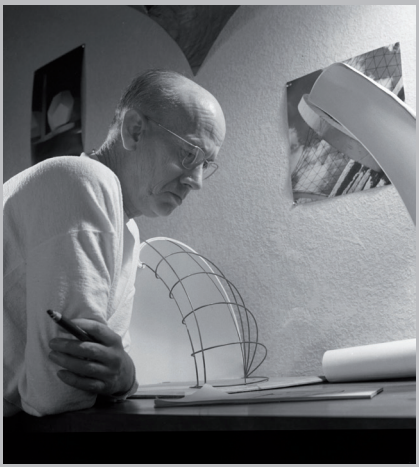
MUSEO
EDUARDO TORROJA



"A monte di qualsiasi calcolo, vi è innanzitutto l'idea che modella il materiale in forma resistente, per compiere la sua missione.

A questa idea è dedicato il libro."

Eduardo Torroja, 1957
Razón y Ser de los Tipos Estructurales

FUNDACIÓN EDUARDO TORROJA
Edizione e grafica: Pepa Cassinello

Disegno: “Una Idea en Movimento” Carmen Pinart
Logo Museo: “Curva en Equilibrio” Cira Ascanio Esma
Disegni Museo: Enrique Ramírez
Traduzione dallo spagnolo all’italiano: Stefania Ricifari
Impaginazione: Paula Giner (Coordinatrice), David Mencias ed Enrique Ramírez
© testi: autori
© immagini: archivi del CEDEX, Istituto Eduardo Torroja e autori

ISBN: 978-84-941820-4-4
Deposito legale n. M-31257-2016
Stampa: DAYTON S.A., Madrid – Spagna, 2016

MUSEO
EDUARDO TORROJA

Una Idea en Movimiento
Carmen Pinart 2016

INDICE

Presentazione
José Antonio Torroja Cavanillas
Presidente della Fundación Eduardo Torroja
..... p. 7

Patrocinio Fundación Eduardo Torroja
..... p. 8

Progetto museale
Pepa Cassinello
Sovrintendente
Direttrice-Amministratrice
Fundación Eduardo Torroja
..... p. 9

Localizzazione e destinazione
..... p. 11

Organizzazione spaziale e linguaggio espositivo
..... p. 12

Contenuto museale
..... p. 14

SALA 1 - S1
..... p. 15
Eduardo Torroja ..... p. 17
Fondazioni del Ponte di Sancti Petri ..... p. 20
Città universitaria ..... p. 22
Viadotto Quince Ojos ..... p. 24
Viadotto del Aire ..... p. 26
Ippodromo della Zarzuela ..... p. 28
Restauro Ippodromo della Zarzuela ..... p. 32

SALA 2 - S2 ..... p. 35
Acquedotto di Tempul ..... p. 36
Mercato di Algeciras ..... p. 38
Frontón di Recoletos ..... p. 41
Acquedotto di Alloz ..... p. 44
Ponte di Tordera ..... p. 48
Ponte del Pedrido ..... p. 50
Viadotto Martín Gil – Arco dell'Esla ..... p. 52
Hangar ..... p. 54
Campo da calcio di Les Corts ..... p. 57
Cappella aperta Sancti Spirit ..... p. 60
Chiesa di Pont de Suert ..... p. 64
Deposito di Fedala ..... p. 66
Diga di Canelles ..... p. 68

SALA 3 - S3 ..... p. 71
L'Istituto Eduardo Torroja ..... p. 72
Elementi singolari dell'Istituto ..... p. 76
International Association for Shell Structures ..... p. 86
Nervatura a guscio: Monumento al cemento e all'acciaio ..... p. 90

Crediti ..... p. 94

Ringraziamenti ..... p. 95

Alcune delle finalità della Fundación Eduardo Torroja sono l'identificazione, lo studio, la conservazione e la diffusione della documentazione esistente sulle diverse sfaccettature della poliedrica attività di Eduardo Torroja, autore, insieme agli architetti C. Arniches e M. Domínguez, del progetto di questo Ippodromo della Zarzuela che ci accoglie, e referente internazionale dell'ingegneria strutturale nella prima metà del XX secolo. In tal senso, la Fondazione ha sempre ritenuto che sarebbe stato interessante disporre di uno spazio adeguato in cui esporre gli aspetti più significativi di questa attività, sia per lo studio degli esperti che per il pubblico in generale. In definitiva, disporre di uno spazio in cui allestire il Museo Eduardo Torroja.
E oggi, questo Museo è una realtà, grazie al supporto e al patrocinio di diversi organismi e imprese: in primo luogo, la società stessa dell'Ippodromo della Zarzuela, la cui Presidente Faina Zurita ha lottato per superare le molteplici difficoltà che si sono presentate, e al cui sforzo e fiducia nel progetto del Museo dobbiamo il fatto che esso sia divenuto una realtà; poi la Dirección General de Arquitectura (Direzione generale di architettura) e il CEDEX, del Ministerio de Fomento (Ministero delle infrastrutture e dei trasporti); la Fundación ACS e la Fundación Rafael del Pino. Inoltre grazie alla collaborazione dell'Universidad Politécnica di Madrid, alla Escuela Técnica Superior de Arquitectura, alla Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, all'Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja CSIC (Istituto di Scienza delle costruzioni) e alla Fundación Juanelo Turriano.
Eduardo Torroja svolge svariate attività: comincia a lavorare come ingegnere edile presso un'impresa di appalti, e in pochi anni apre il suo studio di progettazione, in cui svolge un grande lavoro progettuale che gli vale, già nel 1936, un enorme riconoscimento internazionale; dal 1934, dedica i suoi sforzi alla ricerca, nell'odierno Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Svolge inoltre un intenso lavoro docente presso la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Facoltà di Ingegneria civile), dove impartisce lezioni di tre diverse materie.
Il Museo mostra una parte rilevante dell'opera di Eduardo Torroja con fotografie, documenti e plastici di opere che sono state selezionate secondo il criterio impiegato dallo stesso Torroja per il suo libro *The Structures of Eduardo Torroja* (1958), nel proposito di trasmettere al visitatore lo stesso messaggio:

"...Non vengono qui menzionate molte delle mie opere, ma credo che quelle incluse esemplifichino ciò che perseguivo e che alla fine ho ottenuto."
Eduardo Torroja, 1958

Ci si aspetta che, come il suo libro, questo museo sia in grado di diffondere la sua opera, il suo modo di pensare e, in definitiva, di mantenere viva la conoscenza del suo lascito.

José Antonio Torroja Cavanillas
Presidente Fundación Eduardo Torroja

FUNDACIÓN EDUARDO TORROJA

Patrocinio

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

Progetto Museale

Pepa Cassinello
Sovrintendente
Direttrice
Fundación Eduardo Torroja

MUSEO
EDUARDO TORROJA

Sovrintendente del Museo

Pepa Cassinello
Architetto / Direttrice-Amministratrice Fundación Eduardo Torroja

Consulenti

José Antonio Torroja
Presidente Fundación Eduardo Torroja

Rafael Fernández Sánchez
Segretario Fundación Eduardo Torroja

José Calavera
Presidente d'Onore di INTEMAC

Restauro
dell'Ippodromo della Zarzuela
e adeguamento della Sala del Museo
Junquera Arquitectos

Localizzazione e destinazione

Il Museo Eduardo Torroja sorge sotto la tribuna nord dell'edificio dell'Ippodromo della Zarzuela di Madrid, una delle opere più rappresentative di Eduardo Torroja, referente internazionale della storia dello sviluppo delle strutture a guscio dell'architettura moderna. Si trova in una posizione privilegiata in cui il contenuto e il contenitore sono dello stesso autore: Eduardo Torroja.

Fig. 1. Ippodromo della Zarzuela di Madrid, 1941

Con l'obiettivo di mantenere attivo il museo e di creare sinergie con le plurime attività dell'Ippodromo della Zarzuela, il museo non possiede solo un grande spazio in cui si espone una parte rappresentativa dell'opera di Eduardo Torroja, ma anche una sala di esposizioni temporanee in cui si esporranno opere innovative dell'ingegneria e dell'architettura spagnole attuali e future, così come un'altra sala dedicata alla storia delle corse dei cavalli nell'Ippodromo della Zarzuela, che nel corrente anno 2016 compie 75 anni dalla sua apertura, avvenuta nel 1941.

D'altra parte, vista la varietà di pubblico che assiste alle attività che oggi accoglie l'Ippodromo della Zarzuela, il museo nasce con l'intenzione di attirare non solo i professionisti dell'architettura, dell'ingegneria e gli amanti ed esperti del mondo dei cavalli, ma anche i giovani e i bambini che li accompagnano. Il museo offre anche una piccola sala di proiezioni audiovisive che presenterà le seguenti tre tematiche: Eduardo Torroja, l'innovazione dell'architettura e dell'ingegneria della sempre mutevole avanguardia, il mondo delle corse dei

cavalli. Grazie a questa pluralità di usi e alla loro interrelazione, si vuole creare un modello di museo attivo al servizio dell'altrettanto plurale e mutevole società.

Organizzazione spaziale e linguaggio espositivo

La spiccata linearità dello spazio architettonico del museo impone un percorso lineare che favorisce l'auspicata sequenza continua dei diversi usi previsti. Allo scopo di percepire il museo come uno spazio unico, e tuttavia differenziare, vagliandoli, gli usi plurimi, si è progettata una suddivisione delle sale aperta, utilizzando pannelli trasversali, che chiudono parzialmente la visione della lunghezza totale del museo e concentrano l'attenzione sulla tematica specifica di ogni sala.

Lo spazio del museo viene così definito mediante una grande scatola longitudinale di 55 metri di lunghezza per 5,50 metri di larghezza e 2,80 m di altezza, in cui il soffitto e la parete di fronte agli accessi sono di colore nero mentre il pavimento e la parete longitudinale porticata sono grigi. Come mete lungo il percorso del museo, i pannelli trasversali (2,20 m di altezza) segnano le diverse sale e usi, e acquisiscono i colori della Modernità contemporanea all'opera di Eduardo Torroja: **rosso**, **grigio**, **giallo**, **blu** e **nero**. In questo modo, geometria e colore adottano lo stesso linguaggio espositivo che in qualche modo evoca i famosi dipinti di Mondrian. Lo stesso linguaggio che adottano anche le basi dei plastici dell'opera di Eduardo Torroja, così come i pouf cubici di stoffa che occupano il museo e che con diverse dimensioni e colori fungono da sedili ai visitatori, grandi e piccoli.

Fig. 2. Schema spaziale del Museo

Il percorso del museo inizia dallo spazio dedicato all'esposizione permanente dell'opera di Eduardo Torroja. L'esposizione è stata suddivisa in tre sale visivamente comunicanti: S1, S2 ed S3. Successivamente si trova la sala delle Esposizioni temporanee S4 che funge da perno tra l'esposizione permanente dell'opera di Eduardo Torroja e quella destinata alla storia delle corse dei cavalli **S5**, e infine la sala delle proiezioni audiovisive **S6**.

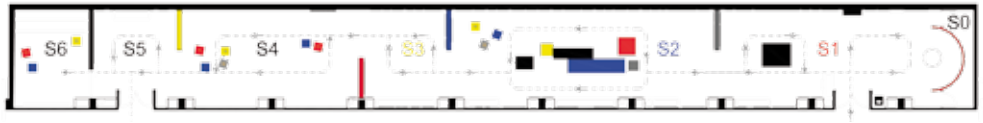
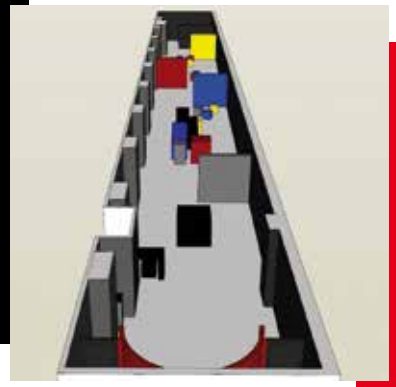


Fig. 3. Impianto generale del Museo

Fig. 4. Schema spaziale del Museo



Contenuto museale

Esposizione permanente / Eduardo Torroja

Il poliedrico e vasto lascito di Eduardo Torroja non può essere contenuto nello spazio architettonico del museo, ma non avrebbe neanche senso esporlo nella sua sorprendente totalità fisica poiché la maggior parte dei suoi archivi (progetti, scritti, saggi…) sono alla portata di tutti presso i fondi documentali digitalizzati dal CEDEX, così come presso l'Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC, Istituto di Scienza delle costruzioni).

La "concezione" del Museo è di contare su un luogo permanente in cui si trasmettano, in modo conciso e chiaro, i contributi più rilevanti di Eduardo Torroja al progresso del mondo della costruzione dell'architettura e dell'ingegneria civile, evidenziando le ragioni per cui è diventato un referente internazionale e atemporale per professionisti e studenti.

Catturare lo sguardo del visitatore attraverso ragioni trasformate in immagini e scarse e concise parole, questo è stato l'obiettivo del progetto museale. Con questo obiettivo si è svolta una selezione di opere costruite, ricerche, pubblicazioni… in maggior parte già scelte dallo stesso Eduardo Torroja per i suoi famosi libri *La concezione strutturale* (1957) e *The Structures of Eduardo Torroja* (1999), pubblicato per la prima volta nel 1958 a New York. Anche le parole che accompagnano il visitatore e che spiegano ogni immagine sono state estratte dai testi di Eduardo Torroja. Così l'autore si rivolge al visitatore:

> *"Non vengono qui menzionate molte delle mie opere, ma credo che quelle incluse esemplifichino ciò che perseguivo e che alla fine ho ottenuto."*
>
> Eduardo Torroja, 1958

Le opere selezionate vengono esposte in tre sale consecutive denominate S1, S2 e S3. L'ordine risponde sensibilmente alla cronologia, al tipo strutturale e all'uso, poiché l'allestimento museale, a volte, fa un salto nel tempo e nello spazio per sottolineare alcune grandi opere che, come l'Ippodromo della Zarzuela, occupano maggiori spazi espositivi.

SALA – S1

Una gigantesca immagine di Eduardo Torroja, situata di fronte alla porta d'accesso del museo, riceve e cattura lo sguardo del visitatore. È situata sull'unico elemento sporgente dal piano verticale della parete nera e di 55 metri di lunghezza che delimita uno dei bordi del museo.

Fig. 5. Eduardo Torroja. Parete cilindrica e Dodecaedro

L'allestimento di questa prima sala è dominato da grandi figure geometriche poste a destra della porta d'accesso, che fanno riferimento all'importanza e alla varietà delle forme geometriche pure utilizzate da Eduardo Torroja nella definizione della sua opera. Si tratta di un enorme muro curvo dipinto di rosso. Un frammento cilindrico davanti il quale appare un dodecaedro bianco di 1 metro di altezza, forma geometrica pura che Eduardo Torroja utilizza per la costruzione del silo di carbone di 8 metri di altezza dell'Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento (1949-1953). Elemento che, come una gigantesca scultura, è

diventato uno dei simboli dell'Istituto che oggi porta il suo nome, "Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja", appartenente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC (Consiglio superiore di ricerche scientifiche), e simbolo della Fundación Eduardo Torroja.
La sala è dedicata a presentare la figura di Eduardo Torroja attraverso una rassegna biografica e un elenco delle sue opere di rilievo. In essa si trova una parte delle sue prime opere, in cui si dà particolare protagonismo all'Ippodromo della Zarzuela, che non è solo una delle sue opere più iconiche a livello internazionale, ma che inoltre accoglie il museo al suo interno.

