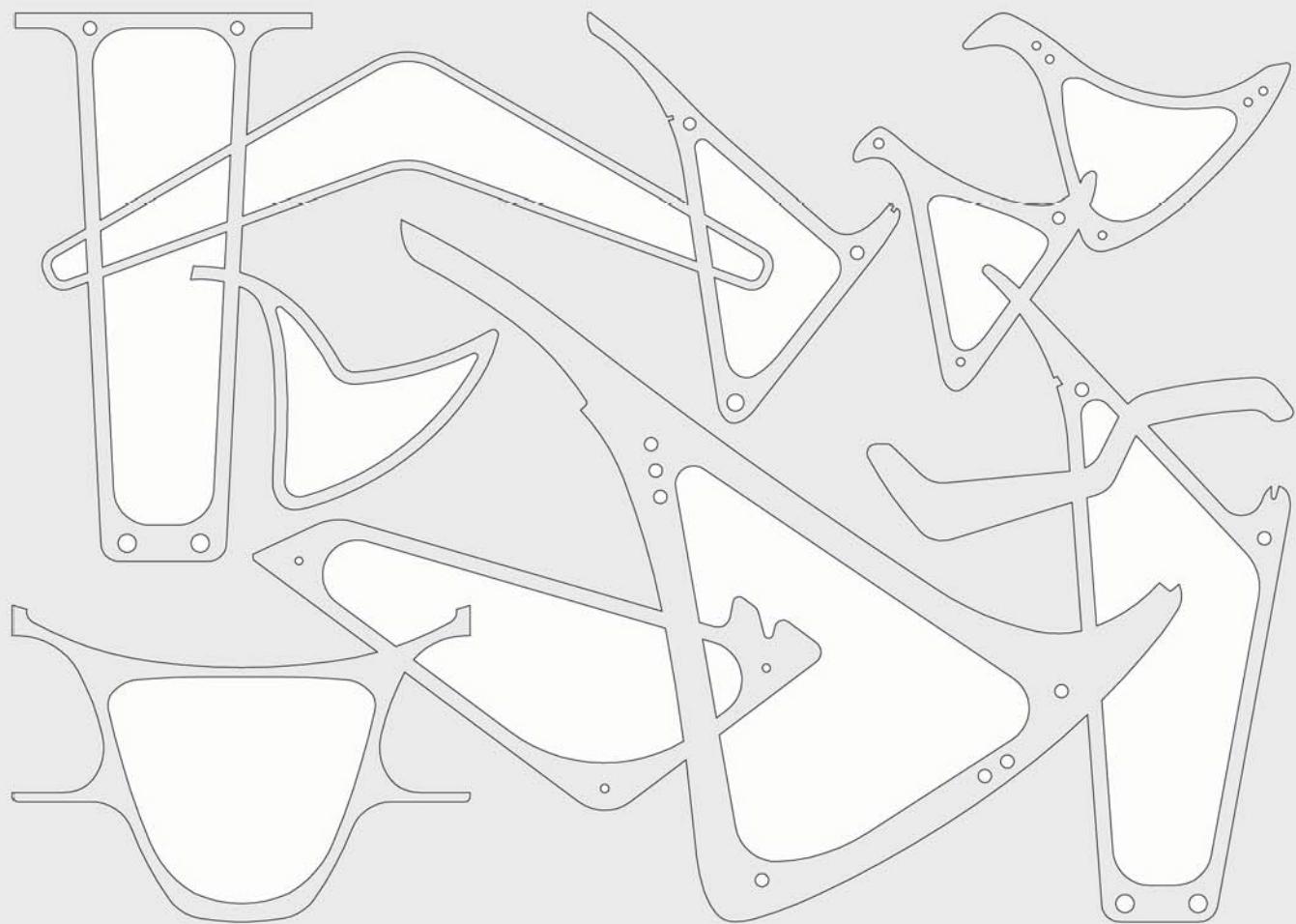


Miguel Fisac Huesos varios





PATROCINAN

Fundación COAM
Col·legi d'Arquitectes de Catalunya
Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia
Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Demarcación Galicia
Fundación Luis Seoane

COLABORAN

Colegio Oficial de Arquitectos de Castilla y León Este
Colegio Oficial de Arquitectos de Cádiz
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Coruña
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid
Escola d'Arquitectura del Vallés
(Universidad Politécnica de Cataluña)

EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN

Dirección
Fermín González Blanco. Arquitecto

Coruña
Fermín González Blanco (dirección)
J.M. Salas (arquitecto)
Rafael Barredo. Ingeniero de Caminos
Luis Miguel Fernández López. Estudiante ETSAC
Manuel Muñoz. Estudiante ETSAC (delineación)

Barcelona
Anna Rovira Vergés. Arquitecta (dirección)
Josep Maria Casals. Ingeniero Industrial
Fernando Marzá. Arquitecto
Estudiantes TAP 3 de la Escola d'Arquitectura del Vallés
(maquetas)

Madrid
Mauro Doncel y Maitane Díaz. Arquitectos (dirección)
Luis Albalá y Jose Luis Lleyda. Ingenieros de Caminos.
Técnicos del Instituto Eduardo Torroja
Proyecto AAGRAFA. ETSAM

Valladolid
Daniel Villalobos. Arquitecto (dirección)
Marga González Calvo. Estudiante ETSAV (delineación)

EQUIPOS DE FOTOGRAFÍA Y AUDIOVISUAL

Guión y dirección
Alex del Río. Fotógrafo

Ayudante de fotografía
Alberto Peiteavel

Montaje del audiovisual
David Plaza

Postproducción de sonido
Dani Patiño

Edición y producción audiovisual
Fermín G. Blanco y Alex del Río

FUNDACIÓN CULTURAL COAM

Gerente
Alfonso Muñoz Cosme
Coordinación de exposiciones
Carmen García Jalón

EXPOSICIÓN

Comisario
Fermín González Blanco
Montaje
Efrén Doncel
Mauro Doncel
Maitane Díaz
Pilar Malo

CATÁLOGO

Edición a cargo de
Fermín González Blanco
Coordinación editorial
Cayetana de la Quadra-Salcedo
Diseño
gráfica futura
Ilustración de portada
Mauro Doncel
Impresión
artes gráficas palermo, s.l.
ISBN
978-84-96656-25-3

Depósito legal
XXXXXXXXXXXXXX

AGRADECIMIENTOS

Coruña
Felipe Peña (COAG)
Alfredo Cascallana
Antonio González Mejide (COICCP-Coruña)
Plácido Lizancos (ETSAC)
J.M. Salas
Manuel Álvarez Losada
Padres Laredo y Garcia de Dios (Jesuitas Coruña)
Mayra Sanjuán e Inma Doval (Biblioteca ETSAC)
Carolina Queipo

Ana Riveiro
Silvia Longueira

Barcelona
Jordi y Pere Arumí
Construccions Agustí Sala Canal S.L.

Nuria Colomer
José Luis López
Joan Nogué Llorà

Enrique Aparicio
Antonio Casacuberta
Familia Tañá (Dolors e Ignasi)

Sergio Mor
Fernando Marzá (COAC)

Jaume Orpinel
Manel Parés

Gemma Ferré
Isabel Vilaseca
Lluís Tobera Quirat (arquitecto)

Valladolid
Jose Luis Villa (COACyLE)
César Valle

Marta Escrivano
Leopoldo Urias (ETSAV)

Ciudad Real
Diego Clemente (Museo Comarcal Daimiel)
Ricardo Sánchez Lampreave

Madrid
Aida González Llavona
Enrique Mendiluce (CEDEX)
Edelmiro Rúa (COICCP)
José Antonio Torroja
Juan Monjo (Instituto Torroja)
Ignacio Oteiza
Mónica Alberola
José María Churtichaga
José Fernando del Tiempo
Ana María Badell
Miguel y Taciana Fisac Badell
Madre Elisa (Asunción Cuesta Blanca)
Padres Jose Luis y Angel Camino (Parroquia de Sta. Ana)
Darío Fernandez (Hotel Meliá Fénix)

José Ramón Azpiazu
José Manuel Peña (Tecpresa)
Víctor Atienza
José Castillo
José Vicente Barrera
Familia Alonso Tejada
García Cabrerizo

Mallorca
Manuel Tarilonte (Euro hotel Golf Costa de Los Pinos)

Cádiz-Jerez
María Díaz y Ginés Román (Bodegas Garvey)
Antonio Cantalejo
Miguel Ordóñez Ruiz
Julio Malo (COAC Cádiz)
Fernando Visedo
Tomás Carranza

A EL PROYECTO

- 10 **Huesos varios** Fermín González Blanco
18 **Fuentes de Archivo 1** La prensa

B LOS TIPOS, LA ÉPOCA, LA TÉCNICA

- 20 **Poder representativo, invención técnica y condición artística en la obra de Miguel Fisac**
Antón Capitel
28 **Fisac, arquitecto, constructor, inventor** Ricardo Aroca
34 **El hormigón pretensado en la obra de Miguel Fisac. Un enfoque estructural**
Luis Albajar Molera y José Luis Lleyda Dionis

C LAS PIEZAS. HISTORIA DE UNA VIGA

- 47 **Cuadro resumen**
48 **Pieza Made**
52 **Pieza Cedex**
57 **Pieza Pato Cedex**
70 **Estructuras óseas. Vigas-hueso** Francisco Arques Soler
76 **Fuentes de Archivo 2** Publicidad Barredo
78 **Pieza Valladolid**
94 **Entendiendo a Fisac** Daniel Villalobos
100 **Fuentes de Archivo 3** Catálogos Peiró S.A.
104 **Pieza Marquesina pretensada**
118 **Pieza Bumerán**
132 **Piezas pretensadas** Vicente Peiró
134 **HUECO SA o el caso catalán** Fermín González Blanco
146 **HUECO SA. Procesos de fabricación y montaje** Andrés Colomer
162 **Pieza Sigma**
176 **Pieza Trapecio**

- 192 **Pieza Pato HUECO SA**
- 206 **Pieza Cerro del Aire**
- 220 **Piezas postesadas Ricardo Barredo**
- 222 **Análisis comparativo (plantas de cubierta y forjados)**
- 224 **Patentes de prefabricación integral**
- 230 **Arquitectura vertida** Sara González Carcedo y Fernando Sánchez-Mora Gómez-Rengel
- D INSTITUTO EDUARDO TORROJA**
- 236 **La relevante labor del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento en el desarrollo del hormigón pretensado: Material, Técnica y Arquitectura** Pepa Cassinello
- 252 **Informe piezas pretensadas.** Vicente Peiró Instituto Torroja
- 254 **Informe piezas postesadas.** Ricardo Barredo. HUECOSA Instituto Torroja
- 258 **Rescate de las piezas.** Vic, 2 de octubre de 2006
- E INTERVENCIONES DEL TIEMPO**
- 264 Alejandro del Río
- F FACSÍMILES**
- 272 **Pretensado. Sistema Barredo** Ricardo Barredo (1955)
- 275 **Realizaciones en estructuras con armaduras postesas** Ricardo Barredo (1960)
- 280 **Hacia nuevos horizontes** Vicente Peiró (1967)
- 282 **El hormigón pretensado en la arquitectura española** Fernando Cassinello Pérez (1970)
- G EPÍLOGO**
- 288 **Concepción y construcción de edificios desde el punto de vista del arquitecto** Miguel Fisac
- 292 **Bibliografía**
- 294 **Patentes**
- 296 **Créditos**

ea!

Miguel Fisac Huesos varios

Este catálogo ha sido editado por la Fundación COAM gracias a la colaboración de
Col·legi d'Arquitectes de Catalunya | Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos | Fundación Luis Seoane

Edición a cargo de
Fermin González Blanco

Coordinación editorial
Cayetana de la Quadra-Salcedo

Diseño
gráfica futura

Ilustración de portada
Mauro Doncel

Impresión
artes gráficas palermo, s.l.

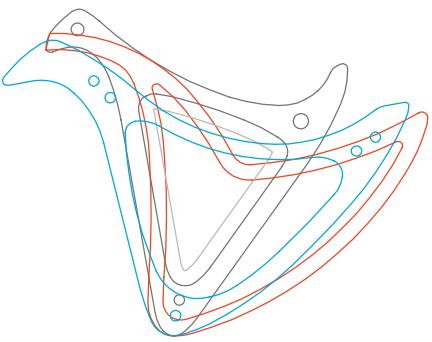
Edita
Fundación COAM
C/Plamonte, 23
28004 Madrid

ISBN
[978-84-96656-17-8](#)

Depósito legal
[M-29681-2004](#)

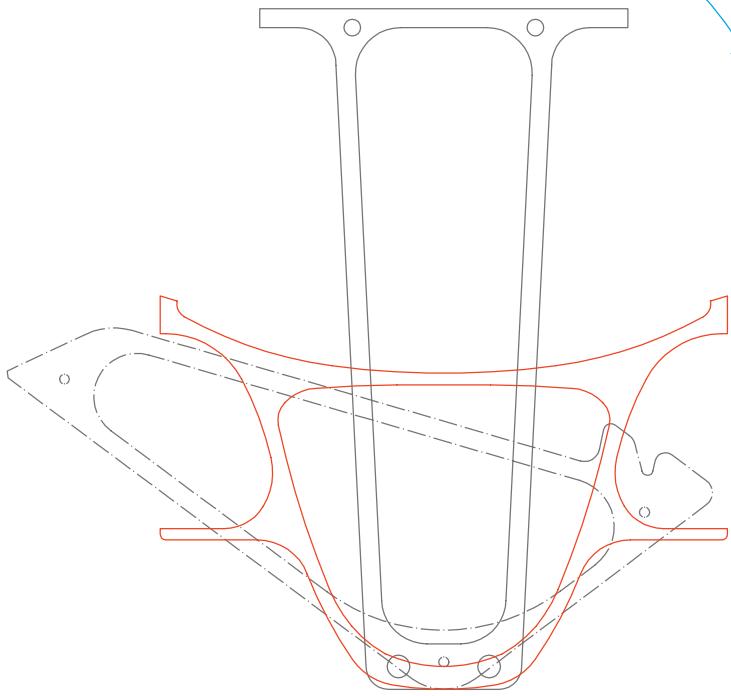
1ª edición: mayo de 2007

© de los textos, sus autores
© de las imágenes, sus autores
© de la edición, Fundación COAM



ea!

Miguel Fisac Huesos varios



El día 12 de mayo de 2006, festividad de Santo Domingo de la Calzada patrón de los Ingenieros de Caminos, falleció en su domicilio madrileño el arquitecto Miguel Fisac Serna, quien pasa por ser uno de nuestros referentes en el campo de la arquitectura española. Con objeto de dedicarle un homenaje especial, se plantea una investigación sobre uno de los temas más interesantes de la producción del arquitecto, como son sus famosos "huesos", es decir vigas de hormigón pretensado de secciones huecas con formas similares a estructuras óseas.

Se creó así un equipo de trabajo que creció por la geografía nacional y se hizo multidisciplinar e intergeneracional, mezcla de la sabiduría de nuestros mayores y del entusiasmo de los más jóvenes. El cuadro final arroja un estudio de unas trece piezas, agrupadas por familias y dispersas en más de una veintena de localizaciones muchas de ellas aún en pie.

El resultado se traduce en una gran labor de documentación y en el estudio minucioso de los procesos y patentes que hicieron posible la creación de estas formas, poniendo de relieve la estrechísima relación del arquitecto con la ingeniería del momento.

De este modo, junto con la figura de Miguel Fisac Serna, resurgen del olvido dos nombres de importancia vital en esta historia: Ricardo Barredo y Vicente Peiró, el primero procedente de la ingeniería civil con sus patentes para postensado y el segundo un gran prefabricador de forjados y paneles de fachada a quién se deben sorprendentes inventos en el campo del encofrado de piezas huecas.

Sirva este trabajo como sincero homenaje a toda una generación de técnicos que protagonizaron una excepcional historia; *la historia de los Huesos*.

Fermin González Blanco
Arquitecto y comisario de la exposición

A. EL PROYECTO

Fermín González Blanco: Huesos varios

B. LOS TIPOS, LA EPOCA, LA TECNICA

Antón Capitol

Ricardo Aroca: Fisac, arquitecto, constructor, inventor

La prensa

Luis Albajar-José Luis Lleyda

C. LAS PIEZAS. HISTORIA DE UNA VIGA

Cuadro Resumen

CO. PIEZA MADE

C1. PIEZA CEDEX (CUBIERTA Y MARQUESINA)

Catálogo Barredo

Francisco Arques Soler

C2. PIEZA VALLADOLID

Catálogo Peiró

Daniel Villalobos

C3. PIEZA MARQUESINA PRETENSADA

C4. PIEZA BUMERÁN

HUECOSA

Texto Comisariado

Andrés Colomer

(La sociedad, los procesos de fabricación y montaje)

Fotos con serie: fabricación y montaje

C5.PIEZA SIGMA

C6.PIEZA TRAPECIO

C7.PIEZA PATO DE MARQUESINA

C8.PIEZA CERRO DEL AIRE

cuadro con las plantas de cubiertas

C9.PREFABRICACION INTEGRAL (1965/69/2000)

Texto Fernando Sánchez Mora.

D. INSTITUTO EDUARDO TORROJA

Texto. Pepa Cassinello

D1.INFORMES DE LAS PIEZAS PRETENSADAS/POSTENSADAS

D2.RESCATE DE LAS PIEZAS

E. INTERVENCIONES DEL TIEMPO

F. TEXTOS ORIGINALES

Miguel Fisac. Conferencia en la AIHP de Estocolmo

Sistema Barredo

Procedimientos Barredo

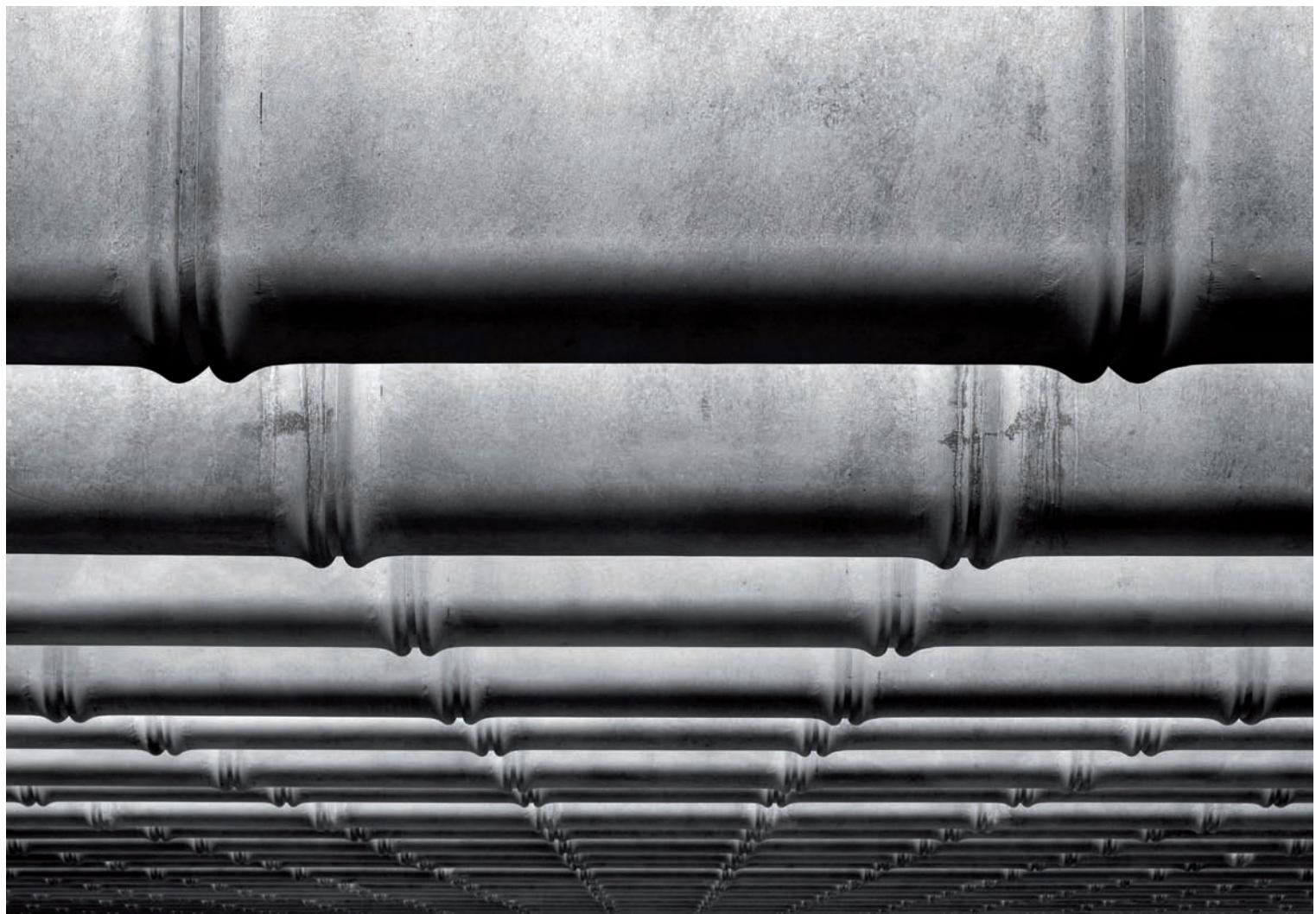
Vicente Peiró

Fernando Cassinello

Bibliografía



Huesos varios Fermín González Blanco



Miguel Fisac, Fernando Cassinello, Ricardo Barredo, Carlos Barredo, Vicente Peiró, Andreu Colomer, Antoni Cascuberta, Josep Sallés, Josep Maria Casals, Javier Lahuerta, Jose M^a Pliego, González Montesinos, Argüelles, Badell... Los nombres despojan recuerdos, sentimientos de admiración, respeto o simplemente indiferencia en función de quién sea el lector. En cualquiera de los casos sirva este estudio como sincero homenaje a quienes durante aproximadamente una década (los años sesenta) dejaron escrita la historia de los conocidos huesos.

El estudio de los que Miguel Fisac llamó *huesos*, es decir piezas huecas de hormigón pretensado, arroja unos resultados interesantes y refleja de modo claro el estado de la construcción en la España de la época, de los intentos de prefabricación, de la investigación, de las patentes...

Desde la pieza postesada del Centro de Estudios Hidrográficos a pies del Manzanares hasta la pieza de cubierta en el propio estudio de Fisac en el Cerro del Aire también en Madrid pasan once años de estudio y experimentación obsesiva. Haciendo esfuerzos de mejora continuada, revisando patentes y adaptando las diferentes piezas a programas de lo más diverso, desde viviendas unifamiliares a centros educativos, iglesias, oficinas y sobre todo edificios industriales.

A lo largo de estos años Miguel Fisac no sólo cambia el rumbo de sus experimentaciones hacia el estudio del hormigón sino que genera mas de una docena de piezas diferentes de las cuales nueve fueron puestas en práctica, otras proyectadas pero no utilizadas, incluso alguna utilizada experimentalmente para ser posteriormente desecharada.

Las piezas serán principalmente de cubierta aunque también ensaya tres tipos de forjado y uno de fachada (IBM de La Castellana). Por su funcionamiento estructural distinguimos dos grupos:

1. Las vigas postensadas hechas a base de dovelas y tesadas según el conocido como procedimiento Barredo o procedimiento español.
2. Las vigas continuas pretesadas utilizando los sistemas de Peiró S.A.

Todas estas experiencias las rastreamos mediante las diferentes patentes de estos tres hombres unidos por un hilo común de amistad, ingenio y respeto profesional. De igual modo podemos hablar del resto de técnicos que bien a nivel de cálculo, de diseño gráfico u organización empresarial y de obra fueron partícipes de esta historia.

Repetidamente Fisac alude a su amigo Fernando Cassinello como gran incentivador, para que en sus proyectos la estructura tomara un mayor protagonismo hasta llegar a estas soluciones que conjugan las propiedades estructurales y arquitectónicas en una sola pieza.

El propio Cassinello hará el proyecto de la vivienda de Ricardo Barredo en San Fernando de Henares según las bases del proyecto fin de carrera de Carlos Barredo. Esta obra donde destaca la típica viga de Barredo postesada y formada por dovelas, vuelta del revés y formando un impresionante voladizo es ejemplo claro del tipo de alardes que realizaba Construcciones Barredo. Principalmente dedicados a la construcción de puentes de la mano de Fisac llegarían a unas soluciones sorprendentes en el campo de la edificación.

