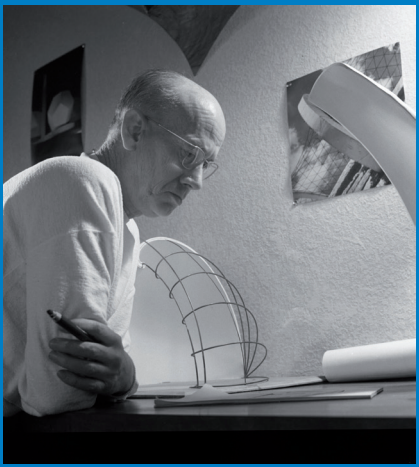
MUSÉE
EDUARDO TORROJA



«Au-dessus de tout calcul se trouve l'idée qui donne une forme résistante au matériau afin qu'il puisse remplir sa fonction.

C'est à cette idée qu'est dédié ce livre»

Eduardo Torroja, 1957
Razón y Ser de los Tipos Estructurales

FUNDACIÓN EDUARDO TORROJA
Édition et mise en page : Pepa Cassinello

Dessin : « Una Idea en Movimento » Carmen Pinart
Logo Musée : « Curva en Equilibrio » Cira Ascanio Esma
Dessins du musée : Enrique Ramírez
Traducteur español-français : Etienne Cartuyvels
Maquettage : Paula Giner Coordinadora, David Mencias et Enrique Ramírez
© textes : leurs auteurs
© images : archives du CEDEX, Instituto Eduardo Torroja et leurs auteurs

ISBN: 978-84-941820-3-7
Dépôt légal nº: M-31255-2016
Impression : DAYTON S.A. 2016 Madrid. Espagne

MUSÉE
EDUARDO TORROJA

Una Idea en Movimiento
Carmen Pinart 2016

TABLE DES MATIÈRES

Présentation
José Antonio Torroja Cavanillas
Président, Fundación Eduardo Torroja
..... p. 7

Patronage Fundación Eduardo Torroja
..... p. 8

Projet de Musée
Pepa Cassinello
Commissaire
Directrice-gérante
Fundación Eduardo Torroja
..... p. 9

Situation et destination
..... p. 11

Organisation spatiale et langage d'exposition
..... p. 12

Contenu muséal
..... p. 14

SALLE 1 - S1
..... p. 15
Eduardo Torroja ..... p. 17
Fondation du pont de Sancti Petri ..... p. 20
Cité universitaire ..... p. 22
Viaduc Quince Ojos ..... p. 24
Viaduc de l'Air ..... p. 26
Hippodrome de la Zarzuela ..... p. 28
Restauration Hippodrome de la Zarzuela ..... p. 32

SALLE 2 - S2
..... p. 35
Aqueduc de Tempul ..... p. 36
Marché d'Algésiras ..... p. 38
Fronton Recoletos ..... p. 41
Aqueduc d'Alloz ..... p. 44
Pont de Tordera ..... p. 48
Pont du Pedrido ..... p. 50
Viaduc Martín Gil - Arc de l'Esla ..... p. 52
Hangars ..... p. 54
Terrain de football de Les Corts ..... p. 57
Chapelle ouverte Sancti Spirit ..... p. 60
Église de Pont de Suert ..... p. 64
Château d'eau de Fedala ..... p. 66
Barrage de Canelles ..... p. 68

SALLE 3 - S3
..... p. 71
Institut Eduardo Torroja ..... p. 72
Éléments singuliers de l'Institut ..... p. 76
Association internationale des structures à voiles minces (IASS) ..... p. 86
Côte à voiles minces – Monument au Béton et à l'Acier ..... p. 90

Crédits
..... p. 94

Remerciements
..... p. 95

La Fondation Eduardo Torroja a pour objectif l'identification, l'étude, la conservation et la diffusion de la documentation existante sur les différentes facettes de l'activité éclectique d'Eduardo Torroja, qui est l'auteur, avec les architectes C. Arniches et M. Domínguez, du projet de cet hippodrome de la Zarzuela où nous nous trouvons et qui représente une référence internationale de l'ingénierie structurale de la première moitié du XXe siècle. À cet égard, la Fondation a toujours considéré qu'il serait très intéressant de disposer d'un espace adéquat pour exposer les aspects les plus caractéristiques de cette activité, aussi bien à l'attention des spécialistes que du grand public. Il s'agissait, en définitive, de disposer d'un local où installer le Musée Eduardo Torroja. Ce musée est aujourd'hui devenu réalité grâce au soutien et au parrainage de différents organismes et entreprises : en premier lieu, la propre société Hipódromo de la Zarzuela, dont la présidente, Faina Zurita, n'a pas ménagé ses efforts pour surmonter les nombreuses difficultés qui se sont dressées sur son chemin. C'est grâce à ses efforts et à sa détermination que ce projet de musée a vu le jour ; ensuite, la Direction générale d'Architecture et le CEDEX, du ministère de l'Équipement ; la Fondation ACS et la Fondation Rafael del Pino. Ce musée a également vu le jour grâce à la collaboration de l'Université Polytechnique de Madrid, des Écoles techniques supérieures d'Architecture et d'Ingénieurs des Ponts et Chaussées, de l'Institut des Sciences de la Construction Eduardo Torroja (CSIC) et de la Fondation Juanelo Turriano. Le musée abrite une partie importante de l'activité d'Eduardo Torroja qui pourrait difficilement couvrir une plus grande variété d'activités : il commence à travailler comme ingénieur constructeur dans une entreprise contractante, puis monte quelques années plus tard son propre bureau de projets au sein duquel il développe une activité de conception qui lui rapportera, dès 1936, une très haute reconnaissance internationale. Enfin, à partir de 1934, il se consacre à la recherche au sein de l'actuel Institut des Sciences de la Construction Eduardo Torroja. Il déploie également une intense activité d'enseignement à l'École spéciale d'Ingénieurs des Ponts et Chaussées où, à un moment donné, il donne cours dans trois années différentes. Le Musée expose une partie importante de l'œuvre d'Eduardo Torroja à travers des photos, des documents et des maquettes d'ouvrages qui ont été retenues en suivant la sélection que le propre Torroja avait faite pour son livre *Las Estructuras de Eduardo Torroja* (1958) dans le but de transmettre au visiteur le même message :

« ...On n'y mentionne que quelques-unes de mes réalisations, mais je crois que celles qui y sont reprises reflètent ce que je recherchais et ce que j'ai fini par obtenir. »
Eduardo Torroja, 1958

Nous espérons que, à l'instar de son livre, ce musée sera capable de diffuser son œuvre et sa façon de penser et, en définitive, de maintenir vivant son héritage.

José Antonio Torroja Cavanillas
Président de la Fundación Eduardo Torroja

FUNDACION EDUARDO TORROJA

Patronage

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

Projet de Musée

Pepa Cassinello
Commissaire
Directrice-Gérante
Fundación Eduardo Torroja

MUSÉE
EDUARDO TORROJA

Commissaire du Musée

Pepa Cassinello
Architecte / Directrice-Gérante Fundación Eduardo Torroja

Conseillers

José Antonio Torroja
Président de la Fundación Eduardo Torroja

Rafael Fernández Sánchez
Secrétaire de la Fundación Eduardo Torroja

José Calavera
Président d'honneur d'INTEMAC

Restauration
de l'Hippodrome de la Zarzuela
et Aménagement de la salle du Musée
Junquera Arquitectos

Situation et destination

Le musée Eduardo Torroja est installé sous la tribune nord du bâtiment de l'hippodrome de la Zarzuela de Madrid, un des ouvrages les plus emblématiques d'Eduardo Torroja qui marque un jalon dans l'histoire internationale du développement des structures à voiles minces de l'architecture moderne. Il bénéficie d'une situation privilégiée où le contenu et le contenant ont un même auteur : Eduardo Torroja.

Fig 1. Hippodrome de la Zarzuela. Madrid. 1941

Soucieux de maintenir actif le musée et de créer des synergies avec les activités plurielles de l'hippodrome de la Zarzuela, le musée abrite non seulement un grand espace où est exposée une partie représentative de l'héritage d'Eduardo Torroja, mais également une salle d'expositions temporaires où seront présentées des œuvres innovantes des courants actuels et à venir de l'ingénierie et de l'architecture ainsi qu'une autre salle dédiée à l'histoire des courses de chevaux à l'hippodrome de la Zarzuela qui fête cette année son 75e anniversaire depuis son ouverture en 1941.

D'autre part, compte tenu de la diversité du public qui assiste aux activités organisées aujourd'hui par l'hippodrome de la Zarzuela, le musée a été créé dans le but d'attirer non seulement les professionnels de l'architecture et de l'ingénierie, et les amateurs et les experts du monde du cheval, mais également les jeunes et les enfants qui les accompagnent. Le musée abrite aussi une petite salle de projections audiovisuelles qui abordera ces trois thèmes : Eduardo Torroja, l'innovation de l'architecture et l'ingénierie d'une avant-garde

en constante mutation et l'univers des courses de chevaux. Cette pluralité d'utilisations et les liens qui les unissent visent à générer un modèle de musée actif au service d'une société plurielle et en mutation.

Organisation spatiale et langage d'exposition

La linéarité marquée de l'espace architectural du musée impose un parcours linéaire qui favorise une séquence continue des différentes utilisations prévues. Soucieux de percevoir le musée comme un espace unique tout en différenciant subtilement ses utilisations plurielles, le concepteur a prévu un cloisonnement ouvert des salles en utilisant des panneaux transversaux qui rompent la profondeur du musée et qui concentrent l'attention sur le thème spécifique de chaque salle.

L'espace du musée est défini à l'aide d'un grand caisson longitudinal de 55 mètres de long sur 5,50 mètres de large et 2,80 mètres de haut, dans lequel le plafond et le mur situé en face des accès sont de couleur noire, tandis que le plancher et le mur longitudinal à arcades sont de couleur grise. Les panneaux transversaux (2,20 m de haut), tels des jalons sur le parcours du musée, marquent les différentes salles et utilisations et prennent les couleurs de la Modernité contemporaine avec l'œuvre d'Eduardo Torroja : rouge, gris, jaune, bleu et **noir**. La géométrie et la couleur adoptent ainsi le même langage d'exposition qui évoque d'une certaine manière les célèbres toiles de Mondrian. On retrouve également ce langage dans les bases des maquettes de l'œuvre d'Eduardo Torroja ainsi que dans les poufs cubiques en toile, de différentes dimensions et couleurs, qui envahissent le musée et qui invitent les visiteurs de tous âges à s'asseoir.

Fig 2. Schéma spatial du Musée

Le parcours du musée commence par l'espace consacré à l'exposition permanente de l'œuvre d'Eduardo Torroja. Cette exposition a été divisée en trois salles reliées visuellement (S1, S2 et S3). On trouve ensuite la salle des expositions temporaires (S4) qui sert de charnière entre l'exposition permanente de l'œuvre d'Eduardo Torroja et celle qui est dédiée à l'histoire des courses de chevaux (S5), puis finalement la salle des projections audiovisuelles (**S6**).

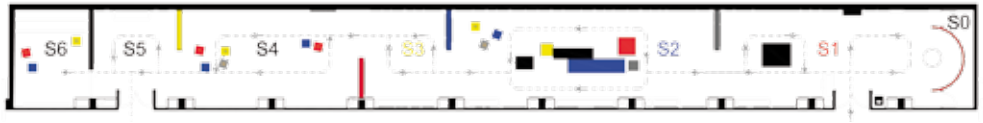
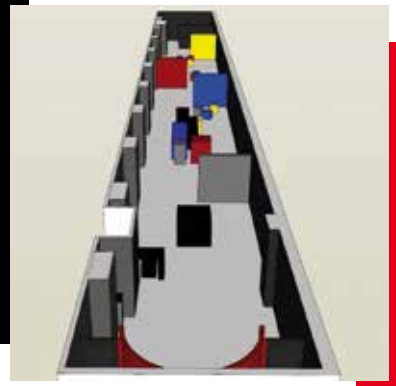


Fig 3. Plan général du Musée

Fig 4. Schéma spatial du Musée



Contenu muséal

Exposition permanente / Eduardo Torroja

L'espace architectural du musée est trop petit pour abriter l'imposant héritage éclectique d'Eduardo Torroja. Ceci dit, il n'y aucune raison de l'exposer dans toute sa dimension physique étant donné que la plupart de ses archives (projets, écrits, essais…) sont disponibles dans tous les fonds documentaires numérisés par le CEDEX ainsi qu'à l'Institut des Sciences de la Construction Eduardo Torroja (CSIC).

La « raison d'être » du musée est de disposer d'un espace permanent où se transmettent de façon claire et concise les principales contributions réalisées par Eduardo Torroja au progrès du monde de la construction de l'architecture et du génie civil, en mettant en évidence les raisons pour lesquelles il est devenu une référence internationale et intemporelle pour les professionnels et les étudiants.

Capter le regard du visiteur à l'aide de raisons converties en images et de quelques mots concis…, tel est l'objectif du projet muséal. C'est à cette fin qu'on a effectué une sélection d'ouvrages construits, de recherches, de publications, etc. dont la plupart avaient déjà été choisis par le propre Eduardo Torroja pour ses célèbres ouvrages *Razón y Ser de los tipos estructurales* (1957) et *Las Estructuras de Eduardo Torroja* (1999), qui fut publié pour la première fois à New York, en 1958, sous le titre *The Structures of Eduardo Torroja*. Par ailleurs, les mots qui accompagnent le visiteur et qui expliquent chaque image ont été extraits des textes d'Eduardo Torroja. C'est donc l'auteur de l'œuvre qui s'adresse au visiteur.

> *« On y omet un nombre important de mes réalisations, mais je crois que celles qui y sont reprises reflètent ce que je recherchais et ce que j'ai fini par obtenir. »*
>
> *Eduardo Torroja ,1958*

Les ouvrages sélectionnés sont exposés dans trois salles consécutives appelées S1, S2 et S3. L'ordre des salles correspond principalement à la chronologie, au type de structures et à leur utilisation car la scénographie muséale fait parfois un saut dans le temps et dans l'espace pour marquer et souligner certaines œuvres qui, à l'instar de l'hippodrome de la Zarzuela, occupent un plus grand espace d'exposition

SALLE – S1

Une image gigantesque d'Eduardo Torroja, située en face de la porte d'accès au musée, accueille le visiteur et accroche son premier regard. Elle est située sur la seule pièce qui ressort du plan vertical du mur noir de 55 mètres de long qui délimite un des côtés du musée.