Tematica e opere esposte

- **Eduardo Torroja** (1899-1961) Breve biografia, compresa una vetrina con medaglie e riconoscimenti ricevuti nel corso della sua vita.
- **1923-1927** Prime opere con l'impresa Hidrocivil: Fondazioni del Ponte di Sancti Petri
- **1930-1935** Città universitaria: Viadotto Quince Ojos, Viadotto del Aire, Facoltà di Scienze…
- **1934** Ippodromo della Zarzuela / 2004 Restauro Junquera Arquitectos / ACS

Fig. 6. Eduardo Torroja. Stemma di famiglia

Rassegna Biografica

Eduardo Torroja Miret (1899-1961) è uno dei referenti di spicco internazionali della storia del progresso raggiunto dalla costruzione civile e architettonica durante i decenni d'oro della Modernità. È fra i protagonisti della rivoluzione scientifica e tecnica che apre la strada al coinvolgente sviluppo del cemento armato e precompresso nella prima metà del XX secolo. Contribuisce in modo rilevante all'evoluzione dell'industria della costruzione, dei tipi strutturali e della nuova estetica declamata dalla Modernità. Raggiunge la fama internazionale non solo grazie alla sua innovativa opera costruita, ma anche alla sua poliedrica attività professionale: progettista, scienziato, ricercatore, amministratore e docente.

Nasce il 27 agosto **1899** a Madrid. Si laurea presso la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Facoltà di Ingegneria civile) di Madrid nel 1923. **1923-1927** Lavora presso l'impresa Hidrocivil, diretta da José Eugenio Ribera, progettando le sue prime opere innovative in cemento armato.

1927 Fonda il proprio studio di progettazione. Entra nell'Ufficio tecnico della Città universitaria di Madrid in qualità di ingegnere progettista.

1930 Fonda l'impresa Investigaciones de la Construcción S.A., ICON, che sotto la sua direzione si specializza nelle prove di modelli come metodo di analisi del comportamento strutturale. Ciò gli consente di lanciarsi nell'esecuzione di notevoli strutture a guscio in un periodo in cui non esistevano metodi di calcolo affidabili per questo tipo di strutture. Sono famosi i modelli delle coperture del Mercato di Algeciras e del Frontón Recoletos, entrambi in scala 1:10 ed eseguiti in microcemento.

1934 Fonda l'Instituto de la Construcción y la Edificación, ITCE (Istituto della costruzione e dell'edificazione), insieme a un piccolo gruppo di ingegneri e architetti: José María Aguirre, Alfonso Peña Boeuf, Modesto López Otero, Manuel Sánchez Arcas, Gaspar Blein e José Ángel Petrirena. L'ITCE è la prima organizzazione creata in Spagna "liberamente" da privati, allo scopo di fare ricerca, promuovere e divulgare tutti i campi relativi alla costruzione per incentivare il progresso. Anni dopo, nel 1939, entra a far parte del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC (Consiglio superiore di ricerche scientifiche), di recente creazione.

1939 Viene nominato professore di Calcolo di strutture. Da questo momento, si dedica all'insegnamento universitario fino alla morte. Nel corso degli anni insegna diverse materie presso la Scuola: Resistenza dei materiali ed elasticità, Fondamenti di calcolo ed Esecuzione di opere in cemento armato e precompresso, Calcolo di strutture e Tipologia strutturale.

1941 Viene nominato Direttore del Laboratorio central de Ensayos de Materiales de Construcción (laboratorio centrale di prove dei materiali da costruzione).

1944 Legge il suo discorso di ingresso alla Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

1945 Viene nominato Presidente della recente Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherche sur les Matériaux et les Constructions, RILEM. Partecipa attivamente alla creazione del Comité européen du béton, CEB, a cui, nonostante il nome, si aggiungono gli Stati Uniti e la Russia, influendo in modo decisivo nell'evoluzione della normativa tecnica europea delle costruzioni in cemento armato. È membro attivo della Fédération Internationale de la Précontrainte, FIP (Federazione Internazionale del Precompresso), fondata da Freyssinet, a cui succede come Presidente nel 1958. Con questo ruolo, promuove la creazione della commissione mista FIP-CEB, per cercare di uniformare le normative del cemento armato e precompresso.

1957 Pubblica il suo famoso libro *La concezione strutturale* (titolo originale: *Razón y ser de los tipos estructurales*), che viene tradotto in varie lingue: inglese, tedesco, italiano e giapponese.

1959 Cofondatore e primo presidente dell'International Association for Shell Structures, IASS. Pubblica il suo libro negli Stati Uniti *The Structures of Eduardo Torroja*, che viene tradotto in spagnolo nel 1999.

Eduardo Torroja muore il 15 giugno **1961** nel suo studio dell'Istituto a lui oggi dedicato, lasciando una toccante lettera ai suoi collaboratori, da cui si deduce di essere a conoscenza della sua morte imminente.

L'importante lavoro svolto da Eduardo Torroja Miret è riconosciuto con varie onorificenze; gli viene infatti concesso il titolo di dottore honoris causa dal Politecnico di Zurigo, dall'Università di Tolosa, dall'Università di Buenos Aires, dall'Università di Lovanio e dall'Università Cattolica del Cile. È Accademico corrispondente della Real Academia de Ciencias y Artes di Barcellona e dell'Academia de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes di Cordova. Viene nominato Cavaliere di Gran Croce di Alfonso X il Saggio e Cavaliere di Gran Croce al Merito Civile. Dopo la morte, gli viene concesso il titolo di Marchese di Torroja.

Pepa Cassinello
Sovrintendente

Fig. 7. Medaglia al Merito Civile

Fondazioni del Ponte di Sancti Petri

Progetto del Ponte: Eduardo Torroja Miret, José Eugenio Ribera Dutaste
Impresa di costruzioni: Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles HIDROCIVIL
Localizzazione: Sancti Petri, Cadice
Anno: 1926
Lunghezza del Ponte: 144 m; forma resistente delle fondazioni: iperboloide di rotazione
Diametro superiore: 7,00 m; diametro inferiore: 7,60 m; altezza: 8,90 m

Uno dei primi lavori di Eduardo Torroja sono i cassoni ad aria compressa per le fondazioni del ponte di Sancti Petri.

Eduardo Torroja cambia la forma resistente convenzionale di questo tipo di fondazioni, trasformandole in leggere strutture a guscio a doppia curvatura. In tal modo ottimizza il funzionamento strutturale, la messa in carico, la sicurezza degli operai e il costo. Il cassone a guscio a forma di iperboloide di rotazione viene eseguito a doppia parete in mattone armato con uno spessore di soli 7 cm.

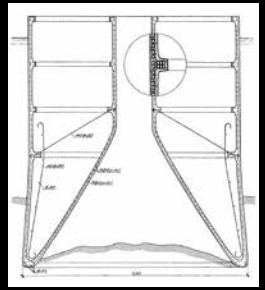
"Allo scopo di ottenere una struttura leggera di poco spessore, si è scelto un disegno circolare, a doppia parete a forma di iperboloide di rotazione. Tale disposizione strutturale offre notevoli vantaggi. La delicata inclinazione della parete esterna diminuisce lo sfregamento provocato quando si immerge il cassone. Dal suo canto, la forma della parete interna evita che il cassone sprofondi troppo rapidamente in terreni pantanosi, con il conseguente rischio che l'altezza disponibile nella zona di lavoro, fra il pavimento e il soffitto, sia troppo ridotta. I cassoni con soffitti orizzontali convenzionali spesso presentano questo problema.

Le pareti sottili a sezione trasversale circolare sono le più adeguate a sopportare la pressione idraulica."

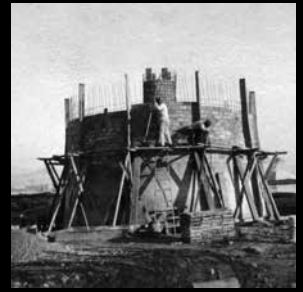
Eduardo Torroja, 1958

1926
Fondazioni del Ponte
di Sancti Petri, Cadice

Costruzione



Sezione



Città Universitaria

Nel 1927 e su proposta di José Eugenio Ribera, Eduardo Torroja viene chiamato a fare parte, in qualità di ingegnere, dell'Ufficio tecnico costituitosi per la costruzione della Città universitaria di Madrid, sotto la direzione di Modesto López Otero, collaborando con gli architetti Agustín Aguirre, Pascual Bravo, Miguel de los Santos, Manuel Sánchez Arcas e Luís Lacasa.

Il suo intervento non si limita a progetti e opere di ingegneria, ma partecipa magistralmente nella maggior parte delle costruzioni architettoniche, assimilando fin dall'inizio la nuova estetica dell'architettura moderna e integrandola nelle sue innovative e originali concezioni strutturali. Ne sono prova i tre viadotti costruiti nel 1933 nella Città universitaria, il Viadotto de los Quince Ojos, il Viadotto del Aire e il Viadotto de los Deportes; il muro di contenimento del torrente Cantarranas (1933), la Centrale termica, o la Stazione dei tram dell'Estadio (1933), oltre al suo intervento nelle strutture delle Facoltà di Scienze (1934), Medicina (1934) e Farmacia (1934), la Casa dello studente (1935), la Centrale termica (1935), o l'Ospedale universitario (1935).

1934 Facoltà di Scienze, Città universitaria, Madrid.

1935 Città universitaria, Madrid.

Ospedale universitario
Architetto: Manuel Sánchez Arcas
Ingegnere: Eduardo Torroja

Solette in cemento armato delle terrazze

Struttura lucernario

Viadotto Quince Ojos

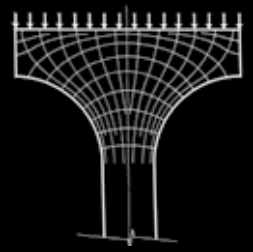
Ingegnere: Eduardo Torroja Miret
Architetto: Modesto López Otero
Promotore: Junta de la Ciudad Universitaria (1927-1936)
Impresa di costruzioni: Agromán S.A.
Anno: 1929-1933
Localizzazione: Madrid
Altezza: 22 m
Lunghezza: 84,70 m

Il Viadotto Quince Ojos, il cui nome iniziale è Viadotto di Alfonso XIII, è costituito da una sequenza continua di 15 grandi archi con una luce di 7 metri, su piloni a sezione quadrata con lati di 1,70 m. Ha una larghezza di 35 m ed è dotato di archi trasversali simili a quelli che compongono la disposizione longitudinale. Si tratta di un complesso di unità strutturali tridimensionali, ognuna di esse formate da un supporto su cui riposano 4 mensole a estradosso piano e intradosso a forma di mezzo arco. Un modo ingegnoso ed estetico di includere i giunti di dilatazione.

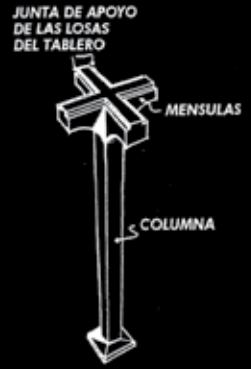
"La grande lunghezza e rigidità di questa struttura ha reso necessaria la sistemazione di giunti di dilatazione a intervalli frequenti, cercando di renderli poco visibili per non compromettere l'estetica dell'opera. A tale scopo si è deciso, come soluzione meno sfavorevole, di sistemarli esattamente nelle chiavi degli archi, ubicazione che ha trasformato gli archi in doppie mensole."

Eduardo Torroja, 1958

1929-1933
Viadotto Quince Ojos,
Città Universitaria,
Madrid.



Linee isostatiche



Viadotto del Aire

Ingegnere: Eduardo Torroja
Architetto: Modesto López Otero
Impresa di costruzioni: Agromán S.A.
Anno: 1933
Localizzazione: Città universitaria, Madrid

Il Viadotto del Aire è uno dei progetti sviluppati da Eduardo Torroja nel periodo come ingegnere presso l'Ufficio tecnico della Città universitaria di Madrid. Il nome fa riferimento alla sveltezza strutturale.

Si tratta di un ponte ad arco con una luce di 36 m e impalcato superiore, costruito completamente in cemento armato. L'arco è costituito da due archi gemelli su cui poggiano i montanti sui quali si sviluppa l'impalcato del viadotto. Eduardo Torroja, allo scopo di migliorare l'effetto ottico del viadotto, non sistema i montanti a distanza costante, bensì la diminuisce man mano che i montanti si avvicinano alla chiave.

"... costituisce un chiaro esempio delle possibilità tecniche e plastiche che offre l'impiego di elementi longitudinali di grande sveltezza, propri di una grande estetica lineare e geometrica. Il calcolo degli sforzi dell'arco si esegue graficamente con il metodo dell'ellisse centrale di inerzia."

Eduardo Torroja, 1958

Ippodromo della Zarzuela

Ingegnere: Eduardo Torroja
Architetti: Carlos Arniches e L. Dominguez
Impresa di costruzioni: AGROMAN S.A.
Anno: 1934 inizio del progetto, 1935 inizio dei lavori, 1941 inaugurazione
Localizzazione: Madrid
Copertura a guscio in cemento armato e tribune: Eduardo Torroja
Aggetto: 12,80 m. **Spessore:** 5,00 cm – 14,50 cm

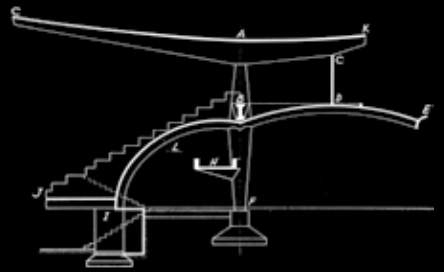
Nel 1934, il Gabinete Técnico de Accesos y Extrarradio (Ufficio tecnico di accessi e hinterland) convoca un concorso per l'esecuzione dell'Ippodromo della Zarzuela, che viene aggiudicato al gruppo formato dagli architetti Carlos Arniches e Martín Domínguez e dall'ingegnere Eduardo Torroja. Si inizia a costruire nel 1935, ma si paralizza a causa della Guerra civile spagnola (1936-1939) e viene inaugurato solo a maggio del 1941.

A livello internazionale, la struttura in cemento armato delle tribune e della copertura a guscio è una delle più iconiche di Eduardo Torroja. L'Ippodromo della Zarzuela presenta tre tribune indipendenti: due laterali di 60 metri di lunghezza e una centrale di 30 m. Si tratta di un complesso di forme resistenti, la cui nuda modernità definisce, in un solo tratto, la totalità dello spazio architettonico delle sale inferiori delle scommesse e delle gradinate sovrastanti. Ogni tribuna è definita da portici trasversali separati di 5 m su cui poggiano, a livello inferiore, le volte cilindriche che intersecandosi danno luogo a una sezione a forma di gabbiano, definiscono la copertura delle sale scommesse e fungono da appoggio alle gradinate esterne delle tribune; a livello superiore si sviluppa una copertura a guscio con uno sbalzo di 12,80 m. L'audace complesso di forme resistenti è equilibrato da un tirante filettato in acciaio, posto nella parte posteriore.

L'innovativa e slanciata copertura ha uno spessore variabile di soli 5 cm nella punta e 14,50 cm nell'appoggio. È formata da una sequenza continua di settori a guscio a doppia curvatura e geometria sensibilmente simile a quella di un iperboloide. Questa specifica forma resistente non consente l'applicazione dei sistemi di calcolo esistenti in quel periodo. Eduardo Torroja effettua calcoli manuali approssimativi, mentre la verifica del comportamento strutturale del guscio viene realizzata mediante prova sperimentale del modello di un modulo costruito in dimensioni reali dall'impresa edile AGROMAN.