(Pág. 9)
Montaje de las vigas postesadas en vuelo.
Casa Barredo, 1960. Fernando Cassinello.

Interior de la sala de modelos del CEDEX
en Madrid, 1960-63. Miguel Fisac.

Al tiempo que los Barredo patentaban todo tipo de inventos generalmente guiados por la visión técnica de Eduardo Torroja, Vicente Peiró crecía en el campo del pretensado mejorando su forjado FORTPRET, sus paneles de fachada y sus curiosos sistemas de encofrado para vigas huecas. Su actividad era más próxima a la edificación y por ello Fisac contará con la experiencia de Peiró en obras de menor escala; viviendas unifamiliares, centros educativos, incluso iglesias. Mientras el postensado lo aplicaba, salvo excepciones, en los edificios industriales que necesitaban de mayores luces libres.

El Instituto Torroja es el punto de encuentro de todos estos profesionales y sirve además de soporte técnico para los ensayos que apoyen los documentos de idoneidad técnica de los productos que se patentaban y se introducían en el mercado previa aprobación de la Dirección General de Arquitectura. Javier Lahuerta que realizaba a Vicente Peiró los cálculos para estos documentos recuerda cómo puso en contacto a Miguel Fisac con el propio Peiró y de esta manera fue entretejiéndose toda esta maraña de profesionales donde Miguel Fisac era muchas veces una excepción entre ingenieros ya fueran industriales, de caminos o aeronáuticos.

El estudio de las piezas nos lleva a recorrer la geografía nacional de punta a punta; de Madrid a Valladolid, Coruña, Valencia, Vic, Jerez de La Frontera, Mallorca, Málaga y vuelta a Madrid.

Si bien el primer caso lo constituye el Centro de Estudios Hidrográficos, por seguir un orden estructural citamos las marquesinas de los laboratorios MADE, que aun siendo de hormigón armado constituyen uno de los precedentes inmediatos de las piezas pretensadas.

La primera de estas piezas pretensadas será la conocida como pieza Valladolid (1961) para servir de cubierta al Instituto Femenino de Educación Secundaria Núñez de Arce, y a partir de ahí, la trilogía de centros de enseñanza de Coruña (Santa María del Mar) y Valencia constituyen los primeros ejemplos de edificios cubiertos por estas piezas de 15 mm de espesor y unos 20 m de longitud. Estas primeras obras han sido fuertemente alteradas sino demolidas, siendo sólo en Coruña donde se conserva una primera fase con piezas vistas en cubierta.

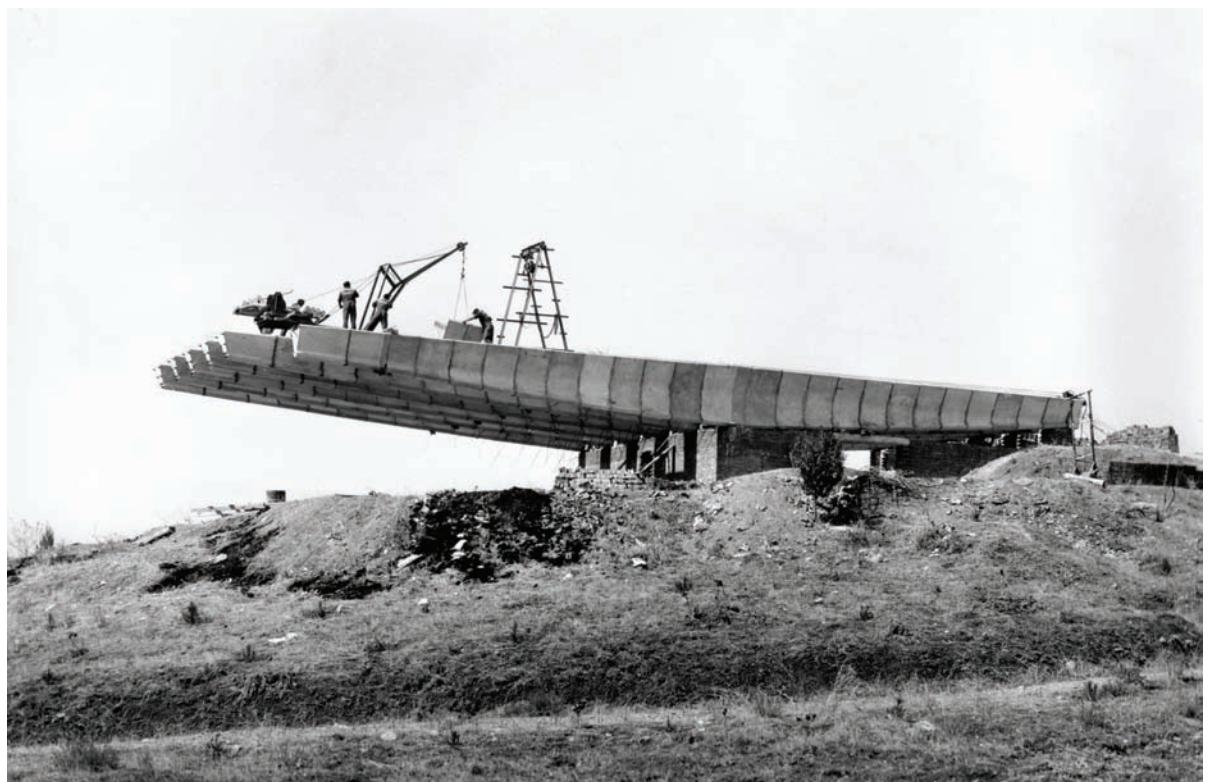
La pieza Valladolid tiene sección simétrica y se coloca una a continuación de la siguiente de modo ininterrumpido confiando el aislamiento térmico a la cavidad ventilada.

Aunque hubo una tentativa de realizarla con la sección haciendo la pendiente de 1,5 %, la realidad construida responde a una pieza continua que obtiene la pendiente de evacuación del agua en virtud del desnivel entre sus apoyos. Los principales inconvenientes técnicos de estas piezas son claramente descritos en la presente publicación en el artículo de Ricardo Aroca.

Las alas laterales no poseen función estructural y en ese sentido es destacable el caso de la iglesia del colegio de La Asunción-Cuesta Blanca donde se eliminan esas partes de la pieza para dotar de una cuidada iluminación tamizada al altar, en un claro gesto que habla muy a las claras de la interrelación alcanzada por Fisac entre la estructura y la concepción espacial del espacio a cubrir. La pieza por su parte inferior también sirve de acabado completando todas las funciones arquitectónicas posibles.

Vista de la construcción de la cubierta del CEDEX en Madrid, las dovelas se suben de una en una y se colocan en caballetes a la altura de la cubierta para posteriormente ser desplazadas mediante patines a su posición definitiva. (Archivo Barredo)

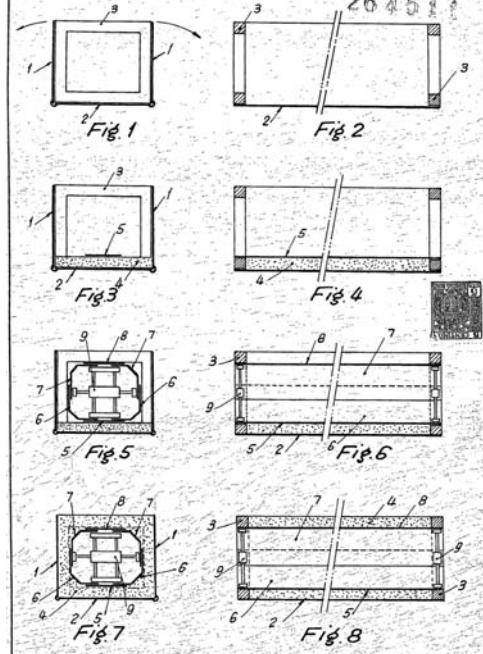
Imagen de la construcción de la casa Barredo en San Fernando de Henares. Madrid. Las vigas se ejecutaron sin cimbras mediante avance en voladizo. (Archivo Barredo)



D. Vicente Peiró Fayos

Son dos hojas.- Hoja 1^a

26451



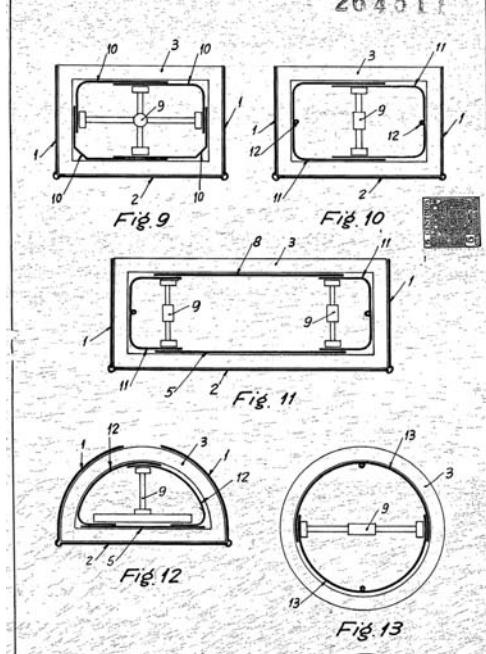
Madrid, 31 de Enero de 1961

Escala variable

D. Vicente Peiró Fayos

Son dos hojas.- Hoja 2^a

26451



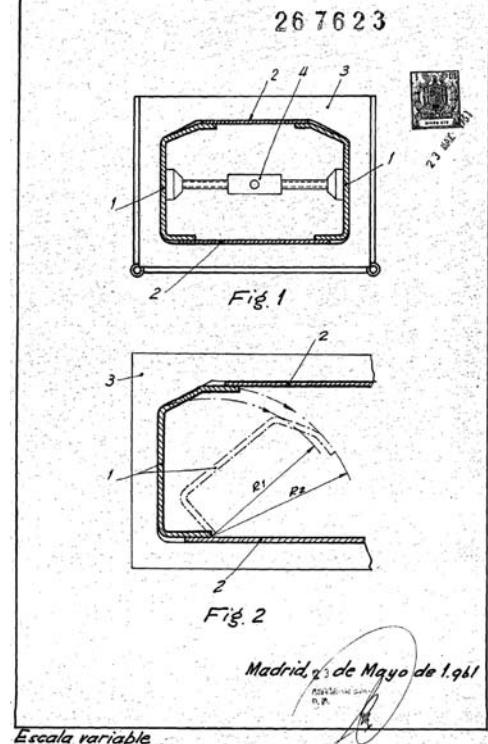
Madrid, 31 de Enero de 1961

Escala variable

D. Vicente Peiró Fayos

Hoja única

267623



Madrid, 23 de Mayo de 1961

Escala variable



Patentes de Vicente Peiró para encofrados de estructuras huecas.

Pieza Valladolid en Coruña.

Anclajes Barredo en la marquesina del CEDEX en Madrid.

La colaboración con Peiró no se limitará a esta pieza sino que también patentará una viga en voladizo para la marquesina utilizada en las viviendas de Somosaguas de José Vicente Barrera y Alonso Tejada.

Por lo general pasados los años sesenta estas piezas aun manteniéndose en algunas obras y proyectos ya pierden protagonismo, con lo que su uso queda restringido a alguna pequeña marquesina que protege el acceso principal a los edificios. Algún proyecto posterior mantiene estas piezas incluso alguna nueva como los proyectados para la Expo de Sevilla.

Un episodio interesante a mitad de la década lo constituye el encargo de IBM para su sede en el Paseo de la Castellana madrileña. En este caso la experiencia de Peiró haciendo paneles de fachada se pone a prueba en la realización de unos paneles que se colocan de suelo a techo y tienen una sección en forma de bumerán con un espesor de apenas 15 mm y que aún hoy se mantienen incólumes.

Peiró tenía talleres de prefabricación en Madrid y Valencia, y al mismo tiempo gestionaba sus patentes para poder ser usadas por otras empresas de prefabricación como era el caso de Viguetas Castilla en Valladolid, Postensa en Bilbao y Albacete, o Butsems en Barcelona. Dragados será su último adquisidor antes del desmantelamiento de la empresa. Esto genera una red de talleres que pone de manifiesto la importancia de las patentes y que facilitaba la ejecución de estas formas huecas a nivel nacional como así fue.

Frente a estas experiencias y de modo paralelo, la relación con Barredo: "El mago de los puentes" como titula la prensa de la época, (*El Alcázar*, 29 de noviembre de 1958) fructifica en realizaciones muy interesantes.

Las patentes de Barredo eran muy exitosas en el mercado nacional llegando a ser utilizadas incluso en el extranjero. Si bien en España competía con otras patentes de postensado como Freyssinet, CCL o BBRV. Fisac siempre confió en Barredo sus iniciativas en el campo del postensado. Tanto en estas experiencias como a nivel de consolidaciones de estructuras, como fue el caso de la rehabilitación de la torre de Santo Domingo en Almagro, Ciudad Real.

Los primeros huesos que realizan en conjunto se traducen en una de las joyas de nuestra arquitectura. La sala de modelos del Centro de Estudios Hidrográficos en 1960, la pieza asimétrica permite la introducción de luz natural a través de un poliéster que se ajusta en unas muescas de la propia pieza. La parte superior cóncava permitía la evacuación del agua de lluvia. La viga es la suma de piezas de un metro de largo que se rematan en dos piezas de cabeza que a su vez sirven de apoyo en los extremos. Una última pieza a modo de postizo ya no participa de la viga sino que se atornilla a la pieza de cabeza por el lado externo rematando a modo de puntilla los alzados de la nave. Los cálculos correspondientes los desarrollaron los técnicos del Ministerio Pliego y González Montesinos.

Esta obra también posee una marquesina de acceso hecha a base de dovelas (éstas más cortas) que Fisac denominaba "patos". El voladizo se remata dejando vistas las cuñas Barredo

con sus tres cables por deseo expreso del arquitecto que pretende dejar así claro el sistema estructural del voladizo. Derribada parcialmente por un camión de transporte, se decidió sustituir la marquesina por otra que no alterara el aspecto formal de la original llegando a la conclusión de hacer otra pretensada pero manteniendo los anclajes en la cabeza, lo cual aún siendo una mentira constructiva al menos nos permite ver en la actualidad el remate original.

La sustitución de las vigas también se dio lugar en la sala de modelos y la solución adoptada fue similar a la de marquesina. Una viga continua pretensada encofrada de modo que simulen las dovelas anteriores.

Tanto los "patos" como las vigas que permiten luz cenital sufrieron una evolución y a fines de los sesenta, surgen patentes mejoradas.

Estamos hablando de HUECO SA, un entramado empresarial al abrigo del industrial catalán Andreu Colomer, promotor de una iniciativa que incluía a Miguel Fisac como arquitecto a Antoni Casacuberta como ingeniero aeronáutico coordinador del proyecto, Barredo con su sistema y Juliá Arumí como práctico en la prefabricación de las piezas. La idea base consistía en crear un sistema de prefabricación de piezas de hormigón postensado que en principio debía cubrir las necesidades de las naves para las fábricas del Grupo Colomer, curtidora de gran expansión a nivel internacional, y a partir de ahí abrirse paso en el mercado como solución para la edificación.

El hormigón era en principio el material indicado para hacer frente al ambiente salino que genera el tratamiento del curtido y a la vista de los resultados así fue. Surgieron sin embargo otros problemas de carácter constructivo que debieron someterse a revisión. Las características de las piezas así como los procesos de fabricación y montaje son explicados en la presente publicación dentro del capítulo dedicado a esta experiencia.

Hueco SA, tuvo una vida corta, las últimas piezas podemos rastrearlas en algún proyecto de viviendas que ya no llegó a ejecutarse como la vivienda de García Cabrerizo en Madrid o el palacete de Ednan en Sotogrande, Cádiz. La última variante de pieza pretensada la encontramos en la patente para prefabricación integral de edificios educativos y de oficinas de 1969. Estas piezas nunca fueron puestas en obra a excepción de la pieza asimétrica utilizada como cubierta en el estudio del arquitecto en el Cerro del Aire, sin embargo por el alto coste del sistema, esta solución fue desechada por Fisac dando así muestra de honestidad en el empeño inventivo

El carácter ejemplar de dedicación al trabajo investigador no es sino un claro reflejo de la ilusión que cada uno desde su campo supo aportar en beneficio del proyecto y de la obra.

La mitad de los sesenta constituyen estadísticamente un momento álgido en la concesión de patentes relacionadas con la construcción y a partir de ahí el número desciende vertiginosamente hasta los valores mínimos de 1974. Entorno a esta fecha Barredo y Peiró cierran sus respectivas empresas, incluso el propio Fisac cerrará su estudio pocos años después. La historia de los huesos tan unida a estos tres nombres había terminado.

Comienza otra época y las patentes de Fisac se orientarán hacia los encofrados flexibles, lo que supone una nueva vuelta de tuerca dentro de la producción del arquitecto que culminará en su último invento; “arquitectura vertida”, que de algún modo aglutina todas las experimentaciones previas y cuyas características pueden verse en la presente publicación explicadas por Sánchez Mora y González Carcedo.

Ya en los años noventa Fisac volverá a encontrar en ALVISA otra vez el respaldo empresarial necesario para hacer frente al mismo tema de sus piezas huecas, y de este modo trata de desarrollar una serie de vigas para grandes luces, de entre las que destacamos las proyectadas para el Aeropuerto de Valladolid. Ninguno de estos intentos llegó a materializarse, como forma hueca sin embargo el polideportivo de la Alhóndiga en Getafe con vigas de más de cincuenta metros pretensadas y ejecutadas con hormigón autocompactable, son el último esfuerzo de Fisac en su defensa de esta técnica, una clara muestra de la profunda fe que profesaba al pretensado y al mismo tiempo por ser ésta una obra pionera en el uso del autocompactable, anticipándose nuevamente a la normativa, volvemos a ver una serie de características que ya reconocíamos en su actitud ante el proyecto cuarenta años antes.

Fisac creía como nadie en el pretensado como “el material de nuestro tiempo”, sin embargo no dudaba en aseverar que el material ideal sería aquel que soportando las compresiones pudiera hacer frente a las tracciones sin actuar en él previamente:

“Tal vez en el futuro se encuentren materiales artificiales –posiblemente parecidos a los plásticos– que reúnan esta doble cualidad de que su estructura molecular resista bien los esfuerzos de estiramiento y además sean durables”. (Miguel Fisac, 1970)

ESPAÑA INVENTA

Don Ricardo Barredo batió dos "records" mundiales de construcción

Su sistema de hormigón pretensado reduce a la cuarta parte el peso de un puente

Por José María Castaño

Como parte de la brillante serie de reportajes que, bajo el título general de «España inventa», viene publicando en el diario «Madrid el joven e inteligente periodista José María Castaño, el pasado día 23 de octubre apareció el que a continuación reproducimos, referente al sistema de hormigón pretensado que ha hecho famoso internacionalmente su creador, don Ricardo Barredo.

«Don Ricardo Barredo de Valenzuela es un hombre ya consagrado en las lides de la construcción. En España y en el Extranjero se elevan sus obras arquitectónicas como un pugón en piedra y hierro del tesón y la voluntad de un hombre que supo sortear las mil dificultades que suelen plantear los problemas de esa decidida vocación que tiene siempre a superarse a sí misma.

En su despacho de la madrileña carrera de San Jerónimo, he mantenido con él esa charla íntima y sincera en la que se abre la historia de una vida con sus triunfos y sus horas amargas.

QUISE SER INGENIERO, PERO LA VIDA...

—Cuénteme algo de su vida, de esos obstáculos que siempre surgen ante nuestras más sinceras aspiraciones.

—Naci el año 1902, en Medellín, la patria de Hernán Cortés. Cursé los estudios de Bachillerato en Badajoz, y a los dieciocho años llegué a Madrid con el deseo de ser ingeniero. Cuálquier obra de ingeniería era como un sueño fantástico para mi joven imaginación, y decidí satisfacer mi vocación. Ingresé en el I.C.A.I. (Instituto Católico de Artes e Industrias), regido por los jesuitas. Pero la vida, con sus imperiosas necesidades, me obligó a ocuparme de ciertas trabajos que me permitieran desenvolverme con holgura.

—¿Dónde se colocó?

—En Construcciones Hidráulicas y Civiles, a las órdenes del entonces director, don Eugenio Ríbera. A los veintitrés años era ya jefe de los Servicios Auxiliares de esta Empresa.

—Tuvó algún maestro en esta técnica de la construcción?

—La poco o mucha experiencia que en esta profesión tengo se la debó fundamentalmente a los consejos de don Eduardo Torroja Miret, subdirector de la Empresa, a cuyo lado me he formado.

DOS «RECORDS» MUNDIALES

—Dígame algunas de sus principales obras.

—Cambiada la orientación de mi profesión, habiendo pasado a la construcción en vez de a la mecánica y electricidad, he tenido la suerte de realizar, a lo largo de mi vida, algunas obras de hormigón que han tenido resonancia en todo el mundo. Entre ellas, se pueden citar el Acueducto

de Tempal, primera obra de hormigón en que se utilizaron cables de acero tensados previamente mediante unos gatos. Se ejecutó en el año 1925, siendo la primera vez en el mundo que se realizaba una operación de este tipo. En el 1935 construyó el mercado de Algeciras, que es una cúpula lisa, con cuarenta y ocho metros de luz y con nueve centímetros de espesor, y que consiguió el récord mundial de aquella época. Posteriormente, tuve la satisfacción y el or-



Puente de Ledesma, construido en 1951, en la carretera de Salamanca a Fermoselle, sobre el Tormes, en hormigón en masa con paramentos de sillería. Su arco central tiene 50 metros de luz.

gullo de construir el arco central del Viaducto del Esla, con su luz de doscientos nueve con ochenta metros, y que fué récord mundial en el año 1941. Vencimos por cuatro horas escasas.

—Usted se considera un profesional práctico o un investigador?

—A esa pregunta le contestaré diciéndole que fui el fundador y el primer director de Investigaciones de la Construcción, donde seguí relacionándome con las pegas y dificultades que aparecían en gran número de obras delicadas y especiales.

—EUREKA!

—¿Cómo se le ocurrió el invento?

—Desde que empecé a conocerse en España la técnica del hormigón pretensado, sentí un gran interés por el nuevo método, que culminó con la patente de mi invento. Surgió al tratar de resolver una necesidad de mi profesión. Me

RICARDO BARREDO (EL MAGO DE LOS PUENTES):

«Con el costo de material y mano de obra de un puente romano se pueden construir tres iguales de hormigón armado.»

«La bóveda del mercado de Algeciras y el viaducto del Esla consiguieron para España dos records mundiales.»

RICARDO Barredo, a pesar de tener las sienes blancas, tiene el espíritu joven. Y la sonrisa a flor de labios. Es un hombre maduro, pero los años no hacen excepciones. Pero aún se siente del vértigo cuando, sobre una pasarela, a cien metros de altura, dirige un puente. Ricardo Barredo es conocido como "El mago de los puentes". Más de sesenta ha construido en España. Y algunos más en el extranjero. Ha recibido un homenaje como premio a esta labor ininterrumpida, que viene desarrollando desde hace tres décadas.

—¿Cuál es la última obra que ha construido usted?

—El emplazamiento del reactor nuclear de la plaza de la Moncloa, que ha sido inaugurado en los últimos días.

—¿Qué ha aportado usted a la construcción moderna?

—Un procedimiento, patentado como invención española, que se llama hormigón pretensado. Tiene una especial aplicación a obras de gran tamaño. Nos ha producido los beneficios lógicos al adoptarlo como invención nuestra y dejar los otros procedimientos ex-



traneros que seguimos anteriormente.

—Por qué le llaman a usted "El mago de los puentes"?

—Quizás sea por mi decisión al acometer los proyectos. Con la bóveda del mercado de Algeciras y el viaducto del Esla conseguí para España dos records mundiales.

—Concretamente, ¿Qué es lo más atípico de estos ob�culos?

—En el mercado de Algeciras, una bóveda igual que una cáscara de nuez, que tiene cuarenta y ocho metros de diámetro, sin ningún nervio ni sostén, apoyada en ocho pilares. Fue record mundial en el año 1955. Y el arco central del viaducto del Esla tiene doscientos diez metros de luz. También obtuvo el record del mundo en el año 1942.