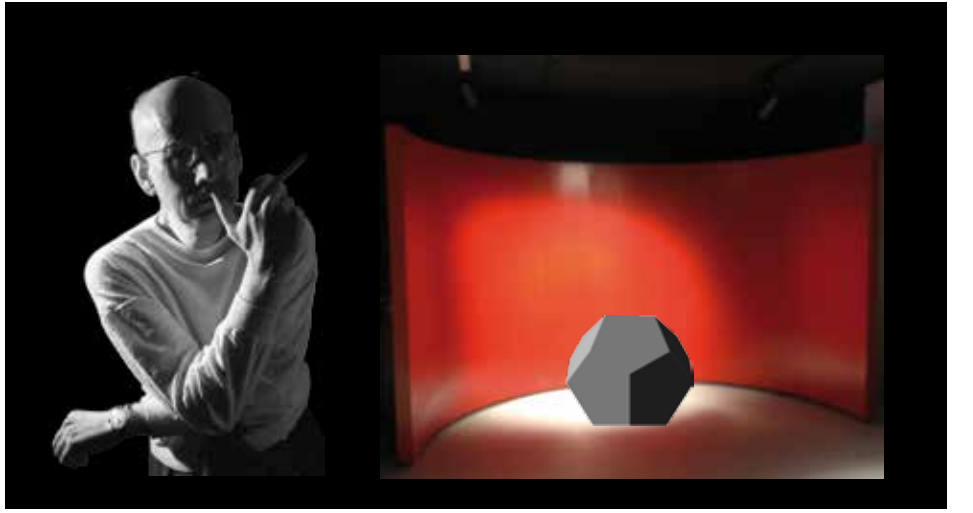


Fig 5. Eduardo Torroja- Mur cylindrique et dodécaèdre

La scénographie de cette première salle est également présidée par de grandes figures géométriques situées sur la droite de la porte d'entrée, qui font référence à l'importance et à la variété de formes géométriques qu'Eduardo Torroja a utilisées pour définir son œuvre. Il s'agit d'une énorme paroi courbe peinte en rouge. Un fragment cylindrique devant lequel apparaît un dodécaèdre blanc de 1 mètre de haut, une forme géométrique pure qu'Eduardo Torroja utilisa pour construire le silo à charbon de 8 mètres de haut de l'Institut technique de la Construction et du Ciment (1949-1953). Cet ouvrage, qui prend la forme d'une sculpture gigantesque, est

devenu un des symboles de l'Institut qui porte aujourd'hui son nom (« Institut des Sciences de la Construction Eduardo Torroja »), qui relève du Conseil supérieur de la Recherche scientifique et qui est également le symbole de la Fondation Eduardo Torroja.

Cette salle présente la figure d'Eduardo Torroja à travers une notice biographique et une sélection de ses œuvres les plus remarquables. On y a installé une partie de ses premières réalisations en portant une attention particulière à l'hippodrome de la Zarzuela qui, outre le fait d'abriter le musée, est une de ses œuvres les plus emblématiques à l'échelle internationale.

Thème et œuvres exposées

- **Eduardo Torroja** (1899-1961) Brève biographie avec une vitrine contenant des médailles et des reconnaissances reçues tout au long de sa vie.
- **1923-1927** Premières œuvres réalisées avec l'entreprise Hidrocivil : Fondation du pont de Sancti Petri.
- **1930-1935** Cité universitaire ; Viaduc à quinze travées, Viaduc de l'Air, E. Sciences…
- **1934** Hippodrome de la Zarzuela / 2004 Restauration Junquera Arquitectos / ACS

Fig 6. Eduardo Torroja - Médaille du mérite civil

Notice biographique

Eduardo Torroja Miret (1899-1961) est une des principales références internationales de l'histoire du progrès que la construction civile et architecturale a atteint pendant l'âge d'or de la Modernité. Il est en grande partie à l'origine de la révolution scientifique et technique qui ouvrit la voie au développement exceptionnel du béton armé et précontraint pendant la première moitié du XXe siècle. Il contribua de façon importante à l'évolution de l'industrie de la construction, des types de structure et de la nouvelle esthétique proclamée par la Modernité. Il se forgea une réputation internationale grâce à son œuvre constructive innovante, mais également du fait d'une activité professionnelle aux multiples facettes en tant que concepteur, scientifique, chercheur, gestionnaire et enseignant.

Il est né le 17 août **1899** à Madrid. En 1923, il obtient son diplôme à l'École technique supérieure des Ingénieurs des Ponts et Chaussées de Madrid. **1923-1927** Il travaille dans la société Hidrocivil, dirigée par José Eugenio Ribera, et conçoit ses premières innovations en béton armé.

1927 Il fonde son propre bureau de projets. Il intègre comme ingénieur-concepteur le Bureau technique de la Cité universitaire de Madrid.

1930 Il fonde la société Investigaciones de la Construcción S. A. (ICON), qui se spécialise, sous sa direction, dans l'essai de modèles comme méthode d'analyse du comportement structural. Ceci lui permet de se lancer dans la réalisation d'importantes structures à voiles minces à une époque où il n'existait pas de méthodes de calcul fiables pour ces structures. Les modèles de couverture du marché d'Algésiras et du fronton Recoletos, réalisés tous les deux à l'échelle 1:10 et en microbéton, connaîtront un grand succès.

1934 Il crée l'Instituto de la Construcción y la Edificación (itce) avec un groupe réduit d'ingénieurs et d'architectes : José Mª Aguirre, Alfonso Peña Boeuf, Modesto López Otero, Manuel Sánchez Arcas, Gaspar Blein et José Ángel Petrirena. L'itce est la première organisation créée « librement » par des particuliers en Espagne dans le but de faire des recherches, de promouvoir et de faire de la divulgation dans tous les domaines liés à la construction afin de promouvoir le progrès. Quelques années plus tard, en 1939, il intègre le Conseil supérieur de la Recherche scientifique (CSIC) qui vient d'être créé.

1939 Il est nommé professeur de la matière « Calcul des structures ». Son activité d'enseignement universitaire le suivra à partir de cet instant jusqu'à sa mort. Il enseignera différentes matières au fil des années : Résistance des matériaux et élasticité, Fondements de calcul et Exécution de travaux en béton armé et précontraint, Calcul des structures et Typologie des structures.

1941 Il est nommé Directeur du Laboratoire central des essais de matériaux de construction.

1944 Il prononce son discours d'entrée à l'Académie royale des Sciences exactes, physiques et naturelles.

1945 Il est nommé Président de la Réunion internationale des Laboratoires d'essais de matériaux (RILEM), qui vient d'être créée. Il participe activement à la création du Comité européen du Béton (CEB) auquel s'intégrèrent, en dépit de son nom, les États-Unis et la Russie, et influence de façon déterminante l'évolution du règlement technique européen des constructions en béton armé. Il est un membre actif de la Fédération internationale de la Précontrainte (FIP) fondée par Freyssinet qu'il remplacera comme Président en 1958. Depuis ce poste, il promeut la création du Comité mixte FIP-CEB afin d'essayer d'uniformiser les règlements du béton armé et précontraint.

1957 Il publie son ouvrage célèbre : *Razón y Ser de los tipos estructurales*, qui sera traduit dans de nombreuses langues, notamment en anglais, allemand, italien et japonais.

1959 Cofondateur et premier président de l'International Association for Shell Structures (IASS). Il publie aux États-Unis son ouvrage : *The Structures of Eduardo Torroja*, qui sera traduit en espagnol en 1999.

Eduardo Torroja décède le 15 juin **1961** dans son bureau de l'Institut qui porte aujourd'hui son nom après avoir adressé à ses collaborateurs une lettre touchante qui permet de déduire qu'il savait que ses derniers jours approchaient.

L'important travail accompli par Eduardo Torroja Miret sera reconnu par différents prix : il a été investi Docteur Honoris Causa de l'Université polytechnique de Zurich, de l'Université de Toulouse, de l'Université de Buenos Aires, de l'Université de Louvain et de l'Université catholique du Chili. Il a été membre de l'Académie royale des Sciences et des Arts de Barcelone et de l'Académie des Sciences, des Beaux-Arts et des Nobles-Arts de Cordoue. Il a été nommé Chevalier de la Grande Croix d'Alphonse X le Sage et Chevalier de la Grande Croix du Mérite civil. Il a reçu, à titre posthume, le titre de Marquis de Torroja.

Pepa Cassinello
Commissaire

Fig 7. Médaille du mérite civil

Fondation du pont de Sancti Petri

Conception du pont : Eduardo Torroja Miret, José Eugenio Ribera Dutaste
Société de construction : Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles HIDROCIVIL
Lieu : Sancti Petri. Cadiz
Date : 1926
Longueur du pont : 144 m ; forme résistante de la fondation : hyperboloïde de révolution
Diamètre supérieur : 7,00 m ; diamètre inférieur : 7,60 m ; hauteur : 8,90 m

Un des premiers travaux d'Eduardo Torroja a été la construction de caissons d'air comprimé pour la fondation du pont de Sancti Petri. Eduardo Torroja a modifié la résistance conventionnelle de ce type de fondation en la transformant en une structure légère à voiles minces à double courbure. Il est ainsi parvenu à optimiser son fonctionnement structurel, sa mise en charge, la sécurité des ouvriers et le coût. La structure à voiles hyperboloïdes de révolution a été construite avec une double paroi de maçonnerie de brique armée d'à peine 7 cm d'épaisseur.

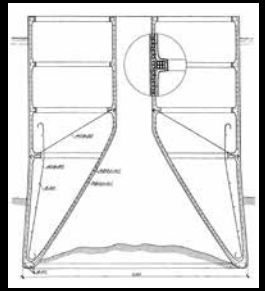
« On a opté pour une conception circulaire à double paroi en forme d'hyperboloïde de révolution afin d'obtenir une structure légère et élancée. Cette structure présente des avantages considérables. La faible inclinaison de la paroi extérieure réduit la friction provoquée lorsque le caisson est submergé. De son côté, la forme de la paroi interne évite que le caisson ne s'enfonce trop rapidement dans les sols marécageux, avec le risque que la hauteur disponible dans la zone de travail, entre le sol et le toit, ne soit trop petite. Les caissons munis de toits horizontaux conventionnels présentent souvent ce problème.

Les parois minces à section transversale sont celles qui supportent le mieux la pression hydraulique. »

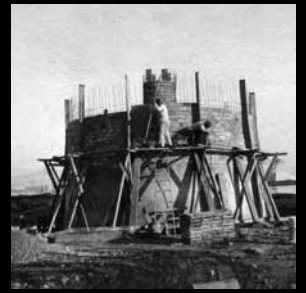
Eduardo Torroja, 1958

1926
Fondation du Pont de Sancti Petri. Cádiz

Construction



Section



Cité universitaire

Eduardo Torroja fut invité en 1927, sur proposition de José Eugenio Ribera, à intégrer, en qualité d'ingénieur, le Bureau technique qui avait été constitué sous la direction de Modesto López Otero pour construire la Cité universitaire de Madrid et collabora avec les architectes Agustín Aguirre, Pascual Bravo, Miguel de los Santos, Manuel Sánchez Arcas et Luís Lacasa.

Son action ne se limita pas aux projets et ouvrages d'ingénierie car il eut également une intervention notoire dans la plupart des constructions architecturales en assimilant dès le début la nouvelle esthétique de l'architecture moderne et en intégrant celle-ci dans ses nouvelles et audacieuses conceptions structurales. On peut citer à cet égard les trois viaducs construits en 1933 dans la Cité universitaire : le viaduc à quinze travées, le viaduc de l'air et le viaduc des sports ; le mur de retenue de la rivière Cantarranas (1933), la centrale thermique ou la gare de tramways du stade (1933), ainsi que son intervention dans les structures des facultés des sciences (1934), de médecine (1934) et de pharmacie (1934), la résidence des étudiants (1935), la centrale thermique (1935), ou l'hôpital Clínico (1935).

1934 Cité Universitaire. Madrid.
Faculté des sciences.

1935 Cité universitaire. Madrid.

Hospital Clínico
Architecte : Manuel Sánchez Arcas
Ingénieur : **Eduardo Torroja**

Dalles de béton armé en surplomb des terrasses

Structure du lanterneau

Viaduc Quince Ojos

Ingénieur : Eduardo Torroja Miret
Architecte : Modesto López Otero
Promoteur : Junta de la Ciudad Universitaria (1927-1936)
Société de construction : Agromán S. A.
Dates : 1929-1933
Lieu : Madrid

Hauteur : 22 m
Longueur : 84,70 m

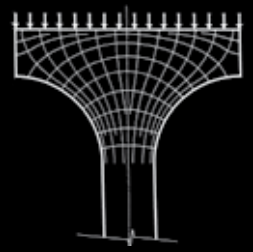
Le Viaduc Quince Ojos, dont le nom initial était « Viaduc Alphonse XIII », se constitue d'une séquence continue de 15 grandes arches de 7 mètres de portée reposant sur des piles de section carrée de 1,70 m de côté. Il a une largeur de 35 m et présente des arches transversales semblables à celles qui constituent sa disposition longitudinale. Il s'agit d'un ensemble d'unités structurales tridimensionnelles formées chacune par un support sur lequel reposent 4 consoles d'extrados plat et d'intrados en forme de demi-cercle. Une façon ingénieuse et esthétique d'inclure les joints de dilatation.

« La grande longueur et la rigidité de cette structure nous a obligés d'installer des joints de dilatation à des intervalles réguliers en veillant à ce qu'ils soient peu visibles afin de pas nuire à l'esthétique de l'ouvrage. C'est à cette fin qu'on a décidé, comme moindre mal, de les installer exactement dans les clefs de voûte, ce qui transforma les arches en doubles consoles. »

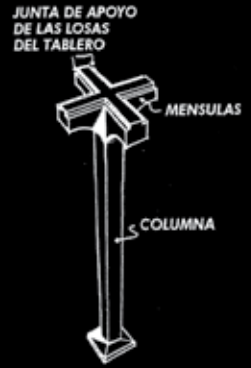
Eduardo Torroja, 1958

1929 - 1933
Viaduc Quince Ojos

Cité universitaire.
Madrid



Isostatiques



Viaduc de l'Air

Ingénieur : Eduardo Torroja
Architecte : Modesto López Otero
Société de construction : Agromán S. A
Dates : 1933
Lieu : Ciudad Universitaria. Madrid

Le Viaduc de l'Air est un des projets qu'Eduardo Torroja a développés pendant son passage, en qualité d'ingénieur, par le Bureau technique de la Cité universitaire de Madrid. Son nom évoque la légèreté de sa structure.

Il s'agit d'un pont en arc de 36 m de portée, muni d'un tablier supérieur, intégralement construit en béton armé. L'arc est formé par deux arcs jumeaux sur lesquels reposent les montants sur lesquels est exécuté le tablier du viaduc. Soucieux d'améliorer l'effet optique du viaduc, Eduardo Torroja ne place pas les montants à un intervalle constant, mais diminue progressivement cet espace au fur et à mesure que ces montants s'approchent de la clef de voûte.

« … représente un merveilleux exemple des possibilités techniques et plastiques qu'offre l'utilisation d'éléments longitudinaux d'une grande légèreté, qui sont le propre d'une esthétique linéaire et géométrique. Le calcul des efforts de l'arc a été réalisé de façon graphique en appliquant la méthode de l'ellipse d'inertie. »

Eduardo Torroja, 1958

Hippodrome de la Zarzuela

Ingénieur : Eduardo Torroja
Architectes : Carlos Arniches et L. Dominguez
Société de construction : AGROMAN S.A.
Dates : 1934 Projet, 1935 début des travaux, 1941 inauguration
Lieu : Madrid
Couverture à voiles minces en béton armé et tribunes - Eduardo Torroja
Vol : 12,80 m **Épaisseur** : 5,00 cm – 14,50 cm

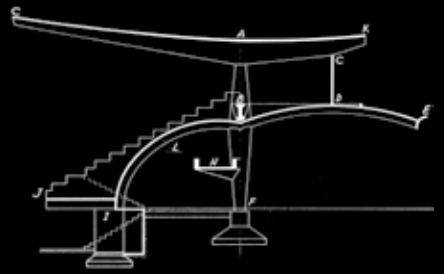
En 1934, le Gabinete Técnico de Accesos y Extrarradio convoqua un concours pour la réalisation de l'hippodrome de la Zarzuela, qui fut attribué au groupe formé par les architectes Carlos Arniches et Martín Domínguez, et l'ingénieur Eduardo Torroja. La construction commença en 1935 mais fut paralysée à cause de la guerre civile espagnole (1936-1939) et ne serait inaugurée qu'en mai 1941.