"Mi hanno chiesto in varie occasioni come ho ideato il progetto dell'Ippodromo de la Zarzuela... E sorge allora la domanda: l'invenzione di una forma particolarmente adatta alla risoluzione di un problema concreto è prettamente un processo di immaginazione o è il risultato di un ragionamento logico basato sulla forma tecnica? Io non credo che sia nessuna di queste due cose sole, bensì un misto di entrambe. L'immaginazione da sola non potrebbe arrivare a un progetto così senza l'aiuto della ragione, e neanche un processo deduttivo, avanzando nelle successive tappe di perfezionamento, potrebbe essere così logico e determinante da condurre inevitabilmente a tale progetto."

Eduardo Torroja, 1958

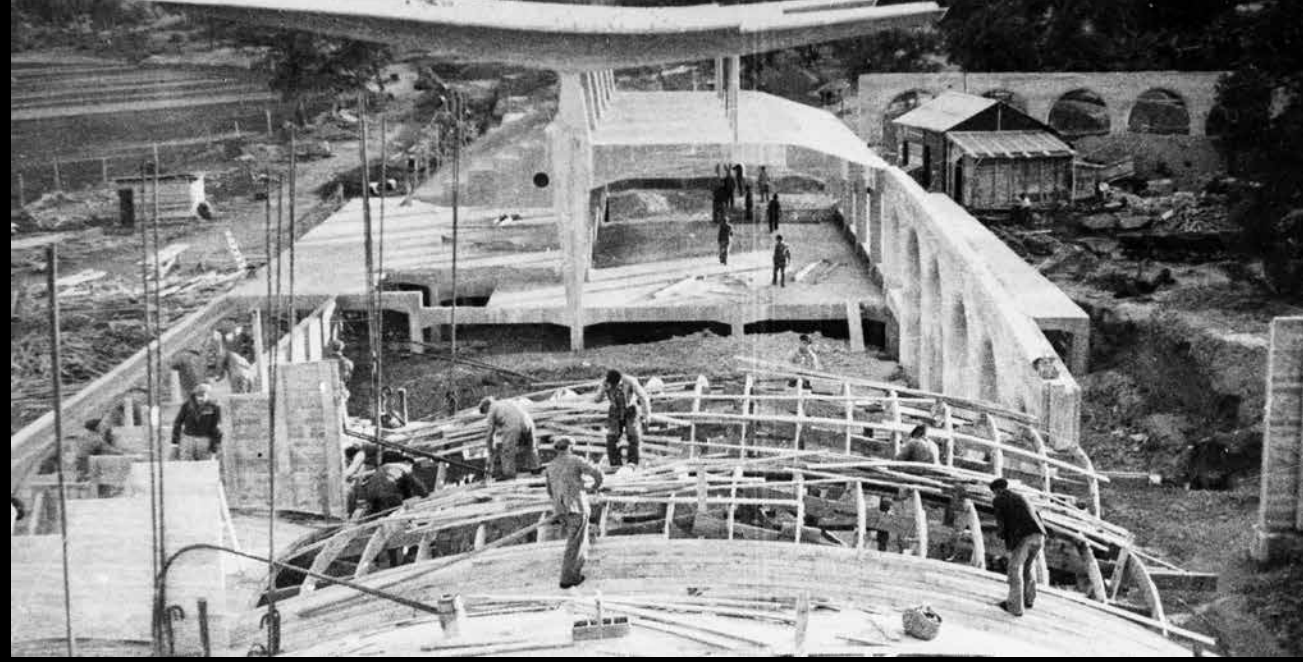


Sezione trasversale

Vista laterale delle tribune. © S.V. Kaskel

1935 Ippodromo della Zarzuela, Madrid

Costruzione



1934 Prova sul modello in scala reale eseguita dall'impresa Agroman

Restauro Ippodromo della Zarzuela

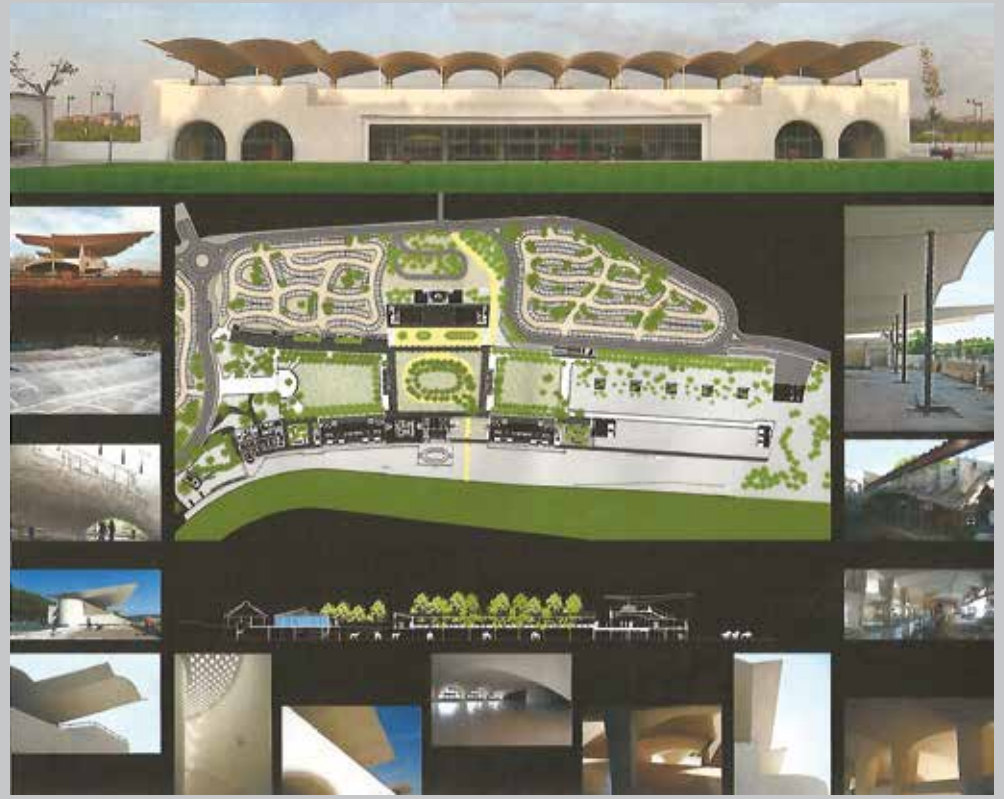
Architetti: Junquera Arquitectos - Jerónimo Junquera García del Diestro
Ingegneri: Leonardo Fernández Troyano (strutture), Úrculo Ingenieros (installazione)
Impresa di costruzioni: DRAGADOS S.A.
Collaboratori: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja
SIKA España
Anno: 2004-2007 progetto. 2008-2015 lavori
Localizzazione: Madrid

Nel 2004, Junquera Arquitectos vince il concorso per il restauro e la ristrutturazione dell'area delle corse dell'Ippodromo della Zarzuela, indetto dalla società Hipódromo de la Zarzuela S.A.

I lavori iniziano nel 2008 con il restauro delle pensiline delle tribune, deteriorate dal passare del tempo e danneggiate dall'acqua, e di diversi edifici costruiti in fasi precedenti. Al contempo, nell'area si eseguono lavori di prospezione costruttiva. Sono lavori di ricerca per scoprire e analizzare i valori e i sistemi costruttivi originari, alterati e perduti a causa di ampliamenti e modifiche eseguite nell'area. Lo studio evidenzia danni strutturali notevoli che richiedono lavori di consolidamento e riparazione della struttura.

Una volta completati i lavori di riparazione strutturale, si inizia il restauro e la ristrutturazione del complesso architettonico, con l'obiettivo di recuperare i valori essenziali del progetto del 1934 di Arniches, Domínguez e Torroja.

Il progetto di restauro affida la bellezza del futuro Ippodromo al potenziamento dei suoi valori originari, recuperando quelli perduti. Si tratta di recuperare per la città l'Ippodromo della Zarzuela con le installazioni ideali per le corse e l'ippica, in equilibrio con l'uso e la fruizione del monumento.



2004-2015 Junquera Arquitectos, Restauro Ippodromo della Zarzuela

SALA – S2

Nel 1927 Eduardo Torroja apre a Madrid il suo studio di progettazione, iniziando una fruttifera produzione di opere innovative, che stimolano il progresso della costruzione civile e architettonica seguendo sempre i canoni della recente Modernità.

È indubbiamente la sua versatile attività di progettista, ricercatore, docente, imprenditore e amministratore a dotare Eduardo Torroja di una conoscenza poliedrica, che insieme alla sua particolare sensibilità creatrice, gli consente di essere libero di trasformare le sue idee in ciò che in seguito David Billington chiama "arte strutturale".

"Il mio obiettivo è stato sempre che gli aspetti funzionali, strutturali ed estetici di un progetto costituiscano un'unità integrata, sia in quanto ad essenza che in quanto ad apparenza."

Eduardo Torroja, 1958

Con lo stesso linguaggio espositivo di tutto il museo, la seconda sala dell'esposizione permanente di Eduardo Torroja è dedicata a una selezione di opere eseguite tra il 1927 e il 1957, ordinate per cronologia e tipologia, in funzione dei tipi strutturali e i diversi usi. Le opere di ingegneria civile, quali ponti, dighe, acquedotti, viadotti, ecc., sono disposte nella parete porticata grigia, in cui si trovano anche le vetrine orizzontali segnate da spazi scanditi da maggiore luce, mentre le opere ad usi architettonici, quali mercati, hangar, stadi, chiese, si trovano nella parete longitudinale nera.

Per sottolineare la decisione compositiva di rendere il museo uno spazio dominato dalle geometrie pure e dai colori della Modernità, al centro di questa sala si trovano dei volumi addossati longitudinalmente, di supporto a vari plastici (Mercato di Algeciras, Ponte di Tordera, Acquedotto di Alloz, Frontón Recoletos, Chiesa di Pont de Suert, Deposito di Fedala, Club Táchira…) e che ordinano il percorso all'interno della sala.

Opere esposte: 1927 Acquedotto di Tempul, 1935 Mercato di Algeciras, 1936 Frontón Recoletos di Madrid, 1939 Acquedotto di Alloz, 1940 Ponte di Tordera, 1940 Ponte del Pedrido, 1941 Viadotto Martín Gil, 1942-1945 Hangar di Torrejón e Cuatro Vientos, 1943 Stadio di Les Corts di Barcellona, 1953 Cappella aperta del Sancti Spirit, 1954 Chiesa di Pont de Suert, 1956 Deposito di Fedala, 1956 Diga di Canelles.

Acquedotto di Tempul

Ingegneri: Eduardo Torroja Miret, Francisco Ruiz Martínez
Impresa di costruzioni: Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles (HIDROCIVIL)
Anno: 1925 progetto.
Localizzazione: Jerez de la Frontera, Cadice.

Eduardo Torroja è pioniere dell'impiego del cemento precompresso. Questo acquedotto è una delle prime opere in cemento precompresso costruite al mondo.

È costituito da 11 campate di travi in cemento armato con una luce di 20 m e una campata centrale tipo "Cantilever" di 57 m. Viene eseguito con un ingegnoso sistema precompresso. Eduardo Torroja decide di modificare il progetto iniziale eliminando i due piloni centrali sistemati nell'alveo del fiume per evitare eventuali problemi alle fondazioni. Li sostituisce con dei tiranti che passano sopra i piloni contigui, situati sulle due rive del fiume, e fissati alle estremità delle campate contigue.

"I tiranti, inclusi gli ancoraggi, sarebbero dovuti essere di circa 50 m di lunghezza. Nel 1926 non si disponeva di tecniche di precompressione per tali lunghezze, e neppure le tecniche di saldatura erano sufficientemente avanzate da poter farvi affidamento per una struttura di tale portata. Ho quindi deciso di utilizzare cavi intrecciati di acciaio ad alta resistenza. In tal modo, i tiranti si potevano produrre facilmente in un solo pezzo. La soluzione adottata è stata di appoggiarli su cavalletti indipendenti sulle teste dei piloni, lasciando queste ultime separate dai fusti. Per cui, una volta gettato il calcestruzzo sulle campate con gli ancoraggi dei cavi, si potevano sollevare le teste mediante martinetti idraulici, e grazie a questo sollevamento si sono tirati i cavi fino a raggiungere l'adeguata tensione di lavoro."

Eduardo Torroja, 1958

1925-1926
Acquedotto di Tempul, Jerez de la Frontera (Cadice)

Mercato di Algeciras

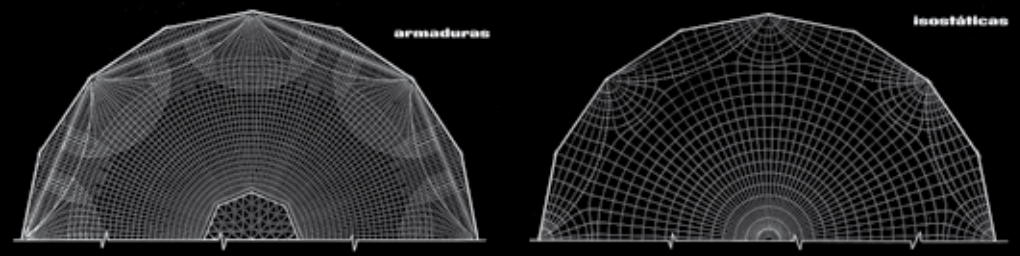
Ingegnere: Eduardo Torroja
Architetto: Manuel Sánchez Arcas
Impresa di costruzioni: Ricardo Barredo
Anno: 1934-1935
Localizzazione: Plaza de la Palma, Algeciras, Cadice

La copertura del Mercato di Algeciras è la prima grande cupola a guscio in cemento armato costruita in Spagna e quella di maggiori dimensioni, di questo tipo, eseguita al mondo per oltre 30 anni. Un'impresa senza precedenti in cui Eduardo Torroja apporta diverse innovazioni all'incipiente storia dell'avventura dei gusci nell'architettura moderna. In effetti, anche se pochi anni prima si erano costruite alcune strutture a guscio di grandi dimensioni, come quella del Mercato di Basilea progettata da Franz Dischinger, Eduardo Torroja apporta una nuova forma resistente con una grande luce, eseguita con uno spessore continuo senza nervature con spigolo a vista, oltre all'ingegnoso sistema di disarmo mediante la postcompressione del cerchio perimetrale e un'imponente immagine di modernità.

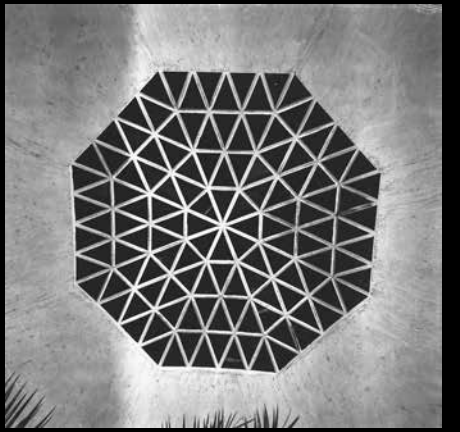
La pianta è ottagonale con i lati di 28,20 m. La copertura è un guscio con una luce tra i punti di appoggio di 47,76 m, ed è formata da una calotta sferica di 41,20 m di diametro e 8 piccole volte cilindriche dall'asse orizzontale che, a mo' di visiera, ne definiscono il contorno e poggiano sui pilastri. I bordi ad arco dei gusci cilindrici portano gli sforzi della copertura verso i pilastri, apportando rigidità al complesso a guscio. Il guscio è continuo, privo di nervature a spigolo e lo spessore è di 9 cm, incrementandosi fino a 50 cm sugli appoggi. Il guscio presenta un lucernario ottagonale (10 m - diagonale) situato sulla cuspide. I vetri sono sostenuti da dei triangoli prefabbricati in cemento armato.