—Hay en España suficiente personal especializado para estas obras?

—Se suple la falta de ellos con las magníficas cualidades de adaptación que tienen nuestros obreros. Por ejemplo, hombres que estaban cavando en el campo, a los cinco días estaban trabajando por una pasarela a ciento veinticinco metros de altura, cuando realizamos el viaducto del Esla.

RINCON INDISCRETO



—¿El enemigo más importante de los obreros?

—El vértigo. Hay que saber quiénes pueden dominarlo y quiénes no.

—¿Qué es lo mejor que tienen nuestros equipos?

—Lo que le he dicho antes: el material hombre. Por eso nos podemos poner a la altura de los demás equipos europeos.

—Ha estudiado usted los puentes romanos?

—Desde que tenía cinco años. Yo naci en Medellín, y allí hay uno.

—Usted haría hoy un puente igual que el de Alcántara, sobre el Tajo?

—Naturalmente, pero saldría carísimo. Con el costo de material y mano de obra de un puente romano se pueden hacer tres iguales de hormigón armado.

—¿Qué dificultades más importantes tenían que vencer los romanos?

—La del andamiaje y el transporte de las piedras.

Ricardo Barredo tiene dos hijos ingenieros. El no llegó a estudiar ninguna carrera. Necesitaba trabajar y hacerse arquitecto, inventor o ingeniero sobre la marcha. Sobre un puente. Sobre la experiencia.

JULIAN NAVARRO

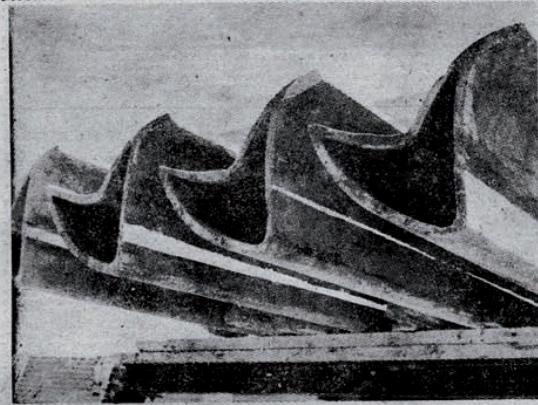
(Fotos Guillén.)



FISAC HA LLEVADO LA FORMA DE LOS HUESOS A LA ARQUITECTURA

* CON ELLA HA ENCONTRADO LA EXPRESIVIDAD DEL HORMIGÓN ARMADO: CORRESPONDE AL EMPLEO QUE SE LE DA Y A UNA IDEA ESTÉTICA

Invitación al diálogo *«El arquitecto debe conocer la opinión y gustos del público»*



Cubierta de "hueso", de hormigón armado

MADRID crece horizontal y verticalmente. Nuevos animales vertebrados.

Son más de mil los estudios, sirviendo de pisapapeles, hay que verlos. Un hueso ilumina que pone todo en belleza de obra natural. Fisac lo ha elegido como modelo.

Los materiales de la construcción siguen su evolución de experimentación. No se ha encontrado todavía el molde que les sea más propio. Así pasa con el hormigón, que sigue siendo propiedades, pero aún está sin descubrir su forma.

—Cree haberla encontrado para su forma?

—Sí, en los huesos corrigen la forma de la tibia, que es el resultado del trabajo para que es empleado el hormigón, y se ajusta también a una idea estética adecuada.

Mercedes CHIYLET

La respuesta nos la da Miguel Fisac. Un arquitecto que no necesita presentación.

—Es necesario que el público y el que construye participen en el diseño. El arquitecto debe dar su opinión. Si el arquitecto supera su manera de pensar, el resultado es una justa sobre la obra podría perfeccionarla en beneficio del usuario.

—De qué modo puede conseguir esta intervención pública?

—Por medio del diálogo abierto. Es interesante escuchar la opinión de los demás. Saber si encuentra en ella una comodidad, una predisposición al orden. Toda esa atmósfera nos serviría de base para construir con una mentalidad práctica y humana. Sólo así las ideas y las propuestas se adaptan al hombre y no al inversor.

—Sólo así serán humanizadas.

—¿Qué dificultades ve a la hora de aplicar este criterio?

—Todas las que surgen cuando éste quiere iniciarse. Para ello es fundamental que la gente siempre proponga por el tema, y que sepa que a los arquitectos les interesa saber su opinión.

EL "HUESO" DE HORMIGÓN

Miguel Fisac se ocupa ahora en el Centro de Estudios Hidráulicos que el Ministerio de Obras Públicas está construyendo en el Cuatro Caminos de Madrid. Fue de Madrid lo ha sido nombrado el proyecto de un Instituto de Investigación que allí será construido en Valladolid y en él Fisac utilizará una nueva forma arquitectónica. El mismo nombre lo ha elegido. La ha llamado "hueso".

—Atiende perfectamente a su concepto. Yo, para crearla, me

llega inspirado en los huesos de los animales vertebrados.

Son miles de huesos, sirviendo de pisapapeles, hay que verlos. Un hueso ilumina que pone todo en belleza de obra natural. Fisac lo ha elegido como modelo.

Los materiales de la construcción siguen su evolución de experimentación. No se ha encontrado todavía el molde que les sea más propio. Así pasa con el hormigón, que sigue siendo propiedades, pero aún está sin descubrir su forma.

—Cree haberla encontrado para su forma?

—Sí, en los huesos corrigen la forma de la tibia, que es el resultado del trabajo para que es empleado el hormigón, y se ajusta también a una idea estética adecuada.

Mercedes CHIYLET

...SI ES FAGOR
muy bien!!

FAGOR

UNA FUENTE
DE AGUA CALIENTE

Cón el CALENTADOR

BULEX

A GAS Y BUTANO

CONCESIONARIO
J. GONZALEZ SERRANO

BARQUILLO, 10 - TELEFONO 221 19 17 - 232 17 37
FUENCARRAL, 132 - TELEFONO 224 83 38

PARTIDA MADERA

Importante partida de madera de origen alemán, procedente de embalaje, interesa vender.

TELÉFONO 273 12 00

**Poder representativo, invención técnica y condición artística
en la obra de Miguel Fisac Antón Capitol**



Se diría que cuando un arquitecto es verdaderamente importante su obra suele representar, en buena medida, la historia de su época y de su entorno cultural. ¿Ocurre esto con Miguel Fisac Serna (1913-2006), cuya obra, importantísima sin ninguna duda, abarca desde 1942 hasta bien entrado el siglo XXI, como ocurre con algunos otros de sus compañeros, con muy pocos? Estas notas tratarán de averiguarlo; y, al tiempo, de poner de relieve lo que su trabajo tuvo, por el contrario, de personal, de independiente. De búsqueda de un estilo propio, de una manera inventada. Y es de esperar que, por añadidura, las líneas que siguen sean capaces de sugerir algunas de las reflexiones que podemos hacer sobre la arquitectura en la España de la segunda mitad del siglo XX, sobre los ideales, los problemas y los equívocos que aquélla significaba.

LA DÉCADA OSCURA

Fisac despreciaba su primera aventura, aquélla que le llevó a practicar un clasicismo o tradicionalismo simplificado en los años posteriores a la guerra civil, y decía incluso que “*no era arquitectura*”, disculpándose por ella. Sin embargo, algunas de las piezas que quedan de aquel período demuestran una gran habilidad y hoy pueden tenerse por patrimoniales, así como por conductoras en su momento de lo que su generación se vio obligada a proponer a la vista del *clasicismo* demandado por sus maestros y mentores. La realización del Consejo Superior de Investigaciones Científicas cuenta con su ordenación urbanística como algo que sigue siendo bastante atractivo, con el Instituto de Edafología (de 1944, los *propileos* de acceso por la calle de Serrano, a la manera de la entrada realizada por Foschini en la Ciudad Universitaria de Roma, de 1932-35) y con la transformación del Auditorio y la Biblioteca del Instituto Escuela de Arñiches y Domínguez (1933) en iglesia del Espíritu Santo (1942), de una notable buena fortuna más allá de lo violento de su acción. Puede decirse incluso que el hecho de recoger la inspiración italiana avanzó lo propuesto por Cabrero y Aburto, algunos años más adelante en la Delegación Nacional de Sindicatos del paseo madrileño del Prado.

En este mismo conjunto realizó otro edificio, el Instituto de Óptica, que insinuaba ya de manera temprana (1948) la salida de aquel período, que quedó brillantemente superado con el Centro de Investigaciones Biológicas (1951), también del Consejo, pero fuera del recinto. La simetría de la planta, muy marcada, se pone al servicio de la vocación urbana del volumen, con un vocabulario moderno radical y con uno de sus muchos inventos técnicos: el ladrillo hueco visto con pestaña que tapa la llaga. Una gran obra.

UNA DECADA INCIERTA

Estas ocasiones iniciaban la trayectoria de Fisac como un arquitecto *organicista*, enemigo de lo *racionalista*, lo que no fue siempre muy cierto, verdaderamente, como su obra se encargaría de demostrar. Pero tanto por esta preferencia, de un lado, como por su parcial desmentido, de otro, y en la condición ecléctica que ello supone se manifestó representativo; esto es, como un arquitecto madrileño y español, pues el no aceptar una modernidad radical y buscar una alternativa tanto a lo historicista como a lo estrictamente racionalista puede tenerse por un *invariante* de nuestra arquitectura en buena parte del siglo XX.

Teologado de los PP. Dominicos con el Colegio de La Asunción Cuesta Blanca al fondo. Madrid.

Obras como el Instituto Laboral en Daimiel (1953), el colegio e iglesia de los Dominicos en Valladolid (1952), la espléndida iglesia del Teologado de Alcobendas (Madrid, 1955) y la de

Nuestra Señora de la Coronación en Vitoria (1958), confirmaron esta línea orgánica precisamente en los años en que se recogía el *Estilo Internacional* como modo más común de superar el academicismo de la década anterior.

Todavía en los años 50, otro invento, el del diseño de una serie de vigas huecas pretensadas a las que él llamará “huesos”, le hará insistir en la línea orgánica. Orgánica por lo que supone la identidad o la coherencia entre forma y estructura, desde luego, y también, obviamente, por la redundancia que significa la analogía animal de las vigas como *huesos*. El diseño de la forma de estos huesos fue siempre suyo, muy variado y empleado en muchas de sus obras, incluso cuando la escala no lo exigía en absoluto. La obra maestra de su uso puede considerarse el Centro de Estudios Hidrográficos del Ministerio de Obras Públicas (Madrid, 1960), que cierra la década con una obra tan lograda como contradictoria en sus intenciones; o mezclada, si se prefiere decirlo así. Las vigas tenían que salvar una luz de 22 metros y permitir la iluminación cenital. Esto llevará a un diseño muy sofisticado de aquéllas, pero, al mismo tiempo, las singulares piezas estructurales supondrán el único acento orgánico de una obra absolutamente racionalista. Se dirá que el tema así lo exigía; y podrá añadirse cuanto las vigas, en su respuesta directa a las necesidades planteadas, son tan racionales como todo lo demás.

Pero los problemas estilísticos existen, incluso por encima de la conciencia de los diseñadores que quisieran evitarlos inútilmente, y la condición arbitraria de la arquitectura, también. El edificio podría haber adoptado muchas formas diversas, como es obvio, pero Fisac decidió responder al carácter del encargo (un edificio para la ingeniería y para los ingenieros) de la forma más literal que supo. Así inició la década que sería orgánica para tantos otros con una manifestación de racionalismo exacerbado, aunque perfumada con fuertes aromas *biológicas*. Justo lo contrario que en la década anterior.

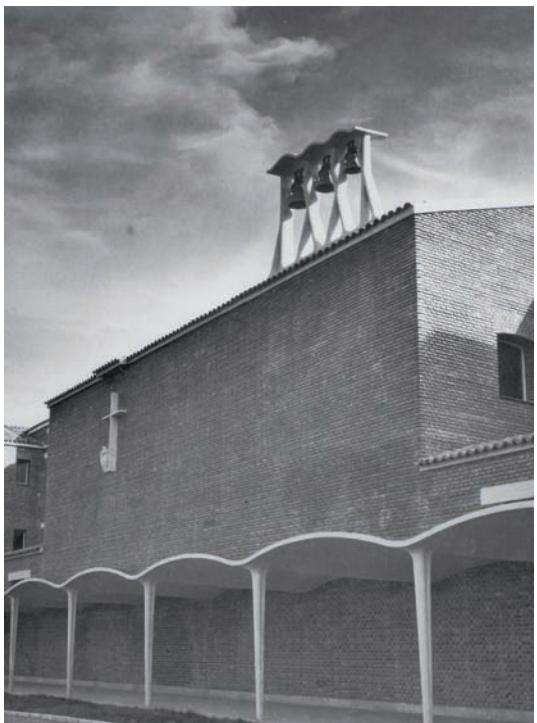
CADA CASO EN SU ESTILO

Pero en los años 60 Fisac fue, sobre todo, un arquitecto decididamente ecléctico y se diría que su actitud dependió casi siempre de los temas tratados, como si trasladara la posición del eclecticismo anterior a la arquitectura moderna. O, mejor, como si buscara –que tal parece el caso– el adecuado carácter de cada uso. Siguió trabajando para el Consejo de Investigaciones Científicas, y para estos edificios privilegió el hormigón visto como un material casi único en la obra, tal y como ya había aparecido en el Centro de Investigaciones Geológicas, Edafológicas y Fitobiológicas de 1959, además de en el Centro Hidrográfico. Unos edificios secos y duros, aunque siempre afectados por la obsesión de demostrar la plasticidad inicial del material, fuera mediante las curvaturas de las bandas opacas, dispuestas para alojar las instalaciones, como en el edificio citado y en el de los laboratorios del Instituto de Química de 1963, o fuera mediante la dudosa anécdota de la curvatura picuda en la cornisa del Centro de Información y documentación del Patronato “Juan de la Cierva”, de 1961. (¿Curvaturas como modo de incluir, a pesar de todo, un acento orgánico? Quizá).

El edificio de oficinas Vega (1964) –no para el Consejo de Investigaciones, pero en un enclave próximo– se une a la colección anterior en cuanto a las bandas redondeadas, aunque ensaya una disposición en Y griega irregular, muy propia para su solar en forma de triángulo, y muy

Colegio de los PP. Dominicos en Valladolid.
(Fotografía cedida por Daniel Villalobos)

Mercado de Daimiel.
(Fotografía cedida por Marta Escribano)





Interior de la sala de modelos del CEDEX en Madrid.

Antigua sede de la IBM en Madrid.
Estado actual.

de época. En las antípodas de la atractiva actitud urbana del edificio de Biológicas de 1951 y bastante cerca de la banalidad.

Sea como fuere, estos edificios son de *Estilo Internacional*, y, mucho más concretamente, puede decirse que son *corbusianos* por sus *fenêtres en longueur*. E igualmente por el hormigón, uniendo así *corbusianismos* de distintas clases y épocas. Parece que el arquitecto manchego había dado la razón al maestro suizo, al menos en las oficinas y en este aspecto. Pues todo ello estaba presente ya en el Centro de Estudios Hidrográficos, como lo estará también en el singular edificio de oficinas para la empresa Bioter S.A. (Madrid, 1969), con una solución de hormigón en proyecto que se convirtió en la obra en chapa metálica.

Lo señalado no se cumplió del todo, sin embargo, con el que considero más brillante edificio de oficinas de Miguel Fisac, el construido al inicio del Paseo de la Castellana de Madrid para la empresa IBM (1966/67). Compacto y urbano, con fachadas a tres calles, el pretexto funcional se convirtió en forma siguiendo así los principios modernos más ortodoxos: la fachada principal al oeste y la huída de ese sol madrileño tan molesto en verano. Que de un pretexto se trataba lo demuestran las otras dos fachadas, una al sur, con poco sol, pues la calle es estrecha, y otra sin sol alguno pues se orienta al norte.

El lugar está presente en esta arquitectura no sólo por la compacidad o por el seguimiento estricto de las alineaciones –probablemente obligado por la ordenanza–; también por este lenguaje de los *brisé-soleil* (otra vez Le Corbusier), que hacen del volumen una presencia tan moderna como clásica, valga la simplificación. Pues el volumen tiene incluso los tres cuerpos tradicionales: basamento, vacío y retranqueado, como elemento moderno que es; cuerpo principal, con la continuidad precisa después de las esquinas y más allá de la función aludida; y ático o coronación, también retranqueado y acaso igualmente producto de la ordenanza. No creo que sea abuso crítico si afirmo que los *brisé-soleil* con sección de *bumerang* sustituyen aquí a las columnas clásicas, aunque tampoco creo que tal cosa le pasara a Fisac por la cabeza. Tan sólo quiero hacer notar la continuidad que, más allá de la estricta apariencia, mantiene esta construcción con los recursos típicos de la composición urbana. La fortuna alcanzada en todo ello hace del edificio uno de los personajes más atractivos de entre los que miran atentos al frente en el paseo de la Castellana, como si fueran soldados en posición de firmes. Un soldado de piedra que nunca se mueve y que acompaña con su juvenil presencia –puede decirse que en estos 40 años no ha envejecido, al menos como forma– al vetusto y académico Hotel Fénix.

Si cambiamos de tema y nos vamos, por ejemplo, al eclesiástico, el racionalismo con matices orgánicos de los edificios de oficinas se torna organicismo pleno, si por tal entendemos un acen-tuado *plasticismo*, que algunas veces se podría llamar exacerbado, y ya iniciado con los atractivos casos de Valladolid y de Alcobendas y con el de Vitoria. El doble abanico de Alcobendas –para la comunidad de los frailes y para los fieles– se vuelve único y toma diversas formas en la iglesia de Canfranc (Huesca, 1963), en la parroquia de Santa Ana en Moratalaz (Madrid, 1965-66), en la capilla del colegio de la Asunción en Alcobendas (Madrid, 1965), en la parroquia de Santa María Magdalena en Santamarca (Madrid, 1966-67) y en la parroquia de Santa Cruz de

Oleiros (La Coruña, 1967). El tema dicta el carácter: plasticismo y espacialismo, puesto que se trata de un templo. El lugar dictó una vez los materiales: para la parroquia de Canfranc, al pies de los Pirineos, la piedra de sillarejo. Otra vez lo hizo la economía, como fue el caso del ladrillo en Santamarca. En los demás, acudió a su material predilecto, el hormigón, y a los huesos. Las iglesias de hormigón son alardes espaciales y parecen, casi, competir entre sí. Considero mejores, sin embargo, a las más sencillas, y, sobre todo, a las de los años cincuenta.

Al pasar a otro tema, el de la vivienda colectiva, puede comprobarse como su aportación no es ni muy importante, ni muy diferenciadora, ni tampoco abundante. En 1956 realizó las viviendas experimentales en Puerta Bonita, Madrid, ejemplo que vino a unirse a la gran cantidad de operaciones edilicias realizadas en la capital y en aquella época. En la década de los sesenta, los edificios de vivienda colectiva constituyeron lo más gris de su producción arquitectónica, tanto en el sentido tipológico o dispositivo como en el figurativo. Son de trazados y de aspectos racionalistas, eso sí, confirmando con ello el eclecticismo de esta época suya.

OBSESIONES TEXTURALES

El hormigón armado llegó a ser para Fisac un material imprescindible, casi el único, lo sabemos muy bien. Pero, además, tuvo como prurito expresivo de éste la manifestación del origen del mismo como algo blando y fluido que solo más adelante se endurece y se convierte en piedra. Ya era vieja esta cuestión, manifestada en los edificios de oficinas y, más anecdotica y expresivamente, en el doblez picudo de la cornisa del Centro de información del "Juan de la Cierva", en Madrid.

Pero en 1969, y con el Centro de Rehabilitación para una mutualidad en Madrid, la obsesión por las texturas se volvió extrema con el uso de los encofrados flexibles. La combinación de éstos con los volúmenes singulares y con las vigas huecas harán de la etapa final de su obra la más curiosa de todas, cuando el personalismo del autor logre del todo lo que quizá hubiera perseguido durante toda su vida: la búsqueda de un estilo propio, único, personal; la invención de una manera. Más aún: la separación más absoluta, la diferenciación más drástica posible con el resto de sus compañeros. Sea como fuere, se produjo la llegada a un punto definitivo en el que la condición representativa que nos habíamos propuesto examinar se quiebra por completo.

Si pudo considerársele un conductor en el clasicismo simplificado de los años cuarenta; si fue más bien al contrario de los demás en los años cincuenta y sesenta —orgánico cuando los otros eran racionalistas; racionalista cuando los otros eran orgánicos—, en los setenta se separa de ellos estableciendo casi un abismo.

Una de las obras más expresivas y afortunadas de esta obsesión hormigonera y textural fue la de su propio estudio en Alcobendas (Madrid, 1971), con vigas tipo hueso. Pero a partir de esta obra los huesos desaparecieron¹ y la insistencia en hormigones texturados y en los encofrados flexibles aumentó. Esto es, se produjo la transformación de sus intereses y preocupaciones más técnicas en intereses casi puramente estilísticos. A partir de esta obra, estas intenciones se exacerbaron, y su deseo de singularizarse le hizo practicar una suerte de personal y extraordinario feísmo.

Esto es, mientras durante los años setenta se iniciaba lo que se llamó la recuperación de la disciplina –lo que significó en los ambientes madrileños una nueva valoración del racionalismo, más que otra cosa– y cuando en los ochenta se practicó lo que se conoció como posmoderno –en España, un racionalismo ecléctico y urbano, suavemente neoacadémico– Fisac, como si se tratara de un joven radical, practicaba el feísmo plasticista de los encofrados flexibles. Una práctica en la que podemos citar el edificio para la editorial Dólar (1974, Madrid) y el de viviendas en Daimiel (1978), por ejemplo. Fisac, rebasados los sesenta años de edad, se dispara hacia una nueva aventura formal que encontró uno de sus acentos más conseguidos en un proyecto no realizado, el del Centro de Estudios Hidrográficos del Pirineo Oriental (Barcelona, 1977), en donde parece evocarse el expresionismo del primer tercio de siglo: un feísmo a lo Scharoun, en el que sin duda el autor manchego no pensó, pero que le afectó tanto como si lo hubiera pretendido.

Aunque la obra maestra de esta tendencia es más tardía: el edificio para las oficinas de la Caja de Ahorros del Mediterráneo en San Juan (Alicante, 1988). Ya de 75 años, el infatigable manchego se produjo con un neomoderno mucho más propio de menores edades y de años posteriores. Si en el proyecto para Barcelona a Fisac le vinieron soplos inspiradores de un pasado expresionista que no ha fallecido como estilo, pues sobrevuela todavía muchas situaciones contemporáneas, en el de la Caja de Ahorros, esta inspiración, sin ser muy distinta, anticipa una interpretación de alguno de los mundos formales que iban a ser propios de los años 90 o de la década que ahora vivimos.

Así, pues, si en un principio la arquitectura de Miguel Fisac pudo representar la de su propio país y la de su época, ya hemos ido viendo como fue separándose paulatinamente de toda posibilidad de representar a nadie ni a nada, tan sólo a sí mismo, en una aventura individualizada y permanentemente juvenil, sin imitadores ni discípulos. Sólo él se imitaba a sí mismo. Pero también está claro como la invención técnica que tanto le preocupó fue trocada por una ambición estilística prácticamente pura, abandonando la compatibilidad entre ambas tanto tiempo practicada, como si al vivir la senectud quedara clara la práctica del arte como valor supremo. La arquitectura como escultura, pasando así en buena medida a representar al mundo.

Murió en 2006, a los 93 años de edad, casi con las botas puestas. Con su muerte acabó la presencia de una generación extraordinariamente positiva para la arquitectura española², sin cuya contribución no podría explicarse la buena fortuna de la producción actual de nuestro país. Muy difícil sería decir cuál fue el mejor de todos ellos, si es que esta pregunta tuviera sentido. Es fácil, sin embargo, decir quien fue el más singular, el más original, el más inventor,...: Miguel Fisac Serna.

1. Obtengo de Fermín G. Blanco el dato de que las vigas huecas no llegaron a entrar en el mercado, entre otras causas, por su diseño personal, lo que explica su desaparición.