La structure en béton armé des tribunes et leur couverture à voiles minces constituent une des réalisations les plus emblématiques d'Eduardo Torroja à l'échelle internationale. L'hippodrome de la Zarzuela compte trois tribunes indépendantes : deux tribunes latérales de 60 mètres de long et une tribune centrale de 30 mètres. Il s'agit d'un ensemble aux formes résistantes dont la modernité épurée définit, en seul geste, tout l'espace architectural des salles inférieures de paris et les gradins situés sur celles-ci. Chaque tribune est définie par des portiques transversaux séparés de 5 mètres sur lesquels reposent, au niveau inférieur, les voûtes croisées cylindriques - section en « ailes de mouette » - qui définissent la couverture des salles de paris et qui servent d'appui aux gradins extérieurs des tribunes et, au niveau supérieur, une couverture à voiles minces avec un porte-à-faux de 12,80 m. L'audacieux ensemble aux formes résistantes s'équilibre à l'aide d'un tirant fileté en acier situé à l'arrière.

Son innovante et svelte couverture à voiles minces présente une épaisseur variable d'à peine 5 cm à l'extrémité et de 14,50 cm sur l'appui. Elle est formée par une séquence continue de segments à voiles minces à double courbure dont la géométrie est sensiblement similaire à celle de l'hyperboloïde. Sa forme résistante spécifique ne permettait pas d'appliquer les systèmes de calcul existant à cette époque. Eduardo Torroja réalisa des calculs manuels approximatifs et vérifia le comportement structural de la voile mince à l'aide d'un essai expérimental du modèle d'un module construit à échelle réelle par la société de construction AGROMAN.

« On m'a souvent demandé comment j'avais trouvé la conception de l'hippodrome de la Zarzuela.... Et c'est là que se pose la question suivante : est-ce que l'invention d'une forme spécialement adaptée à la résolution d'un problème concret est strictement un processus d'imagination ou est-ce le résultat d'un raisonnement logique fondé sur la forme technique ? À mon avis, ce n'est ni l'un, ni l'autre, mais le mélange des deux. L'imagination à elle seule ne pourrait pas aboutir à ce type de conception sans l'aide de la raison et, par ailleurs, un processus déductif, qui aurait avancé par étapes successives de perfectionnement, n'aurait pas non plus pu être tellement logique et déterminant pour aboutir inévitablement à ce résultat. »

Eduardo Torroja, 1958



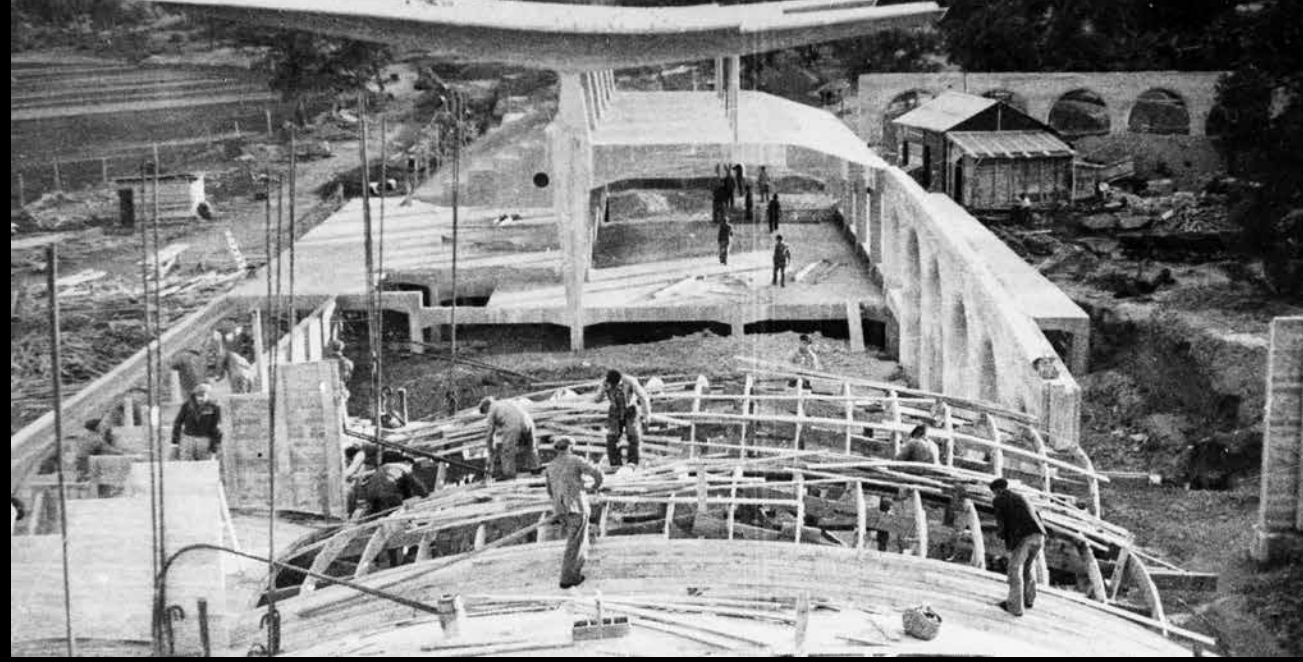
Section transversale

Vue latérale des tribuns. © S.V. Kaskel

1935 Hippodrome
de la Zarzuela

Construction

1934 Essai sur modèle
à échelle réelle réalisé
par la société Agroman



Restauration Hippodrome de la Zarzuela

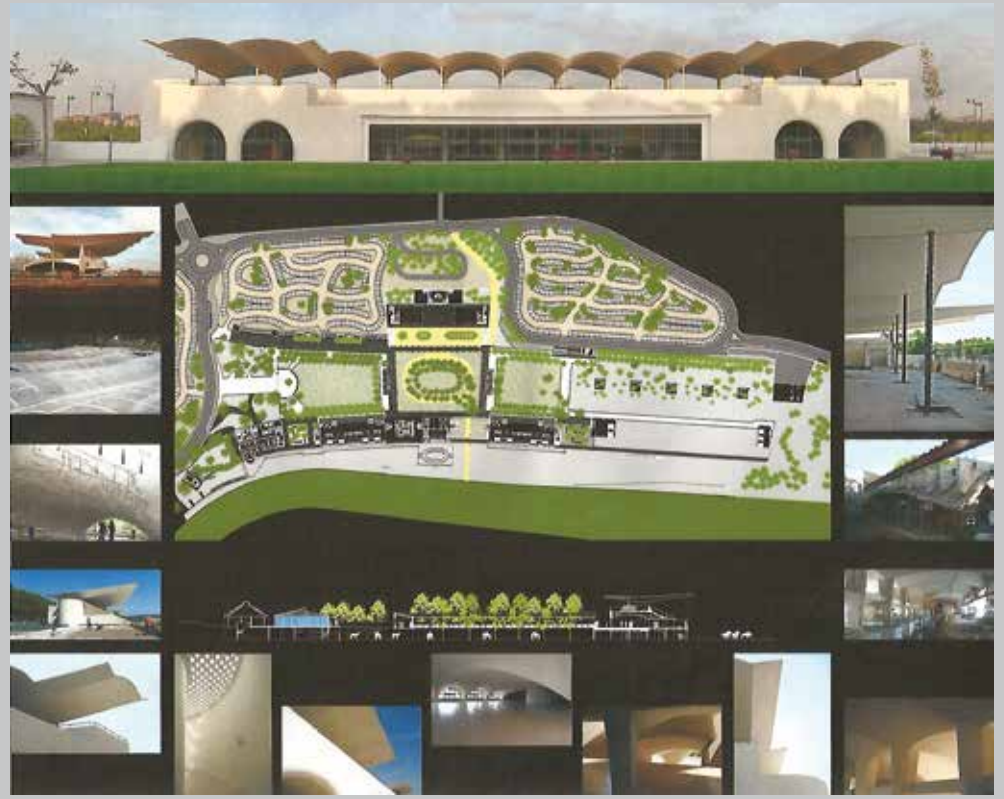
Architectes : Junquera Arquitectos - Jerónimo Junquera García del Diestro
Ingénieur : Leonardo Fernández Troyano (Structures), Úrculo Ingenieros (Installations)
Société de construction : DRAGADOS S. A
Organisme collaborateur : Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja
SIKA España
Dates : 2004 - 2007 (Projet) 2008 – 2015 (Travaux)
Lieu : Madrid

En 2004, Junquera Arquitectos remporta le concours concernant la restauration et la réhabilitation de l'enceinte des courses de l'hippodrome de la Zarzuela, qui avait été convoqué par la société Hipódromo de la Zarzuela S.A.

Les travaux commencèrent en 2008 par la restauration des auvents des tribunes, qui avaient été endommagés avec le temps et par l'eau, et de différentes constructions qui avaient été réalisées lors d'étapes antérieures. On réalisa en même temps des travaux de prospection sur le site. Ces travaux visaient à découvrir et à analyser les valeurs et les systèmes de construction originels, qui avaient été dénaturés et perdus à cause d'agrandissements et de modifications exécutés sur le site. Ils mirent en relief des dommages structurels importants qui exigèrent l'exécution de travaux de consolidation et de réparation de la structure.

Une fois les travaux de réparation structurale terminés, on commença la restauration et la réhabilitation de l'ensemble architectural dans le but de récupérer les valeurs essentielles du projet de 1934 d'Arniches, Domíngez et Torroja.

Le projet de restauration fut fidèle à la beauté de l'hippodrome en renforçant ses valeurs originelles et en récupérant celles qu'il avait perdues. Il s'agissait de récupérer pour la ville l'hippodrome de la Zarzuela avec les installations optimales pour les courses et le sport hippique, tout en maintenant l'équilibre avec 'utilisation et la jouissance du monument.



Restauration Hippodrome de la Zarzuela / Junquera Arquitectos 2004 - 2015

SALLE – S2

En 1927, Eduardo Torroja ouvre à Madrid son propre bureau de projets et commence une abondante production d'ouvrages innovants qui stimuleront le progrès de la construction civile et architecturale en suivant toujours les critères de la toute nouvelle Modernité.

C'est incontestablement son activité à multiples facettes en tant que concepteur, chercheur, enseignant, entrepreneur et gestionnaire qui lui apporta ces connaissances éclectiques qui, unies à une sensibilité créative particulière, lui donnèrent la liberté de transformer ses idées en ce que David Billington appellerait plus tard « Art structurel ».

« Mon objectif a toujours été que les aspects fonctionnels, structurels et esthétiques d'un projet forment une unité intégrale, aussi bien en essence qu'en apparence. »

Eduardo Torroja 1958

La deuxième salle d'exposition permanente d'Eduardo Torroja, qui conserve le langage utilisé dans tout le musée, est dédiée à une sélection d'œuvres réalisées dans les années 1927-1957, qui sont exposées de façon chronologique et typologique selon le type de structure et leurs différentes utilisations. Les ouvrages de génie civil - ponts, barrages, aqueducs, viaducs - sont situés sur le mur à arcades de couleur grise avec les vitrines horizontales marquées par des espaces plus lumineux, tandis que les ouvrages ayant une application architecturale - marchés, hangars, stades, églises, etc. - sont situés sur le mur longitudinal de couleur noire.

Soulignant la décision de convertir le musée en un espace présidé par les géométries pures et les couleurs de la Modernité, le centre de cette salle est occupé par une macle longitudinale de volumes qui sert d'appui à différentes maquettes (marché d'Algésiras, pont de Tordera, aqueduc d'Alloz, fronton Recoletos, église de Pont de Suert, château d'eau de Fedala, club Tachira,...) et qui structure le parcours à travers la salle.

Œuvres exposées : 1927 : Aqueduc de Tempul ; 1935 : Marché d'Algésiras ; 1936 : Fronton Recoletos de Madrid; 1939 : Aqueduc d'Alloz ; 1940 : Pont de la Tordera ; 1940 : Pont du Pedrido ; 1941 : Viaduc Martín Gil ; 1942-1945 : Hangars de Torrejón et Cuatro Vientos ; 1943 : Stade de Les Corts. Barcelone ; 1953 : Chapelle ouverte du Sancti Espirit ; 1954 : Église de Pont de Suert ; 1956 : Château d'eau de Fedala ; 1956 : Barrage de Canelles.

Aqueduc de Tempul

Ingénieur : Eduardo Torroja Miret et Francisco Ruiz Martínez
Société de construction : Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles (HIDROCIVIL)
Dates : 1925 (Projet).
Lieu : Jerez de la Frontera. Cadix / Espagne

Eduardo Torroja fut le précurseur de l'utilisation du béton précontraint. Cet aqueduc est un des premiers ouvrages en béton précontraint construits dans le monde. Il se constitue de 11 tronçons de poutres en béton armé de 20 m de portée et d'un tronçon central du type « Cantilever » de 57 m. Il a été exécuté en utilisant un ingénieux système de précontrainte. Eduardo Torroja décida de modifier le projet initial en supprimant les deux piles centrales situées sur le lit de la rivière afin d'éviter d'éventuels problèmes dans leurs fondations. Il le remplaça par des tirants qui passent au-dessus des piles contiguës, situées sur chaque rive du cours d'eau, et qui sont ancrés aux extrémités des tronçons contigus.

« Les tirants, avec leurs ancrages, devaient avoir une longueur d'environ 50 m. En 1926, il n'existait pas de techniques de précontrainte pour de telles longueurs et les techniques de soudure n'étaient pas suffisamment au point pour les utiliser dans une structure de cette envergure. J'ai décidé d'utiliser des torons en acier à haute résistance, ce qui a permis de fabriquer facilement les tirants en une seule pièce. La solution adoptée consistait à les appuyer sur des chevalets indépendants sur la tête des piles, en séparant celles-ci des fûts. Ainsi, après avoir bétonné les tronçons avec les ancrages des torons, on a pu élever les têtes à l'aide de vérins hydrauliques et cette élévation étirerait les torons jusqu'à ce qu'ils atteignent leur tension de travail adéquate »

Eduardo Torroja, 1958

1925 - 1926
Aqueduc de Tempul, Jerez de la Frontera (Cádiz)

Marché d'Algésiras

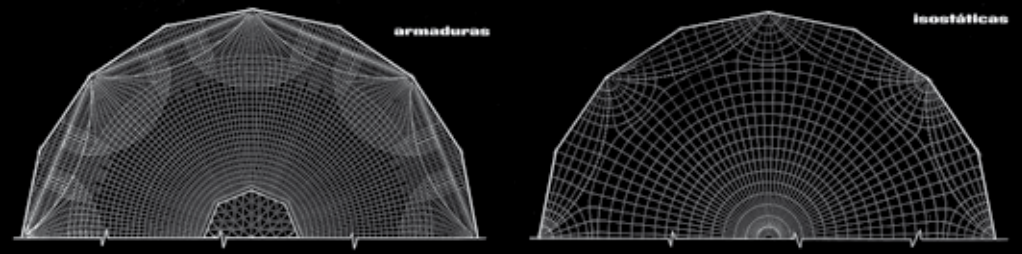
Ingénieur : Eduardo Torroja
Architectes : Manuel Sánchez Arcas
Société de construction : Ricardo Barredo
Dates : 1934 – 1935
Lieu : Plaza de la Palma. Algésiras. Cadix. Espagne

La couverture du marché d'Algésiras est la première grande coupole à voiles minces en béton armé qui a été construite en Espagne et a été la plus grande de ce type dans le monde pendant plus de 30 ans. Un exploit sans précédent dans lequel Eduardo Torroja apporta plusieurs innovations à la jeune histoire de l' « Aventure des voiles minces de l'architecture moderne ». En effet, même si l'on avait construit quelques années plus tôt des coupoles à voiles minces de grande dimension comme celle du marché de Bâle projetée par Franz Dischinger, Eduardo Torroja apporta une nouvelle forme résistante à grande ouverture exécutée avec une épaisseur continue sans nervures à chant vu, un ingénieux système de décoffrage en soumettant l'anneau périmétrique à une postcontrainte et une image manifeste de modernité.