"... il pilastro sopporta la componente verticale della forza, mentre la componente orizzontale in senso radiale è compensata da un cerchio ottagonale periferico formato da 16 anelli di 30 mm. Il cerchio, essendo in trazione, si dilata, mentre il guscio, essendo compresso, tende a contrarsi. Per questo motivo si è deciso di sistemare dei tenditori a vite nelle barre che costituiscono il cerchio. L'azione dei tenditori, tendente ad accorciare le barre, le ha messe in trazione, e ciò ha provocato le relative reazioni radiali sul guscio nei punti di unione con i supporti... la cupola compressa ha cominciato a sollevarsi leggermente, staccandosi dalla centina."

Eduardo Torroja, 1958



1934-1935 Mercato di Algeciras



1934-1935 Mercato di Algeciras

Frontón Recoletos

Ingegnere: Eduardo Torroja
Architetto: Secundino Zuazo Ugalde
Promotore: Nueva Empresa de Frontones S.A.
Impresa di costruzioni: Huarte y Cia
Anno: 1935
Localizzazione: calle Villanueva, Madrid (scomparso)

Il Frontón Recoletos è stato uno degli edifici di spicco della modernità madrilena, risultato dell'ammirevole collaborazione tra l'ingegnere Eduardo Torroja e l'architetto Secundino Zuazo.

La copertura a guscio in cemento armato è una delle più innovative e singolari di Eduardo Torroja. Disgraziatamente subisce gravi danni durante i bombardamenti della Guerra civile e crolla nel 1939. Si trattava di una copertura a guscio cilindrica, con generatrici orizzontali, la cui direttrice era formata dall'intersezione ortogonale di due segmenti di circonferenze con raggi diversi: il maggiore di 12,20 m e il minore di 6,40 m (sezione a gabbiano). Era una "trave a guscio lobata" con una luce libera di 55 m tra gli appoggi. La dimensione trasversale era di 32,50 m, in tal modo, la copertura rivestiva completamente lo spazio interno senza appoggi intermedi. Lo spessore era continuo di soli 8 cm, eccetto nell'intersezione dei lobi in cui era di 16 cm. La luce naturale penetrava da due lucernari longitudinali formati da una maglia di triangoli equilateri con i lati di 1,40 m.

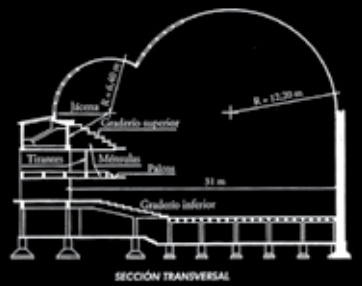
"A causa della complessità dei calcoli e al sempre presente rischio di errori, lo studio teorico si è completato con una prova sperimentale su un modello a scala ridotta."

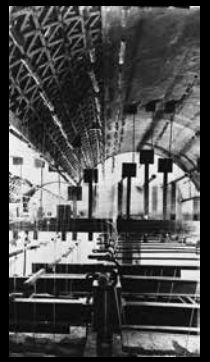
Eduardo Torroja, 1958

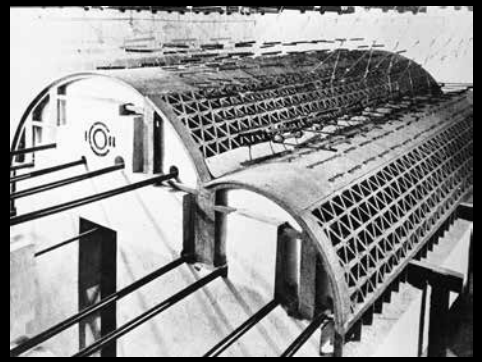
1935 Frontón
Recoletos,
Madrid

1935-1936 Costruzione

Prova sul modello ridotto 1:10







Acquedotto di Alloz

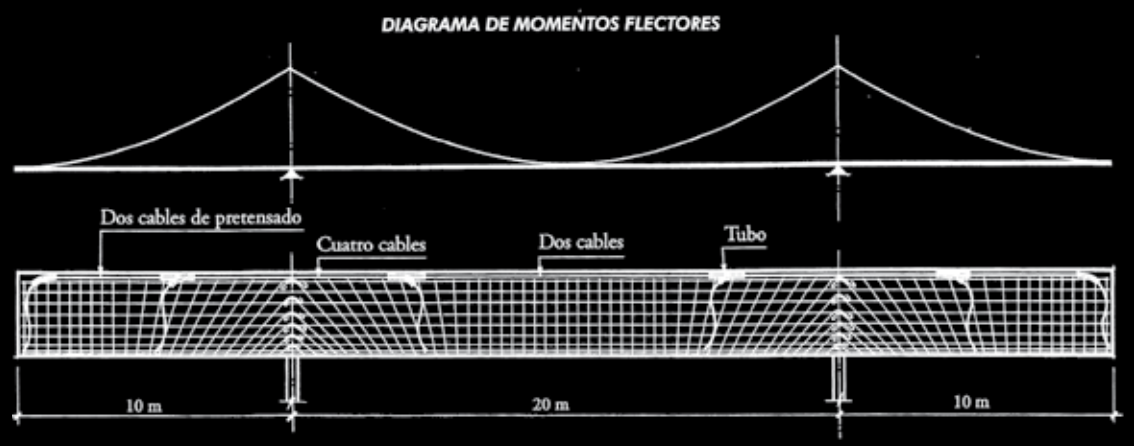
Ingegnere: Eduardo Torroja
Impresa di costruzioni: Huarte y Cia
Anno: 1939-1942
Localizzazione: Cammino di Santiago, Comune di Ciuraqui
Lunghezza: 218 m; **Canale**: 2,75 m altezza, 15 cm spessore

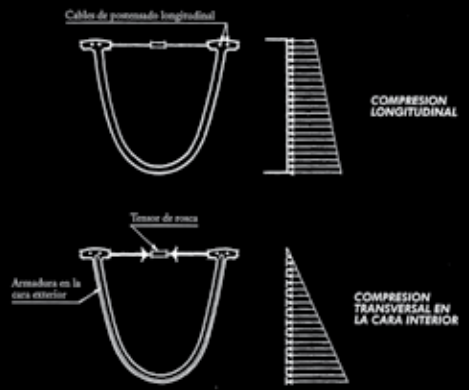
L'Acquedotto di Alloz è un'altra delle opere pioniere in cemento precompresso costruite da Edoardo Torroja. È un ingegnoso sistema di precompressione non convenzionale, costituito da un canale autoportante a sezione di parabola cubica, precompresso in due direzioni ortogonali che ne assicurano l'impermeabilità. Il canale poggia su supporti in calcestruzzo a forma di "compasso gigante" o a forbice, disposti a intervalli di 20 m. Ogni tratto di 40 m è formato da una parte centrale di 20 m e due aggetti alle estremità di 10 m ognuno. La precompressione longitudinale si esegue mediante due cavi intrecciati situati nei bordi superiori del canale, mentre la precompressione trasversale è costituta da barre filettate aeree che uniscono i bordi trasversalmente ogni 4 m. L'ingegnoso sistema di precompressione longitudinale consiste nella sistemazione di morsetti fra ogni coppia di cavi, che poi vengono separati per mezzo di un compasso metallico e un martinetto idraulico. Una volta tesi i cavi, si procede con il getto di calcestruzzo.

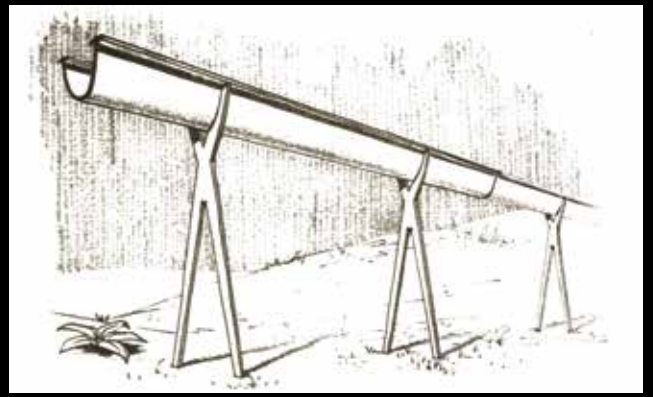
Questa non è solo un'opera pionieristica dell'uso della precompressione. La sua affascinante immagine offre al pellegrino una sorprendente impronta di nuda modernità lungo il Cammino di Santiago.

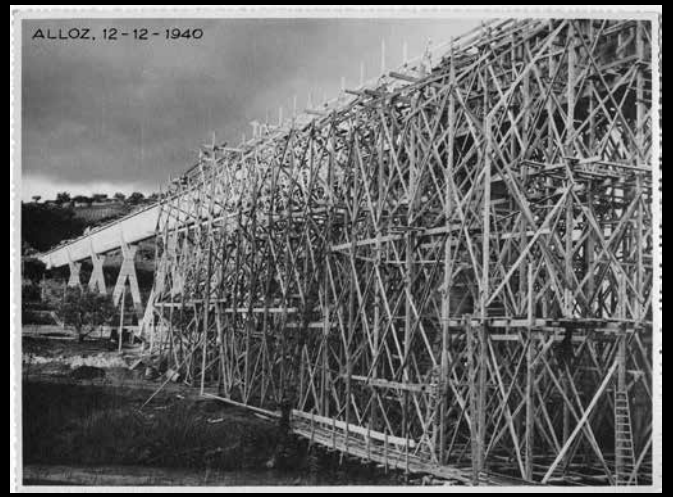
"L'idea principale nel progetto di questo acquedotto è consistita nell'eliminare qualsiasi possibilità di apparizione di fessure e filtrazioni nel paramento, sottoponendo la faccia interna delle pareti a compressione bidirezionale."

Eduardo Torroja, 1958





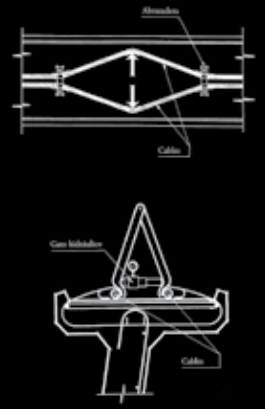




1939-1942
Acquedotto di Alloz

Costruzione

Cavi di tensionamento
con martinetto idraulico



Ponte di Tordera

Ingegneri: Eduardo Torroja, César Villalba Granada e Gabriel Andreu Elizaicin
Impresa di costruzioni: Obras Metálicas Electro-Soldadas (OMES); Investigaciones de la Construcción, S.A. (ICON)
Anno: 1939 progetto. 1939-1944 lavori
Localizzazione: Strada statale Barcellona-Girona

Eduardo Torroja è pioniere dell'uso di strutture miste. Progetta vari ponti misti in acciaio e cemento armato, sfruttando le diverse caratteristiche resistenti di questi materiali. Il primo è il Ponte di Tordera (1939), distrutto durante la Guerra civile, di cui rimanevano in piedi solo le pile. Sulle pile si costruisce un nuovo impalcato in cemento armato su travi metalliche ellittiche di tre campate, due alle estremità di 45,70 m e una centrale di 54,70 m, situate sotto l'impalcato. Le solette di cemento armato dell'impalcato vengono collegate alla briglia superiore delle travi metalliche mediante barre saldate, di modo che le solette lavorino come teste di compressione delle travi.

I vincoli del ponte sono oggetto di riconoscimento internazionale (Svezia).

"Dopo aver provato varie soluzioni, si è scelta la trave ellittica per fare in modo che il carico (di trazione) fosse sufficientemente costante in tutta la lunghezza della testa inferiore, mantenendo le compressioni nelle diagonali sufficientemente ridotte da evitare la curvatura."

Eduardo Torroja, 1958

Ponte del Pedrido

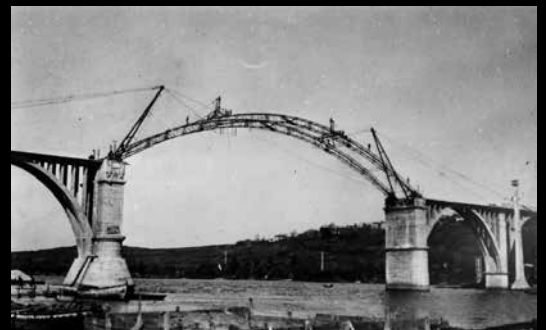
Ingegneri: Eduardo Torroja Miret e Cesar Villalba Granda
Impresa di costruzioni: Ricardo Barredo S.A.
Anno: 1939 progetto (Eduardo Torroja). 1939-1943 lavori
Localizzazione: Ría de Betanzos, La Coruña
Tipo: Ponte ad arco

Il Ponte del Pedrido viene iniziato dall'ingegnere Cesar Villalba Granda prima della Guerra civile. Si tratta di un ponte di 520 m di lunghezza, con tre parti diverse. L'inizio della Guerra civile nel 1936 paralizza i lavori nel momento in cui si sono costruite solo le due parti alle estremità: la prima con un impalcato di 340 m appoggiato su 10 archi doppi e la terza con impalcato di 102 metri su tre archi doppi.

Nel 1939, Eduardo Torroja progetta la campata centrale completando il ponte. Quest'ultima viene risolta mediante un innovativo arco a via inferiore (bowstring) in cemento armato con una luce di 78,40 m e 12,50 m di freccia, con due articolazioni. La campata centrale è formata da due nervature principali dallo spigolo variabile, con una larghezza uniforme alle imposte. L'impalcato inferiore è un solaio continuo di 3,65 m di luce, sospeso all'arco mediante stralli.

"L'armatura principale dell'arco si progetta con profili laminati saldati e viene studiata per consentire la proiezione delle due metà dell'arco dalle estremità; una volta unite entrambe le parti nella chiave, e sistemato il tirante, si getta il calcestruzzo sull'arco."