2. Debemos hacer la excepción con José Antonio Corrales, más joven que Fisac, y felizmente vivo y activo cuando estas líneas se escriben.

Fisac, arquitecto, constructor, inventor Ricardo Aroca



Al filo de los 93 años, en su última obra, aún en proyecto, iba a emplear un "sistema de construcción mediante elementos prefabricados con funciones arquitectónicas y resistentes conjuntas" patentado por él hace años en España y en otros 21 países entre ellos, Estados Unidos y Rusia.

Miguel Fisac era un personaje escueto, de una sola pieza, no cabe distinguir partes donde no las hay, pero si tratar de analizar desde distintos puntos de vista la actividad de una personalidad monolítica; arquitectos, diseñadores, constructores, inventores, polemistas y teólogos entre otros podrían con facilidad revindicar su figura como uno de los suyos, aunque dado el afán de exclusividad que caracteriza a todo gremio, es más probable que lo calificaran como "alguien, de fuera, que ha hecho cosas".

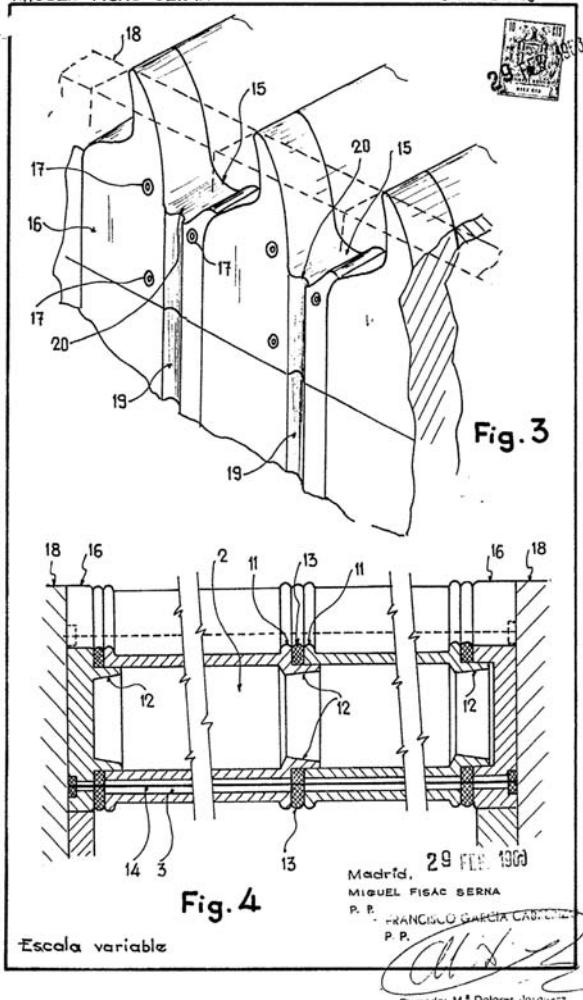
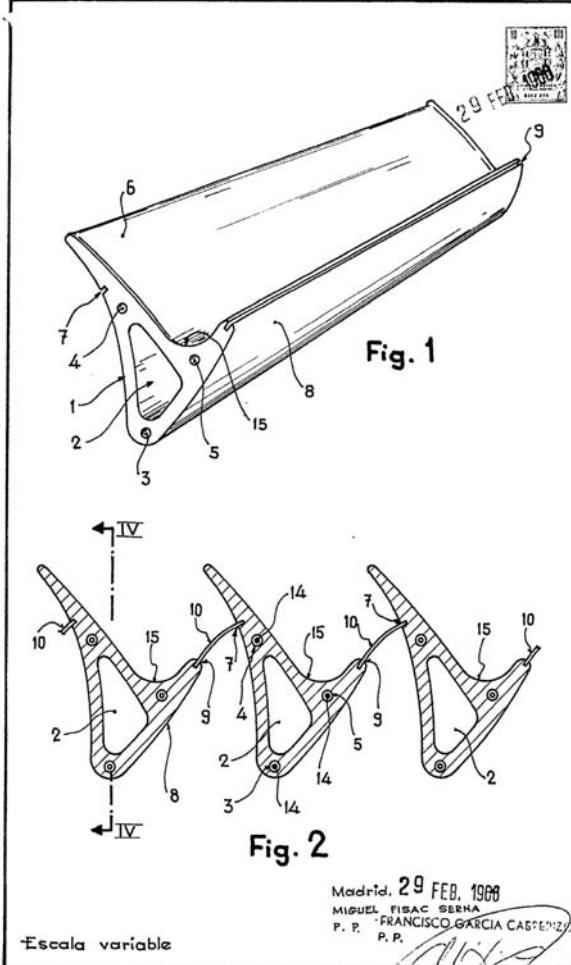
Empezó a trabajar como arquitecto en los años de la Posguerra Civil con un encargo sorprendentemente importante para un arquitecto tan joven: el conjunto de edificios de Investigaciones Científicas en la calle Serrano, obra que le convierte en experto en edificios singulares que jalona su dilatada obra (si bien es verdad que acababa convirtiendo en singular casi todo lo que hacía) que incluye cerca de 300 proyectos construidos aparte de una considerable cantidad de proyectos y anteproyectos no construidos, patentes, diseños de muebles y lámparas, libros y artículos publicados...

La Posguerra española coincide con la Segunda Guerra Mundial a la que siguen años de aislamiento; es la época de la autarquía en la que la autosuficiencia era no sólo la doctrina del régimen, sino una necesidad impuesta por las circunstancias; cuando las cosas cambian, el objetivo autárquico del régimen se va desvaneciendo hasta desaparecer sin excesivo estruendo pero los vicios, o virtudes, adquiridos por los individuos en esa época ya forman parte de su identidad.

No había de nada, nada podía venir de fuera, había que arreglarse con lo que teníamos y el que quería algo que no existía en el estrechísimo mercado nacional tenía que inventarlo; como contrapartida, había poco freno a la invención: no había competencia y la mano de obra era barata, incluso muy barata, por lo que las invenciones consistían en soluciones artesanales directas a los problemas con exclusión de cualquier sofisticación de los procesos de producción (imposible en el depauperado contexto industrial), lo que permitía "inventar desde fuera" algo prácticamente imposible en una sociedad industrial avanzada.

Una inteligencia aguda, con una gran capacidad de ver lo esencial de las cuestiones, y nada dada al conformismo, tenía por fuerza que lanzarse por el camino de la invención para conseguir lo que consideraba posible y la industria no le proporcionaba; Fisac ejercitó su inventiva en elementos estructurales, muebles, lámparas e incluso dio el primer paso para trascender de la condición de inventor para sí mismo a la de explotador de inventos, patentando sus invenciones de toda índole, bien es verdad que sin mayor resultado práctico.

Su relación con el hormigón armado dio lugar a las primeras patentes relativas a vigas hueso postensadas o pretensadas. Detrás de la invención hay varias consideraciones:



Vigas-hueso. Patente de pieza sigma.

Aplicación de piezas huecas a cubiertas y forjados. Vivienda Casacuberta (Vic).

- La eficacia de un elemento sometido a flexión depende del canto y mediante formas huecas de pared delgada pueden conseguirse vigas de grandes cantos, relativamente ligeras y exentas de problemas de inestabilidad lateral.
- El tensado de las armaduras, sea pretensado o postensado evita la fisuración del hormigón y lo hace impermeable, lo que permite prescindir de impermeabilización y dejar el hormigón visto al exterior.
- Las formas huecas producen de manera natural una doble barrera entre el ambiente exterior y el interior, lo que permite prescindir del aislamiento térmico y dejar el hormigón visto también en el interior de edificio.
- Las formas interiores complejas corrigen algunos de los problemas acústicos que plantean las superficies duras y lisas del hormigón.

No era fácil producir formas huecas del hormigón y la realización práctica se tradujo en elementos cortos, semejantes a vértebras, cosidos con alambres rectos de postensado (realmente los inconvenientes constructivos de las armaduras curvas sobrepasaban con mucho las ventajas).

La colaboración con Barredo, que paralelamente registraba sus propias patentes, fue decisiva para llevar a cabo una interesantísima serie de cubiertas cuyo valor como hallazgo arquitectónico no ofrece ninguna duda.

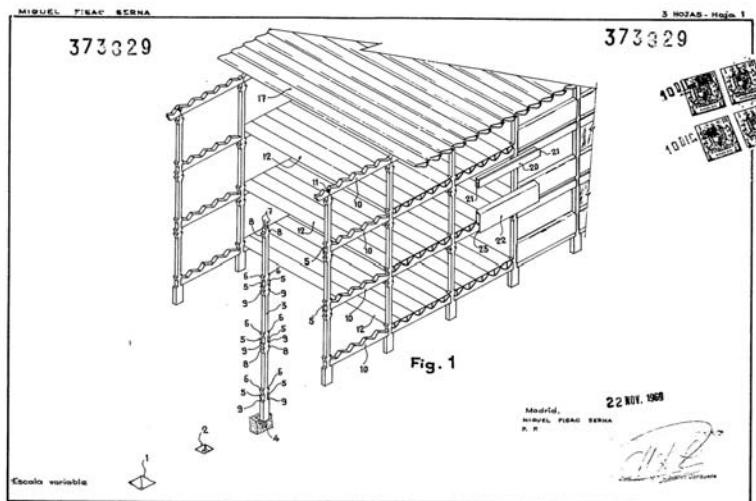
El aspecto interno y externo del hormigón visto, con las secciones de las vigas claramente manifiestas al exterior, con la iluminación natural, incluso con visera protectora del soleamiento integrada y una sutil depresión para la evacuación del agua, son todo un manifiesto de cómo resolver de una vez con un solo gesto todos los problemas que plantea una cubierta.

Luego la realidad es tozuda y los problemas de segundo orden son decisivos.

- La iluminación depende de unas placas de poliéster translúcido encajadas en unas ranuras, y la impermeabilidad depende demasiado del sellado entre ellas y con el hormigón.
- Las vigas van sueltas y tienen ligeros movimientos relativos que complican aún más el problema de las filtraciones.
- Las secciones delgadas de hormigón protegen poco la armadura que se corroa y rompe el hormigón cuando cesa la protección química al carbonatarse el recubrimiento.
- El aislamiento térmico de la doble capa es manifiestamente insuficiente para los estándares actuales.
- Cuando la lluvia va acompañada de ráfagas de viento penetra por el interior de los tubos y no se evaca con facilidad.

Como se ve, parte de las dificultades tienen que ver con la iluminación cenital, y la exposición a la intemperie, de hecho, funcionaron con menos problemas las soluciones ciegas con piezas de sección simétrica.

Un intento a fines de los años 60 de explotar industrialmente las patentes reduciendo el tamaño de las secciones para ejecutar obras menos heroicas que las primeras no tuvo éxito y sólo llegó a usarse en edificios propiedad del industrial que financió el intento.

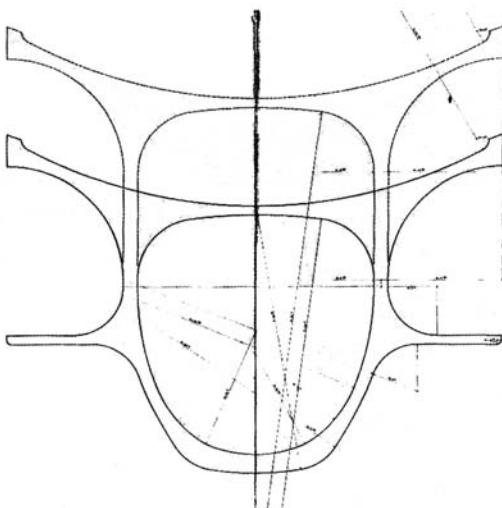


Piezas huecas. Esquema de patente de prefabricación integral de 1969.

Pieza Valladolid proyectada para una pendiente de evacuación de 1'5 %.

Aplicación de pieza Valladolid en la cubierta de Santa Ana (Madrid).

Parasoles verticales en piezas huecas de hormigón. Edificio IBM (Madrid).



El interés de Fisac por el hormigón y su afán de experimentación no se agotan con las vigas hueco: en el edificio de IBM emplea unas ingeniosas piezas huecas de hormigón como para-soles verticales de una fachada principal orientada a poniente (luego extendió la solución a las otras fachadas), una vez más, el hormigón visto es determinante en la imagen interior y exterior del edificio.

En los laboratorios Jorba, hoy demolidos, utilizó de una curiosa manera unos paraboloides ejecutados in situ como elemento que liga ventanales de fachada que giran 45° de una planta a otra.

En las oficinas Bioter intenta, esta vez, unir planos de fachada alternativamente salientes y rebundidos mediante unas formas curvas de hormigón, finalmente desiste ante los problemas que plantea el constructor y acaba dando, con disgusto, una brillante solución en chapa ondulada que demuestra una sorprendente habilidad en el manejo de un material que no empleaba de forma habitual.

En los años 70 empieza a experimentar con encofrados flexibles, consciente de que si bien asociamos el aspecto del hormigón in situ a la madera por las huellas del encofrado que determinan su textura, la utilización de otros materiales da lugar a nuevos acabados y llegaron a interesarle de manera especial las formas y texturas resultantes de la interacción del hormigón con encofrados localmente flexibles. Es la parte menos entendida de su obra que en el ejercicio que todos hacemos de forma inevitable de convertir en estereotipos a nuestros semejantes, introducía un factor de exuberancia que no cuadraba con la imagen seca y escueta, casi ascética, que todos nos hacíamos del personaje a través de su obra y de la que él nunca se sintió esclavo.

Miguel Fisac nunca fue prisionero de su propia imagen y, entre otras muchas cosas, entendió el hormigón, lo manejó de manera novedosa, no admitió límites a su imaginación; lo que se le ocurría no era para él una posibilidad, sino la consecuencia inevitable de una lógica aplastante y cuando la industria no le proporcionó lo que buscaba, dedicó tiempo y esfuerzo sin límite a inventarlo y lo que es más difícil, a conseguir que lo fabricaran.

Sus inventos no van más allá de su obra, no podía ser de otro modo, refinarlos lo suficiente y hacer las concesiones precisas para que fueran aceptados por el mercado le hubiera llevado un tiempo y un esfuerzo que hubieran comprometido su misión (más que carrera) de arquitecto y, por otra parte, no era persona de concesiones ni componendas.

Fue un arquitecto que empezó a hacer su arquitectura hace casi setenta años y seguía intentando que le dejaran hacerla cuando murió en pleno uso de una lucidez enviable.

El hormigón pretensado en la obra de Miguel Fisac.

Un enfoque estructural Luis Albajar Molera y José Luis Lleyda Dionis



Las soluciones de vigas huecas (huesos) utilizadas por Miguel Fisac en las cubiertas de sus obras más importantes y también con formas más estándar en edificaciones más industrializadas, son la materialización de su pensamiento acerca de las tipologías arquitectónicas propias de la nueva tecnología del pretensado.

Un análisis excelente de sus aspectos funcionales y estructurales, a través de sus obras, es el realizado por Marta García Carbonero¹ que permite adentrarse en el papel de estos elementos en el conjunto de la obra y que incluye además detalles constructivos de gran interés. Utiliza secciones huecas, cerradas, de espesores muy delgados y sólo al final en piezas de gran luz (50 m.) emplea una sección abierta y simétrica, manteniendo espesores delgados y formas curvas.

Su andadura en el pretensado se inicia a principios de los años sesenta y aparentemente el uso de armaduras pretesas o postesas responde a las condiciones de cada obra, impuestas en parte por las limitaciones de transporte y montaje de grandes piezas, propias de la época.

Como es sabido, la técnica de las armaduras pretesas consiste en tesar inicialmente las armaduras activas que se anclan en unos bloques exteriores a la pieza. Posteriormente ésta se hormigona (con las armaduras tesas en su interior) y una vez el hormigón ha alcanzado una resistencia importante el pretensado se transfiere a la pieza liberando las armaduras tesas de los bloques exteriores, con lo que actúa la adherencia de éstas al hormigón endurecido, que al impedir casi totalmente el acortamiento de las armaduras acaba comprimido por una fuerza reacción de las tracciones de los tendones.

El pretensado mediante armaduras postesas sigue el proceso contrario. En las piezas de hormigón existen unos conductos que alojan los tendones de la armadura activa. Esta se tesa contra el hormigón ya fraguado, por medio de gatos y éstos se liberan tras anclar los tendones en el hormigón mediante anclajes mecánicos. En el caso habitual de pretensado posteso adherente se inyectan los conductos con una lechada de cemento que además protege de la corrosión.

Desde un punto de vista tensional ambos procedimientos producen un resultado semejante, crear un campo de tensiones, predominantemente compresiones, que contrarrestan las producidas por las acciones permanentes y las sobrecargas. Así en el caso de vigas isostáticas, a nivel de sección se produce un estado tensional de flexión compuesta que permite controlar el nivel de tracciones y compresiones bajo cargas permanentes y también actuando las sobrecargas.

Pero en la práctica existen diferencias importantes. El trazado recto de las armaduras pretesas supone una limitación importante para adaptarse a la ley de momentos flectores frente a la libertad de los trazados curvos de las armaduras postesas. Desde el punto de vista constructivo la transferencia del pretensado provoca deformaciones importantes en el hormigón, lo que en el caso de armaduras pretesas obliga a formas simples compatibles con dichas deformaciones o bien a moldes sofisticados con partes extraíbles antes de la transmisión para evitar el acodamiento pieza-molde. La libertad de formas es más sencilla en el caso de postesado donde

Fig. 11. Aspecto actual del Centro de Estudios Hidrográficos.

las operaciones de hormigonado y proceso de fraguado son independientes de las de postesado, además en el caso prefabricado los elementos se desmoldan antes de postesar y permite "coser", gracias a las compresiones y rozamiento existentes en la junta, dovelas prefabricadas inicialmente independientes para construir una viga final monolítica. Por otra parte desde un punto de vista económico la técnica de las armaduras pretesas permite una alta industrialización en la planta y evita los costes de anclaje e inyección. La disponibilidad de poderosos medios de transporte y montaje ha ampliado notablemente su campo de aplicación.

Miguel Fisac usa ambas técnicas, siempre en sistemas prefabricados claramente orientados a la industrialización, con secciones huecas de espesores delgados, en las cubiertas y excepcionalmente en forjados. Tiene colaboradores de una valía extraordinaria que le permiten resolver en el caso de armaduras pretesas la complejidades de diseño y constructivas de las formas transversales huecas (Javier Lahuerta, Peiró, Badell...) y en las postesadas los problemas de juntas y los asociados a secciones no simétricas (Barredo, José M^a Pliego...)

La primera columna del cuadro de piezas del presente trabajo muestra la sección transversal de las distintas vigas hueso y se observa que, exceptuando unas marquesinas de 3,5 metros de menor importancia estructural, las secciones asimétricas se resuelven con postesado mientras que en las simétricas se utilizan ambas técnicas pre o postesado. Veremos que este criterio responde al profundo conocimiento estructural que guió todo el proyecto. En los elementos postesados las uniones entre dovelas, realizadas con mortero y unidas por el postesado posterior, quedan claramente marcadas en contraste con los paramentos lisos de los elementos en que utiliza armaduras pretesas. Hay que resaltar el alto grado de prefabricación de estas soluciones, donde no aparece ni como elemento de unión, ni como complemento de cabeza de compresión, ningún tipo de hormigón "in situ".

Todo este conjunto de construcciones se inicia a principio de los años sesenta, en una etapa todavía inicial del pretensado, sobretodo en elementos arquitectónicos, con escasa normativa y ninguna española y antes de la traducción al español, en el año 1968, del libro de Leonhardt de 1964, que tuvo una gran influencia en la difusión de la técnica.

RELACIÓN CON LA OBRA DE FREYSSINET

No han pasado muchos años desde que en 1947 Eugène Freyssinet termina el puente de Luzany. En su libro *Eugène Freyssinet*² José Antonio Fernández Ordóñez destaca de forma apasionada y brillante este puente como "Mejor resumen de toda su vida y de su obra inmensa... como forma apropiada a aquella antigua idea que germinó en el espíritu de Feyssinet en 1903 (el pretensado)".

Las figuras 1,2,3 y 4 muestran los aspectos destacados de esta solución pretensada: sección cerrada formada por tres vigas cajón, vigas construidas a partir de cajones prefabricados unidos mediante el postesado, junto a técnicas innovadoras de montaje.

Las coincidencias con las cubiertas de Fisac son evidentes, como corresponde a la utilización del hormigón pretensado acorde con sus posibilidades, grades luces con tipologías en dintel

Fig. 280. Proyecto de puente de 126 m. de luz para la reconstrucción de St. Pierre de Vauvray. Las curvas a trazos corresponden a las curvas de presiones según diversas hipótesis de c

Figs. 1, 2, 3 y 4.

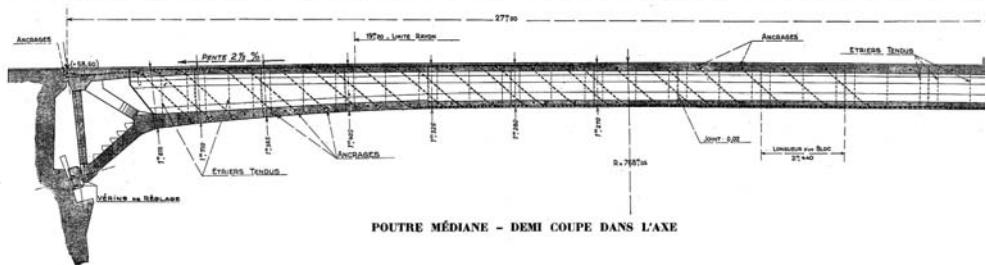


Fig. 281. Puente de Luzancy. Sección longitudinal y transversal.

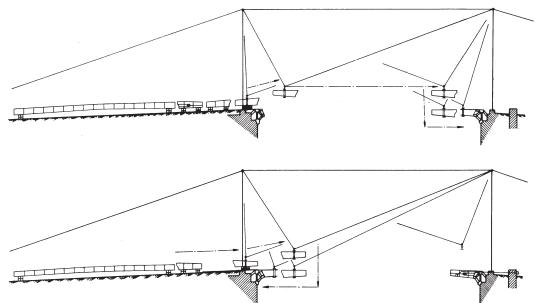
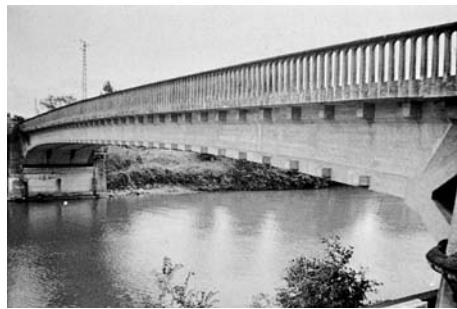
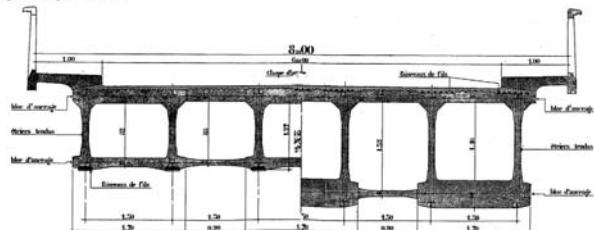
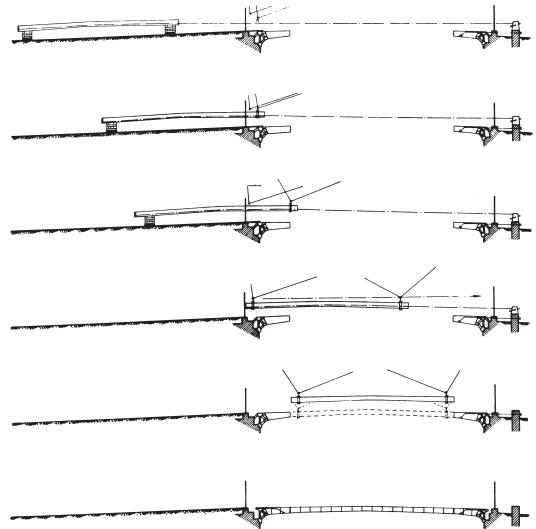


Fig. 292. Puente de Luzancy. Montaje de tramos laterales.



Fig. 293. Puente de Luzancy. Montaje de tramo central.



y capacidad de coser y producir estructuras monolíticas a partir de dovelas prefabricadas inicialmente independientes, cosidas por el pretensado.