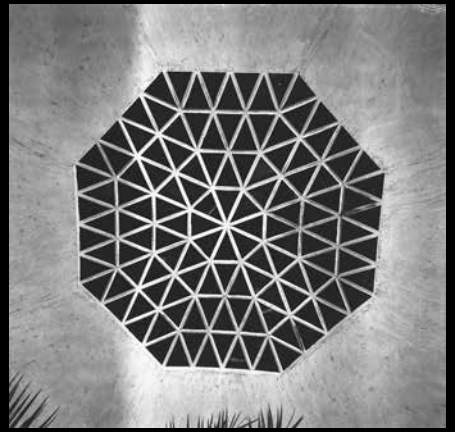
La couverture possède une structure octogonale de 18,20 m de côté. C'est une coupole à voiles minces présentant une ouverture entre appuis de 47,76 m et formée par une calotte sphérique de 41,20 m de diamètre et 8 petites voûtes cylindriques à axe horizontal qui, en guise de visières, définissent son bord et reposent sur les piliers. Les bords en arc de ces voiles cylindriques conduisent les efforts de la couverture vers les piliers et apportent de la rigidité à l'ensemble. La voile mince est continue sans nervures sur le chant et possède une épaisseur de 9 cm qui atteint 50 cm aux appuis. La coupole à voiles minces est munie d'une lucarne octogonale (10 m - diagonale) située au sommet. Les vitres sont supportées par des triangles préfabriqués en béton armé.

« … le pilier supporte la composante verticale de la force, tandis que la composante horizontale dans le sens radial est contrecarrée par un anneau octogonal périphérique formé par 16 ronds de 30 mm. Cet anneau va se dilater parce qu'il travaille en traction, tandis que la voile mince, qui est comprimée, a tendance à se contracter. C'est pour cette raison qu'on a installé des tendeurs filetés sur les barres qui forment l'anneau. L'action des tendeurs, visant à raccourcir les barres, les met en traction, ce qui provoque les réactions radiales correspondantes sur la voile mince à hauteur de ses unions avec les supports… la coupole comprimée initie un léger soulèvement et se décolle du cintre. »

Eduardo Torroja, 1958



1934 - 1935 Marché d'Algésiras



1934 - 1935 Marché d'Algésiras

Fronton Recoletos

Ingénieur : Eduardo Torroja
Architectes : Secundino Zuazo Ugalde
Promoteur : Nueva Empresa de Frontones S. A.
Société de construction : Huarte y Cia
Date : 1935
Lieu : Calle Villanueva. Madrid (aujourd'hui disparue)

Le fronton Recoletos fut une des constructions les plus remarquables de la modernité madrilène, fruit de l'exceptionnelle collaboration entre l'ingénieur Eduardo Torroja et l'architecte Secundino Zuazo.

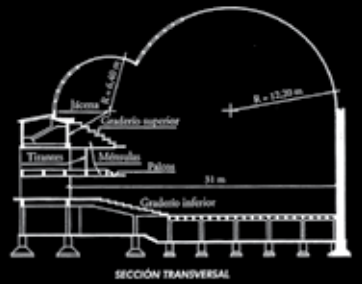
Sa couverture à voiles minces en béton armé est une des plus innovantes et singulières d'Eduardo Torroja. Le fronton subit malheureusement de lourds dommages pendant les bombardements de la guerre civile espagnole et s'effondra en 1939. Il s'agissait d'une couverture à voiles cylindriques, aux génératrices horizontales, dont la directrice était formée par l'intersection orthogonale de deux segments de circonférences de différents rayons le plus grand de 12,20 m et le plus petit de 6,40 m (section en « ailes de mouette »). C'était une « poutre lobée » de 55 m d'ouverture libre entre appuis. Sa dimension transversale était de 32,50 m. La couverture couvrait ainsi l'ensemble de l'espace intérieur sans appuis intermédiaires. Elle avait une épaisseur continue de 8 cm seulement, sauf à l'intersection des lobes où elle atteignait 16 cm. La lumière naturelle pénétrait par deux lucarnes longitudinales qui étaient formées par une maille de triangles équilatéraux de 1,40 m de côté.

« Compte tenu de la complexité des calculs et du risque inévitable d'erreurs, on compléta le travail théorique par un essai expérimental sur un modèle à échelle réduite. »

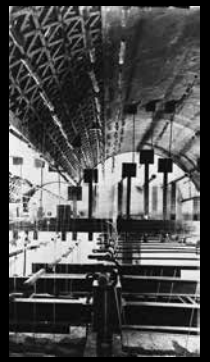
Eduardo Torroja, 1958

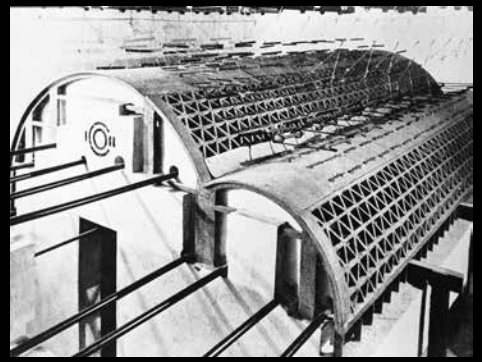
1935 Fronton
Recoletos.
Madrid

1935 - 1936 Travaux



Essai sur modèle réduit 1:10
Eduardo Torroja





Aqueduc d'Alloz

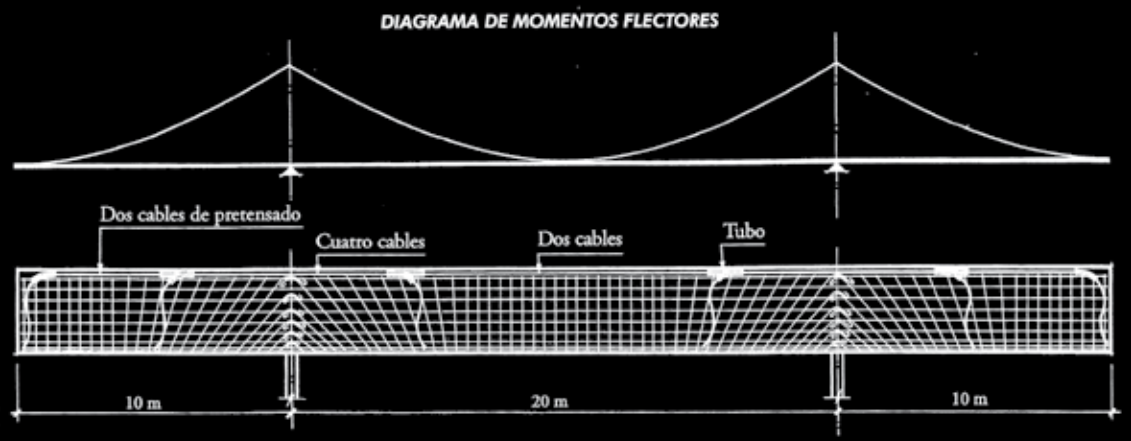
Ingénieur : Eduardo Torroja
Société de construction : Huarte y Cia
Dates : 1939 -1942
Lieu : Chemin de Saint-Jacques (Commune de Ciuraqui)
Longueur : 218 m ; **Canal** : 2,75 m/ Hauteur, 15 cm/ Épaisseur

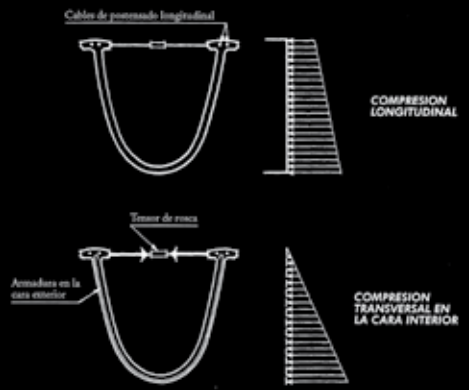
L'aqueduc d'Alloz est un autre exemple parmi les différents ouvrages pionniers en béton précontraint qui ont été construits par Eduardo Torroja. Il a été exécuté en utilisant un ingénieux système de précontrainte non conventionnel. Il se constitue d'un canal autoportant dont la section est en forme de parabole cubique, qui est précontraint dans deux directions orthogonales qui garantissent son imperméabilité. Le canal repose sur des supports de béton en forme de « compas géant » ou de ciseaux disposés tous les 20 m. Chaque tronçon de 40 m est formé d'une partie centrale de 20 m et de deux porte-à-faux latéraux de 10 m chacun. La précontrainte longitudinale s'effectue à l'aide de deux torons situés sur les bords supérieurs du canal, tandis que la précontrainte transversale est assurée par des barres filetées aériennes qui unissent transversalement ces bords tous les 4 m. L'ingénieux système de précontrainte longitudinale a consisté à placer des brides entre chaque paire de torons qui ont été ensuite séparées à l'aide d'un compas métallique et d'un vérin hydraulique. Une fois tendus, les torons ont été bétonnés.

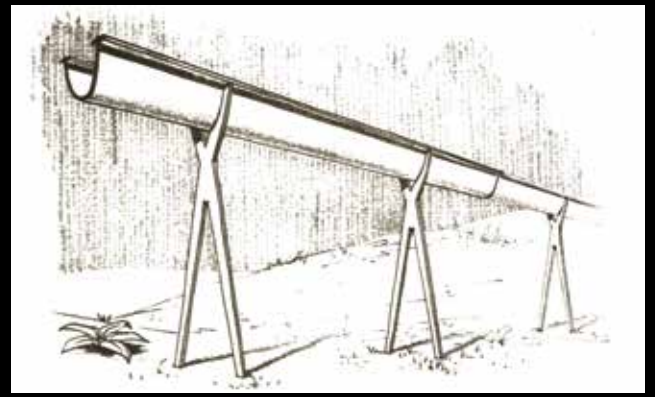
Mais il ne s'agit pas uniquement d'un ouvrage pionnier dans l'utilisation de la précontrainte. Son aspect attrayant offre au pèlerin une image spectaculaire de modernité épurée sur le Chemin de Saint-Jacques.

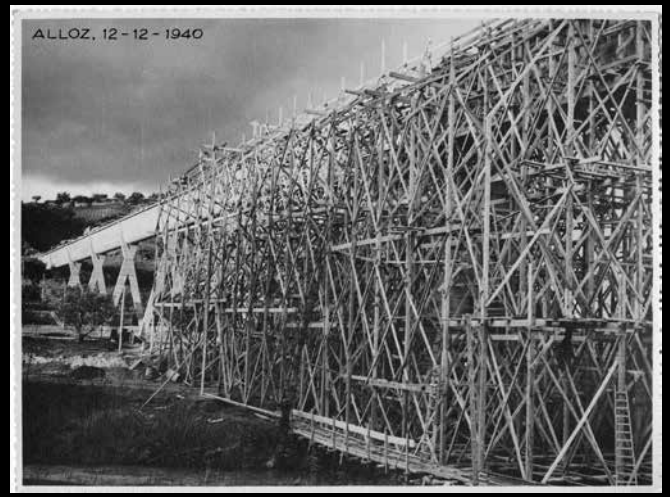
« L'idée principale de la conception de cet aqueduc était d'éliminer toute possibilité d'apparition de fissures ou de filtrations sur les parois en soumettant la face interne de celles-ci à une compression bidirectionnelle. »

Eduardo Torroja, 1958





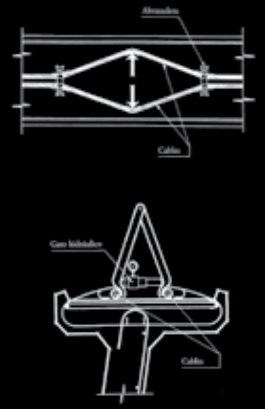




1939 - 1942
Aqueduc d'Alloz

Construction

Tension des câbles à l'aide d'un vérin hydraulique



Pont de Tordera

Ingénieur : Eduardo Torroja, César Villalba Granada et Gabriel Andreu Elizaicin
Société de construction : Obras Metálicas Electro-Soldadas (OMES); Investigaciones de la Construcción, S. A. (ICON)
Dates : 1939 (Projet). 1939-1944 (Travaux).
Lieu : Carretera General Barcelona-Gerona

Eduardo Torroja est le précurseur de l'utilisation de structures mixtes. Il projeta plusieurs ponts mixtes en acier et béton armé en profitant des différentes caractéristiques résistantes qu'offraient ces deux matériaux. Le premier de ces ouvrages est le Pont de Tordera (1939), qui avait été détruit pendant la guerre civile et qui ne conservait que ses piles. On a construit sur celles-ci un nouveau tablier en béton armé sur des poutres métalliques elliptiques à trois tronçons avec deux portées latérales de 45,70 m et une portée centrale de 54,70 m. Les dalles de béton armé du tablier ont été reliées au cordon supérieur des poutres métalliques à l'aide de barres soudées de sorte que ces dalles travaillent comme des têtes de compression des poutres.

Les nœuds de ce pont ont fait l'objet d'une reconnaissance internationale (Suède).

« Après avoir essayé différentes solutions, on a opté pour une poutre de forme elliptique afin que la charge (de traction) soit suffisamment constante sur toute la longueur de la tête inférieure en maintenant les compressions dans les diagonales suffisamment réduites pour éviter le flambement. »

Eduardo Torroja, 1958

Pont du Pedrido

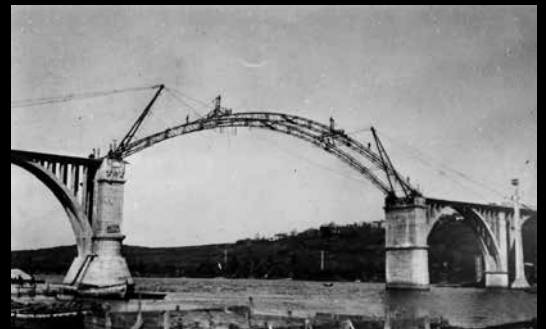
Ingénieur : Eduardo Torroja Miret et Cesar Villalba Granda
Société de construction : Ricardo Barredo S. A.
Dates : 1939 (Eduardo Torroja - Projet). 1939-1943 (travaux).
Lieu : Ría de Betanzos (La Corogne)
Type : Pont en arc

Le Pont du Pedrido a été commencé par l'ingénieur Cesar Villalba Granda avant l'éclatement de la guerre civile espagnole. Il s'agit d'un pont de 520 m de longueur qui compte trois tronçons différents. Le début de la guerre civile, en 1936, paralysa les travaux alors que seuls les deux tronçons latéraux avaient été construits: le premier avec un tablier de 340 m reposant sur 10 arches doubles et le troisième avec un tablier de 102 m sur trois arches doubles.