Eduardo Torroja, 1940
(Relazione di progetto)



1939
Ponte del Pedrido

Costruzione

Viadotto Martín Gil – Arco dell'Esla

Ingegneri: Francisco Martín Gil, César Villalba Granda, Antonio Salazar Martínez, Eduardo Torroja Miret
Promotore: Ministero dei lavori pubblici spagnolo
Impresa di costruzioni: Max Jacobson S.A.; Ricardo Barredo S.A.; Esab Ibérica, S.A.; Investigaciones de la Construcción, S.A. (ICON)
Anno: 1932: 1° progetto. 1935: 2° progetto. 1939: 3° progetto. 1934-1943 costruzione
Localizzazione: Fiume Esla, Manzanal del Barco, Zamora

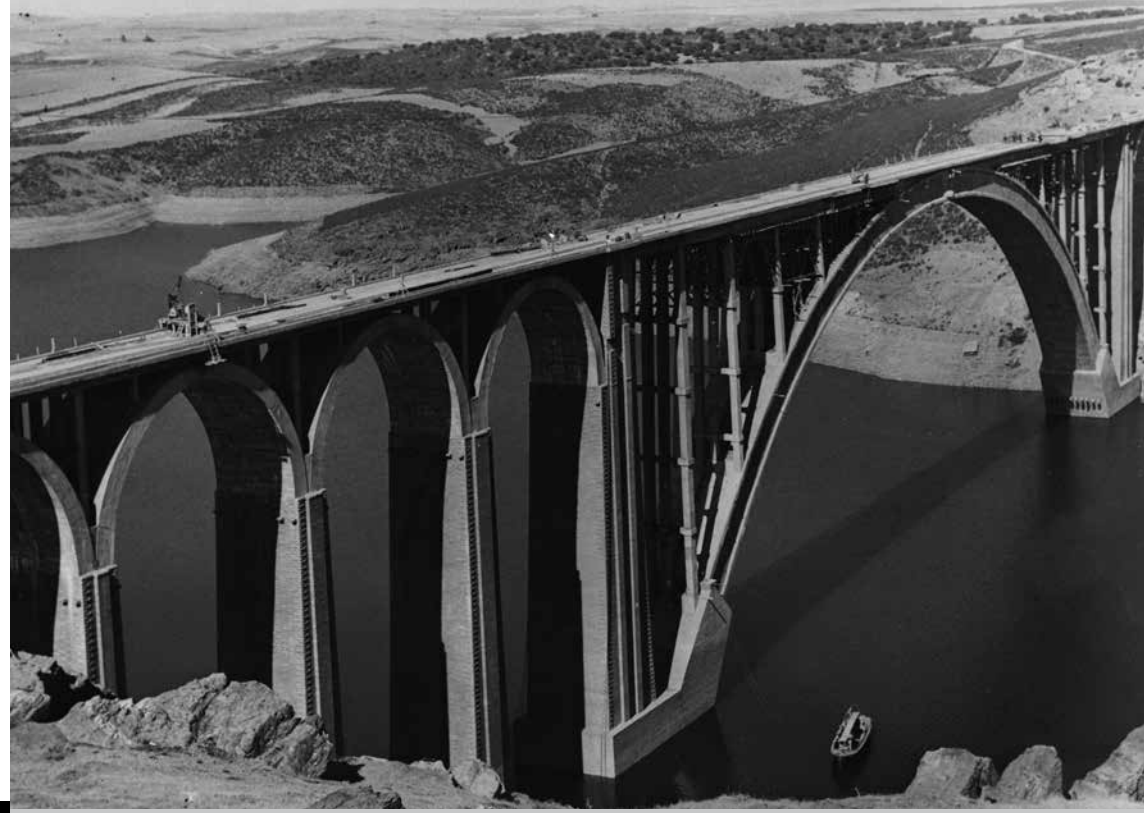
Lunghezza totale: 479 m. **Altezza**: 84 m
Arco centrale: 209 m

Il Viadotto Martín Gil è una delle numerose opere interrotte con l'inizio della Guerra civile. Nel 1939, una volta terminato, Eduardo Torroja costruisce il grande arco centrale di cemento armato, con una luce record di 209 m.

Per ottimizzare il processo di costruzione e i costi, Eduardo Torroja disegna una centina metallica che rimane inglobata all'interno della sezione di calcestruzzo dell'arco, come armatura permanente. La centina è formata da due montanti paralleli strallati trasversalmente. Il getto di calcestruzzo del grande arco si esegue a strati longitudinali, via via di spessore maggiore, dato che, facendo presa il calcestruzzo gettato in precedenza, la centina può sopportare maggiori sforzi.

"Una volta indurito il calcestruzzo, si sono collocati i martinetti idraulici alle imposte e alla chiave delle teste inferiori, per mettere in compressione queste briglie e liberare parzialmente quelle superiori dai carichi di compressione che, fino a quel momento, avevano sopportato da sole."

Eduardo Torroja, 1958



1934-1943
Grande arco dell'Esla

Costruzione

Hangar

Ingegnere: Eduardo Torroja
Architetto: Rafael de la Joya Castro
Impresa di costruzioni: Obras Metálicas Electro-Soldadas (OMES)
Anno: 1942
Localizzazione: Aeroporto di Torrejón de Ardoz, Madrid
Promotore: Ministero dell'Aeronautica spagnolo
Anno: 1946-1949
Localizzazione: Real Aero Club de España, Cuatro Vientos, Madrid

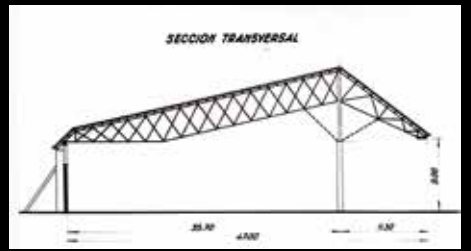
Tra il 1942 e il 1949, Eduardo Torroja progetta e costruisce a Madrid tre hangar con grandi coperture metalliche, che gli sono aggiudicati con dei concorsi nazionali convocati dal Ministero dell'Aeronautica. Il primo è il progetto dell'aeroporto di Torrejón, il cui modello viene impiegato anche per l'aeroporto di Barajas. La superficie libera deve essere di 182,88 m x 47,24 m e le porte di accesso, situate su uno dei lati più lunghi, possono essere suddivise da un supporto centrale posto al massimo 10 m verso all'interno. Eduardo Torroja progetta la copertura con un'inclinazione ascendente dai quattro lati (13°) allo scopo di ridurre al massimo la pressione del vento sulle pareti laterali. Essa è formata da una trave maestra longitudinale su cui poggiano le centine trasversali strallate mediante elementi a X.

L'ultimo e il più differente degli hangar è quello di Cuatro Vientos. La copertura è costituita da archi metallici di 35 m di luce che si incrociano formando una volta reticolare di grande rigidità. Gli archi vengono montati a terra e successivamente sollevati nella posizione definitiva (immagine pag. 56).

"Ognuna delle due metà della struttura di copertura lavora come una specie di trave reticolare di grande rigidezza nonostante la sua leggerezza."

Eduardo Torroja, 1958

1942 Hangar di Torrejón de Ardoz, Madrid



1946-1949
Hangar di Cuatro Vientos, Madrid

Campo da calcio di Les Corts

Ingegnere: Eduardo Torroja
Architetto: José Mª Sagnier Vidal
Promotore: Fútbol Club Barcelona
Impresa di costruzioni: Pubasa
Anno: 1943-1945
Localizzazione: Barcellona

È un'innovativa struttura mista in cemento e acciaio. La copertura metallica aggetta 25 m sulla gradinata e poggia su grandi supporti in cemento armato. Ancora una volta, il progetto risponde alla continua ricerca di Eduardo Torroja di scegliere, per ogni caso specifico, non solo la forma resistente adeguata che accompagni la funzionalità dello spazio, ma anche i materiali che ottimizzino il costo della struttura.

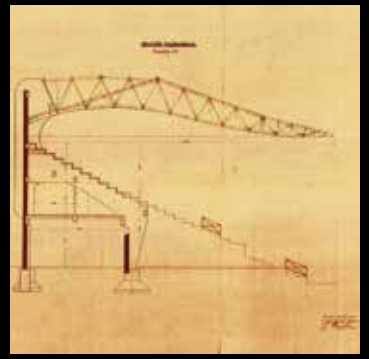
La struttura della copertura è formata da una maglia reticolare di mensole metalliche triangolari, separate di 5 metri, ancorate ai supporti in cemento armato con bulloni che uniscono la testa superiore della mensola all'armatura in acciaio del cemento. L'accattivante forma ondulata dell'intradosso è il risultato del rivestimento con lastre di legno dalle tonalità arancioni. La struttura in cemento armato che sostiene la copertura e le gradinate è ingegnosamente progettata per ridurne lo spessore, il costo e l'incremento del momento flettente. Con questo proposito, Eduardo Torroja divide in due la luce di 8 metri delle travi inclinate delle gradinate per mezzo di un tirante centrale.

"Non era facile trovare materiali o soluzioni strutturali alternative da impiegare in questa grande copertura in aggetto, dato che la luce di 25 m sulle gradinate doveva necessariamente essere metallica per ridurne il peso e i costi."

Eduardo Torroja, 1958

Test di carico

1943-1945
Stadio di Les Corts, Barcellona



Sezione

Cappella Aperta Sancti Spirit

Ingegnere: Eduardo Torroja
Promotore: Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana (E.N.H.E.R.)
Anno: 1953
Localizzazione: Valle de San Nicolau, Aigüestortes, Lleida (scomparsa)

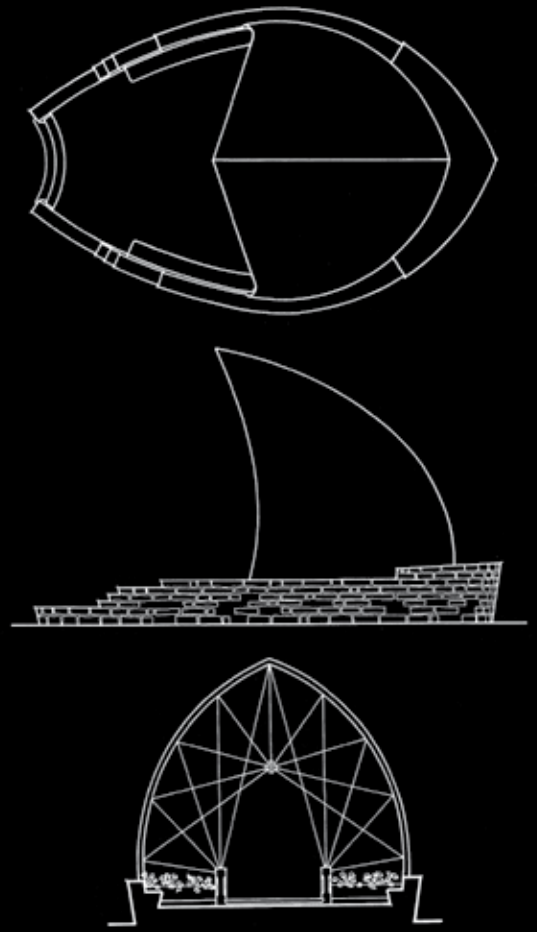
In un idilliaco paesaggio sperduto tra i monti e sulle rive del fiume San Nicolau, Eduardo Torroja costruisce un piccolo gioiello della Modernità delle strutture a guscio, sfortunatamente scomparso. Si trattava di una piccola cappella aperta, simile a un rifugio emisferico. La struttura a guscio scaturiva dal pavimento e definiva la totalità dello spazio abitabile. Simulava una vela gonfiata dal vento.

La sua forma resistente era quella di una mezza cupola, eseguita in mattoni armati, una soluzione molto economica in Spagna in quel periodo. Risaltava l'originale sistema per irrigidire il bordo della cupola con l'inclusione di un gruppo di tiranti tesati, disposti radialmente da due punti fissi.

"Attualmente, non esiste nessun metodo pratico che consenta di effettuare il calcolo di tensioni in gusci di questo tipo; tuttavia non c'è motivo per non costruirne, anche nel caso di dimensioni maggiori rispetto a questo piccolo rifugio."

Eduardo Torroja, 1958

1953 Cappella di Sancti Spirit



1952
Eduardo Torroja con un modulo
della Chiesa di Pont de Suert

Chiesa di Pont de Suert

Ingegnere: Eduardo Torroja
Architetto: José Rodríguez Mijares
Promotore: Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana (E.N.H.E.R.)
Anno: 1952-1955
Localizzazione: Pont de Suert, Lleida

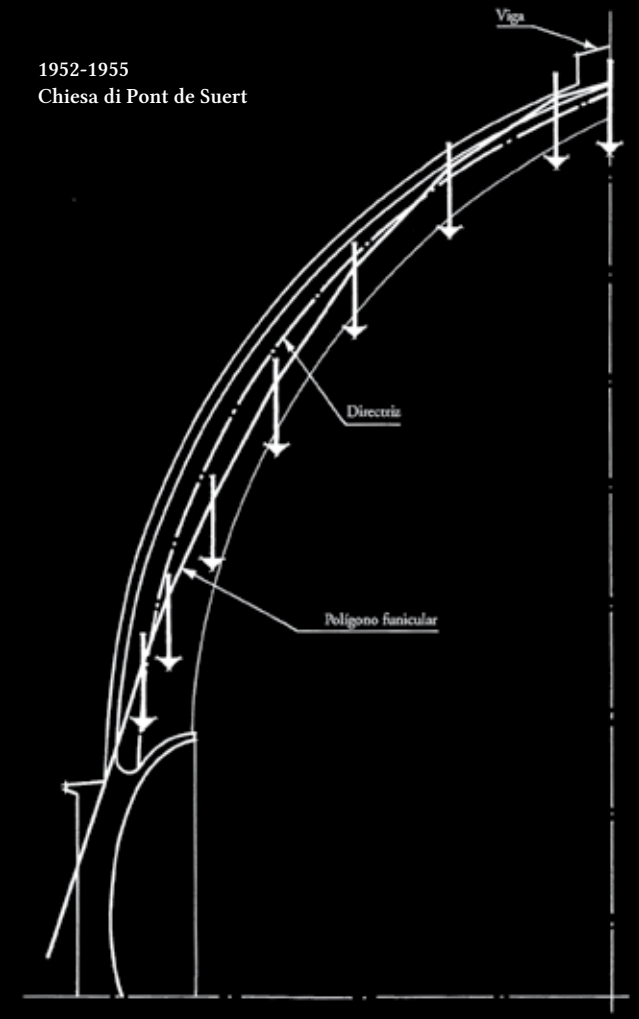
Dal punto di vista della sua concezione spaziale, l'aspetto più rimarchevole della copertura a guscio della chiesa parrocchiale di Pont de Suert è che non è solamente una copertura in se stessa, ma definisce la totalità dello spazio abitabile fin dal suo slancio dal pavimento. È la propria struttura che definisce la forma geometrica della chiesa. Un fatto che è riconoscibile anche dall'esterno.

La struttura dell'unica navata della chiesa è formata dalla sequenza continua di moduli a guscio a volta, costituiti dall'unione di un lobo a volta principale (copertura e parete) con le piccole cappelle absidali, anch'esse a volta. Il lobo adotta la generale curvatura degli archi ogivali, ma con una curvatura trasversale variabile, più appiattita nella chiave. La forma geometrica è adeguata ai momenti flettenti. Nella chiave dei moduli uno di fronte all'altro lungo la navata, si trova una trave in cemento armato che irrigidisce e stabilizza la struttura. Le volte a guscio si eseguono con tre spirali in mattoni forati di 3 cm di spessore ognuno, collocati in piano. All'esterno si sistema una sottile maglia metallica ricoperta di malta cementizia.

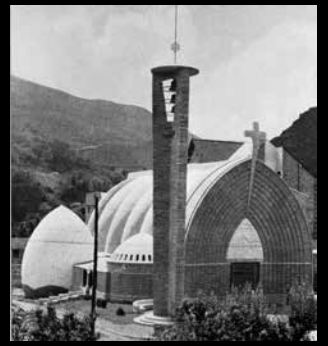
"Questo tipo di gusci risulta economico e può adattarsi a qualsiasi forma che si desideri, anche a curvature in costante cambiamento, come evidenziano le volte di questa chiesa."

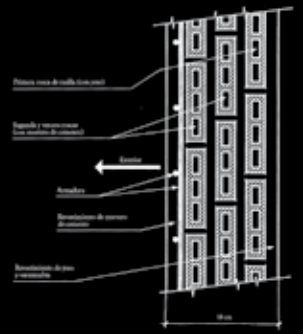
Eduardo Torroja, 1958

1952-1955
Chiesa di Pont de Suert



COMPRESIONES EN LA BOVEDA





DETALLE DE LA BOVEDA

Deposito di Fedala

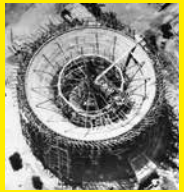
Ingegnere: Eduardo Torroja
Collaboratori: A. Paez e F. del Pozo
Impresa di costruzioni: F. Fernández / Société Marocaine d´Exploitation des Entreprises Fernández (Marocco)
Localizzazione: Fedala, Marocco
Anno: 1956 progetto. 1956-1957 costruzione

Il deposito più innovativo e affascinante di Eduardo Torroja è indubbiamente quello di Fedala. Torroja progetta le distinte parti con diverse forme resistenti e materiali, allo scopo di ottimizzare il funzionamento strutturale, la funzionalità e il processo costruttivo.