Aunque las ventajas funcionales de la sección cajón son distintas en un puente y una cubierta puede afirmarse que en ambos casos se trata de la sección más coherente con el pretensado como sistema de fuerzas, sobre todo del postesado con tendones curvos. En su aplicación práctica un pretensado de trazado sensiblemente parabólico, terminando en el centro de gravedad en los extremos y suponiendo la fuerza de pretensado constante produce unas fuerzas de desviación continuas a lo largo de su trazado y otras concentradas en sus extremos como las de la figura 5.

De forma ideal, forzando la fuerza de pretensado, podríamos llegar a compensar totalmente las cargas permanentes con lo que la viga, horizontal, trabajaría como un pilar sometido exclusivamente a la compresión centrada del pretensado. (En la práctica esta compensación es sólo parcial) La sección cajón cerrada y hueca es la ideal para un pilar fabricado con hormigón de una resistencia elevada, como el utilizado en elementos pretensados.

Freyssinet utiliza en el puente de Luzany tres vigas cajón de sección rectangular hueca pretensadas y aprovecha la gran rigidez a torsión de la sección cerrada y pretensada (comprimida) para el reparto transversal de la acción de los vehículos que actúan excéntricamente, sin necesidad de riostras transversales.

Miguel Fisac utiliza también la adecuación de la sección cajón con el pretensado y su capacidad de respuesta a torsión en sus cubiertas, donde las torsiones aparecen en las secciones asimétricas de muchas de sus soluciones, asimetría que tiene la doble función de proporcionar una iluminación continua y lateral y una canalización para conducir el agua.

LA COMUNICACIÓN "PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS DESDE LA PERSPECTIVA DEL ARQUITECTO"

Como ponente invitado en el congreso de la Federación Internacional del Pretensado de 1982 en Estocolmo³, su comunicación abre la sección dedicada a la edificación, inmediatamente detrás de la de Leonhardt sobre "Prevención de deterioros en puentes (pretensados)". El congreso cuenta con aportaciones muy importantes de Hillerborg y Virlogeux entre otros y descripción de los puentes españoles de Barrios de Luna (hoy Fernández Casado) y Sancho el Mayor. Miguel Fisac, con más de veinte años de experiencia en hormigón pretensado, expresa tres ideas fundamentales:

- Su concepción del espacio arquitectónico, donde el hombre realiza funciones variadas, como limitado por dos planos paralelos (suelo y techo).
- El hormigón pretensado como material o mejor como técnica que resuelve dos dualidades: Las limitaciones de durabilidad de la madera o incluso del hormigón armado (fisurado) para solucionar los elementos de estos planos arquitectónicos que implican flexiones y por lo tanto cordones traccionados, lo que se evita con las compresiones del pretensado.
- La separación entre elementos resistentes y elementos arquitectónicos de cerramiento y aislamiento soportados por los primeros. Esta dualidad estaba resuelta en bóvedas de

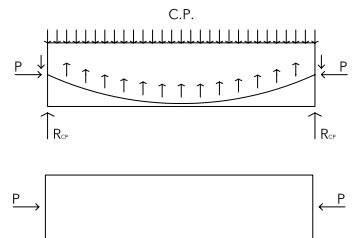


Fig. 5.



Figs. 6 y 7.

hormigón armado pero la forma de las vigas hueso pretensadas permite su solución, en el caso de superficies planas, adosando unas a otras.

Fisac incluye de forma destacada dos fotos del centro de estudios hidrográficos como muestra real de estas afirmaciones.

ALGUNOS COMENTARIOS GENERALES

Continuando la comparación con Freyssinet, éste entorno a 1925 construye los hangares de Orly y en sus bóvedas plantea una superficie plegada, de espesores delgados donde se integran, para la bóveda comprimida, la función resistente, la de cerramiento y la entrada de luz.

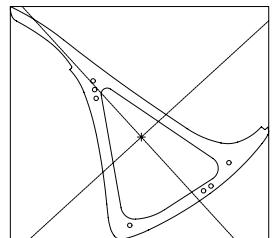
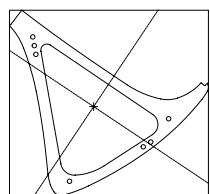
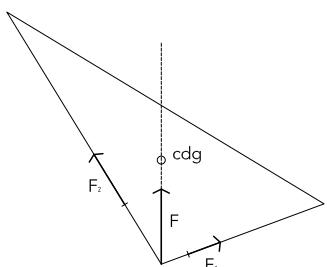
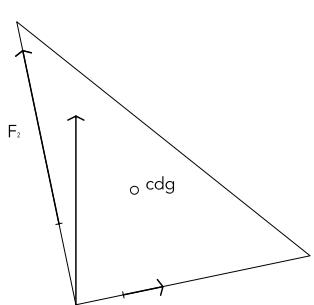
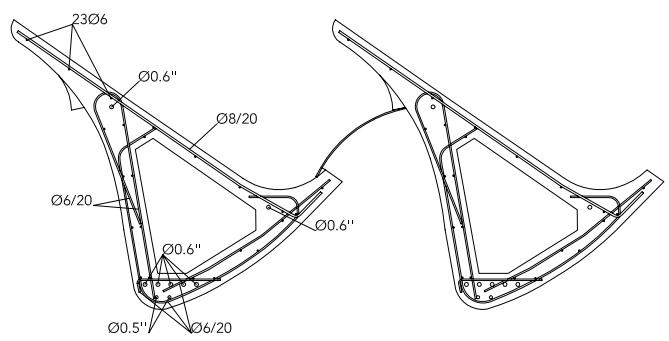
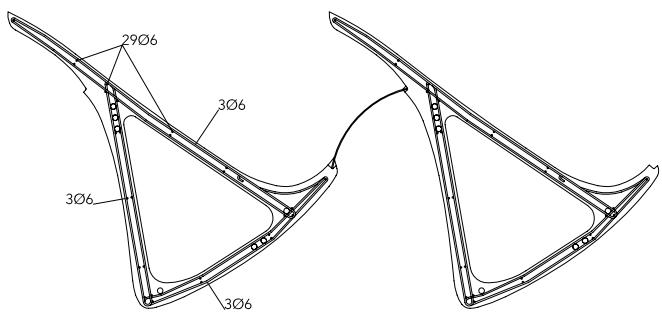
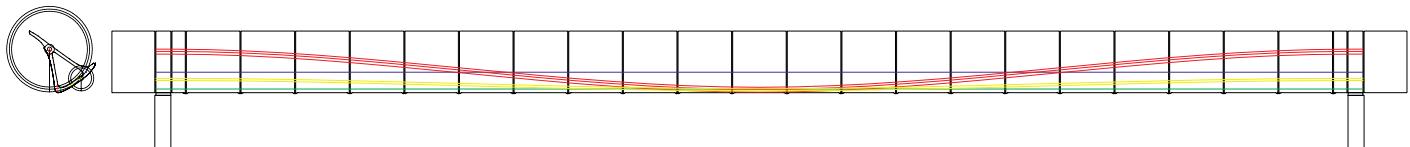
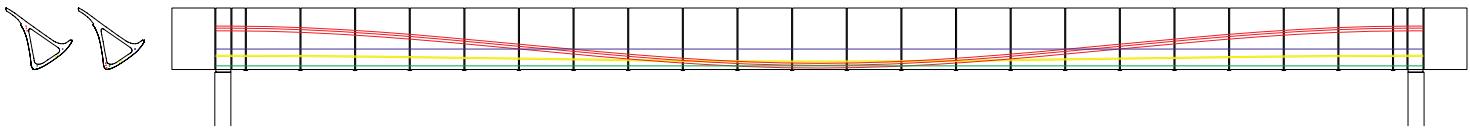
Sin embargo cuando en 1956 aplica el pretensado en la Basílica de San Pío X en Lourdes, abandona esta integración y plantea una solución pretensada, en forma de pórticos de puente donde estructura y cerramiento están totalmente separados. Es Miguel Fisac, quien seguramente por otros caminos, realiza la adaptación de la idea de la bóveda de Orly, nervada y translúcida a la nueva tecnología del pretensado, donde las compresiones vienen de los tendones y no de la forma. Hace plana la solución, compensa el peso propio con el pretensado e integra cerramiento y estructura mediante unos huesos, adosados, de espesor delgado, asimétricos, con iluminación lateral comprimidos por el pretensado que producen un efecto visual y funcional análogo al de los nervios, también comprimidos, de la bóveda de Freyssinet (Ver figuras 6 y 7).

Las vigas "hueso" de sección asimétrica están postesadas, con dos familias de tendones curvos, una en el paramento más vertical y otra en el paramento más inclinado (figuras 8 y 9), cada una proporciona una carga repartida de desviación del tipo de la figura 5 pero inclinada y en conjunto una carga vertical (figura 10) que contrarresta la carga permanente, efecto muy favorable en una sección con ejes principales de inercia inclinados, sometida a flexión en ambos bajo cargas verticales y por lo tanto a flechas verticales y horizontales (figura 11).

Además si en el extremo coinciden los centros de gravedad de pretensado y sección aparece una compresión uniforme. Según la forma e inclinación de la sección, la fuerza desviadora del pretensado pasa o no por el centro de gravedad de la sección lo que implica contrarrestar o no la carga permanente a efectos de torsiones. La sección cerrada pretensada trabaja muy bien a torsión y absorbe estos efectos así como otras torsiones producidas por el peso propio, compensado sólo parcialmente por el pretensado, al no coincidir el centro de gravedad y el de esfuerzos cortantes.

Miguel Fisac utiliza el pretensado recto, con frecuencia con armaduras pretensadas, que no tiene un comportamiento tan sencillo como los trazados curvos, desde el punto de vista de compensar las acciones permanentes, en secciones simétricas que siguen siendo huecas, de sección curva, cerradas y de pequeño espesor.

La solución de vigas "hueso" asimétricas o simétricas, adosadas produce un cubierta uniforme donde se integran en una misma pieza la función estructural y arquitectónica, como también



sucede en el muro continuo, sin pilares, donde se apoyan, constituyendo una superación de la división, todavía hoy vigente, entre hormigón estructural y arquitectónico sobre todo en prefabricación.

Las soluciones pretensadas de Miguel Fisac son originales pero ortodoxas (acordes con la técnica de su época de construcción) y han mostrado con el tiempo un comportamiento, en cuanto a durabilidad, similar a los puentes correctamente construidos con la experiencia limitada de aquel momento. De forma general, junto a un comportamiento normalmente satisfactorio, se han presentado problemas de corrosión en ambientes agresivos (zonas costeras, tableros sometidos a sales de deshielo...) asociados a recubrimientos muy pequeños, a defectos de inyección de conductos, o a mala calidad de ejecución de las juntas de elementos prefabricados, sobre todo en juntas de mortero. Cuando ha habido incidencias estas raramente han afectado al conjunto de la estructura sino a puntos particulares como juntas, anclajes o puntos de acumulación de agua. La normativa actual, tras una amplia experiencia, obliga a recubrimientos mayores, ya que el hormigón comprimido y no fisurado, no es inerte, como se pensaba inicialmente, a la penetración de humedad, cloruros y CO₂, estos recubrimientos son fuertemente dependientes de las condiciones ambientales y de la calidad del hormigón.

Por otra parte la mejora en los materiales, en los sistemas de pretensado y control de calidad ha sido muy importante. Por lo que se refiere al sistema de dovelas cosidas por pretensado el mortero entre dovelas prefabricadas ha sido sustituido por adhesivos Epoxy, y en ambientes marinos muy agresivos la tendencia es a sustituir las dovelas tradicionales por elementos de gran tamaño como en el Cofederation Bridge en Prince Island, Canadá, donde su usaron voladizos prefabricados de 190 metros de longitud⁴ para reducir el número de juntas. En esta referencia se indica la vigencia actual, las magníficas realizaciones de la prefabricación por dovelas postesadas y su evolución, en un homenaje a Jean Muller, maestro de esta técnica, utilizada desde sus principios por Miguel Fisac.

Por esto los problemas de durabilidad de la cubierta del Centro de Estudios Hidrográficos sometida a ciclos agresivos de humedad y secado, conjuntamente con el excelente comportamiento de la mayoría de sus obras, situadas en ambientes más normales, es coherente con lo sucedido con esta tecnología en su estado en los años que estas obras se construyeron.

CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS

Las 65 vigas de 24 metros de longitud de la cubierta de la "nave de modelos" del Centro de estudios Hidrográficos son un exponente de una mente genial, vanguardista y racional. Constituyen una solución idónea para un problema arquitectónico tradicional: protección de un espacio interior frente a las aguas de lluvia, canalización de las mismas y consecución de una iluminación natural homogénea con protección contra los rayos del sol directo.

La sección hueca triangular asimétrica de estas vigas, lejos de ser resultado de criterios arbitrarios o puramente estéticos, se adecua totalmente a una finalidad estructural y funcional que responde fielmente a la situación arquitectónica mencionada. El afinado espesor los paramentos de las dovelas huecas es consecuencia lógica de un criterio económico que busca

reducir al máximo el peso propio de una estructura en que éste representa el mayor porcentaje las cargas, criterio que es aplicado por la voluntad de riesgo controlado de su autor. El proceso constructivo por dovelas prefabricadas postesadas permite cómodamente su ejecución a pesar a pesar del espesor tan ajustado.

Treinta años después de su construcción fue necesaria la renovación de las vigas, en las que la corrosión de la armadura activa hacía peligrosa su integridad. Se sustituyeron por vigas huecas con armadura pretesa, realizadas con un complicado molde continuo de toda su longitud (no por dovelas) pero respetando fielmente la morfología de la solución original (figuras 12 y 13).

La normativa vigente por motivos de durabilidad obligó a aumentar los espesores entre el 50 y el 70%, es decir se pasó de 5 a 7 y 10 cm, para obtener los recubrimientos exigidos. Sin embargo, seguramente no fue en principio el pequeño espesor de las piezas el causante del problema de durabilidad de la solución original, sino la técnica disponible en aquella época tanto en la ejecución de las juntas entre dovelas como principalmente para la inyección de los conductos que debía proporcionar la protección inmediata y eficaz de la armadura postesa, circunstancia evidentemente ajena al "lápiz diseñador" del autor del proyecto, entusiasta del hormigón pretensado en una época en la que era aún técnica novedosa, especialmente en edificación.

En la solución original el trazado curvo de los tendones que discurría, a pesar de su pequeño espesor por los dos paramentos (de distinta inclinación) de la viga, introducía una carga resultante repartida, lineal ascendente, en el sentido de compensar el peso propio y controlar las deformaciones horizontales generadas por las acciones verticales en una sección fuertemente asimétrica y que podrían introducir distorsiones en la funcionalidad del conjunto.

Las nuevas vigas de la cubierta renovada contienen exclusivamente tendones rectos pretensados⁵ y para limitar los deformaciones horizontales necesitan contar con el incremento de rigidez que aportan el mayor espesor y resistencia del hormigón, así como una distribución de la armadura que origine un centro de gravedad resultante situado de forma estudiada con relación al centro de gravedad de la sección y a la inclinación de sus ejes principales de inercia.

Resulta sorprendente la soltura y agilidad constructiva con que Fisac conseguía llevar a cabo nuevas soluciones estructurales que treinta años más tarde presentaban serias dificultades técnicas para ser reproducidas.

POLIDEPORTIVO LA ALHÓNDIGA EN GETAFE

El polideportivo constituye un espacio diáfano de 39,5x48,80 m² de dimensiones en planta y 8 m. de altura libre, cuya cubierta está resuelta mediante 6 vigas de hormigón pretensado con armadura pretesa, de 50,88 metros de longitud, con sección en artesa de almas curvas, muy abiertas que alcanzan una anchura de 4m con un canto de sólo 1,50 m. (esbeltez 1/34). Apoyan en ambos extremos sobre pilares de sección rectangular, con un vuelo de 1m hacia el exterior del edificio, canalizando el agua de lluvia recogida por las propias vigas y por cinco bóvedas de policarbonato de 3 m. de luz, que apoyando en los bordes de las vigas cierran el espacio entre éstas y permiten la iluminación natural del espacio interior.



Figs. 12 y 13.



Figs. 14 y 15.

Las vigas artesa tienen el centro de gravedad muy bajo, con lo que la excentricidad resultante del pretensado es pequeña y por lo tanto la contraflecha alcanza un valor escaso para permitir la función canalizadora del agua. Por ello para conseguir una pendiente longitudinal del fondo de la viga, desde el centro hacia los extremos, sin recrecidos interiores adicionales y con idéntica cota de apoyo en ambos extremos, fue necesario forzar la deformación del pretensado (contraflecha) manteniendo las vigas durante su acopio en fábrica y en obra con fuertes voladizos, controlando la fisuración de la fibra superior.

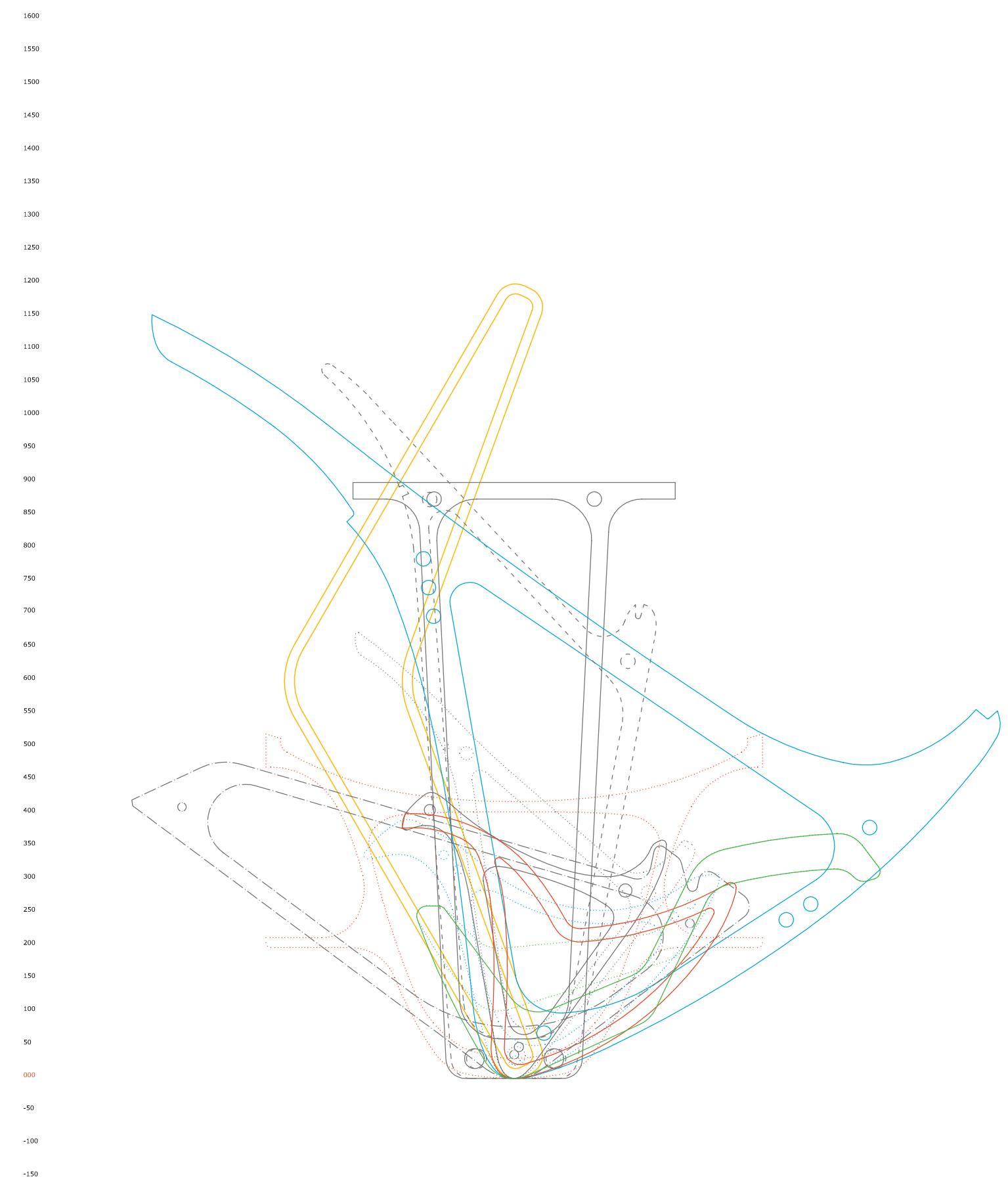
El cerramiento entre pilares se materializa con paneles verticales de hormigón armado, empotrados en cimentación. Todos los elementos prefabricados; pilares, vigas y fachada se prefabrican con molde metálico revestido de lámina "arrugada o acolchada" de polietileno, muy utilizada por Fisac en otras obras anteriores, y que proporciona un brillo especial en la superficie del hormigón.

La estructura es importante no solo por la magnitud y ligereza de sus elementos sino también por otra circunstancia que corresponde al permanente espíritu pionero y vanguardista de su autor: vigas, pilares y paneles de fachada fueron ejecutados íntegramente en hormigón autocompactable (Un total de 500m³ aproximadamente) material poco conocida en aquellos momentos en España (agosto 2002). Muy probablemente haya sido la primera construcción realizada íntegramente en nuestro país con este tipo de hormigón, suponiendo la longitud de vigas un récord europeo en hormigón autocompactable, lo que proporciona un estimable colofón al empuje y ganas de crear que no se frenaron en Fisac, a pesar de su edad, hasta el último momento de su prolífica vida (Figura 14 y 15).

Ha sido ésta la última obra proyectada, construida y dirigida por Miguel Fisac. Rozaba ya los noventa años de edad y sorprendía la vitalidad y energía con las que se movía por la obra dirigiendo la ejecución, afrontando y resolviendo problemas y tomando decisiones, a la vez que creaba escuela con un grupo de arquitectos jóvenes (Blanca, Fernando y Sara) que colaboraron con él y podrán plasmar en el futuro la continuidad del genial espíritu y buen hacer de su maestro.

La muerte le alcanzó con otro proyecto terminado, pero no construido, de un edificio de viviendas, también prefabricado, con una tipología patentada por él bastantes años antes, y cuya realización se está empezando a llevar a cabo de la mano de sus arquitectos colaboradores.

1. García Carbonero, Marta. "La arcadia del hormigón: innovaciones y patentes". AV Monografías 101, 2003.
2. Fernández Ordoñez, José A. Eugène Freyssinet. 2C ediciones, 1978.
3. Fisac, Miguel. "Building design and construction from an architect's point of view". Presentacion del 9º Congreso de la FIP. Estocolmo 1982.
4. Tassin, Daniel M. "Jean Muller: Bridge Engineer". PCI Journal, March-April 2006.
5. Montaner, Jesús; López, Javier y Lleida, José L. "Vigas Hueso...". Hormigón y Acero, 2º trimestre 1997.



