con un especial modelo de pensamiento y actuación, que hizo posible que este instituto se convirtiera en uno de los centros de investigación de mayor relevancia internacional durante las décadas doradas de la Modernidad.

En 1949 Eduardo Torroja inició el proyecto de a nueva sede del Instituto. Un revolucionario habitat para la investigación. La volumetría arquitectónica se proyectó como el resultado de la macla espacial de ocho cuerpos de una o dos plantas, que a modo de peine irregular de 8 cuerpos, que se adapta a la topografía del terreno y que adopta la forma del número "Phi", generando cinco patios ajardinados abiertos, que rodean y envuelven sus largas fachadas.

Eduardo Torroja aprovechó la construcción de la nueva sede para aplicar las investigaciones realizadas por el Instituto sobre racionalización de sistemas constructivos tradicionales y prefabricación de nuevos elementos. La nueva sede fue –durante su construcción- un gran taller de experimentación, una "escuela de prefabricación" a pie de obra, con la que Eduardo Torroja pretendía potenciar el desarrollo de los precarios medios con los que se contaba en España en aquellos momentos. Eduardo Torroja dotó a la nueva sede del Instituto de innovadoras estructuras y espacios arquitectónicos; el Comedor circular, el silo de carbón con forma de Dodecaedro , la cubierta Laminar triangulada de los talleres y naves de ensayos, y la Pérgola de borde. Es significativo que todas estas construcciones fueran posteriormente seleccionadas por el propio Eduardo Torroja, de entre todas sus obras, para ser recogidas en su libro titulado *Las estructuras de Eduardo Torroja; an Autobiography of an Engineering Accomplishment*, publicado en 1958 por F.W. Dodge Corporation, New York.



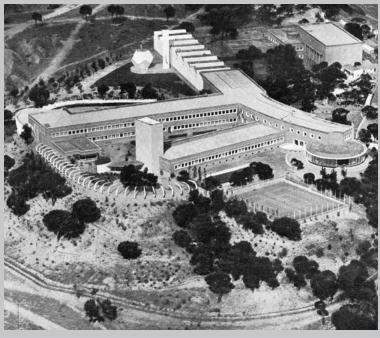




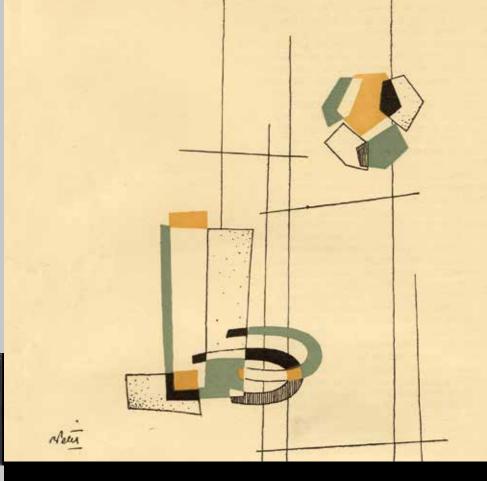












1953 Instituto técnico de la construcción y del cemento, nueva sede.

1955 Bernard Petit Dodecaedro del Instituto

## ELEMENTOS SINGULARES DEL INSTITUTO

**Ingeniero**: Eduardo Torroja Miret **Promotor**: Eduardo Torroja Miret

Empresa constructora: AGROMAN S.A. Agromán, S.A.

Localización: Madrid, España

Comedor circular del Instituto es una pieza arquitectónica de indudable atractivo. Su piel curva de vidrio penetra en el jardín circundante abriéndose paso entre los pinos. Se levanta sobre una planta circular de 22,44 metros de diámetro, y una altura de 3,50 m. Su cerramiento esta formado por dos muros curvos laterales de hormigón armado revestidos de piedra natural, y un enorme ventanal curvo de vidrio de apertura 180°, que se puede desplazar y ocultarse entre los muros, permitiendo que el comedor desaparezca como pieza cerrada y se integre en el jardín. La estructura de su cubierta esta formada por cerchas metálicas en voladizo, de canto variable (0,84 m a 0,22 m) y disposición radial, que apoyan sobre columnas de hormigón armado situadas en el interior del comedor, delimitando un pequeño jardín central circular.