En 1939, Eduardo Torroja projeta le tronçon central qui devait compléter le pont. Il s'agit d'un tronçon central exécuté à l'aide d'un innovant arc tendu en béton armé d'une portée de 78,40 m et d'une flèche de 12,5 m, avec deux articulations. Il est formé par deux nervures principales au chant variable qui possèdent une largeur uniforme à la base. Le tablier inférieur est un hourdis continu de 3,65 m de portée, qui est suspendu de l'arc à l'aide de suspentes.

« L'armature principale de l'arc est projetée avec des profilés laminés soudés de sorte à permettre le lancement de l'arc sur ses deux moitiés depuis chaque extrémité et, une fois les deux parties unies à la clef de voûte et le tirant installé, permettre le bétonnage de l'arc. »

Eduardo Torroja, 1940
(Mémoire du Projet)



1939
Pont du Pedrido

Construction

Viaduc Martín Gil – Arc de l'Esla

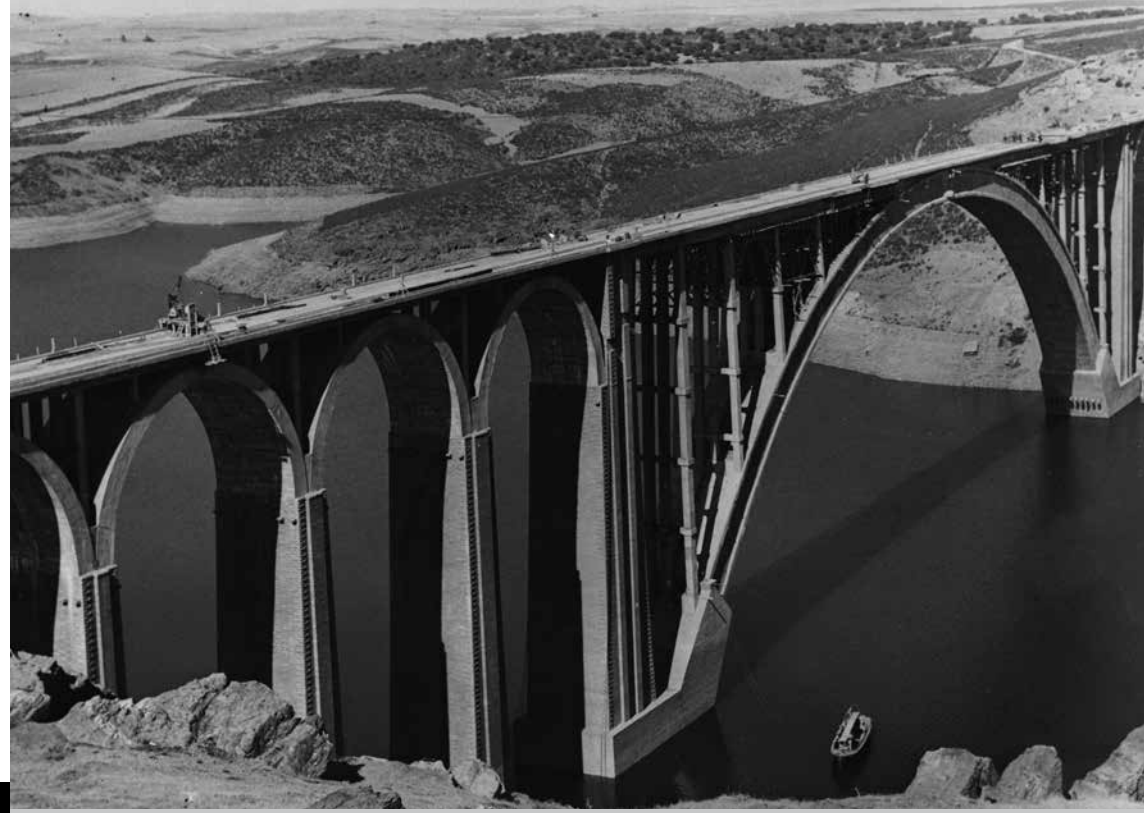
Ingénieur : Francisco Martín Gil, César Villalba Granda, Antonio Salazar Martínez et Eduardo Torroja Miret
Promoteur : España. Ministerio de Obras Públicas
Société de construction : Max Jacobson S. A.; Ricardo Barredo S. A. ; Esab Ibérica, S. A.; Investigaciones de la Construcción, S. A. (ICON)
Dates : 1932 (1er Projet). 1935 (2e Projet). 1939 (3e Projet). 1934-1943 (Travaux)
Lieu : Manzanar del Barco. Río Esla Zamora
Longueur totale : 479 m ; **hauteur** : 84 m
Arc central : 209 m

Le viaduc Martín Gil est un des nombreux ouvrages qui ont été interrompus au début de la guerre civile espagnole. En 1939, l'ouvrage terminé, Eduardo Torroja construisit le grand arc central en béton armé qui présentait une portée record de 209 m.

Pour optimiser le processus de construction et le coût, Eduardo Torroja conçoit un cintre métallique qui est encastré dans la section en béton de l'arc en tant qu'armature permanente. Ce cintre est formé par deux fermes parallèles soutenues transversalement. Le bétonnage du grand arc a été réalisé par couches longitudinales de plus en plus larges, étant donné que le béton qui a pris permet au cintre de supporter des efforts de plus en plus importants.

« Une fois que le béton a pris, on a placé des vérins hydrauliques à la naissance et au sommet des têtes inférieures afin de mettre ces cordons en compression et de libérer partiellement les cordons supérieurs des charges de compression qu'ils avaient supportées tous seuls jusqu'à cet instant. »

Eduardo Torroja ,1958



1934 - 1943
Grand arc de l'Esla

Construction

Hangars

Ingénieur : Eduardo Torroja
Architecte : Rafael de la Joya Castro
Société de construction : Obras Metálicas Electro-Soldadas (OMES)
Date : 1942
Lieu : Aeropuerto de Torrejón de Ardoz. Madrid
Promoteur : Ministerio del Aire
Société de construction : Obras Metálicas Electro-Soldadas (OMES)
Dates : 1946 - 1949
Lieu : Real Aero Club de España. Cuatro Vientos. Madrid

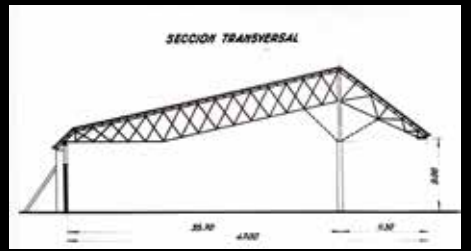
Entre 1942 et 1949, Eduardo Torroja conçoit et construit à Madrid trois hangars à grandes couvertures métalliques qui lui ont été attribués lors de concours nationaux convoqués par le ministère de l'Air. Le premier hangar est celui de l'aéroport de Torrejón dont le modèle sera également utilisé pour celui de l'aéroport de Barajas. La superficie libre devait être de 182,88 m x 47,24 m et les portes d'accès, situées sur un de ses grands côtés, pouvaient être séparées par un support central situé à un maximum de 10 m vers l'intérieur. Eduardo Torroja conçoit la couverture avec une inclinaison ascendante (13º) sur ses quatre côtés dans le but de réduire au maximum la pression du vent sur les parois latérales. Elle est formée par une poutre principale longitudinale sur laquelle reposent les cintres transversaux entretoisés à l'aide d'éléments en X.

Le dernier - et le plus différent - de ces hangars est celui de Cuatro Vientos. Sa couverture est formée par des arcs métalliques de 35 m d'ouverture qui se croisent pour former une voûte réticulée d'une grande rigidité. Les arcs ont été montés sur le sol avant d'être hissés dans leur position définitive.

« Chacune des deux moitiés de la structure de couverture travaille comme une espèce de poutre triangulée d'une grande rigidité malgré sa légèreté. »

Eduardo Torroja, 1958

1942 Hangar à Torrejón de Ardoz. Madrid



1946 - 1949
Hangar de Cuatro Vientos. Madrid

Terrain de football de Les Corts

Ingénieur : Eduardo Torroja
Architecte : José Mª Sagnier Vidal
Promoteur : Club de Fútbol Barcelona
Société de construction : Pubasa
Dates : 1943-1945
Lieu : Barcelone

C'est une structure innovante mixte en béton et en acier. Sa couverture métallique s'élance sur 25 m au-dessus des gradins et s'appuie sur de grands supports en béton armé. Une fois de plus, la conception répond à la recherche continue d'Eduardo Torroja de choisir, dans chaque cas spécifique, non seulement la forme résistante adéquate qui accompagne la fonctionnalité de l'espace, mais également les matériaux qui optimisent le coût de la structure.

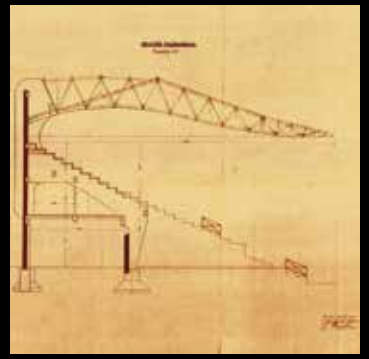
La structure de la couverture est formée par une maille spatiale de consoles métalliques triangulaires, séparées de 5 mètres, ancrées aux supports en béton armé à l'aide de boulons qui unissent la tête supérieure de la console à l'armature en acier du béton. L'attrayante forme ondulée de son intrados a été obtenue en le recouvrant de planches en bois de couleur orange. La structure en béton armé qui supporte la couverture et les gradins a été conçue de façon ingénieuse pour réduire son chant, le coût et l'augmentation du moment de flexion. C'est dans ce but qu'Eduardo Torroja divisa en deux l'ouverture de 8 mètres des poutres inclinées des gradins à l'aide d'un tirant central.

« Il n'était pas facile de trouver des matériaux ou des solutions structurales alternatives susceptibles d'être utilisées sur cette grande couverture en surplomb car son porte-à-faux de 25 m au-dessus des gradins devait obligatoirement être métallique afin de réduire le poids et les coûts. »

Eduardo Torroja, 1958

Essai de charge

1943 - 1945
Terrain de football de Les Corts. Barcelone, Espagne



Section

Chapelle ouverte Sancti Spirit

Ingénieur : Eduardo Torroja
Promoteur : Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana (E.N.H.E.R.)
Date : 1953
Lieu : Valle de San Nicolau. Aigües Tortes. Lérida (disparue)

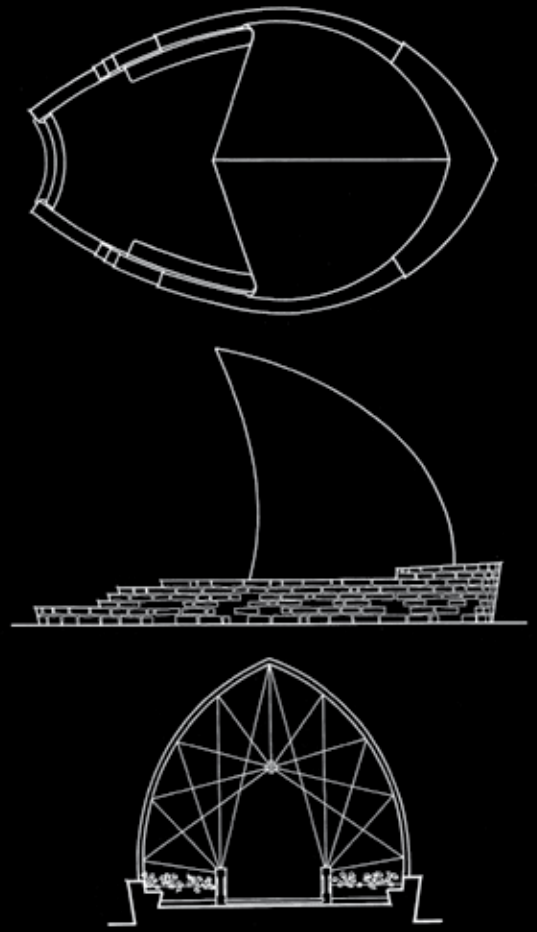
Eduardo Torroja a construit un petit bijou de la Modernité des structures à voiles minces, qui a malheureusement disparu, dans un paysage idyllique perdu dans les montagnes et au bord de la rivière San Nicolau. Il s'agissait d'une petite chapelle ouverte qui faisait office de refuge hémisphérique. La structure à voiles minces définissait, depuis sa naissance au sol, l'ensemble de l'espace habitable. Elle ressemblait à une voile gonflée par le vent.

Sa forme résistante était celle d'une demi-coupole exécutée en maçonnerie de brique armée. Une solution très économique en Espagne à cette époque. Il faut souligner son système original qui consistait à rigidifier le bord de la coupole en incluant une série de tirants tendus disposés radialement à partir de deux points fixes.

« Il n'existe à ce jour aucune méthode pratique qui permette de réaliser le calcul des tensions dans des voiles minces de ce type, mais ce problème ne devrait pas être une raison pour renoncer à sa construction, même si ces dimensions sont plus grandes que celles de ce petit refuge. »

Eduardo Torroja, 1958

1953 Chapelle ouverte Sancti Spirit



Eduardo Torroja -
Module de Pont de Suert ,1952

Église de Pont de Suert

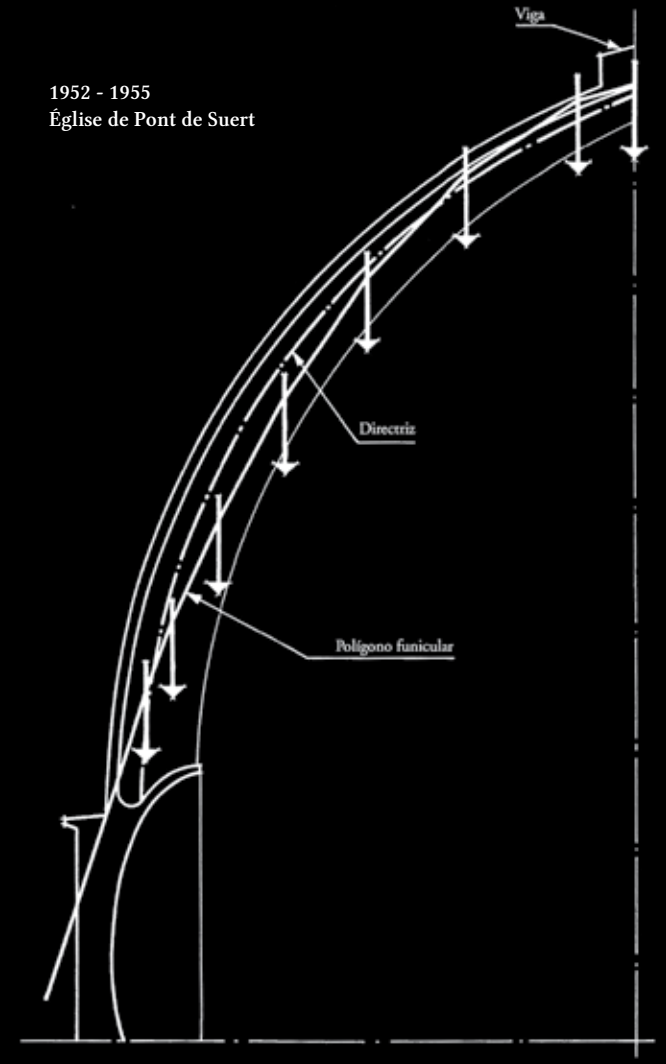
Ingénieur : Eduardo Torroja
Architecte : José Rodríguez Mijares
Promoteur : Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana (E.N.H.E.R.)
Dates : 1952 - 1955
Lieu : Pont de Suert. Lérida

Du point de vue de sa conception spatiale, l'aspect le plus remarquable de la couverture à voiles minces de l'église paroissiale de Pont de Suert est le fait qu'elle est non seulement une couverture en soi, mais qu'elle définit également l'ensemble de l'espace habitable depuis sa naissance au sol. C'est la propre structure qui définit la forme géométrique de l'église. Un fait qui est également visible de l'extérieur.