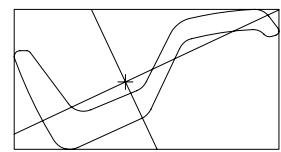
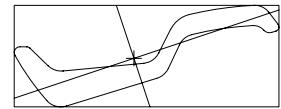
		hormigón armado	1960		Madrid. Laboratorios MADE		Javier Lahuerta		espesor
		BARREDO postensado	1960-63		Madrid. Centro de Estudios Hidrográficos.		Marquesina	J.Mª Pliego González Montesinos Corsán	Voladizo 3,90 m 42-96 mm
					Concurso. Pabellón Español Feria Mundial Nueva York			Proyecto	
			1964		Feria Mundial Nueva York Concurso. Pabellón Español			Cubierta	
		BARREDO postensado	1960-63		Madrid. Centro de Estudios Hidrográficos.		Marquesina	J.Mª Pliego González Montesinos Corsán	Luz máx 22 m 60 mm
					Feria Mundial Nueva York Concurso. Pabellón Español			Proyecto	
			1964					Cubierta	
		PEIRO SA pretensado	1961	patente 316297 1965	Valladolid. Colegio Nuñez de Arce		Javier Lahuerta	Javier Lahuerta	Voladizo 4,60 m 20 mm
					Coruña. Colegio Sta. Mª del Mar			Argüelles- Badell	
			1962-64		Valencia. Colegio de Secundaria			Constructora R. Lama	
			1962-64		Madrid. Colegio de la Asunción			Argüelles- Badell	
			1965-71		Madrid. Santa Ana. Moratalaz			Construcción Solans	
			1965		Madrid. Centro de cálculo IBM			Argüelles- Badell	
			1966-67		Madrid. Laboratorios Jorba			Construtora Urbis	
			1965-68					Vicente Peiró	
			*					Argüelles- Badell	
								Constructora Jotsa	
		PEIRO SA pretensado	1962	modelo utilidad 1964 109367	Malaga. Vivienda S.Pedro de Alcan.		Javier Lahuerta	Luz máx 17 m 15-35 mm	
					Madrid. Vivienda Barrera				
			1962		Mallorca. Eurotel. Punta Rotja				
			1962		Madrid. Vivienda Alonso Tejada				
		pretensado	1965	patente 304812 1964 patente 316297 1965	Patente de viviendas prefabricadas		Forjado	Argüelles- Badell	
		PEIRO SA pretensado	1966-67		Madrid. Sede IBM		Fachada	Entrecanales y Távora	15 mm
		HUECO.S.A. BARREDO postensado	1967-68	patente 351077 1968	Vic.Baumann		Cubierta	Casacuberta- Arumi Construcc. Cumeras Casacuberta- Arumi Construcc. Ferrer S.A. Casacuberta- Arumi Juliá Arumi Casacuberta- Arumi Construcc. Ferrer S.A. Casacuberta- Arumi - Casacuberta- Arumi Construcc. Padros S.A. Casacuberta- Arumi Casacuberta- Arumi Dragados y Const. S.A.	Luz máx 17 m 25 mm
					Vic.Colomer Munmany				
			1968-69		Vic.Fábrica Juliá Arumi.				
			1968		Vic.Anónima Lanera **				
			1968		Vic.Vivienda Casacuberta				
			1968		Montmeló.Máximo Mor				
			1968-69		Montmeló.CIESA **				
			1969		Jerez. Bodegas Garvey				
			1969				Forjado	Casacuberta Carlos Barredo Juliá Arumi Construcc. Ferrer S.A.	Luz máx 25 m 25 mm
		HUECO.S.A. BARREDO postensado	1968		Vic.Colomer Munmany		Cubierta	Casacuberta Carlos Barredo Juliá Arumi Construcc. Ferrer S.A.	Luz máx 25 m 25 mm
					Vic.Anónima Lanera **				
			1971		Madrid. Estudio Cerro del Aire				
		HUECO.S.A. BARREDO postensado	1968-71		Jerez. Bodegas Garvey		Cubierta	Casacuberta Dragados y Const. S.A.	Luz máx 25 m 25 mm
		HUECO.S.A. BARREDO postensado	1968-71	modelo utilidad 148811 1968	No Construido		Cubierta	No construido	Luz máx 20 m 25 mm
		HUECO.S.A. BARREDO postensado	1967-68		Vic.Baumann		Marquesina	Casacuberta- Arumi Construcc. Cumeras Casacuberta- Arumi Construcc. Ferrer S.A. Casacuberta- Arumi Construcc. Padros S.A. No construido	Voladizo 8 m 25 mm
					Vic.Colomer Munmany				
			1968-69		Montmeló.Máximo Mor				
			1968-69		Vivienda Garcia Cabrerizo				
			1970		Madrid.MUPAG				
			1971						
		postensado	1968	patente 353168 1968	Proyecto de polideportivo (1977)		Cubierta	No construido	Luz máx 25 m - mm
		pretensado	1969	patente 373829 1969	Patente de viviendas prefabricadas		Forjado	No utilizada	
		FREYSSINET postensado	1970	patente 373829 1969	Madrid. Estudio Cerro del Aire		Cubierta	J. Fernando del Tiempo Jotsa y Edificios y Obras	Luz uso 5.13 m - mm

* Si bien los cálculos estructurales de cada edificio varían las piezas siguen el cálculo original de Javier Lahuerta.

** Proyectos hechos desde la oficina técnica del Grupo Colomer.

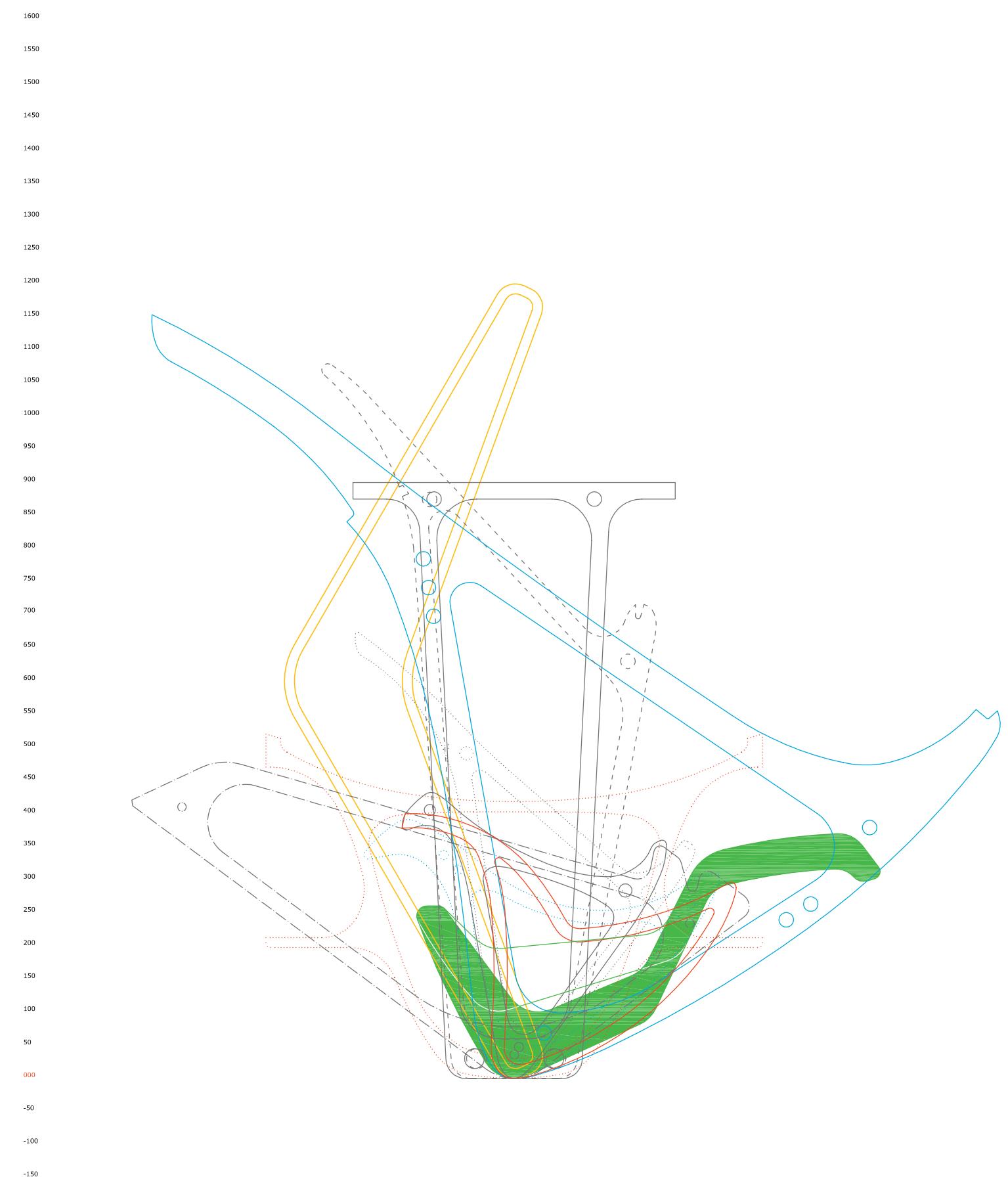
Pieza Made (e 1:20)

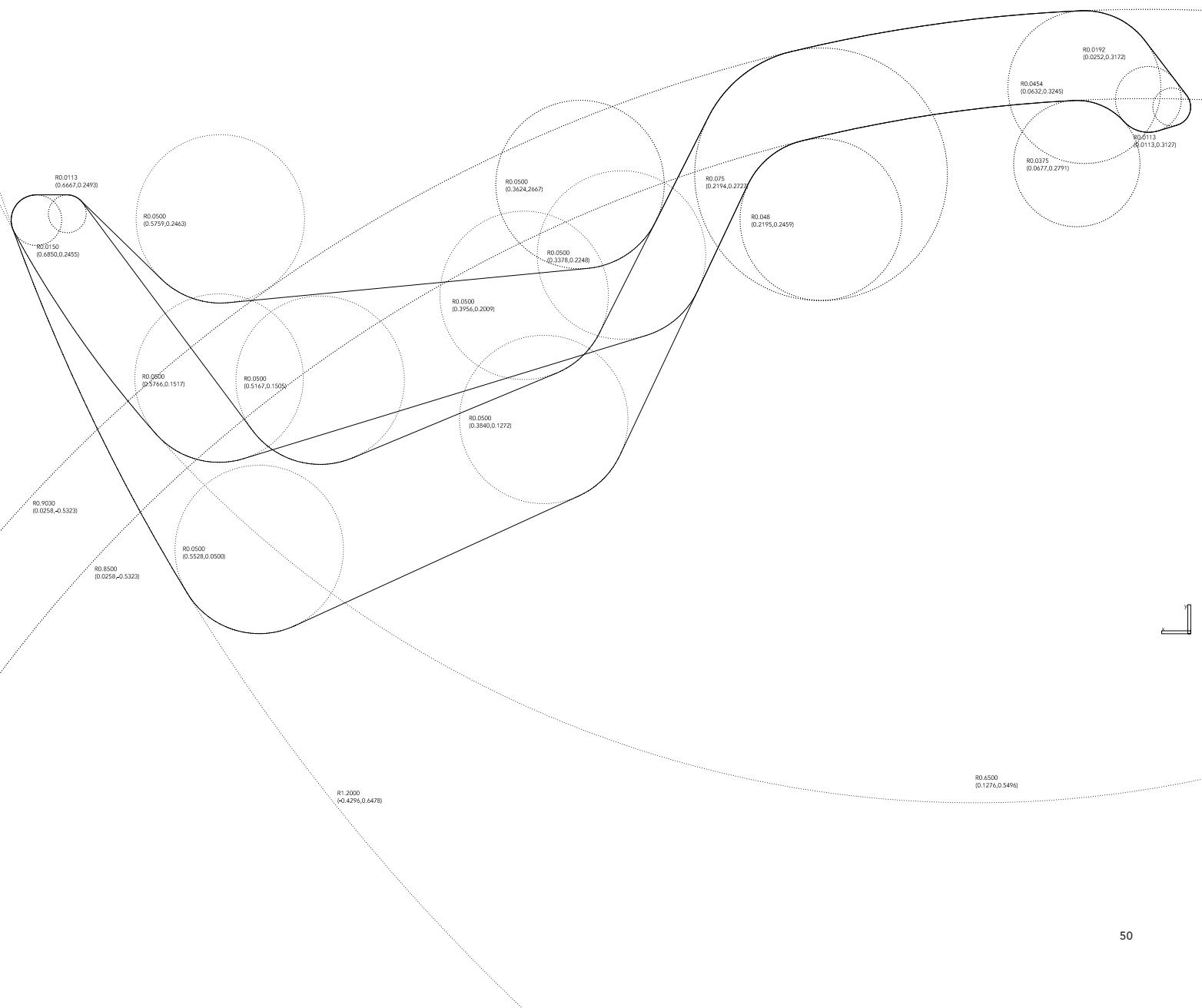
PERIODO DE FABRICACION	1960-61	ASIMETRICA	
TIPO DE HORMIGON	ARMADO	USO	MARQUESINA
ILUMINACION	NO	INTEREJE	0.60m
LUZ MAXIMA	3.90m	LONGITUD TOTAL	3.90+0.25+0.20m
TIPO DE ARMADURA	REDONDO LISO	TRAYECTORIA DE ARMADURA	RECTA
PESO DE LA PIEZA(kg/ml)	VARIABLE	ESPESOR MINIMO	0.039m

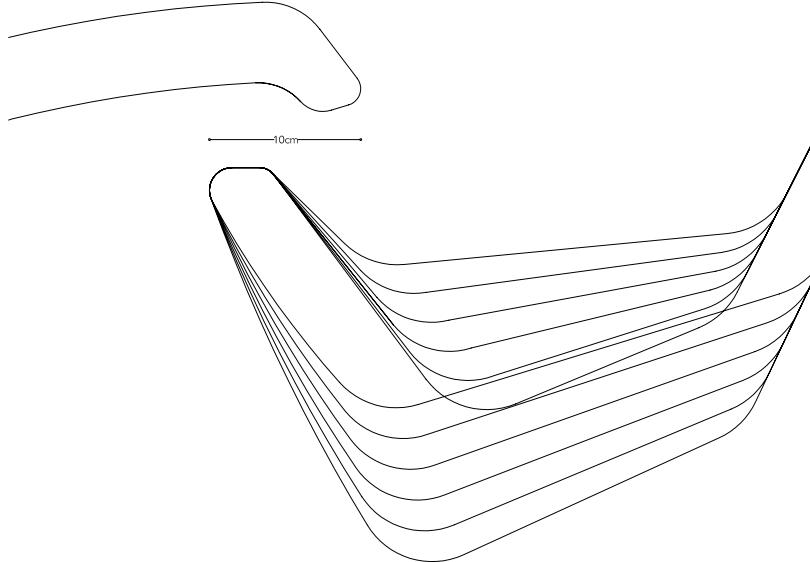


ESTA PIEZA ES DE SECCION VARIABLE AUMENTANDO EL CANTO Y POR TANTO LA INERCIA EN EL EMPOTRAMIENTO. SURGE INICIALMENTE PARA CUBRIR LA SALA DE MODELOS DEL CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRAFICOS EN MADRID, PERO SE APLICA FINALMENTE COMO SOLUCION DE MARQUESINA EN LOS LABORATORIOS MADE TAMBIEN EN MADRID.

AREA	0.0462/0.0562m ²	PERIMETRO		1.6866/1.9325m
RECTANGULO DELIMITADOR	X0.0000 Y0.0000	0.7000 0.2681	X0.0000 Y0.0000	0.7000m 0.3698m
CENTRO DE GRAVEDAD	X0.3164	Y0.1282	X0.2941	Y0.1781m
MOMENTOS DE INERCIA	X0.0010	Y0.0064	X0.0024	Y0.0069m ⁴
PRODUCTO DE INERCIA			XY0.0024	XY0.0038m ³
RADIOS DE GIRO	X0.1488	Y0.3719	X0.2079	Y0.3505m
MOMENTOS PRINCIPALES Y DIRECCIONES PRINCIPALES X-Y	I0.0001(0.9488,0.3157) J0.0020(-0.3157,0.9488)		I0.0003(0.9052,0.4251)m ³ J0.0024(-0.4251,0.9052)m ³	

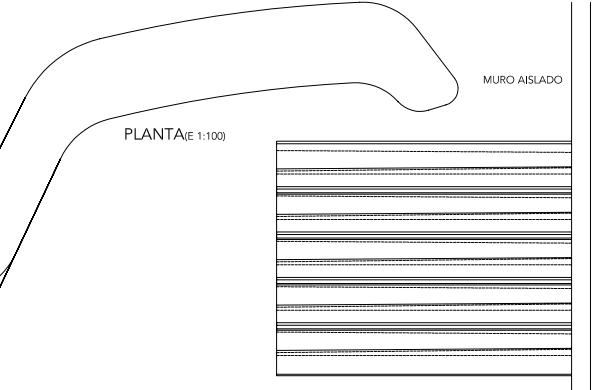




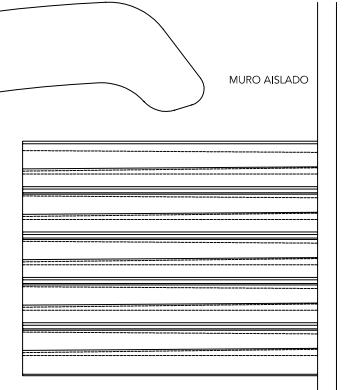


10cm

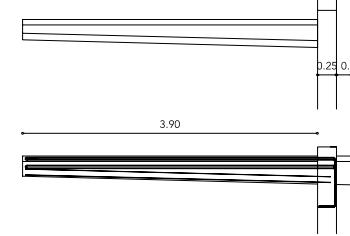
SECCIONES EN EL EMPOTRAMIENTO, EN EL EXTREMO DEL VOLADIZO E INTERMEDIAS CADA 78 cm (E 1:5)



PLANTA (E 1:100)



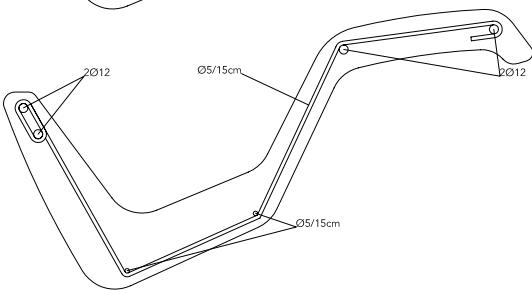
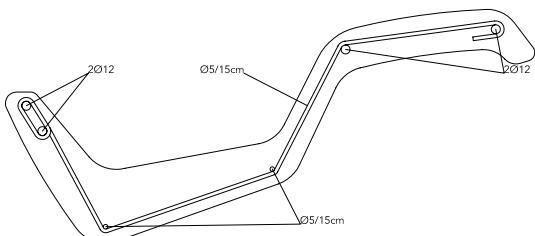
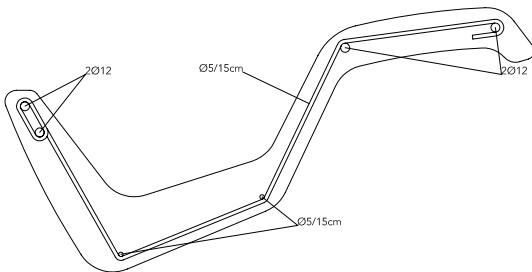
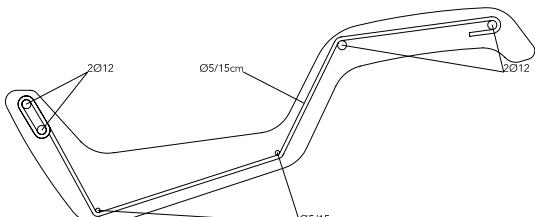
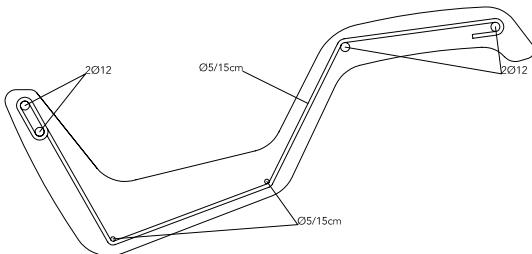
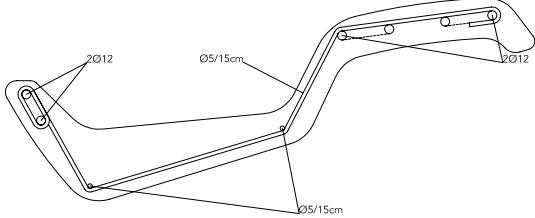
ALZADO (E 1:100)



SECCION (E 1:100)

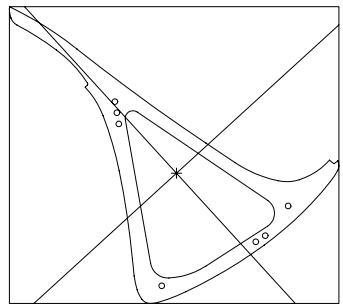
3.90

0.25 0.20



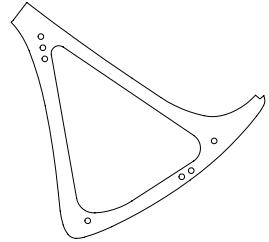
Pieza Cedex (e 1:25)

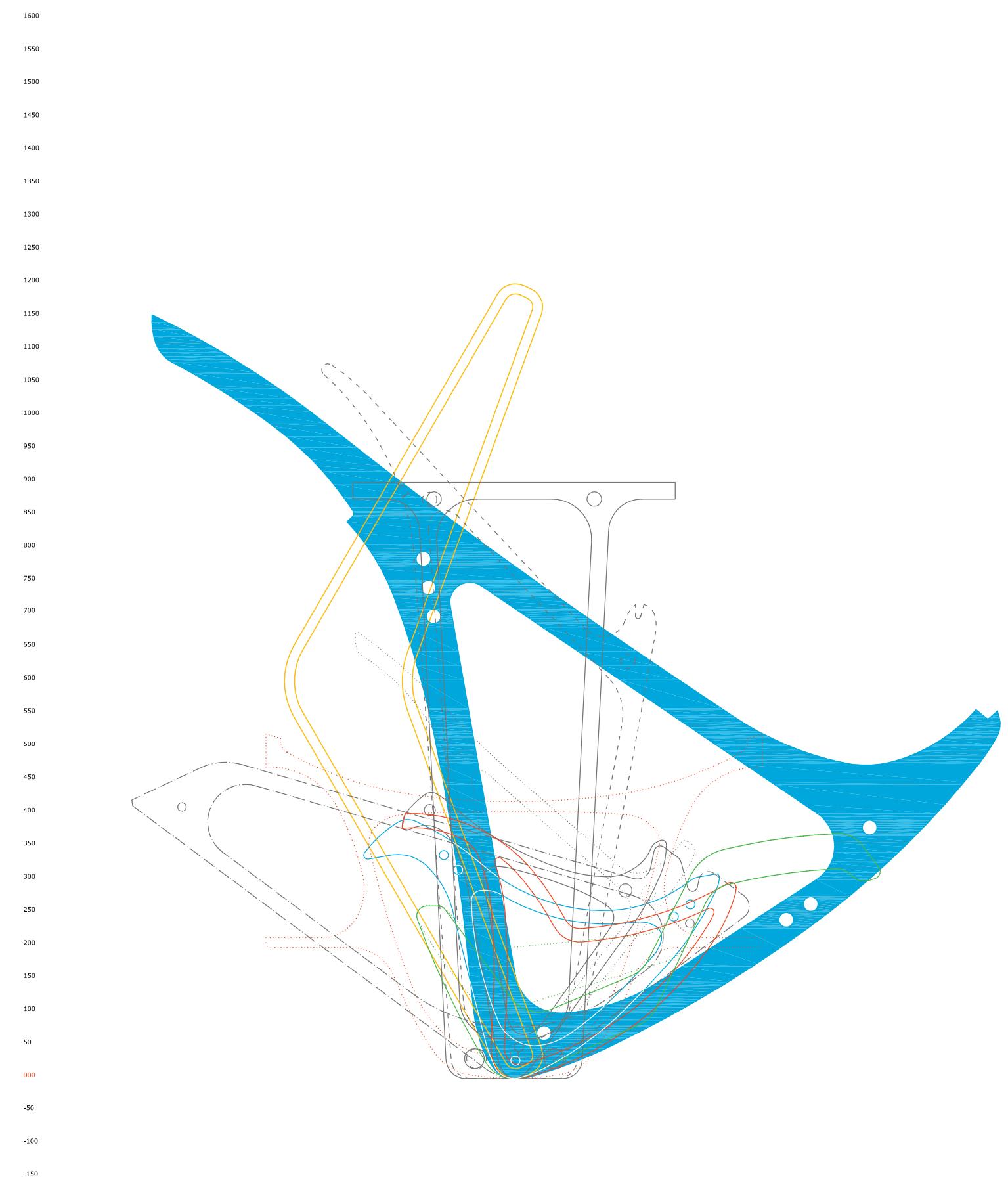
PERIODO DE FABRICACION	1960-63	ASIMETRICA	
TIPO DE HORMIGON	POSTENSADO	USO	CUBIERTA
ILUMINACION	SI	INTEREJE	1.25m
LUZ MAXIMA	22m	LONGITUD DOVELAS Y JUNTAS	1.00m / 0.02m
TIPO DE ARMADURA	CABLE TRENZADO	TRAYECTORIA ARMADURA	RECTA/PARABOLICA
PESO DE LA PIEZA(kg/ml)	350	ESPESOR MINIMO	0.0535m