La Cubierta Laminar Triangulada de la nave de talleres del Instituto cubre una planta rectangular de 15,00 x 78,70 m, y esta formada por nueve bóvedas cilíndricas de 10,00 m de luz libre, de forma que se cortan entre sí mediante ángulos de 90°. La estructura esta realizada con pequeños perfiles metálicos I-80, dispuestos en celosía triangulada con uniones soldadas, de tal manera que todos los triángulos son equiláteros y del mismo tamaño. Las nueve estructuras laminares trianguladas fueron construidas en el suelo y posteriormente izadas hasta su posición definitiva (7 m de altura) con gran facilidad debido a su ligereza.

La Pérgola situada en el borde de poniente del jardín, esta formada por una secuencia continua de costillas de hormigón armado que adoptan la forma geométrica de una "lemniscata de Bernouilli" con curvatura final nula, cuyo símbolo matemático es el infinito. Nuevamente Eduardo Torroja selecciona una forma geométrica cargada de significado, esta vez para delimitar el espacio exterior del Instituto. Cada costilla a modo de viga curva en voladizo, se empotra en el muro de hormigón armado que sirve de contención de tierras al jardín. Sobre estas costillas, se tendieron a modo de red, unas mallas metálicas formadas por redondos de acero liso, que adoptaron una forma geométrica semejante a la del paraboloide hiperbólico.

El Dodecaedro fue proyectado como depósito de carbón. Se trata de un dodecaedro regular y exento, que a modo de gran objeto escultórico se sitúa junto al acceso principal. En pocos años se convirtió en el símbolo del IETcc.

Se asemeja a una estructura laminar plegada de 8,60 metros de altura, ejecutada en hormigón armado con paredes de 22 cm de espesor. Eduardo Torroja explicó que, aunque la esfera es la forma geométrica que cuenta con la relación óptima entre volumen y superficie, el dodecaedro es más fácil de construir, más económico y aporta un indudable atractivo plástico debido a su geometría y gran tamaño proyectado. Es conocido como uno de los poliedros platónicos. al que se le atribuyen multitud de propiedades de máximo orden en el espacio, ya que esta generado en "proporción áurea". Un año después, en 1954 el arquitecto Richard Buckminster Fuller obtuvo su famosa patente de "cúpulas geodésicas", generadas en base al icosaedro y al dodecaedro, en las que defendía su facilidad de construcción, aunque en este caso se trataba de superficies generadas por barras y no de planos.

.....cubiertas de este tipo se han realizado a menudo mediante láminas de hormigón armado, pero en este proyecto se consideró que resultaría más económico sustituir este material por una estructura muy liviana de celosía triangulada, adaptada a la forma cilíndrica de la cubierta.

76

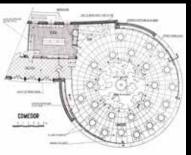
"... en estas figuras poliédricas, el juego de luces y líneas de sombra se amoldan exactamente a las aristas trazadas por el proyectista, lo que les presta una limpieza y dureza de contornos".