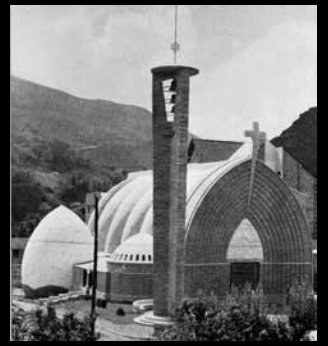
La structure de la nef unique de l'église est formée par une séquence continue de modules à voiles minces voûtés formés par l'union d'un lobe voûté principal (couverture et mur) et des petites chapelles absidiales qui sont également voûtées. Le lobe adopte la courbure générale des arcs ogivaux, mais avec une courbure transversale variable, plus abaissée à la clef de voûte. Sa forme géométrique est adaptée aux moments de flexion. Une poutre en béton armé est située à la clef de voûte des modules qui se font face tout au long de la nef afin de rigidifier et de stabiliser la structure. Ces voûtes à voiles minces ont été exécutés avec trois appareils de briques creuses de 3 cm d'épaisseur chacune, posées à plat

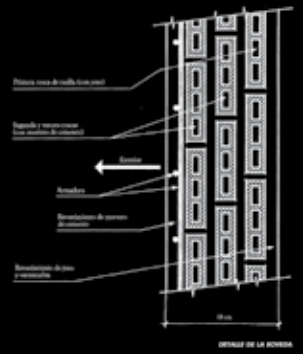
« Ce type de voiles minces est économique et peut s'adapter à n'importe quelle forme souhaitée, y compris aux courbures très variables comme dans le cas des voûtes de cette église. »

Eduardo Torroja, 1958



1952 - 1955
Église de Pont de Suert





COMPRESIONES EN LA BOVEDA

Château d'eau de Fedala

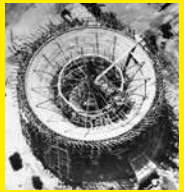
Ingénieur : Eduardo Torroja
Collaborators : A.Paez et F. del Pozo
Société de construction : F. Fernández / Société Marocaine d´Exploitation des Entreprises Fernández (Maroc)
Lieu : Fedala. Maroc
Dates : 1956 (Projet). 1956-1957 (Travaux).

Il ne fait aucun doute que le château d'eau le plus innovant et le plus attrayant d'Eduardo Torroja est celui de Fedala. Il projeta les parties de l'ouvrage avec différentes formes résistantes et différents matériaux dans le but d'optimiser son fonctionnement structural et son processus de construction.

Les parois et le fond de la cuve ont été construits en béton armé et précontraint, tandis que la couverture, qui ne reçoit aucun poids ni poussée de l'eau contenue, a été construite dans une légère structure à voiles minces de maçonnerie en brique qui ne requiert pas de coffrage. Le fond de la cuve est une voûte torique en béton armé dont l'anneau extérieur est post-contraint à l'aide de tendeurs filetés, et les parois adoptent la forme d'un hyperboloïde de révolution en béton postcontraint suivant ses génératrices et ses directrices. La compression simultanée de ces lignes évite le risque d'apparition de fissures. Une solution ingénieuse et attrayante dans laquelle chaque élément adopte la forme résistante et le matériau qui s'avèrent les plus appropriés.

« Le principal problème rencontré dans la conception de ce réservoir, d'une capacité de 3 500 m³, était de trouver la méthode d'imperméabilisation adéquate. C'est ainsi qu'on modifia la forme initiale - un cône tronqué - et qu'on opta pour un hyperboloïde de révolution, postcontraint tout au long des deux séries de lignes droites typiques dans un hyperboloïde. On obtenait ainsi une compression simultanée sur ses génératrices et ses directrices et on évitait le risque d'apparition de fissures. »

Eduardo Torroja, 1958



1956 - 1957
Château d'eau de Fedala. Maroc

Construction

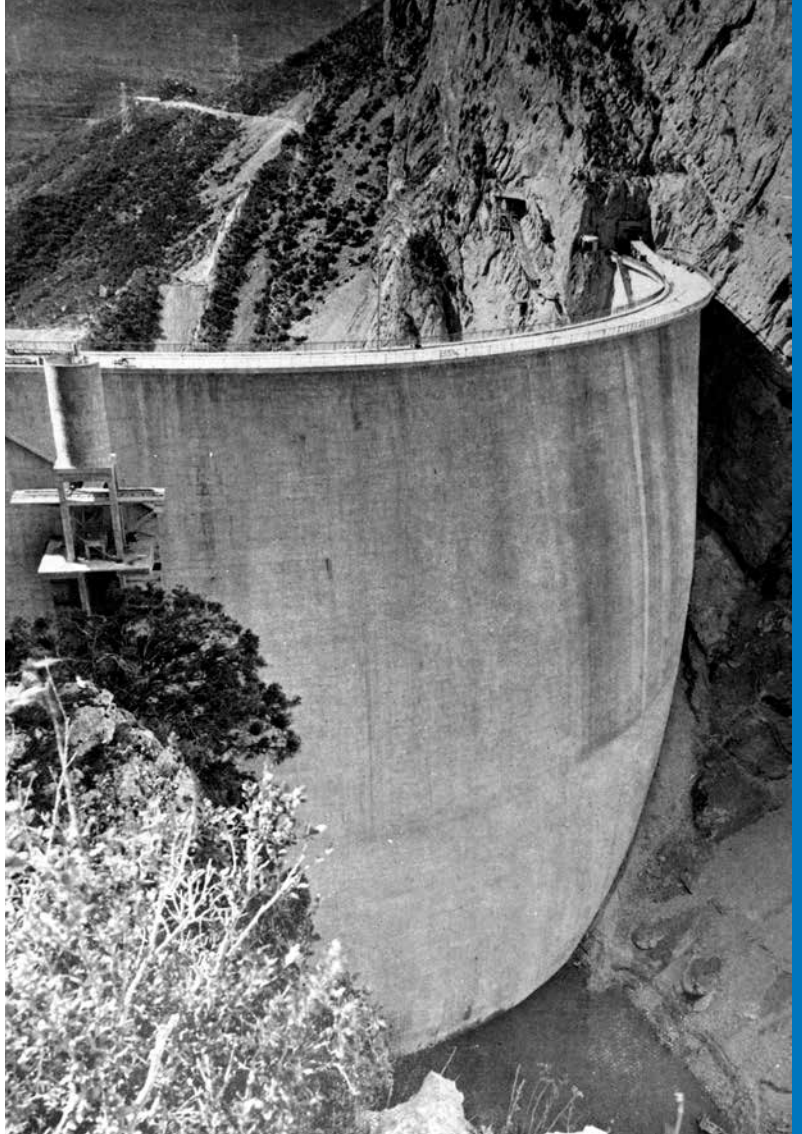
Barrage de Canelles

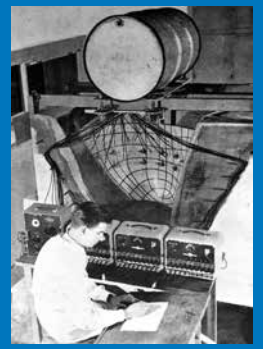
Ingénieur : Carlos Benito Hernandez et Eduardo Torroja Miret
Promoteur : Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana (E.N.H.E.R.)
Société de construction : E.N.H.E.R.
Dates : 1953-1964
Lieu : Río Noguera. Ribagorzana (Lérida)
Longueur : 210 m
Hauteur : 140 m

Le barrage de Canelles est un barrage voûte en béton armé de 140 m de haut, qui battit tous les records en Espagne à l'époque. Sa forme géométrique présente une courbure variable, aussi bien horizontalement que verticalement, qui est le résultat de l'analyse structurale qu'Eduardo Torroja effectua en réalisant plusieurs essais successifs sur des modèles réduits afin d'optimiser sa forme résistante. La construction fut achevée en 1964, trois ans après la mort d'Eduardo Torroja.

« On prépara 17 modèles différents à échelle réduite avant d'arriver à la conception définitive. On introduisit au fur et à mesure, dans chaque modèle, les modifications que recommandait l'essai précédent et ainsi de suite. On termina les essais lorsqu'on obtint une forme pour le barrage qui présentait des compressions maximales de 50 kg/cm² et des tractions pratiquement nulles sur le parement en amont. »

Eduardo Torroja, 1958





Essais sur modèles réduits.

1953 / 1964
Barrage de Castellón. Lérida

SALLE – S3

La troisième et dernière salle de l'exposition permanente du musée Eduardo Torroja est dédiée à ce que nous connaissons aujourd'hui comme l'Institut des Sciences de la Construction Eduardo Torroja, qui dépend du CSIC.

La construction d'un nouveau siège (1949-1953) à l'aspect révolutionnaire permit à Eduardo Torroja de développer les importantes activités de recherche, de diffusion et d'enseignement qu'il avait planifiées pour stimuler le progrès de la construction civile et de l'architecture pendant les années dorées de la Modernité. C'est au sein de l'Institut qu'Eduardo Torroja créa de nombreuses organisations nationales et internationales, notamment l'International Association for Shell Structures, IASS (1959).

« D'autres personnes jugeront mieux que moi le travail que nous avons réalisé »

Eduardo Torroja, 1961 *(fragment de la lettre adressée à ses collaborateurs)*

ŒUVRES EXPOSÉES : la construction du nouveau et actuel siège de l'Institut, ses éléments singuliers, des publications, les voiles expérimentales construites en 1959 par Eduardo Torroja et la Côte à voiles minces construite en 1969 en hommage au béton et à l'acier en souvenir d'Eduardo Torroja.

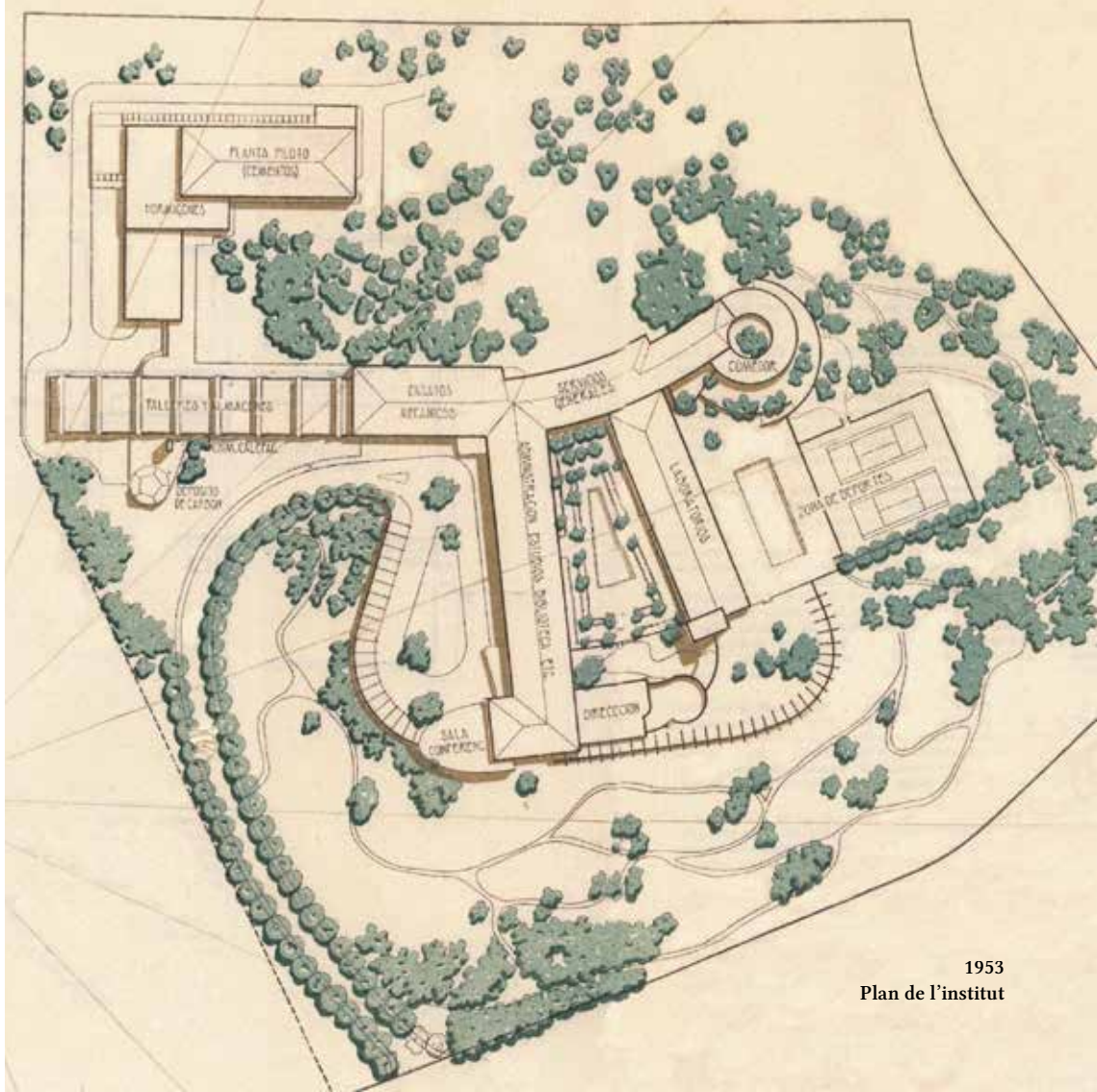
Institut Eduardo Torroja

Ingénieur : Eduardo Torroja
Architectes : G. Echegaray et M. Barbero
Promoteur : Eduardo Torroja
Société de construction : AGROMAN S.A.
Dates : 1949-1953
Lieu : Madrid

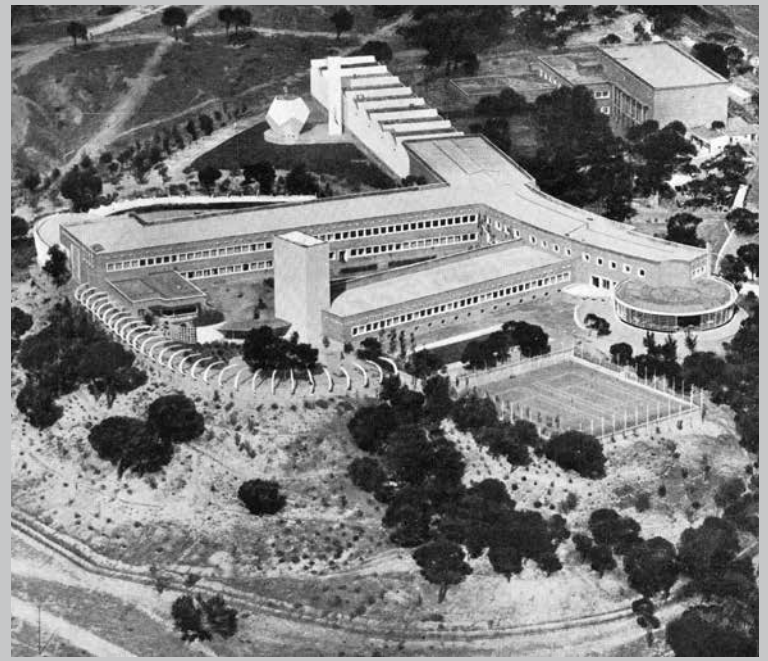
L'Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc), fondé en 1934 sous le nom d'Instituto Técnico de la Construcción y la Edificación (itce), est sans aucun doute l'héritage le plus important et le plus apprécié que nous a laissé Eduardo Torroja. Ce dernier consacra une grande partie de sa vie professionnelle (1934-1961) à cet institut qu'il dirigea jusqu'au jour même de sa mort en instaurant un modèle spécial de pensée et d'action qui en fit un des principaux centres de recherche dans le monde pendant les années dorées de la Modernité.