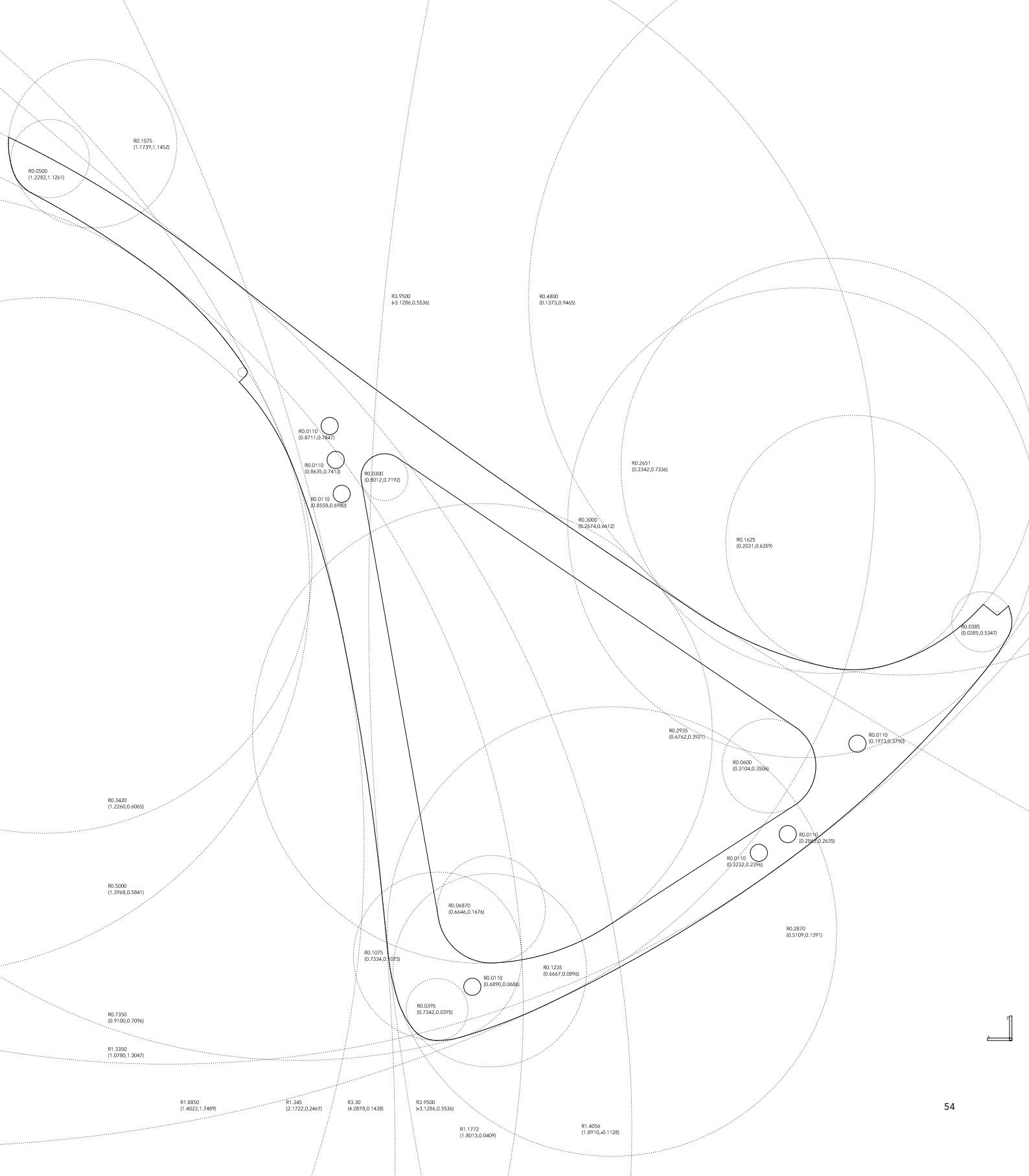


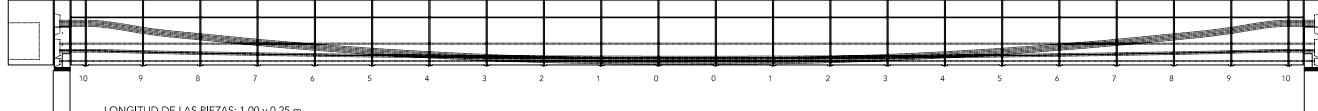
EL CALCULO DE LA SECCION SE REALIZO SIN EL PARASOL SUPERIOR TAL Y COMO MUESTRA LA SECCION DEL ESQUEMA (SI BIEN LAS PROPIEDADES DE LA DOVELA CORRESPONDEN A LA TOTALIDAD DE LA SECCION) LAS TRAYECTORIAS PARABOLICAS DE LOS CABLES CORRESPONDEN CON LOS CONJUNTOS DE DOS Y TRES TALADROS MIENTRAS QUE EL RESTO SON RECTAS (ACTUALMENTE HA SIDO SUSTITUIDA POR UNA REPLICIA PRETENSADA).

AREA	0.1666/0.1889m ²	PERIMETRO	0.54298/6.2209m
RECTANGULO DELIMITADOR	X0.0000 Y0.0000	0.9867m 0.9169m	X0.0000 Y0.0000 1.2814m 1.1535m
CENTRO DE GRAVEDAD	X0.4173	Y0.4389m	X0.6313 Y0.5061m
MOMENTOS DE INERCIA	X0.0419	Y0.0413	X0.0647 Y0.0933m ⁴
PRODUCTO DE INERCIA			XY0.0276 XY0.0694m ³
RADIOS DE GIRO	X0.5017	Y0.4978	X0.5852 Y0.7028m
MOMENTOS PRINCIPALES Y DIRECCIONES PRINCIPALES X-Y	I0.0079(0.8316,-0.5554) J 0.0142(0.5554,0.8316)		I0.0081(0.7385,0.6742)m ³ J0.0262(-0.6742,0.7385)m ³









REPLANTEO DE LA SECCION

EL CONTORNO EXTERIOR DEBE SER REPLANTEADO POR PUNTOS DE ACUERDO CON EL DIBUJO A ESCALA. EL CONTORNO INTERIOR RESULTA DE REDONDEAR EL TRIANGULO ISOSCELES POR COMO INDICA LA FIGURA DEL ESQUEMA.
LA ORIENTACION DE LA PIEZA ES TAL QUE LA BISECTRIZ DE R ES HORIZONTAL.
EL CONTORNO DE LA SECCION VALIDA ES EL INDICADO CON UNA LINEA CONTINUA EN LA FIGURA A ESCALA. EL CONTORNO PUNTEADO CORRESPONDE A LA PIEZA PRIMITIVA Y EL CONTORNO CON TRAZO Y PUNTO A UN TANTEO INTERMEDIO.

REPLANTEO DE LOS ORIFICIOS

LOS A Y B SON CABLES RECTOS. ESTAN SITUADOS EN LAS REGIONES DE PQR QUE INDICA LA FIGURA Y SU POSICION SE DETERMINA ASI:

A: DISTANCIA A

$$PR=2.87 \text{ cm}$$

$$PQ=2.75 \text{ cm}$$

B: DISTANCIA A

$$PB=2.25 \text{ cm}$$

$$QR=2.69 \text{ cm}$$

LOS G¹ ESTAN SOBRE LA RECTA g¹ PARALELA A PQ QUE DISTA DE ELLA 2.75cm. LOS G² ESTAN SOBRE g² PARALELA QUE DISTA DE ELLA 2.62cm.
LOS G¹ Y G² DE REPLANTEAN COMO INDICA LA FIGURA A ESCALA DE LA PIEZA Y EL SIGUIENTE CUADRO

POSICION	G ¹	G ²
0	5.87	24.40
1	6.10	24.80
2	8.55	25.40
3	12.15	26.60
4	17.10	27.20
5	23.25	30.10
6	30.80	32.60
7	39.40	35.40
8	49.50	38.60
9	61.00	42.40
10	74.00	46.30

DETALLE DEL REPLANTEO DEL
HUECO INTERIOR (E:1:20)ESQUEMA POSICION CABLES
(E:1:40)

ANCLAJE

LOS CIRCULOS GRANDES EN LINEAS DE PUNTOS REPRESENTAN LA PROYECCION HORIZONTAL SOBRE LA SECCION VERTICAL DE LA VIGA DE LOS BOTONES DE ANCLAJE DE TRES HILOS

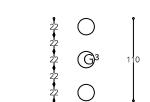
55 EL DIAMETRO DE LOS BOTONES DE ANCLAJE ES 5.5 cm

LOS BOTONES DE ANCLAJE EMPUJAN A 0.50m DE LA JUNTA EXTREMA

G³(E:1:1)
ORIFICIOS DE Ø22mm PARA 6 HILOS
DE 5mm IDENTICA SEPARACION EN
TODAS ALTURAS
COTAS EN mm

G²(E:1:1)
ORIFICIOS DE Ø22mm PARA 6 HILOS
DE 5mm IDENTICA SEPARACION EN
TODAS ALTURAS
COTAS EN mm

DETALLE(E:1:10)
EL REBORDE SOLO EN LA PARTE VISTA DESDE EL INTERIOR

ESQUEMA GEOMETRICO
(E:1:25)

R44 cm

458.25 cm

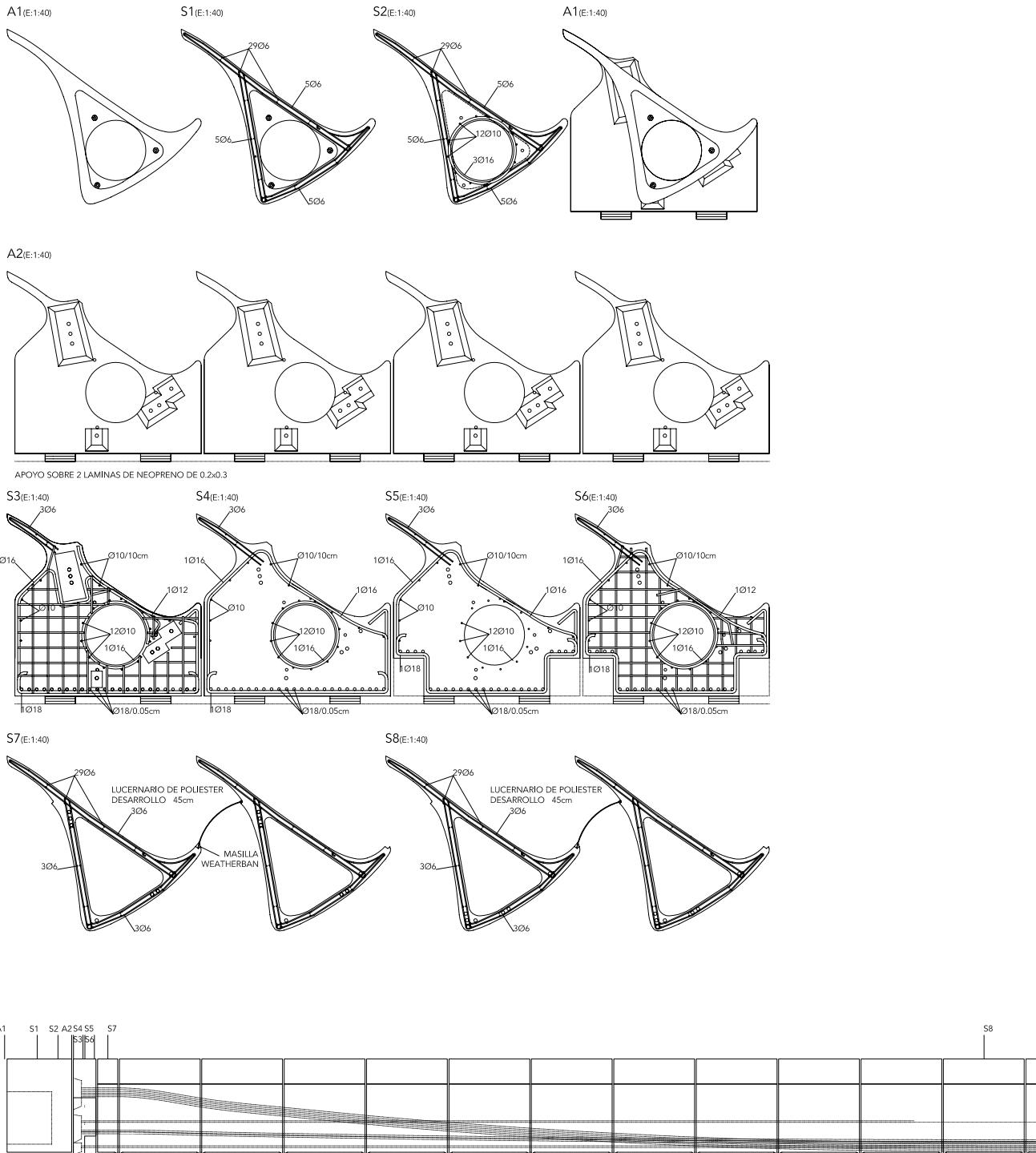
R20 cm

R12.60 cm

95

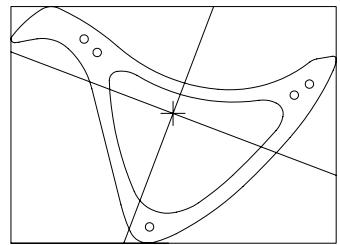
•ORIFICO DE Ø22mm PARA 6
HILOS DE 5mm(CABLE RECTO)

•ORIFICO DE Ø22mm PARA 6 HILOS DE 5mm(CABLE RECTO)



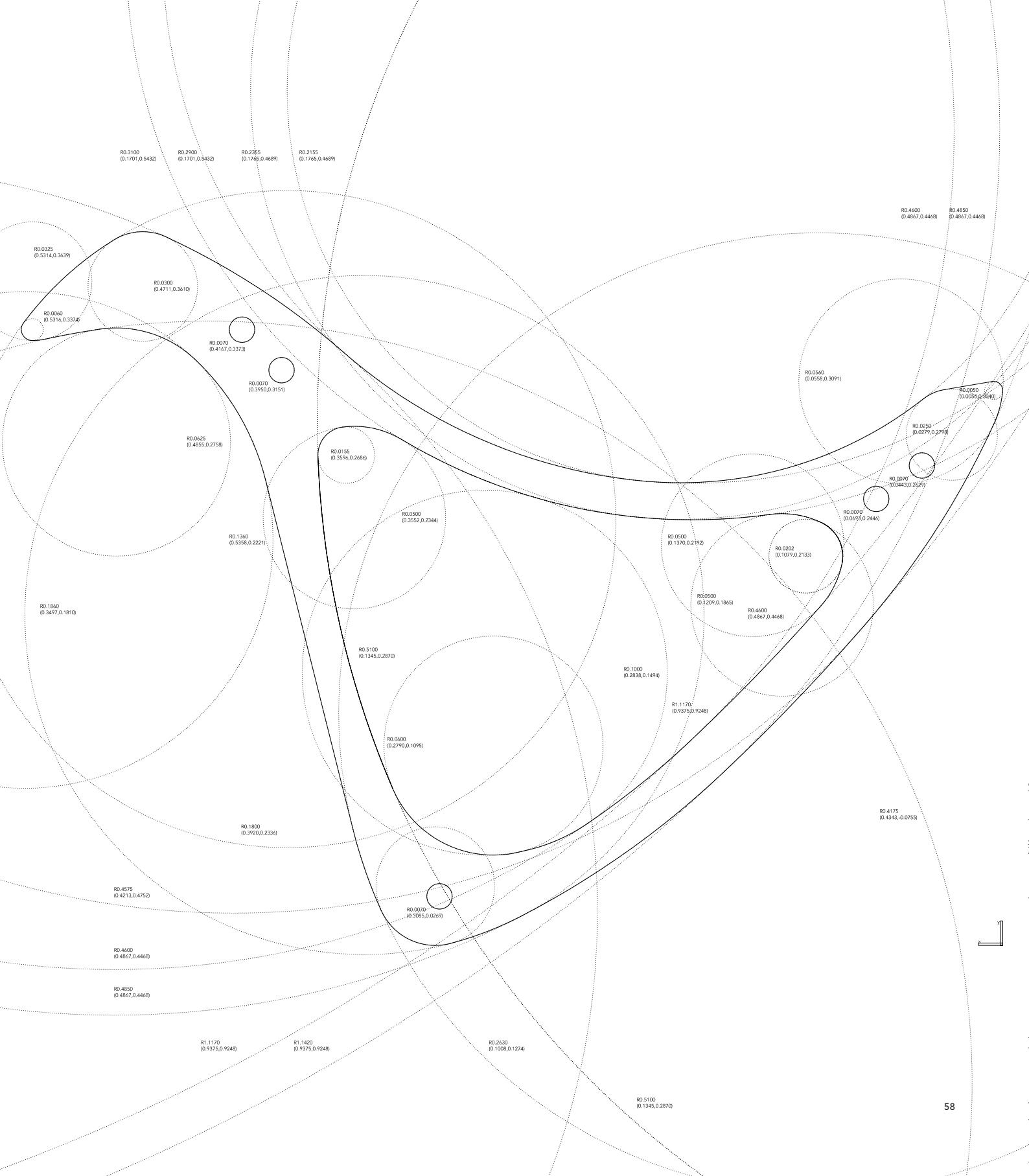
Pieza Pato Cedex (e 1:10)

PERIODO DE FABRICACION	1960-63	ASIMETRICA	
TIPO DE HORMIGON	POSTENSADO	USO	MARQUESINA
ILUMINACION	NO	INTEREJE	0.474m
LUZ MAXIMA	4.60m	LONGITUD DOVELAS Y JUNTAS	0.57m /0.02m
TIPO DE ARMADURA	ALAMBRES	TRAYECTORIA DE ARMADURA	RECTA
PESO DE LA PIEZA(kg/ml)	95	ESPESOR MINIMO	0.025m

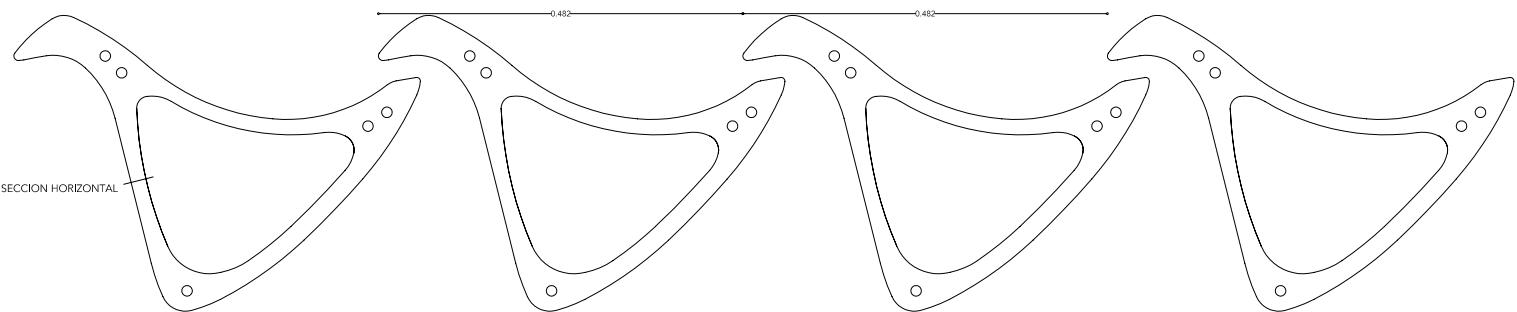


ESTA PIEZA SE APOYA EN EL MURO A TRAVES DE UNA VIGA CONTINUA DE HORMIGON ARMADO. POR DETRÁS DE ESTA VIGA LA PIEZA SE PROLONGA INTERIORMENTE PARA EVITAR EL VUELCO (ACTUALMENTE HA SIDO SUSTITUIDA POR UNA PIEZA PRETENSADA).

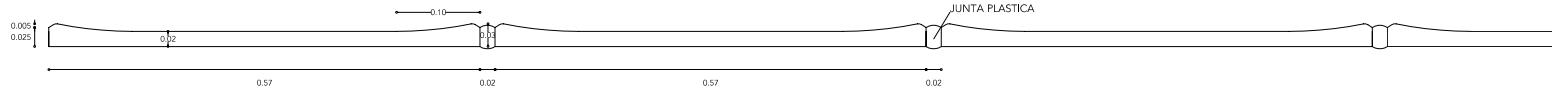
AREA	0.0373m ²	PERIMETRO	2.5785m
RECTANGULO DELIMITADOR		X0.0000 Y0.0000	0.5376m 0.3910m
CENTRO DE GRAVEDAD		X0.2679	Y0.2144m
MOMENTOS DE INERCIA		X0.0021	Y0.0035m ⁴
PRODUCTO DE INERCIA			XY0.0020m ³
RADIOS DE GIRO		X0.2401	Y0.3041m
MOMENTOS PRINCIPALES Y DIRECCIONES PRINCIPALES X-Y		I 0.0004(0.9349,-0.3550)m ³ J0.0008(0.3550,0.9349)m ³	



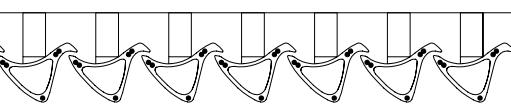
DETALLE DE PIEZA INTERMEDIA (E 1:10)



SECCION HORIZONTAL (E 1:10)

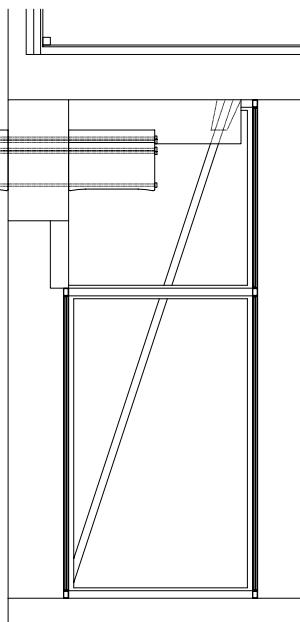


ALZADO INTERIOR (E 1:50)