Eduardo Torroja, 1959

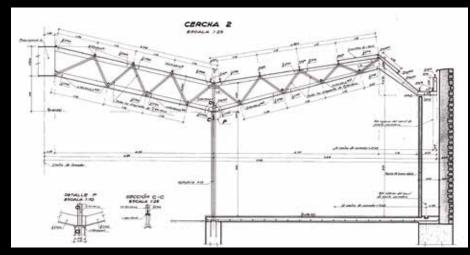
77

Eduardo Torroja, 1958







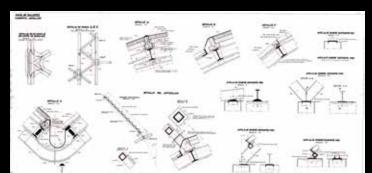


Comedor visto desde el jardín, plano en planta y detalle de cercha

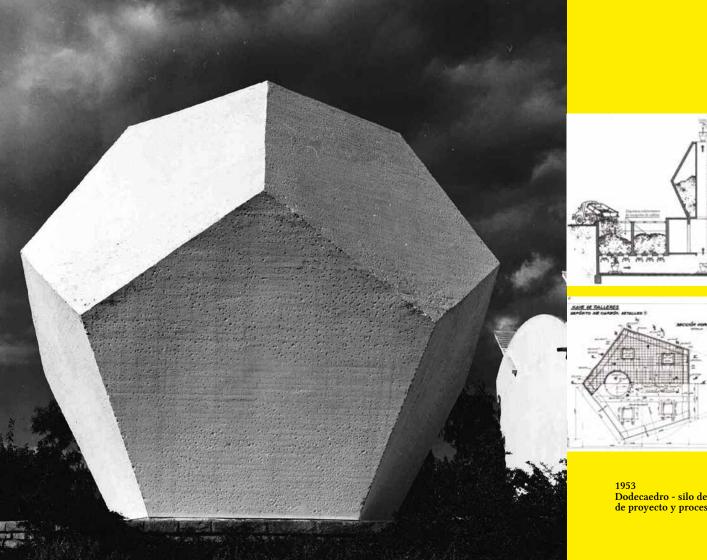


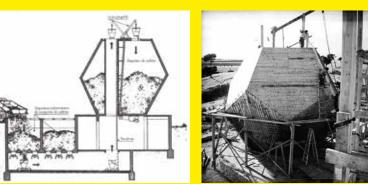


1953 Nave de ensayos

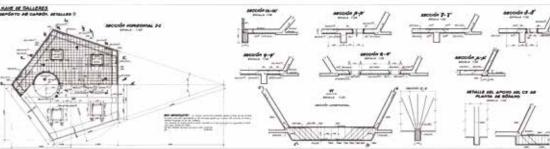












Dodecaedro - silo de carbón. Planos de proyecto y proceso de ejecución



1955 Eduardo Torroja con un grupo de asistentes al curso especialización en el Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento

84 85

## Asociación Internacional de Estructuras Laminares

# **IASS**

El legado de Eduardo Torroja no se limita a su innovadora obra construida, aportaciones al cálculo, desarrollo de los ensayos sobre modelos reducidos como método de comprobación del funcionamiento estructural, o a su relevante aportación al desarrollo del hormigón armado y pretensado. Tenía además una especial capacidad organizativa y de liderazgo. A lo largo de su vida, fundó diversas asociaciones, nacionales e internacionales, que como la IASS (1959) continúan vivas liderando el progreso de la construcción civil y arquitectónica.

Fue en septiembre de 1959 cuando se celebró en el Instituto dirigido por Eduardo Torroja el – "International Colloquium on Non-traditional Processes for Thin Shell Construction". En esta reunión, a propuesta de Eduardo Torroja se fundó la IASS "Internacional Association for Shell Structures". Fue organizada por Eduardo Torroja, contando con la colaboración del Laboratorio Central de Ensayos de Materiales, del cual también era director. En este coloquio intervinieron más de 100 especialistas de diferentes países; Alemania, Argentina, Brasil, Bélgica, Ceylan, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Holanda, Inglaterra, Italia, Japón, Noruega, Polonia, Portugal, Suecia, Suiza y Uruguay. Entre ellos se encontraban un gran número de los más destacados protagonistas de la construcción y desarrollo de las Thin Concrete Shells, que presidieron algunas de las múltiples sesiones y/o presentaron trabajos inéditos al coloquio, entre otros muchos; A. Paduart, W. Zerna, K.W Johansen, H. Rüle, F. Müller, R.S. Jenkins, W. Poniz, A.L. Parme, E. Giangreco, A.M. Hass, M. Hahn, N. Esquillan, Y. Tsuboi, O. Arup, H. Isler.



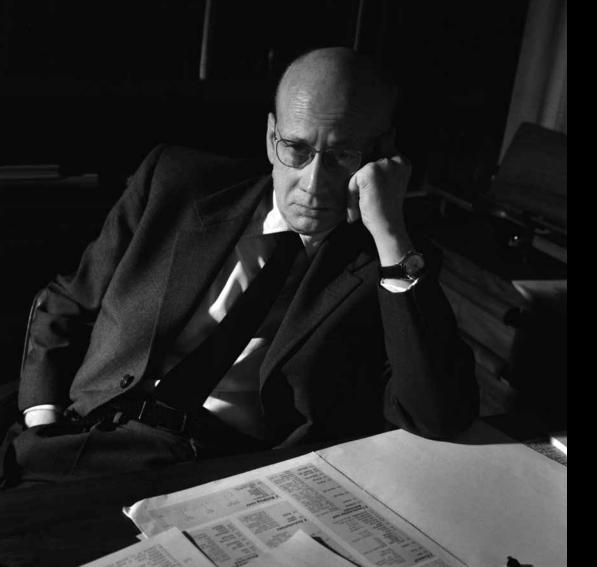
Eduardo Torroja estuvo preparando el coloquio internacional desde 1958, momento en el cual ya se había convencido de la conveniencia de crear una asociación internacional que se ocupara de las "Thin Concrete Shells". Pensó que la mejor manera de recibir a los congresistas era realizando en el Instituto dos estructuras laminares experimentales a tamaño natural, en los jardines del Instituto, en el llamado "Patio de Alarifes". Estas fueron las dos últimas estructuras laminares construidas por Eduardo Torroja. El 16 de septiembre de 1959, durante este primer coloquio de la IASS, Eduardo Torroja recibió a los congresistas en el "Patio de Alarifes", mostrándoles las láminas experimentales que había construido. Una de ellas, conocida como "las ballenas", era una cubierta laminar, de 3 cm de espesor, formada por 10 elementos prefabricados de doble curvatura, unidos mediante pretensado, formando un módulo laminar de 10,25 m de longitud y 1,85 m de ancho. Este módulo se unía a otro idéntico, mediante un tirante inferior, formando una cubierta inclinada, apoyada en dos muros extremos. La forma geométrica de los elementos prefabricados estaba definida transversalmente por un sinusoide, y longitudinalmente por dos arcos de elipse que se cortan. La forma final del módulo respondía a la optimización de la distribución de fuerzas.