Eduardo Torroja commença en 1949 le projet du nouveau siège de l'Institut, qui serait un habitat révolutionnaire pour la recherche. La volumétrie architecturale a été projetée comme étant le résultat de la macle spatiale de huit corps à un ou deux étages qui, tel un peigne irrégulier à 8 corps, s'adapte à la topographie du terrain et adopte la forme du nombre « pi » en créant cinq espaces verts ouverts qui entourent et enveloppent ses longues façades.

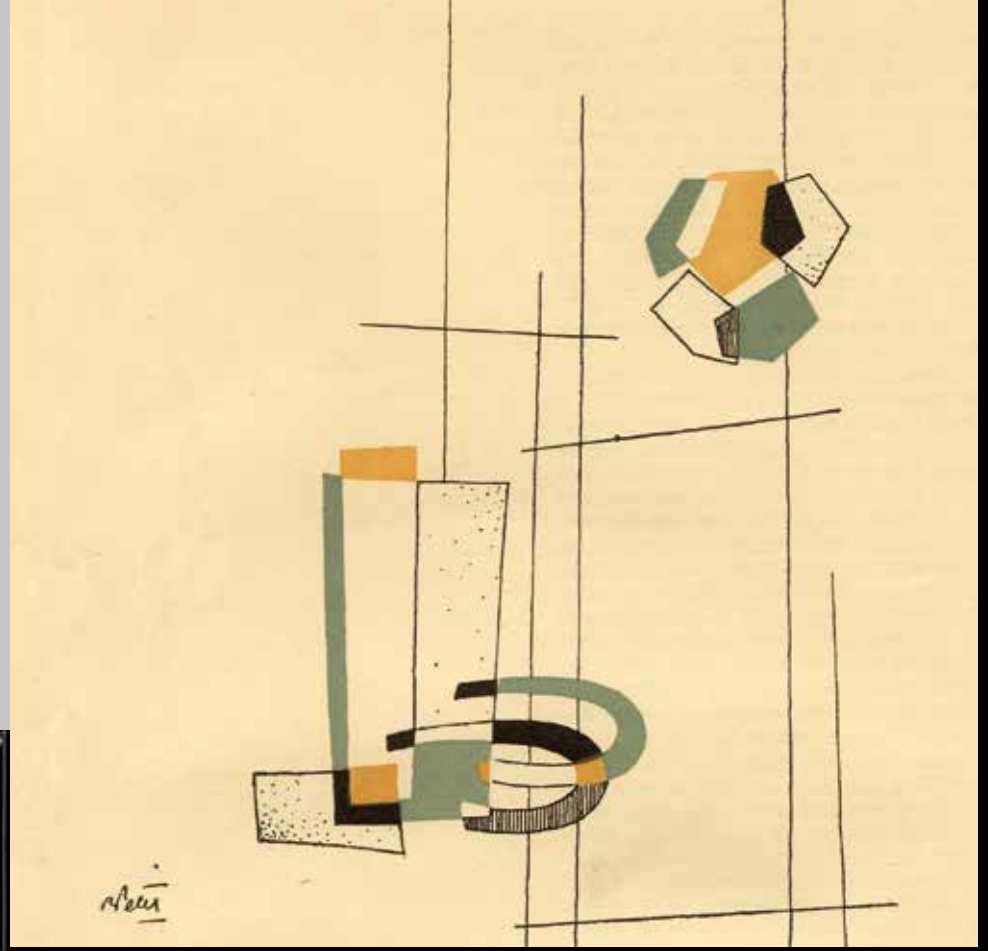
Eduardo Torroja profita de la construction du nouveau siège pour mettre en pratique les recherches réalisées par l'Institut concernant la rationalisation des systèmes de construction traditionnels et la préfabrication de nouveaux éléments. Le nouveau siège fut, tout au long de sa construction, un grand atelier d'expérimentation, une « école de préfabrication » à pied d'œuvre avec laquelle Eduardo Torroja voulait promouvoir le développement des moyens précaires qui étaient disponibles en Espagne à cette époque. Eduardo Torroja dota le nouveau siège de l'Institut de structures innovantes et d'espaces architecturaux : la Cantine circulaire, le silo à charbon en forme de Dodécaèdre, la couverture à voiles minces triangulées des ateliers et hangars d'essais, et la Pergola située sur le côté. Il est significatif de constater que le propre Eduardo Torroja sélectionnera plus tard toutes ces constructions, parmi l'ensemble de son œuvre, pour les inclure dans son livre intitulé *Las estructuras de Eduardo Torroja*, publié en 1958 par F.W. Doge Corporation, New York. (Torroja, 1958).



1953
Plan de l'institut



1953 Institut technique de la construction et du ciment. Nouveau siège.



1955 Bernard Petit – Dodécaèdre de l'Institut

Éléments singuliers de l'Institut

Ingénieur : Eduardo Torroja
Promoteur : Eduardo Torroja
Société de construction : AGROMAN S.A.
Dates : 1949-1953
Lieu : Madrid

La Cantine circulaire de l'Institut est une salle architecturale qui possède un attrait indiscutable. Son enveloppe courbe en verre pénètre dans le jardin qui l'entoure et se fraie un chemin entre les pins. Elle se dresse sur un plan circulaire de 22,44 mètres de diamètre et une hauteur de 3,50 m. La fermeture de la cantine est formée par deux murs courbes latéraux en béton armé revêtus de pierre naturelle et d'une énorme baie vitrée courbe s'ouvrant à 180° qui peut être déplacée et cachée entre les murs de sorte que la cantine disparaisse en tant que salle fermée pour s'intégrer dans le jardin. La structure de sa couverture est formée par des cintres métalliques en surplomb, au chant variable (de 0,84 m à 0,22 m) et disposés de façon radiale, qui reposent sur des colonnes de béton armé situées à l'intérieur de la cantine et délimitent un petit jardin central circulaire.

La couverture à voiles minces triangulées du hangar des ateliers de l'Institut couvre un plan rectangulaire de 15,00 x 78,70 m et est formée par neuf voûtes cylindriques de 10 m d'ouverture de sorte qu'elles se coupent entre elles à l'aide d'angles de 90°. La structure est réalisée avec de petits profilés métalliques I-80, disposés en treillis triangulé avec des unions soudées de sorte que tous les triangles sont équilatéraux et de la même dimension. Les neuf structures à voiles minces triangulées ont été construites sur le sol, puis hissées à leur emplacement définitif (7 m de haut) avec beaucoup de facilité grâce à leur légèreté.

« … on a souvent exécuté des couvertures de ce type à l'aide de voiles minces en béton armé, mais on a estimé dans ce projet qu'il serait plus économique de remplacer ce matériau par une structure très légère en treillis triangulé qui s'adapte à la forme cylindrique de la couverture. »

Eduardo Torroja, 1958

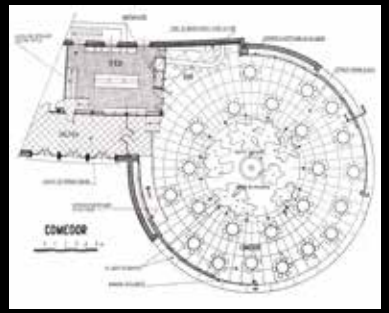
La Pergola située à l'extrémité ouest du jardin est formée par une séquence continue de côtes en béton armé qui adoptent la forme géométrique d'une « lemniscate de Bernouilli » avec une courbure finale inexistante, dont le symbole mathématique est l'infini. Eduardo Torroja a de nouveau choisi une forme géométrique chargée de sens, cette fois pour délimiter l'espace extérieur de l'Institut. Chaque côte fait office de poutre courbe en surplomb et s'encastre dans le mur de béton armé qui sert à contenir les terres du jardin. On a posé sur ces côtes, en guise de filet, des treillis métalliques formés par des ronds d'acier lisse qui adoptent une forme géométrique semblable à celle du paraboloïde hyperbolique.

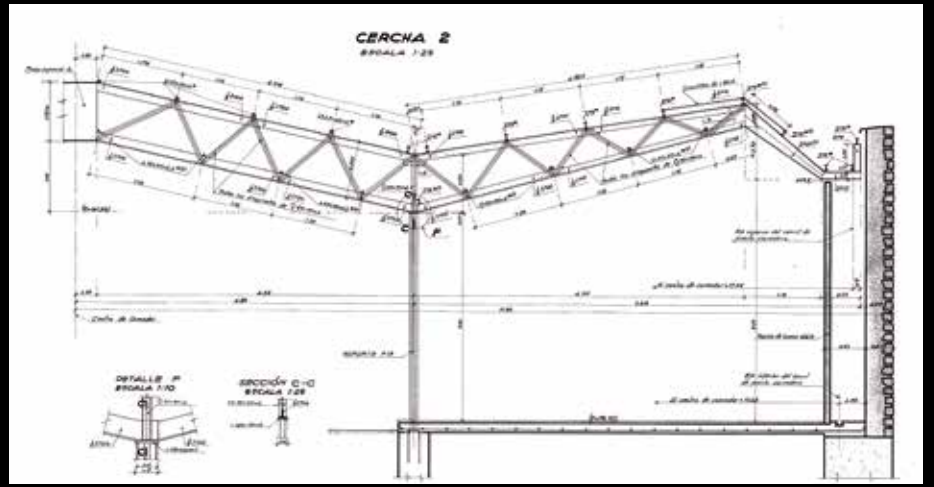
Le Dodécaèdre a été conçu comme silo à charbon. Il s'agit d'un dodécaèdre régulier et isolé, qui est situé à côté de l'accès principal en tant que grand objet sculptural. Il est devenu en quelques années le symbole de l'IETcc.

Il ressemble à une structure à voiles minces collée, de 8,60 mètres de haut, exécutée en béton armé avec des parois de 22 cm d'épaisseur. Eduardo Torroja a expliqué que, bien que la sphère soit la forme géométrique qui possède le meilleur rapport entre volume et superficie, le dodécaèdre est plus facile à construire, plus économique et apporte un attrait plastique incontestable à cause de sa géométrie et de sa grande dimension projetée. Il est connu comme un des polyèdres platoniciens auquel on attribue une multitude de propriétés de premier ordre dans l'espace car il est généré dans une « proportion dorée ». Un an plus tard, en 1954, l'architecte Richard Buckminster Fuller obtint son célèbre brevet de « coupoles géodésiques » générées à partir de l'icosaèdre et du dodécaèdre, dont il défendait la facilité de construction, même s'il s'agissait dans ce cas de superficies générées par des barres et non par des plans.

« … dans ces figures polyédriques, le jeu des lumières et des lignes d'ombre s'adapte exactement aux arêtes tracées par le concepteur, ce qui assure la limpidité et la dureté des contours. »