Per cui, le pareti della cisterna e il fondo sono costruiti in cemento armato e precompresso, mentre la copertura, non ricevendo il peso e la spinta dell'acqua contenuta, viene costruita con una leggera struttura a guscio in mattoni, che non necessita di casseratura. Il fondo della cisterna è una volta torica in cemento armato, il cui anello esterno è postcompresso mediante tenditori a vite, e le pareti adottano la forma di un iperboloide di rotazione in cemento postcompresso secondo le generatrici e direttrici. La compressione simultanea di queste linee evita il rischio di apparizione di fessure. Un'ingegnosa e affascinante soluzione in cui ogni elemento adotta la forma resistente e il materiale più adeguati.

"Il principale problema durante la progettazione di questo deposito, di 3500 m3 di capacità è stato quello di trovare un metodo di impermeabilizzazione soddisfacente. Per cui, si è modificata la forma iniziale, un tronco di cono, e si è optato per un iperboloide di rotazione, postcompresso lungo i due gruppi di linee rette tipiche di un iperboloide. Così si otteneva una compressione simultanea nelle sue generatrici e direttrici, e si evitava il rischio di apparizione di fessure."

Eduardo Torroja, 1958



1956-1957
Deposito di Fedala, Marocco

Costruzione

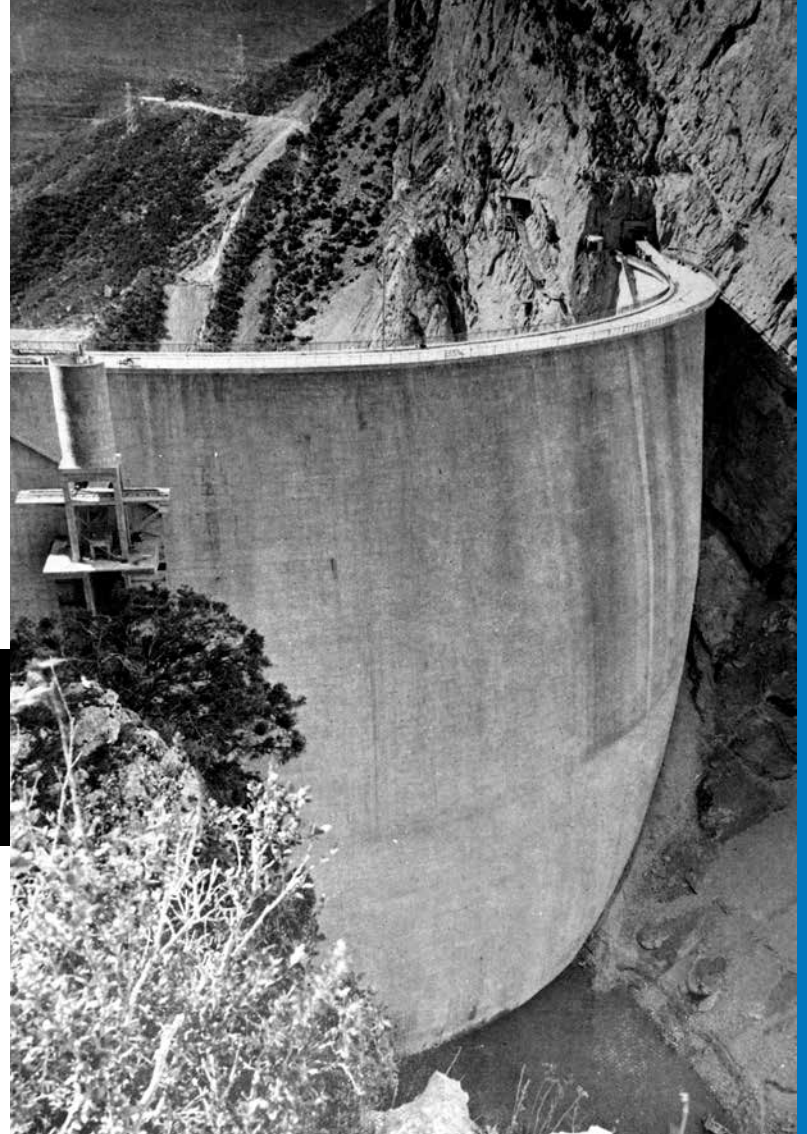
Diga di Canelles

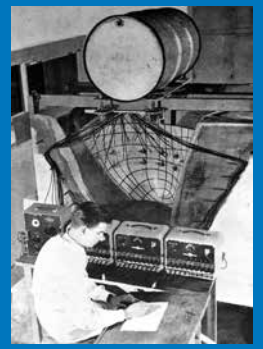
Ingegneri: Carlos Benito Hernandez, Eduardo Torroja Miret
Promotore: Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana (E.N.H.E.R.)
Impresa di costruzioni: E.N.H.E.R.
Anno: 1953-1964
Localizzazione: fiume Noguera Ribagorzana, Lleida
Lunghezza: 210 m
Altezza: 140 m

La diga di Canelles è una diga a volta di cemento armato di 140 m di altezza, per l'epoca un record in Spagna. La forma geometrica presenta una curvatura variabile sia orizzontalmente che verticalmente, risultato dell'analisi strutturale che esegue Eduardo Torroja utilizzando varie e successive prove su modelli in scala per ottimizzare la forma resistente. La costruzione termina nel 1964, tre anni dopo la morte di Eduardo Torroja.

"Sono stati preparati 17 modelli diversi in scala ridotta prima di arrivare al progetto definitivo. In ogni modello si introducevano le modifiche dettate dalla prova precedente e via di seguito. Le prove si sono concluse una volta ottenuta una forma per la diga con compressioni massime di 50 kg/cm2 e trazioni praticamente nulle nel paramento a monte."

Eduardo Torroja, 1958





Test su modelli ridotti

1953-1964
Diga di Canelles, Lleida

SALA – S3

La terza e ultima sala dell'esposizione permanente del Museo Eduardo Torroja è dedicata all'attuale Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja appartenente al CSIC.

È destinata alla costruzione della sua nuova e rivoluzionaria sede (1949-1953) e alle rilevanti attività di ricerca, divulgazione e insegnamento tenute presso l'Istituto durante i decenni d'oro della Modernità capeggiata da Eduardo Torroja. Qui, fra le varie organizzazioni nazionali e internazionali, viene fondata l'International Association for Shell Structures, IASS (1959).

" Altri giudicheranno meglio di me il lavoro che abbiamo svolto."

Eduardo Torroja, 1961 (dalla lettera ai suoi collaboratori)

Opere esposte: la costruzione della nuova e odierna sede dell'Istituto, elementi singolari, pubblicazioni, gusci sperimentali costruiti da Eduardo Torroja nel 1959 e la nervatura a guscio costruita nel 1969 in omaggio al cemento e all'acciaio, in ricordo di Eduardo Torroja.

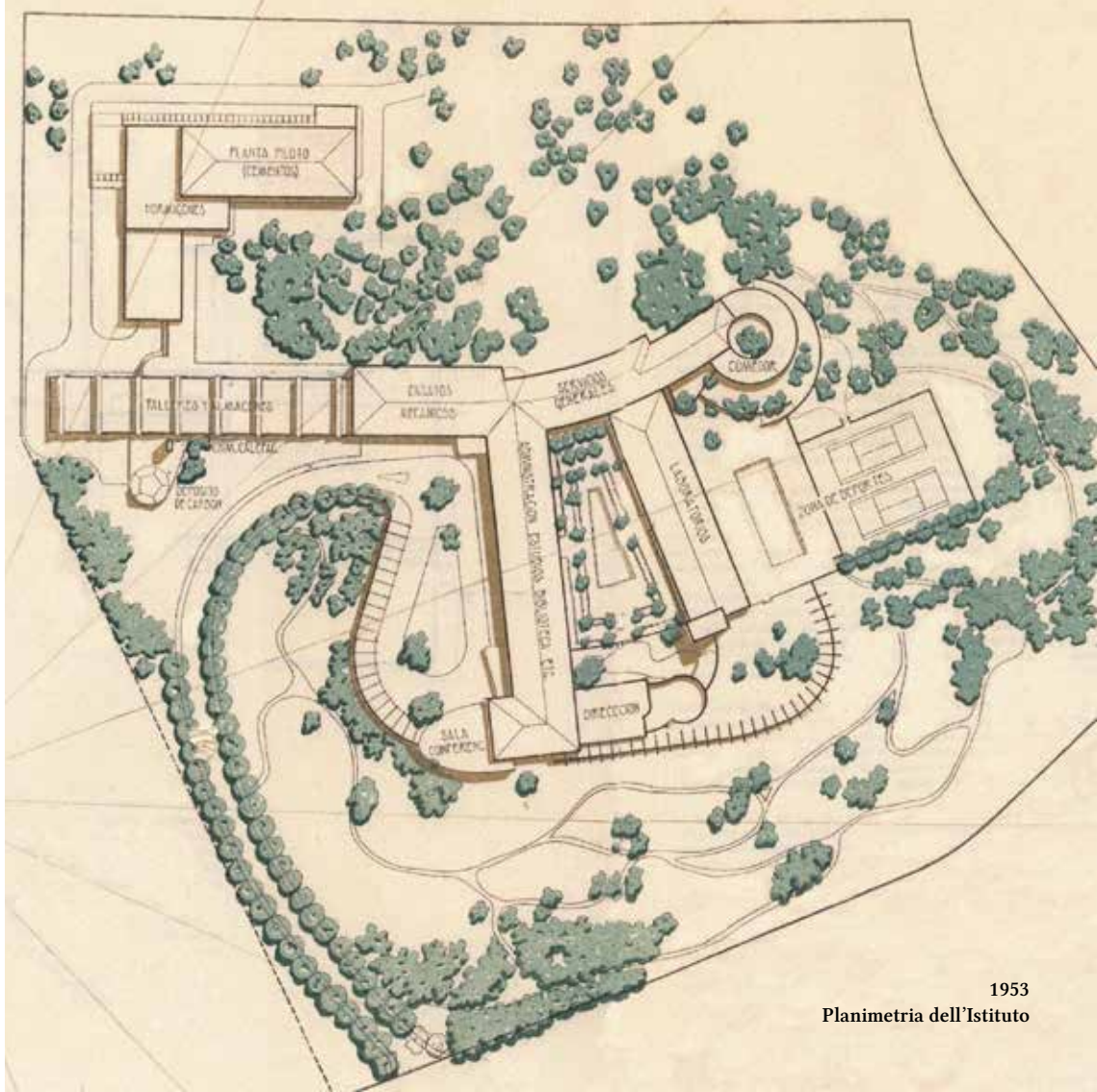
L'Istituto Eduardo Torroja

Ingegnere: Eduardo Torroja
Architetti: G. Echegaray e M. Barbero
Promotore: Eduardo Torroja
Impresa di costruzioni: AGROMAN S.A.
Anno: 1949-1953
Localizzazione: Madrid

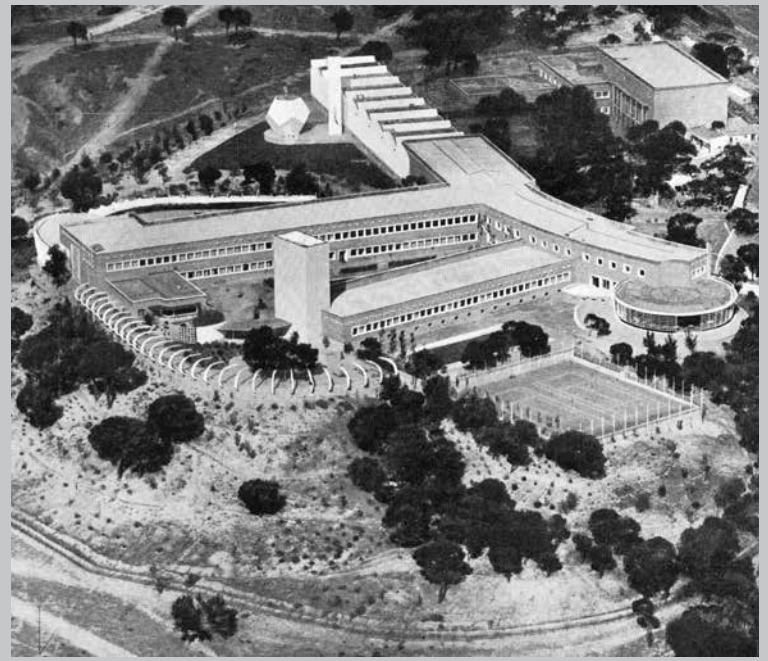
L'Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc), fondato nel 1934 con il nome di Instituto Técnico de la Construcción y la Edificación (ITCE), è senza dubbio la più rilevante e amata eredità di Eduardo Torroja. A esso dedica gran parte della sua vita professionale (1934-1961), dirigendolo, fino al giorno della sua morte, con uno speciale modello di pensiero e azione che ha reso questo istituto uno dei centri di ricerca più rilevanti a livello internazionale durante i decenni d'oro della Modernità.

Nel 1949 Eduardo Torroja inizia il progetto della nuova sede dell'Istituto. Un habitat rivoluzionario per la ricerca. La volumetria architettonica viene progettata come il risultato di otto corpi addossati di uno o due piani. È simile a un pettine irregolare di otto corpi, che si adatta alla topografia del terreno e che adotta la forma del numero "phi", generando cinque cortili aperti con giardini, che circondano e avvolgono le lunghe facciate.

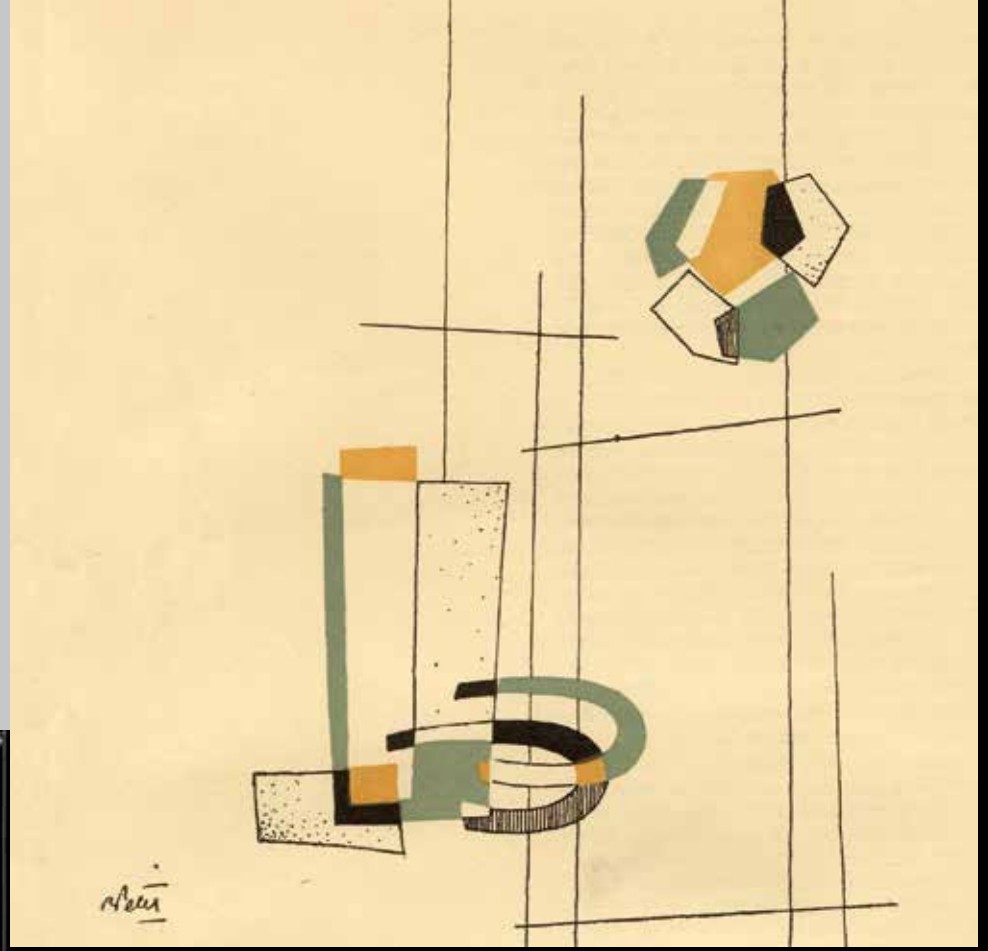
Eduardo Torroja sfrutta la costruzione della nuova sede per applicare le ricerche condotte dall'Istituto sulla razionalizzazione dei sistemi costruttivi tradizionali e la prefabbricazione di nuovi elementi. La nuova sede, durante la costruzione, è un grande laboratorio di sperimentazione, una "scuola di prefabbricazione" in cantiere, con cui Eduardo Torroja mira a potenziare lo sviluppo dei precari mezzi di cui si disponeva in Spagna in quel momento. Eduardo Torroja dota la nuova sede dell'Istituto di innovative strutture e spazi architettonici: la mensa circolare, il silo di carbone a forma di dodecaedro, la copertura a guscio triangolare dei laboratori e dei capannoni delle prove, la pergola del bordo. È significativo che tutti questi fabbricati successivamente vengono selezionati dallo stesso Eduardo Torroja, fra tutte le sue opere, per essere raccolti nel suo libro intitolato *The Structures of Eduardo Torroja*, pubblicato nel 1958 da F. W. Dodge Corporation, New York (Torroja, 1958).