La otra estructura laminar experimental, construida por Eduardo Torroja, en la que también colaboró su hijo José Antonio Torroja Cavanillas, consistía en unos módulos a modo de cúpulas de planta triangular, con un espesor de 4 cm, que colocados sobre unos apoyos distribuidos según un esquema hexagonal, formaban la cubierta de un depósito de agua enterrado, debiendo soportar una carga de tierra del orden de 20 kN/m². Se construyeron 6 módulos en el suelo, hormigonándolos al mismo tiempo, separados por juntas, y posteriormente se levantaron y colocaron sobre sus soportes.

Pepa Cassinello Comisaria



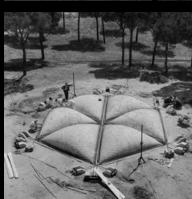
IASS Medalla Eduardo Torroja











1959 Estructuras experimentales, Patio de Alarifes

## COSTILLA LAMINAR

# Monumento al Hormigón y al Acero

Arquitecto: Fernando Cassinello Pérez

Ingenieros: José Antonio Torroja (estructura)

Francisco Morán Cabré (geometría)

Rafael Fernández Sánchez (construcción)

**Promotor**: Instituto Eduardo Torroja

Fecha: 1969

Localización: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Madrid

En el año 1969, coincidiendo con la celebración del Congreso de la IASS – "International Association for Shell Structures" en Madrid, se construyó en el Instituto Eduardo Torroja, un Monumento al Hormigón y el Acero. Se ubicó en el Patio de Alarifes, en el mismo lugar donde Eduardo Torroja construyó sus estructuras laminares experimentales en 1959 para recibir a los participantes del congreso internacional en el que se creó la IASS.

Por otra parte, ese mismo año la IASS decidió ampliar su cometido abarcando también las nuevas estructuras espaciales que estaban siendo construidas con otros materiales. A partir de este momento, pese a conservar sus siglas, pasó a denominarse "International Association for Shell and Spatial Structures". Las "Estructuras Laminares de hormigón armado" ya no eran rentables, su razón de ser había desaparecido en el nuevo contexto social, económico y tecnológico, pese a que se siguieron construyendo algunas relevantes obras en diferentes países, en manos de los últimos protagonistas de esta historia. Por todas estas razones se decidió que el Monumento debía ser una Estructura Laminar, y que esta debería servir de cobijo a un espacio abierto susceptible de ser utilizado como capilla o para diversos actos conmemorativos.

La Forma Resistente de la lámina fue generada en recuerdo de la Pérgola diseñada por Eduardo Torroja en el borde oeste del Instituto. Adoptó por ello una geometría espacial a modo de "Costilla" laminar. Cuenta con un espesor de entre 6 y 10 cm en la zona de cubierta volada, y 40 cm en su base.







1969
Costilla Laminar
Homenaje al Hierro y al
Hormigón. Obra concluida
y proceso de construcción

90



No se mencionan aquí muchas de mis obras, pero creo que aquellas que se han incluido ejemplarizan lo que perseguía, y lo que finalmente conseguí

Eduardo Torroja, 1958

Las estructuras de Eduardo Torro

#### **Promotor**

Fundación Eduardo Torroja



#### Cesión de la Sala

Hipódromo de la Zarzuela S.A



### **Patrocinio**

Ministerio de Fomento / Dirección General de Arquitectura y CEDEX









Fundación ACS

Ferrovial agroman





## Colaboran

Universidad Politécnica de Madrid

Fundación Juanelo Turriano

SIKA, España









# POLITÉCNICA



#### AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a la Fundación Eduardo Torroja este fantástico e ilusionante cometido; ser la Comisaria del Museo Eduardo Torroja y editora de su libro catálogo, cuya versión reducida se ha publicado en 5 idiomas dado el interés internacional de difusión de la obra de Eduardo Torroja.