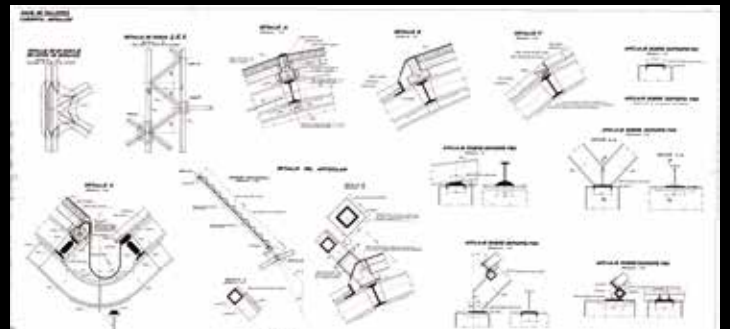
Eduardo Torroja,1959

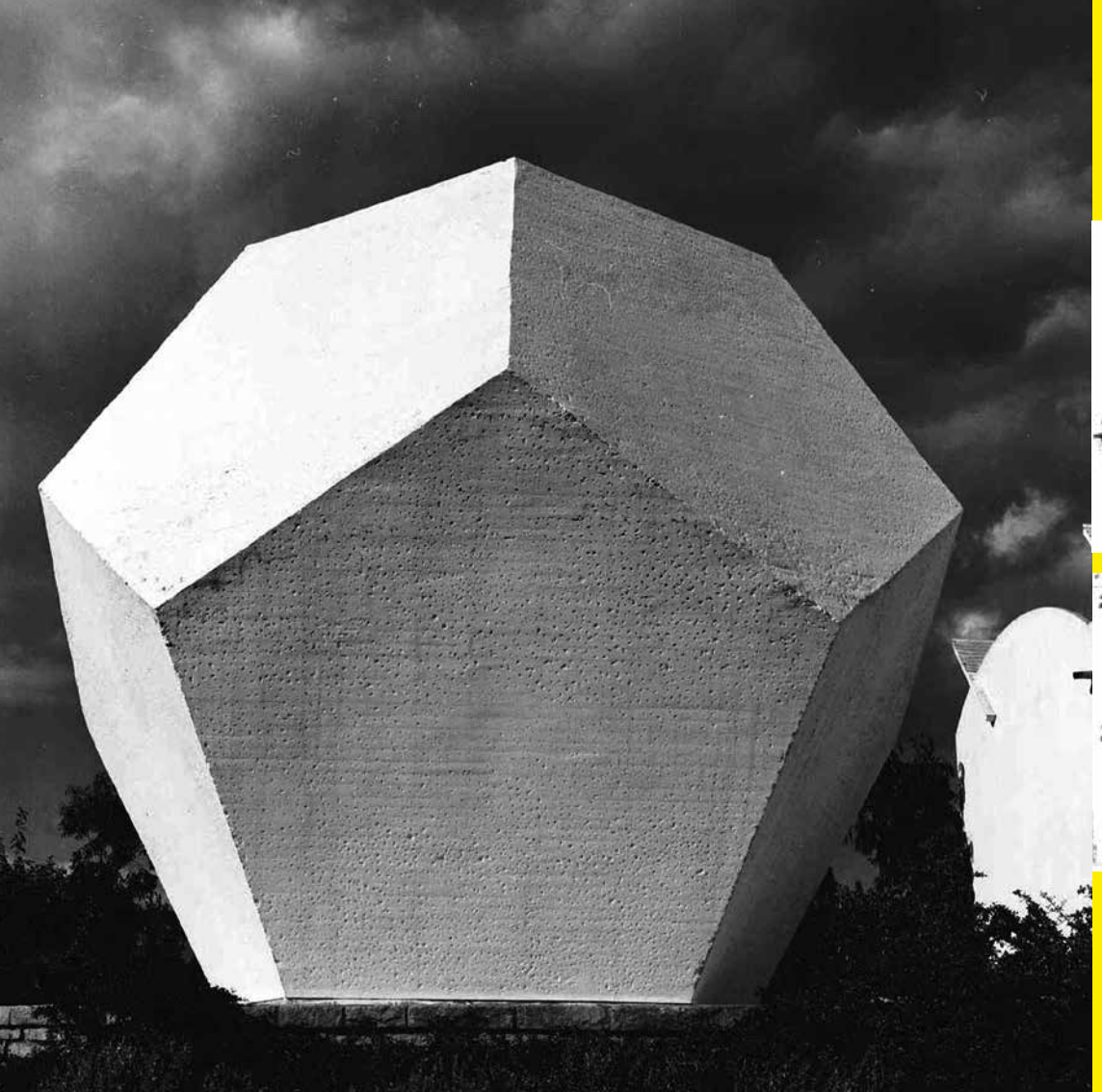


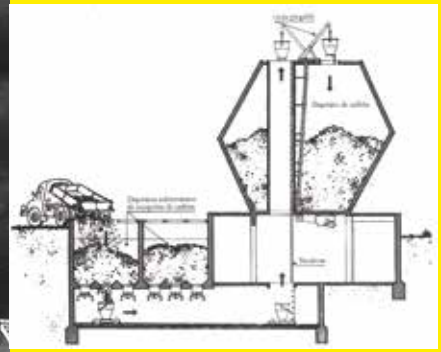


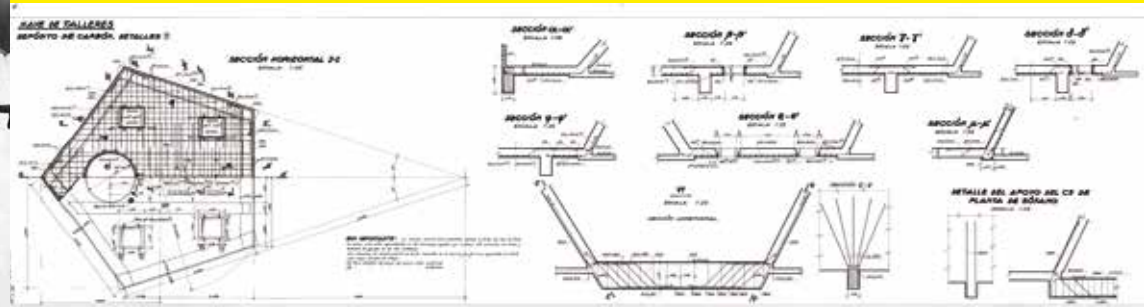
Cantine de l'Institut Eduardo Torroja /IETcc

1953
Hangar à ateliers IETcc









Dodécaèdre - silo à charbon de l'IETcc
Processus de construction

1955 Eduardo Torroja avec un groupe de participants au cours de spécialisation à l'Institut technique de la Construction et du Ciment

Association internationale des structures à voiles minces

IASS

L'héritage d'Eduardo Torroja ne se limite pas à ses ouvrages de construction innovants, à ses contributions au calcul, au développement des essais sur des modèles réduits comme méthode de vérification du fonctionnement structural ou à son importante contribution au développement du béton armé et précontraint. Il possédait également une capacité particulière d'organisation et de leadership. Au cours de sa vie, il fonda différentes associations, nationales et internationales, qui, à l'instar de l'IASS (1959), existent encore à ce jour et se trouvent à la pointe du progrès de la construction civile et architecturale.

C'est en septembre 1959 que l'International Colloquium on Non-traditional Processes for Thin Shell Construction fut célébré à l'Institut dirigé par Eduardo Torroja. Et c'est pendant cette réunion que l'on fonda l'International Association for Shell Structures (IASS) sur une proposition d'Eduardo Torroja. Cette association fut organisée par Eduardo Torroja qui bénéficia de la collaboration du Laboratoire central des essais de matériaux dont il était également le directeur. Ce colloque réunit plus de 100 spécialistes provenant de différents pays comme l'Allemagne, l'Argentine, le Brésil, la Belgique, Ceylan, le Danemark, l'Espagne, la Finlande, la France, les Pays-Bas, l'Angleterre, l'Italie, le Japon, la Norvège, la Pologne, le Portugal, la Suède, la Suisse et l'Uruguay. Il rassembla également bon nombre des principaux acteurs de la construction et du développement des Thin Concrete Shells qui présidèrent certaines des nombreuses sessions et/ou présentèrent des travaux inédits au colloque, notamment : 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 et H. Isler.

Eduardo Torroja préparait le colloque international depuis 1958, date à laquelle il était déjà convaincu de la nécessité de créer une association internationale se consacrant aux Thin Concrete Shells. Il pensait que la meilleure manière de recevoir les congressistes était de réaliser deux structures à voiles minces expérimentales, de dimension réelle, et de les installer dans la cour appelée « Patio de Alarifes » des jardins de l'Institut. Ce furent les deux dernières structures à voiles minces construites par Eduardo Torroja. Le 16 septembre 1959, pendant ce premier colloque de l'IASS, Eduardo Torroja reçut les congressistes au « Patio de Alarifes », et leur montra les voiles minces expérimentales qu'il avait construites. Une de ces structures, connue comme « les baleines », était une couverture à voiles minces de 3 cm d'épaisseur, qui était formée par 10 éléments préfabriqués à double courbure unis par précontrainte et formant un module à voile mince de 10,25 m de long et 1,85 m de large. Ce module était uni à un autre module identique à l'aide d'un tirant inférieur pour former une couverture inclinée reposant sur deux murs latéraux. La forme géométrique des éléments préfabriqués était définie transversalement par une sinusoïde et longitudinalement par deux arcs d'ellipse qui se coupent. La forme finale du module répondait à l'optimisation de la distribution des forces.

L'autre structure à voiles minces expérimentale, qui fut construite par Eduardo Torroja avec son fils José Antonio Torroja Cavanillas, consistait en des modules faisant office de coupole ayant une forme triangulaire, d'une épaisseur de 4 cm, qui, placés sur des appuis distribués selon un schéma hexagonal, formaient la couverture d'un réservoir à eau enterré qui devait supporter une charge de terre de l'ordre de 20 kN/m2. C'est ainsi qu'on construisit 6 modules sur le sol séparés par des joints, qui furent bétonnés sur le champ, puis on les leva et on les plaça sur leurs supports.

Pepa Cassinello
Commissaire

IASS
Médaille Eduardo Torroja

1959 Structures expérimentales à voiles. Patio de Alarifes. Institut Eduardo Torroja

Côte à voiles minces

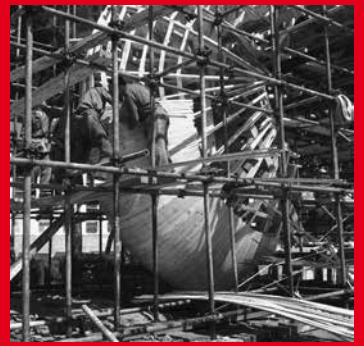
Monument au Béton et à l'Acier

Architectes : Fernando Cassinello
Ingénieur : José Antonio Torroja (structure)
Francisco Morán (géométrie)
Rafael Fernández Sánchez (construction)
Promoteur : Instituto Eduardo Torroja
Date : 1969
Lieu : Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Madrid

Un monument au Béton et à l'Acier fut construit en 1969 à l'Institut Eduardo Torroja, à l'occasion de la célébration du Congrès de l'IASS (International Association for Shell Structures) à Madrid. On l'installa dans le Patio de Alarifes, à l'endroit où Eduardo Torroja avait construit en 1959 ses structures à voiles minces expérimentales pour recevoir les participants du congrès international au cours duquel il créa l'IASS.

Par ailleurs, l'IASS décida cette même année d'étendre son champ d'action et de couvrir également les nouvelles structures spatiales qui étaient construites avec d'autres matériaux. À partir de cet instant, l'association adopta le nom d' « International Association for Shell and Spatial Structures » sans toutefois modifier son sigle. Les « Structures à voiles minces en béton armé » n'étaient plus rentables et avaient perdu leur raison d'être dans le nouveau contexte social, économique et technologique, même si quelques ouvrages importants furent encore construits dans différents pays par les derniers acteurs de cette aventure. C'est pour toutes ces raisons que l'on décida que le Monument devait être une structure à voiles minces et qu'il devait abriter un espace ouvert susceptible d'être utilisé comme chapelle ou pour célébrer différents actes commémoratifs.

La forme résistante de la voile mince fut créée en souvenir de la pergola conçue par Eduardo Torroja à l'extrémité ouest de l'Institut. Elle adopta à cet effet une géométrie spatiale en forme de « côte » à voile mince. Elle a une épaisseur comprise entre 6 et 10 cm dans la zone de la couverture en porte-à-faux et de 40 cm à la base.



1969
Côte à voiles minces

Monument au Béton et à l'Acier

Patio de los Aralifes.
Institut Eduardo Torroja

« On y omet un nombre important de mes réalisations, mais je crois que celles qui y sont reprises reflètent ce que je recherchais et ce que j'ai fini par obtenir »

Eduardo Torroja, 1958
Las estructuras de Eduardo Torroja

Promoteur

Fundación Eduardo Torroja

Cession de la Salle

Hipódromo de la Zarzuela S.A

Patronage

Ministerio de Fomento / Dirección General de Arquitectura et CEDEX

Fundación ACS

Ferrovial agroman

Fundación Banco Caminos

Organismes collaborateurs

Universidad Politécnica de Madrid

Fundación Juanelo Turriano

SIKA, España

Remerciements

Je souhaite commencer par remercier la Fondation Eduardo Torroja de m'avoir confié l'extraordinaire et passionnante responsabilité d'être la commissaire du Musée Eduardo Torroja et l'éditrice de son catalogue dont la version réduite a été publiée en 5 langues pour répondre à l'intérêt qu'a suscité l'œuvre d'Eduardo Torroja dans le monde entier.
Nos remerciements – qui sont ceux de notre Fondation – ne s'adressent pas uniquement aux institutions, aux organismes et aux fondations qui nous ont aidés à faire en sorte que ce Musée et le catalogue voient le jour, mais également de façon concrète et très particulière à toutes les personnes qui nous ont aidés en partageant le même enthousiasme. Je tiens ainsi à remercier Faina Zurita, présidente de l'hippodrome de la Zarzuela, qui a cédé à la Fondation l'usage de la salle du Musée située dans l'hippodrome. Je souhaite remercier Antonio García Ferrer, vice-président de la Fondation ACS, qui a partagé dès le début l'enthousiasme associé à la création du Musée Eduardo Torroja et s'est occupé en grande partie de son financement. Mes remerciements vont également à la sous-direction générale d'Architecture et au CEDEX du ministère espagnol du Développement, qui a non seulement contribué à remplir le contenu du Musée avec ses fonds documentaires et ses maquettes, mais qui a également partagé avec nous, dès le début, le travail, les préoccupations et l'enthousiasme qu'a suscités ce projet. Je souhaite remercier Javier Martin, sous-directeur d'Architecture, Eduardo Aragoneses, chef du service de Diffusion et Sara León. J'adresse ma profonde reconnaissance à Mariano Navas, directeur général du CEDEX, à Ángel González, à Dolores Romero et à Javier Plasencia. Je remercie également l'Institut des Sciences de la Construction Eduardo Torroja qui a apporté la documentation de ses archives et en particulier Virtudes Azorín, Angela Sorlí, Rogelio Sánchez, Antonio Blázquez et Maribel Sánchez Rojas. Je suis très reconnaissante à la Fondation Juanelo Turriano, concrètement à sa présidente Victoriano Muñoz Cava et à son directeur Bernardo Revuelta, qui a financé à cette occasion la maquette du marché d'Algésiras, une des œuvres les plus emblématiques d'Eduardo Torroja.
Je tiens également à remercier les auteurs brillants et désintéressés des articles contenus dans ce catalogue: Miguel Aguiló, Carmen Andrade, José Calavera, Hugo Corres, Luís Fernández Galiano, Carmen Jordá, Jerónimo Junquera, Elena Pascual, Javier Manterola, Julio Martínez Calzón, Fernando Sánchez Dragó, Leonardo Fernández Troyano et Mike Schlaich. Je souhaite inclure dans mes remerciements Ángel González Lucas, directeur général de SIKA España, entreprise qui est intervenue dans la restauration des structures à voiles minces de l'hippodrome de la Zarzuela, qui abrite le Musée, et qui a cofinancé l'édition étendue de ce catalogue. Et enfin, mais ce n'est pas le moins important, je tiens à remercier notre Université polytechnique de Madrid, son rectorat – l'actuel et le précédent – aux directeurs Luis Maldonado et Francisco J. Martín de nos Écoles techniques supérieures d'Architecture et d'Ingénieurs des Ponts et Chaussées, dont ont la qualité d'ancien élève et/ou professeur bon nombre des personnes susmentionnées qui, au fil du temps et depuis des institutions et des organismes très différents, ont tissé un réseau dynamique de production et de diffusion de l'innovation et de son histoire.

Pepa Cassinello
Directrice de la Fondation Eduardo Torroja

Qu’est-ce qui a le plus de valeur: un kilo de pierre ou un kilo d’or? C’est par cette question qu’Adolf Loos commençait son célèbre texte sur les matériaux de construction. La réponse est facile. Si le kilo de pierre provient des pyramides d’Égypte, du temple d’Abu Simbel, du panthéon de Rome ou de la cathédrale de Séville, il est évident qu’il est plus précieux qu’un kilo d’or.

Fort de la liberté que lui apporte la connaissance cognitive du monde qui l’entoure, l’homme est capable de transgresser la matière qui met son idée en forme et de la doter d’une valeur incalculable. Il ne fait aucun doute que cette réflexion est applicable à n’importe quel matériau.

De fait, si nous formulons la question en mettant le béton à la place de la pierre, nous constatons que de nombreuses réalisations d’Eduardo Torroja figurent parmi les œuvres en béton armé et précontraint les plus précieuses de l’histoire du génie civil et de l’architecture. Et il en va de même, bien qu’en moindre mesure, si nous remplaçons le béton armé ou précontraint par la maçonnerie en brique, les structures métalliques ou les structures mixtes. Eduardo Torroja est en effet un acteur atypique de l’histoire vénérée de l’art structurel qui s’est développé à l’époque de la Modernité.

Pepa Cassinello
Commissaire
Directrice, Fundación Eduardo Torroja

FUNDACIÓN EDUARDO TORROJA