1953
Planimetria dell'Istituto



1953 Nuova sede dell'Istituto tecnico della costruzione e del cemento



1955 Bernard Petit, Dodecaedro dell'Istituto

Elementi singolari dell'Istituto

Ingegnere: Eduardo Torroja
Promotore: Eduardo Torroja
Impresa di costruzioni: AGROMAN S.A.
Anno: 1949-1953
Localizzazione: Madrid

La mensa circolare dell'Istituto è un elemento architettonico di indubbio fascino. Il guscio curvo in vetro penetra nel giardino circostante, facendosi strada fra i pini. Si eleva su una pianta circolare di 22,44 metri di diametro e un'altezza di 3,50 m. L'involucro è costituito da due muri curvi laterali in cemento armato rivestiti di pietra naturale e un'enorme vetrata curva con apertura a 180° che può muoversi e nascondersi tra i muri, facendo sì che la mensa perda la sua forma chiusa e si apra verso il giardino. La struttura della copertura è formata da centine metalliche a sbalzo, dallo spessore variabile (da 0,84 m a 0,22 m) e disposte radialmente, che poggiano su colonne in cemento armato situate all'interno della mensa, delimitando un piccolo giardino centrale circolare.

La copertura a guscio triangolare del capannone dei laboratori dell'Istituto ricopre una pianta rettangolare di 15,00 x 78,70 m ed è formata da nove volte cilindriche di 10,00 m di luce libera, di modo che si incrociano tra loro con angoli di 90°. La struttura è costituita da piccoli profili metallici I-80, disposti a travatura triangolare con giunti saldati, così che tutti i triangoli sono equilateri e delle stesse dimensioni. Le nove strutture a guscio triangolari sono costruite a terra e successivamente sollevate fino alla posizione definitiva (a 7 m di altezza) con grande facilità grazie alla loro leggerezza.

"...coperture di questo tipo sono state spesso eseguite mediante gusci di cemento armato, ma in questo progetto si è ritenuto che sarebbe stato più economico sostituire questo materiale con una struttura molto leggera a travatura triangolare, adatta alla forma cilindrica della copertura..."

Eduardo Torroja, 1958

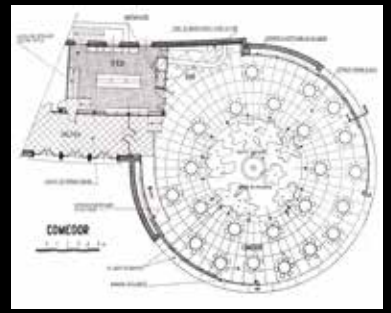
La pergola, situata sul bordo ovest del giardino, è formata da una sequenza continua di nervature in cemento armato che adottano la forma geometrica di una "lemniscata di Bernouilli" con curvatura finale nulla, il cui simbolo matematico è l'infinito. Ancora una volta Eduardo Torroja sceglie una forma geometrica carica di significato, questa volta per delimitare lo spazio esterno dell'Istituto. Ogni nervatura a mo' di trave curva in aggetto si inserisce nel muro in cemento armato che funge da contenimento di terra al giardino. Sulle nervature vengono tese come una rete delle maglie metalliche costituite da cerchi in acciaio liscio, con una forma geometrica simile a quella del paraboloide iperbolico.

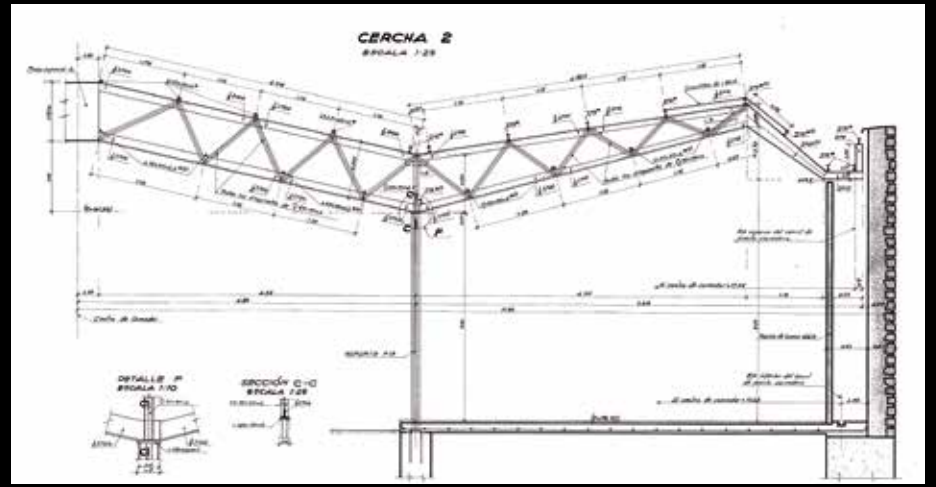
Il dodecaedro viene progettato per il deposito di carbone. Si tratta di un dodecaedro regolare e separato, che come un grande oggetto scultoreo si situa accanto all'accesso principale. In pochi anni diventa il simbolo dell'IETcc.

È simile a una struttura a guscio piegata di 8,60 metri di altezza, eseguita in cemento armato con pareti dallo spessore di 22 cm. Eduardo Torroja spiega che, anche se la sfera è la forma geometrica con il rapporto ottimale tra volume e superficie, il dodecaedro è più facile da costruire, più economico e apporta un indubbio fascino plastico per via della sua geometria e delle grandi dimensioni progettate. È noto come uno dei poliedri platonici, a cui si attribuiscono svariate proprietà di massimo ordine nello spazio, poiché è generato secondo le proporzioni auree. Un anno dopo, nel 1954, l'architetto Richard Buckminster Fuller ottiene il suo famoso brevetto di "cupole geodetiche", generate in base all'icosaedro e al dodecaedro, in cui ne espone la facilità di costruzione, anche se in questo caso si tratta di superfici generate da barre e non da piani.

"... in queste figure poliedriche, il gioco di luci e linee d'ombra si adatta perfettamente agli spigoli tracciati dal progettista, donando loro contorni netti e rigidi."

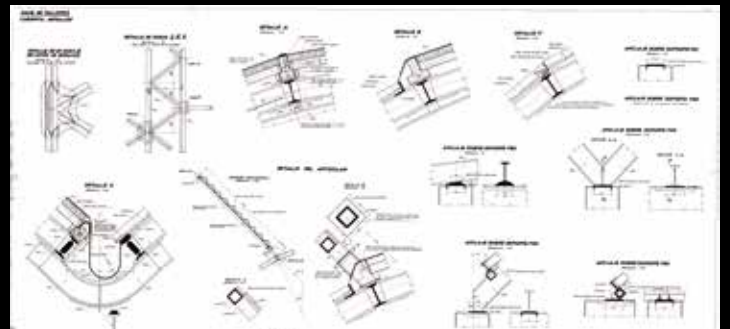
Eduardo Torroja, 1959

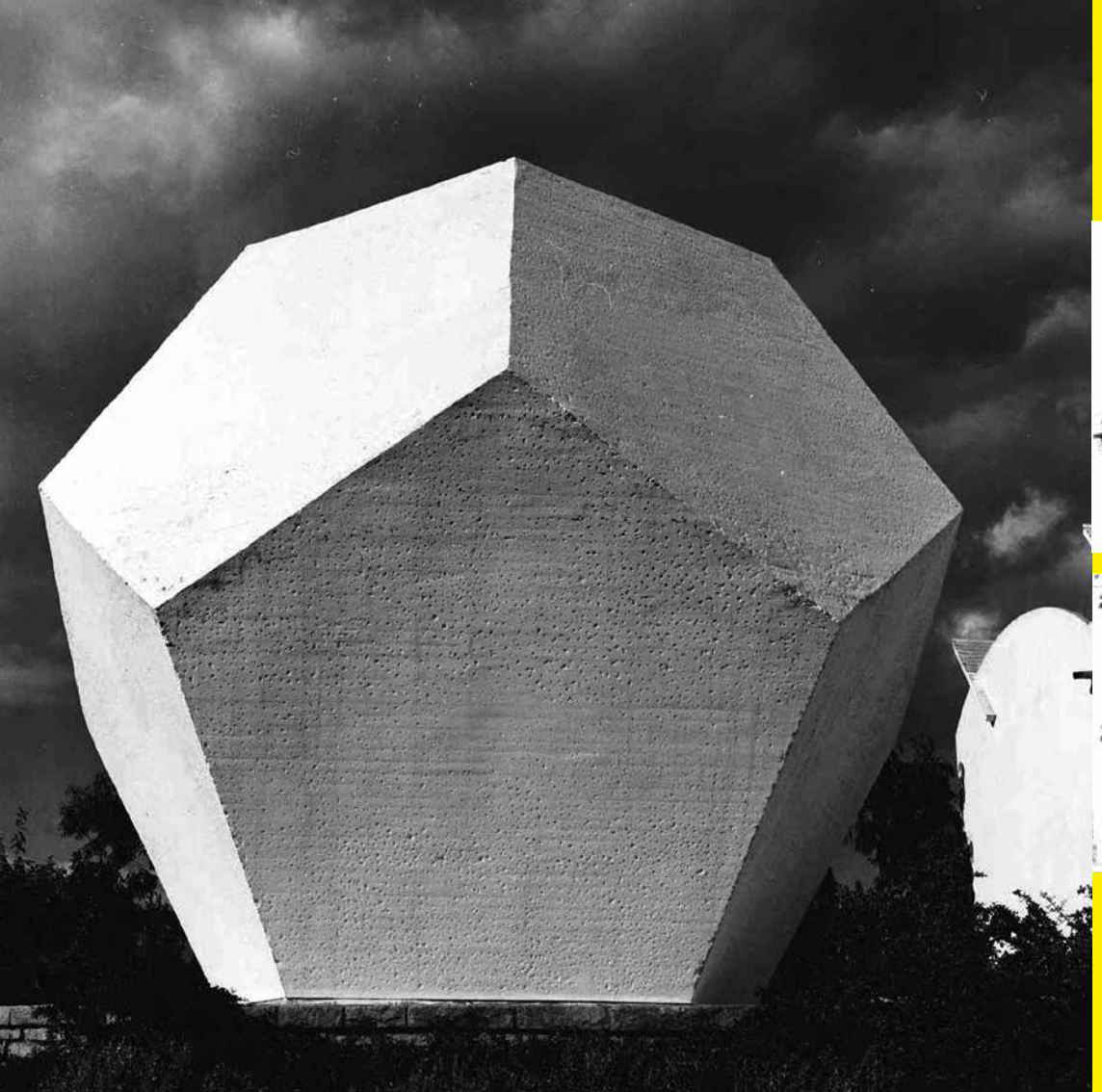


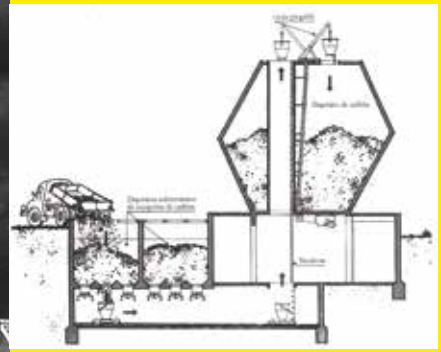


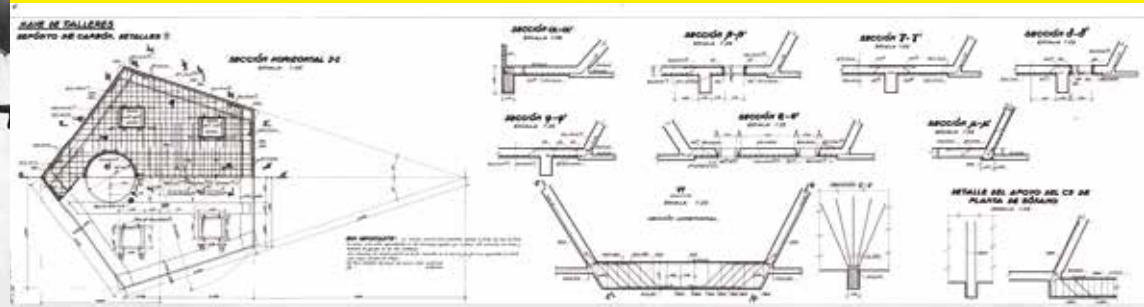
Mensa dell'Istituto Eduardo Torroja, IETcc

Capannone dei laboratori dell'IETcc









Dodecaedro - Silo di carbone dell'IETcc
Processo di costruzione

1955 Eduardo Torroja con un gruppo di assistenti al Corso di perfezionamento presso l'Istituto Tecnico delle Costruzioni e del cemento

IASS

Il lascito di Eduardo Torroja non si limita alla sua innovativa opera costruita, contributi al calcolo, sviluppo delle prove su modelli ridotti come metodo di verifica del funzionamento strutturale, o al suo rilevante contributo allo sviluppo del cemento armato e precompresso. Ha anche una speciale capacità organizzativa e di leadership. Nel corso della sua vita, fonda diverse associazioni, nazionali e internazionali, che come la IASS (1959) sono ancora attive, dirigendo il progresso della costruzione civile e architettonica.