Nuestro agradecimiento - el de nuestra Fundación - no es solo para todas aquellas instituciones, organismos y fundaciones que nos han ayudado a que este Museo y libro catálogo sean una realidad, sino también de manera concreta y muy especial para todas las personas que se han implicado en ayudarnos compartiendo con nosotros la misma ilusión. Gracias por ello a Faina Zurita, Presidenta del Hipódromo de la Zarzuela que cedió a la Fundación, el uso de la sala del Museo ubicado en el Hipódromo. Gracias a Antonio García Ferrer, Vicepresidente de la Fundación ACS, que desde un principio compartió la ilusión de contar con el Museo Eduardo Torroja y se ha ocupado en gran medida de su financiación. Gracias a la Subdirección General de Arquitectura y al CEDEX del Ministerio de Fomento, que no solo han colaborado con sus fondos documentales y maquetas a llenar el contenido del Museo, sino que también desde un principio han compartido con nosotros trabajo, preocupaciones e ilusión; Javier Martin Subdirector de Arquitectura, Eduardo Aragoneses, Jefe de Área de Difusión y a Sara León, Gracias a Mariano Navas Director General del CEDEX, Ángel González, Dolores Romero, y Javier Plasencia. Gracias también al Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, por su colaboración aportando documentación de su archivo, en especial a Virtudes Azorín, Angela Sorlí, Rogelio Sánchez, Antonio Blázquez y Maribel Sánchez Rojas. Gracias a la Fundación Juanelo Turriano, a su Presidente Victoriano Muñoz Cava y su Director Bernardo Revuelta, que en esta ocasión ha financiado la maqueta del Mercado de Algeciras, una de las más icónicas obras de Eduardo Torroja.

Gracias a los destacados y desinteresados autores de artículos del catálogo: Miguél Aguiló, Carmen Andrade, José Calavera, Hugo Corres, Luís Fernández Galiano, Carmen Jordá, Jerónimo Junquera, Elena Pascual, Javier Manterola, Julio Martinéz Calzón, Fernando Sánchez Dragó, Leonardo Fernández Troyano, y Mike Schlaich. Gracias a Ángel González Lucas, Director General de SIKA España, empresa que ha intervenido en la restauración de las estructuras laminares del Hipódromo de la Zarzuela, que acoge el Museo, y que ha cofinanciado la amplia edición de este libro catálogo. Y por último, aunque no menos importante, gracias a nuestra Universidad Politécnica de Madrid, a su Rectorado – actual y anterior – a los directores Luis Maldonado y Francisco J. Martín de nuestras Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura e Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, de la que son antiguos alumnos y/o profesores gran parte de todas las personas aquí mencionadas, que a lo largo de los años, y desde muy diferentes instituciones y organismos han tejido una ilusionante red de producción y difusión de la innovación y su Historia.

Pepa Cassinello Directora Fundación Eduardo Torroja

94 95



¿Qué es más valioso, un kilo de piedra o un kilo de oro? Con esta pregunta iniciaba Adolf Loos su famoso texto sobre materiales de construcción. La respuesta es fácil. Si el kilo de piedra pertenece a las Pirámides de Egipto, al Templo de Abu-Simbel, al Panteón de Roma, o a la Catedral de Sevilla, sin duda es más valioso que el kilo de oro.

Desde la libertad que le aporta el conocimiento cognitivo del mundo que le rodea, el hombre es capaz de transgredir la materia que da forma a su idea y dotarla de un incalculable valor. Sin duda, esta misma reflexión es aplicable a cualquier material.

Si formulamos la pregunta con hormigón en lugar de con piedra, entre las más valiosas obras de hormigón armado y pretensado de la Historia de la ingeniería Civil y la Arquitectura están muchas de las realizadas por Eduardo Torroja. Claro que, lo mismo ocurre, aunque en menor medida, si en lugar de hablar de hormigón armado o pretensado nos referimos a la fábrica de ladrillo, a las estructuras metálicas o a las estructuras mixtas. Y es que, Eduardo Torroja es un atípico protagonista de la venerada Historia del Arte Estructural acaecido en la Modernidad.

## Pepa Cassinello

Comisaria Directora Fundación Eduardo Torroja