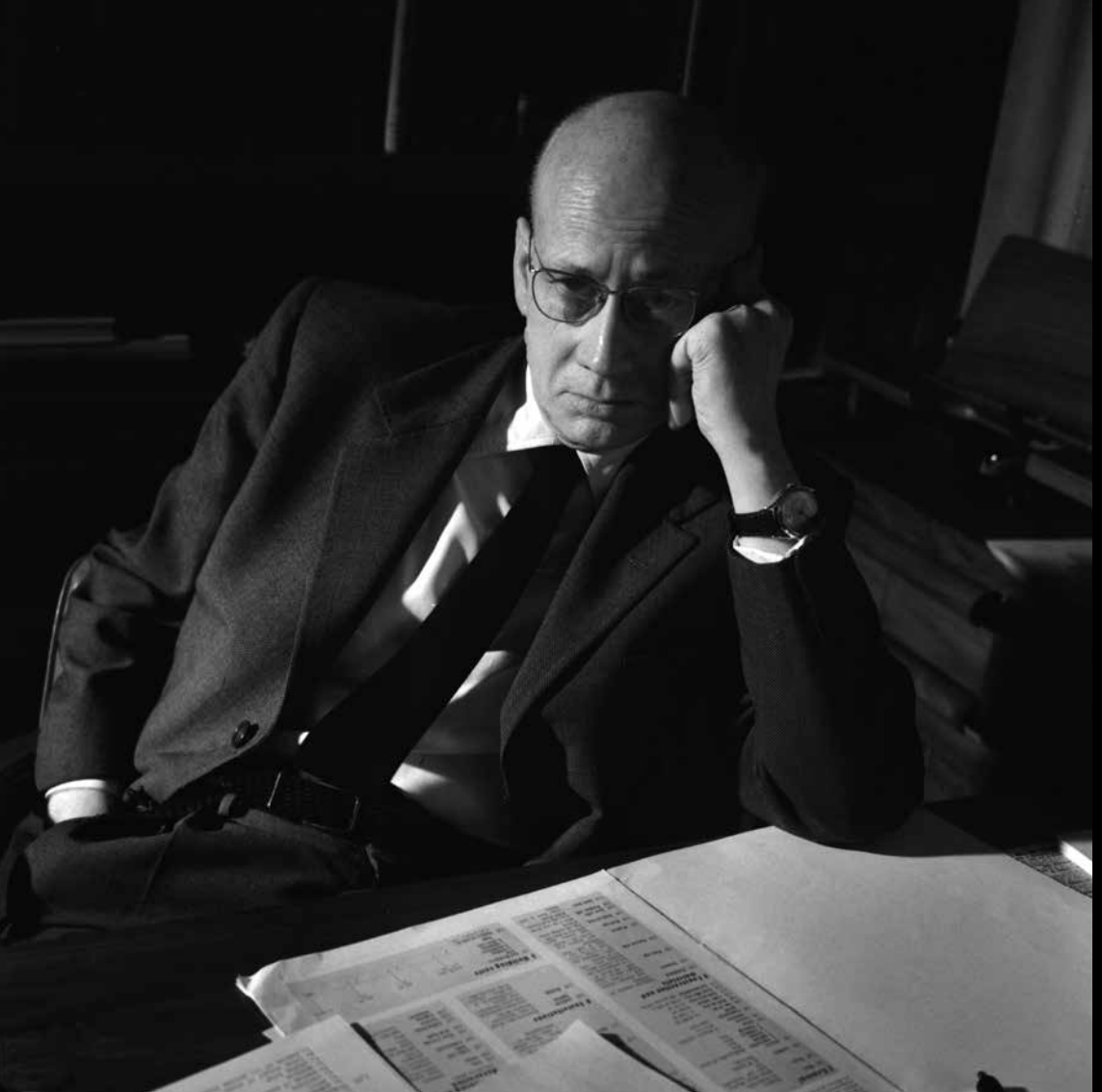
È nel settembre del 1959 che si celebra presso l'Istituto diretto da Eduardo Torroja l'*International Colloquium on Non-traditional Processes for Thin Shell Construction*. In questo incontro, proposto da Eduardo Torroja, viene fondata la IASS, International Association for Shell Structures. Viene organizzata da Eduardo Torroja, con la collaborazione del Laboratorio Central de Ensayos de Materiales (Laboratorio centrale di prove dei materiali), di cui è pure direttore. In questo incontro intervengono oltre 100 specialisti da diversi paesi: Germania, Argentina, Brasile, Belgio, Ceylon, Danimarca, Spagna, Finlandia, Francia, Olanda, Inghilterra, Italia, Giappone, Norvegia, Polonia, Portogallo, Svezia, Svizzera e Uruguay. Fra loro si trovano vari dei più rilevanti protagonisti della costruzione e dello sviluppo delle *thin concrete shells*, che presenziano alcune delle molteplici sedute e/o presentano lavori inediti all'incontro, fra cui: A. Paduart, W. Zerna, K. W Johansen, H. Rüle, Müller, R. S. Jenkins, W. Poniz, A. L. Parme, E. Giangreco, A. M. Hass, M. Hahn, N. Esquillan, Tsuboi, Arup, H. Isler.

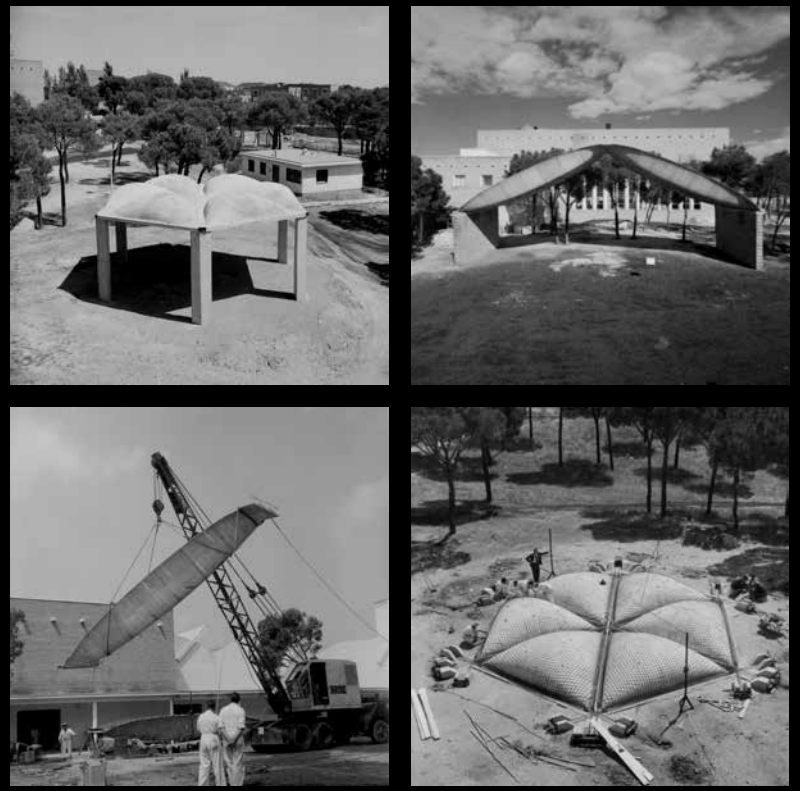
Eduardo Torroja comincia a preparare l'incontro internazionale fin dal 1958, momento in cui si convince della necessità di creare un'associazione internazionale che si occupi delle *thin concrete shells*. Pensa che il miglior modo di ricevere i congressisti è di costruire presso l'Istituto due strutture a guscio sperimentali a grandezza naturale, nel Patio de Alarifes dei giardini dell'Istituto. Queste saranno le ultime due strutture a guscio costruite da Eduardo Torroja. Il 16 settembre 1959, durante il primo incontro della IASS, Eduardo Torroja riceve i congressisti nel Patio de Alarifes, mostrando loro i gusci sperimentali che ha costruito. Uno di essi, noto come *las ballenas* (le balene), è una copertura a guscio di 3 cm di spessore, formato da 10 elementi prefabbricati a doppia curvatura, uniti mediante precompressione, formando un modulo a guscio di 10,25 m di lunghezza e 1,85 m di spessore. Questo modulo si unisce a un altro identico, mediante un tirante inferiore, formando una copertura inclinata, appoggiata su due muri alle estremità. La forma geometrica degli elementi prefabbricati è definita trasversalmente da una sinusoide, e longitudinalmente da due archi di ellisse che si intersecano. La forma finale del modulo risponde all'ottimizzazione della distribuzione di forze.

L'altra struttura a guscio sperimentale costruita da Eduardo Torroja, in cui collabora anche il figlio José Antonio Torroja Cavanillas, consiste di alcuni moduli a mo' di cupole a pianta triangolare, con uno spessore di 4 cm, che posti su appoggi distribuiti secondo uno schema esagonale, formano la copertura di un deposito d'acqua sotterrato, che deve sopportare un carico di terra dell'ordine di 20 kN/m^2. Si costruiscono 6 moduli a terra, gettandovi allo stesso tempo il calcestruzzo, separati da giunti e successivamente sollevati e sistemati sui supporti.

Pepa Cassinello
Sovrintendente

IASS
Medaglia con l'effigie di Eduardo Torroja





1959 Guscio sperimentale, Patio de Alarifes, Istituto Eduardo Torroja

Nervatura a guscio

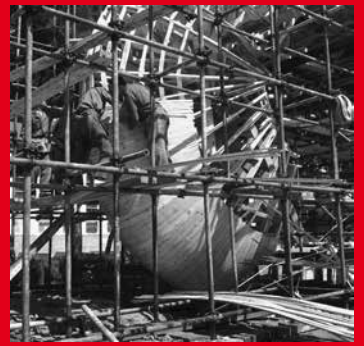
Monumento al cemento e all'acciaio

Architetto: Fernando Cassinello
Ingegneri: José Antonio Torroja (struttura)
Francisco Morán (geometria)
Rafael Fernández Sánchez (costruzione)
Promotore: Instituto Eduardo Torroja
Anno: 1969
Localizzazione: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Madrid

Nel 1969, contemporaneamente alla celebrazione del Congresso della IASS – International Association for Shell Structures presso l'Istituto Eduardo Torroja Madrid, si costruisce un monumento al cemento e all'acciaio. Viene sistemato nel Patio de Alarifes, nello stesso punto in cui Eduardo Torroja ha costruito le sue strutture a guscio sperimentali nel 1959 per ricevere i partecipanti del congresso internazionale in cui crea la IASS.

Inoltre, nello stesso anno, la IASS decide di ampliare la sua missione comprendendo anche le nuove strutture spaziali che si stanno costruendo con altri materiali. A partire da questo momento, nonostante continui a conservare la sigla, passa a denominarsi International Association for Shell and Spatial Structures. Le "strutture a guscio in cemento armato" non sono più convenienti; la loro ragion d'essere scompare nel nuovo contesto sociale, economico e tecnologico, nonostante si continuino a costruire alcune rilevanti opere in diversi paesi, in mano agli ultimi protagonisti di questa storia. Per tutte queste ragioni, si decide che il monumento deve essere una struttura a guscio, e che essa deve servire da riparo a uno spazio aperto da usare come cappella o per diversi eventi commemorativi.

La forma resistente del guscio è generata in ricordo alla pergola progettata da Eduardo Torroja nel limite occidentale dell'Istituto. Per l'occasione adotta una geometria spaziale a mo' di "nervatura" a guscio. Ha uno spessore compreso tra 6 e 10 cm nella zona di copertura in aggetto, e 40 cm alla base.



1969
Monumento all'acciaio e al cemento. Nervatura a guscio

Patio de Alarife,
Istituto Eduardo Torroja

"Non vengono qui menzionate molte delle mie opere, ma credo che quelle incluse esemplifichino ciò che perseguivo e che alla fine ho ottenuto."

Eduardo Torroja, 1958
The structures of Eduardo Torroja

Promotore

Fundación Eduardo Torroja

Cessione della Sala

Hipódromo de la Zarzuela S.A

Patrocinio

Ministerio de Fomento / Dirección General de Arquitectura e CEDEX

Fundación ACS

Ferrovial agroman

Fundación Banco Caminos

Collaborano

Universidad Politécnica de Madrid

Fundación Juanelo Turriano

SIKA, España

Ringraziamenti

In primo luogo, desidero ringraziare la Fundación Eduardo Torroja per questa fantastica ed entusiasmante missione: essere Sovrintendente del Museo Eduardo Torroja ed editrice del suo libro catalogo, la cui versione ridotta è stata pubblicata in 5 lingue, in seguito all'interesse internazionale dimostrato per la diffusione dell'opera di Eduardo Torroja.

Il ringraziamento della nostra Fondazione va a tutte quelle istituzioni, organismi e fondazioni che ci hanno aiutato affinché il Museo e il libro catalogo siano una realtà, ma anche in modo concreto e speciale a tutte le persone che si sono impegnate aiutandoci, condividendo con noi il medesimo entusiasmo. Per tutto ciò grazie a Faina Zurita, Presidente dell'Ippodromo della Zarzuela, che ha ceduto alla Fondazione l'uso della sala per il Museo all'interno dell'Ippodromo. Grazie ad Antonio García Ferrer, Vicepresidente della Fundación ACS, che fin dall'inizio ha condiviso l'entusiasmo di collaborare con il Museo Eduardo Torroja e si è occupato in gran parte del suo finanziamento. Grazie alla Subdirección General de Arquitectura (Direzione generale di architettura) e al CEDEX del Ministerio de Fomento (Ministero delle infrastrutture e dei trasporti), che non solo hanno collaborato con l'apporto di fondi documentali e plastici per il Museo, ma che fin dall'inizio hanno condiviso con noi lavoro, preoccupazioni ed entusiasmo: Javier Martin, Vicedirettore di Architettura; Eduardo Aragoneses, Capo Area di Comunicazione, e Sara León. Grazie a Mariano Navas, Direttore generale del CEDEX, Ángel González, Dolores Romero e a Javier Plasencia. Grazie anche all'Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (Istituto di scienza delle costruzioni) per la sua collaborazione apportando documentazione dal suo archivio, in particolare a Virtudes Azorín, Angela Sorlí, Rogelio Sánchez, Antonio Blázquez e Maribel Sánchez Rojas. Grazie alla Fundación Juanelo Turriano, al Presidente Victoriano Muñoz Cava e al Direttore Bernardo Revuelta, che in questa occasione ha finanziato il plastico del Mercato di Algeciras, una delle opere più rappresentative di Eduardo Torroja.

Un ringraziamento agli insigni e disinteressati autori di articoli di questo catalogo: 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 e Mike Schlaich. Grazie ad Ángel González Lucas, Direttore generale di SIKA España, impresa che è intervenuta nel restauro delle strutture a guscio dell'Ippodromo della Zarzuela in cui si trova il Museo, e che ha cofinanziato l'ampia edizione di questo libro catalogo. E per ultima, anche se non meno importante, grazie alla nostra Universidad Politécnica di Madrid, al Rettorato – attuale e passato – ai direttori Luis Maldonado e Francisco J. Martín delle nostre Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura e Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, di cui gran parte delle persone qui menzionate sono ex-alunni e/o professori, e che nel corso degli anni, e da diverse istituzioni e organismi, hanno tessuto un'entusiasmante rete di produzione e diffusione dell'innovazione e della sua storia.

Pepa Cassinello
Direttrice Fundación Eduardo Torroja

Cosa vale di più: un chilo di pietre o un chilo d'oro? Con questa domanda, Adolf Loos apriva il suo famoso testo sui materiali da costruzione. La risposta è facile. Se il chilo di pietre appartiene alle piramidi egizie, al tempio di Abu Simbel, al Pantheon di Roma, o alla cattedrale di Siviglia, indubbiamente vale di più del chilo d'oro.

Dalla libertà datagli dalla conoscenza cognitiva del mondo che lo circonda, l'uomo è in grado di trasgredire la materia che dà forma alla sua idea e di dotarla di un incalcolabile valore. Questa riflessione è senza dubbio applicabile a qualsiasi materiale.

Se parliamo di cemento invece che di pietra, tra le opere in cemento armato e precompresso di maggior valore della storia dell'ingegneria civile e dell'architettura, ve ne sono molte eseguite da Eduardo Torroja. Lo stesso accade, anche se in misura minore, se invece di parlare di cemento armato o precompresso, ci riferiamo alla costruzione in mattoni, alle strutture metalliche o alle strutture miste. Eduardo Torroja è un atipico protagonista della veneranda storia dell'arte strutturale sopraggiunto nella Modernità.

Pepa Cassinello
Sovrintendente
Direttrice Fondazione Eduardo Torroja

FUNDACIÓN EDUARDO TORROJA