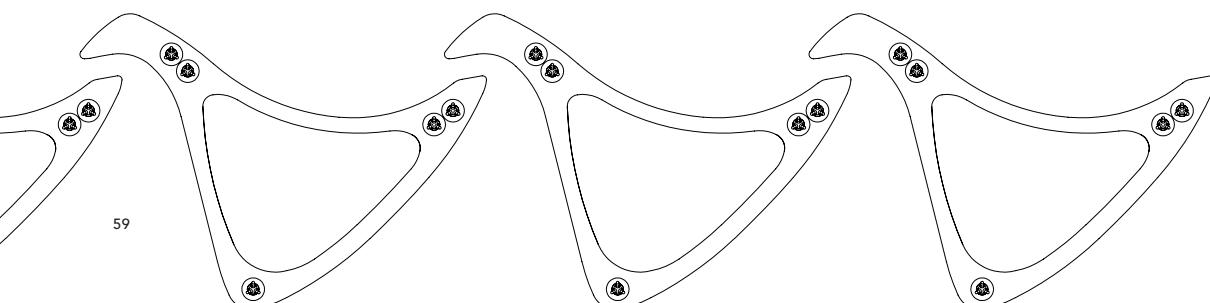


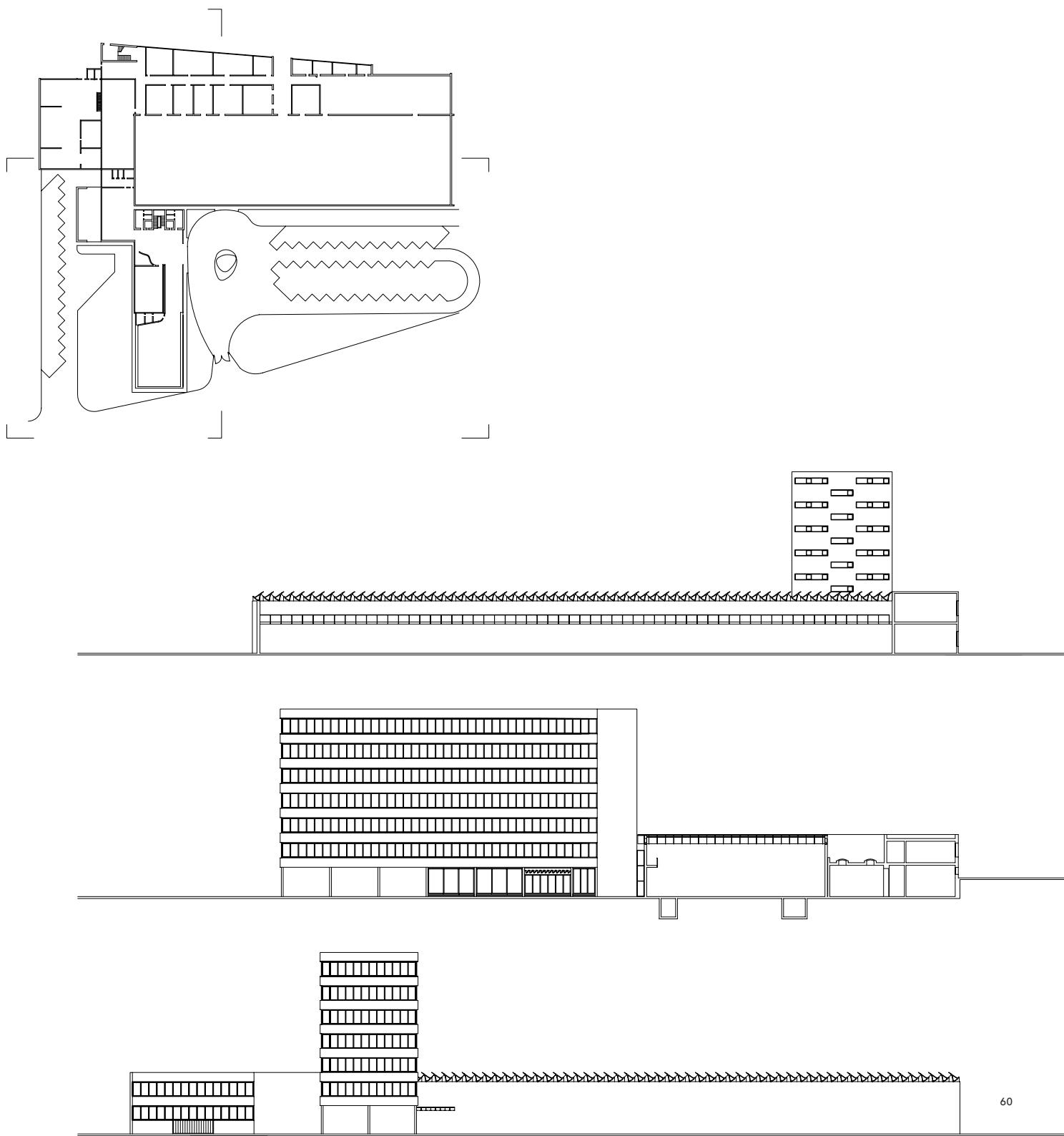
SECCION POR LA ENTRADA (E 1:50)

LA FUERTE TENDENCIA A VOLCAR DE LA ESTRUCTURA ES CONTRARRESTADA POR UNA SERIE DE COSTILLAS DE HORMIGON QUE SE DESCUELGAN DEL FORJADO TAL COMO INDICA EL ALZADO INTERIOR. UNA VEZ SOLUCIONADO ESTE PROBLEMA INICIAL DE ESTABILIDAD SURGE OTRO RELACIONADO CON LA POSIBILIDAD DE CAUSAR LESIONES EN EL PAVIMENTO DE LA PLANTA SUPERIOR. PARA SOLUCIONARLO SE DISPONEN DOS TIRANTES EN DIAGONAL, UNO A CADA LADO DE LA ENTRADA, QUE EVITAN ESTE EFECTO



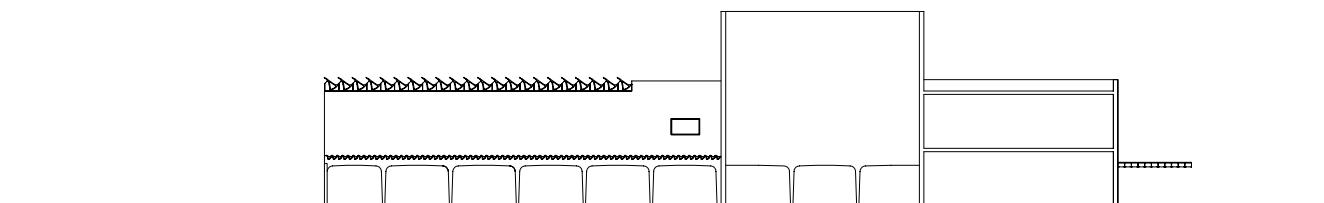
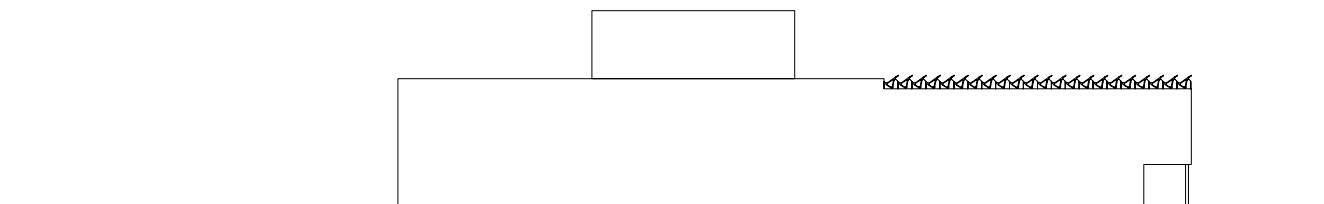
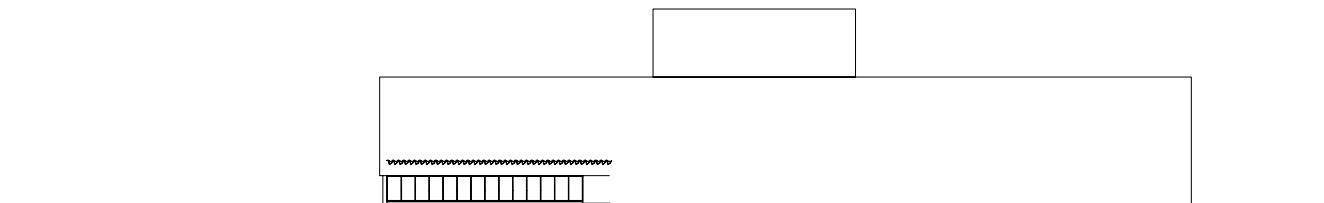
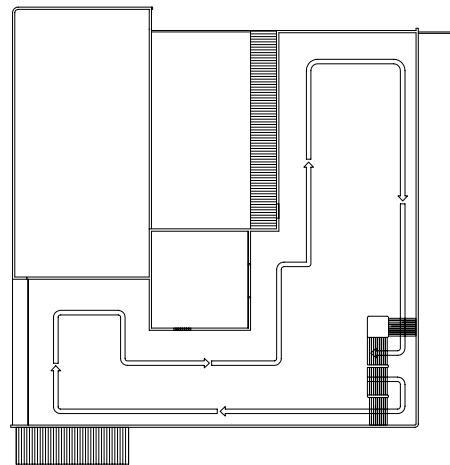
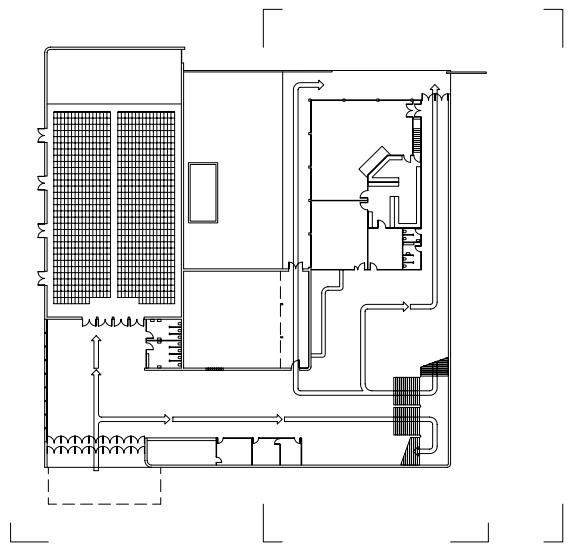
ALZADO EXTERIOR CON CUÑAS DE POSTESADO (E 1:10)





Proyecto de Pabellón español para la Feria Mundial de Nueva York

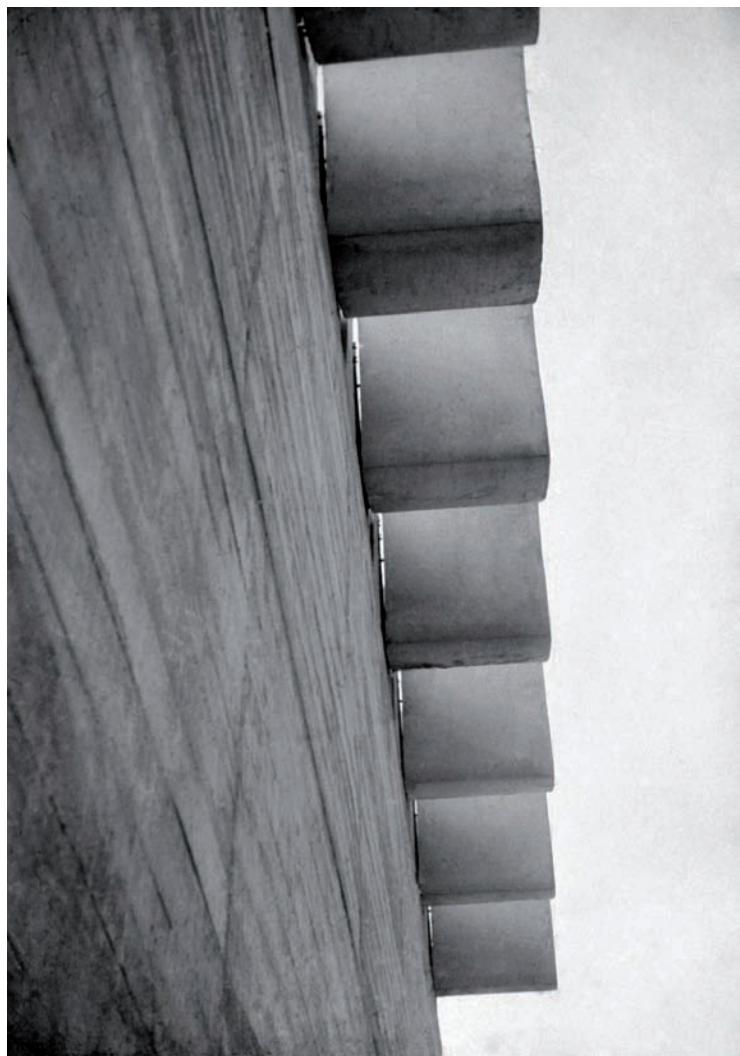
Planta 1:1500 / Alzados 1:750





Centro de Estudios Hidrográficos (Madrid)

En construcción (Archivo Barredo)

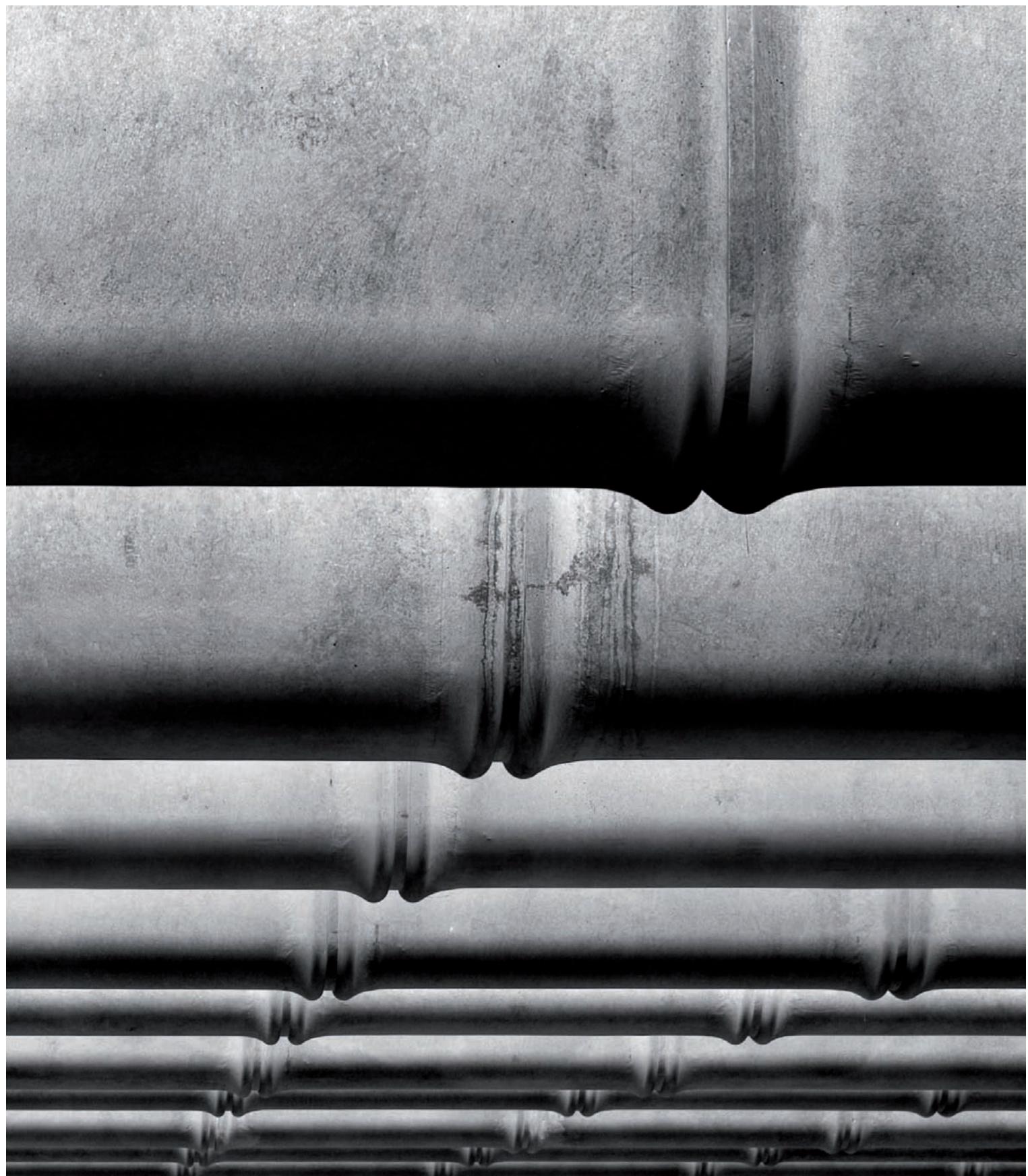


Centro de Estudios Hidrográficos (Madrid)

Estado actual













Estructuras óseas. Vigas-hueso Francisco Arques Soler



EL CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS (1960-63)

"Mi trabajo no es la arquitectura, mi trabajo es la arquitectura como lenguaje, y creo que hay que tener una gramática para tener un lenguaje. Naturalmente se puede usar ese lenguaje para cosas normales y hablar en prosa. Y cuando se es bueno, se habla en una prosa estupenda. Y cuando se es verdaderamente bueno, se puede ser poeta."

Mies van der Rohe, 1955

Estamos habituados a leer la historia y la obra de un arquitecto bajo la perspectiva del estilo¹, como un conjunto de elementos formales que conforman un repertorio y un sistema de soluciones, un vocabulario técnico y morfológico que, ineludiblemente, está ligado a actitudes y contextos cambiantes y que, también ineludiblemente, forma un lenguaje. Un peculiar "lenguaje" que constituye una herramienta necesaria, que surge de la complejidad y la incertidumbre de la existencia del hombre en su tiempo; un campo de categorías que sintetiza un completo sistema perceptivo, emocional e intelectual donde la forma -con respecto al estilo- cumple la función de comunicación entre los distintos sistemas de lenguaje y entre las distintas clases de representación. Por eso, cuando a finales de los años 40 surgen en el panorama internacional los nuevos *slogans* como respuesta a todo lo que las vanguardias de entre guerras parecían haber olvidado -"humanización", atención a los factores psicológicos, empleo expresivo de los materiales, renovado interés por las tradiciones locales e integración con el medio ambiente², no podemos dejar de preguntarnos si existe un carácter, una cualidad, un síntoma con el que podamos definir esta época. Si es lícito etiquetar períodos de la historia por motivos generales o genéricos. Si en un determinado contexto, no conviven simultáneamente distintos estilos, distintos lenguajes, distintas formas de ver el mundo.

Miguel Fisac, por edad y también por convicción, pertenece a la primera generación de arquitectos españoles que no pueden evitar trabajar desde presupuestos relativamente ajenos a los postulados de lo que historiográficamente se considera "vanguardia" o "modernidad". La crítica implícita, que subyace en su obra a los planteamientos más radicales del Movimiento Moderno, lo situarán en una perspectiva post-moderna antes del postmodernismo. Sus obras catalogadas de neo-empiristas, organicistas, o neo-brutalistas -por atenernos a los planteamientos conceptuales que mejor creemos, podrían definir su arquitectura-, son producto de su experiencia personal y de su concepción arquitectónica, pero sobre todo, son producto de una nueva sensibilidad de época, puesta de relieve, por el crítico italiano Bruno Zevi en su libro publicado en el año 1945: *Verso un'architettura organica*. En la arquitectura de Fisac inequívocamente, encontramos una sensibilidad compartida con Asplund, en la búsqueda de las relaciones entre el espacio y el hombre; con Wright, en la asimetría como método compositivo en las plantas, en el interés por el lugar y el paisaje, y en el uso económico y estricto de los materiales; y con las nuevas tendencias nacidas en los años 50, bajo el calificativo de *New Brutalism*³, por el empleo del hormigón visto, el interés por la arquitectura japonesa y las afinidades con las formas de la arquitectura popular. Pero también en Fisac, bajo esa actitud ecléctica, heterodoxa, que no se adapta a criterios pre establecidos de estilos o categorías, encontramos una arquitectura que se aproxima a lo que Alexander llama la

Vista interior de la Nave de Modelos.
Centro de Estudios Hidrográficos (1963).

cualidad sin nombre. Una cualidad –nos dice Alexander– presente en todo lugar a partir de ciertos patrones de acontecimientos que allí ocurren: formas de vida, normas de conducta, hábitos, lo que percibes de la cultura popular⁴.

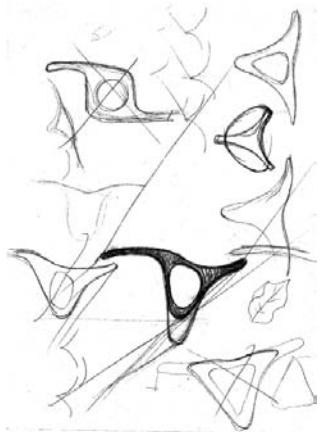
"Más que descubrir nada nuevo, la casa japonesa me confirmó el concepto espacial de la arquitectura llevado a su más radical realización, una estética refinadísima, sobre todo en la ciencia de la colocación de flores; verdadero tratado de filosofía estética y de estética práctica y mi reafirmación en el sentido antropomórfico de la arquitectura adintelada"⁵.

"Existe tal relación de causa a efecto, que su espléndida realización pasa inadvertida para los que, viviendo en La Mancha, no tienen perspectiva para distinguir lo que de singular y específico posee esta depuradísima arquitectura"⁶.

Durante la década de los años 60 mientras una joven generación de arquitectos, entre los que cabría destacar a los *Five Architects* (Peter Eisenman, John Hejduk, Michael Graves, Charles Gwathmey y Richard Meier), proyectaban edificios cúbicos inspirados en la arquitectura racionalista, el Movimiento Moderno entraba en sucesivos períodos críticos y perdía notoriedad ante las nuevas tendencias: postmodernismo, *high-tech* y deconstructivismo. Sin embargo, la condición "humanizada" continuará siendo para Fisac la referencia fundamental de su arquitectura. Es cierto que los postulados del Movimiento Moderno influyen en aspectos que recoge la obra de Fisac, como la esencialidad geométrica o la síntesis constructiva, pero no es menos cierto que, hoy, términos como pureza geométrica, precisión, esencialidad estructural, depuración ornamental, son términos asociados o apropiados por el minimalismo pero que, en rigor, se trata de categorías que en los años 60 ya eran practicadas por Fisac. Estas ideas que el minimalismo ha utilizado como su forma de expresión, como eran la abstracción geométrica, la austereidad o el monocromatismo, están en la base de su arquitectura.

El Centro de Estudios Hidrográficos proyectado en 1960, cuando Fisac tenía 47 años, es un ejemplo clarificador y ejemplificador en este sentido; está en ese momento iniciador, en ese punto de cambio de actitud. En él, todavía podemos reconocer las influencias del Movimiento Moderno en algunos aspectos del Edificio de Oficinas, como la forma prismática de su volumen (eliminando la parada del ascensor en la última planta para evitar el caseton) o el diseño de la fachada, con sus franjas horizontales de clara influencia miesiana, y que constituyen su más significativa condición moderna. Por el contrario, el alzado del edificio de la Nave de Modelos, a caballo entre la estética popular manchega y la serialidad de la "columna sin fin" de Brancusi, nos muestra una arquitectura de mínimos, de síntesis constructiva, donde la resolución formal del encuentro del muro con la viga por medio de la gárgola es acertado y efectivo, no sólo en su aspecto estético sino por la solución estructural que propone, por su eficacia formal, funcional y espacial.

Por eso, este enigmático espacio de la Nave de Modelos de 22x80 metros en planta, felizmente personalizado por su cubierta de vigas postesadas, condensa algunos de los planteamientos más significativos de su autor. En él, nos encontramos un mundo lleno de sensaciones y de ligazones con lo humano y lo natural: la vibración de los peldaños de la escalera, en ménsula, cuando subimos por ella, recordándonos el trepar o andar por las ramas de un ár-



Croquis generativos de Miguel Fisac sobre las vigas-hueso (1961).



Hueso de vaca.



Dovelga de una viga postesada de la nave de Modelos del Centro de Estudios Hidrográficos (1960-63).

bol; su flexibilidad, mostrándonos que es un ser vivo, dejándonos notar su rigidez y a la vez su fragilidad; la sensación plenamente consciente de que estamos actuando sobre el edificio, que lo estamos modificando, haciéndolo vibrar tanto como él a nosotros y que se está estableciendo un vínculo, una reciprocidad... O la visión, desde el interior de un espacio infinito, de un techo de vigas de hormigón que tanto nos recuerda las cañas de bambú, la misma sensación que experimentamos cuando nos ponemos la mano encima de los ojos, para protegernos de la luz directa del sol, y nos permite vislumbrar el horizonte.

La Nave de Modelos constituye un encuentro con el espacio horizontal, con el concepto adintelado, con el silencio imperturbable, sólo roto por un sonido que invade toda la Nave de Ensayos, cuando los saltos de agua de las presas hechos a escala reducida se ensayan. Todo parece relacionarnos y vincularnos con ese sentir de la cultura japonesa (hasta la construcción de las presas a tamaño reducido reproducen ese interior zen de una naturaleza a otra escala, que se aprecia en el *sui-seki* (piedra de agua), que es una tradición milenaria de contemplar piedras tomadas del paisaje, sin manipulación alguna, para recrear paisajes o estados de ánimo). Todo un mundo presidido por la materia (hormigón), por la desnudez del espacio (sólo vestido de luz) y por la técnica (vigas postesadas), que encierra a la propia naturaleza, a una nueva naturaleza abstracta regida por la mano del hombre.

El Centro de Estudios Hidrográficos resulta ser un magnífico ejemplo para entender a Fisac, para comprender el concepto espacial que siempre nos ha querido mostrar con su arquitectura. Por eso, las vigas postesadas que Miguel Fisac diseña para cubrir la Nave de Modelos de 22 metros de luz, surgidas de la adecuación y adaptación a las necesidades del programa arquitectónico, responden a la condición adintelada que tiene la arquitectura. Son algo más que la suma o la superposición de un sistema de pantallas opacas que impiden la iluminación solar directa, de un sistema de recogida de aguas pluviales y de un sistema estructural resistente. Son el resultado de una síntesis constructiva que compendia el sumatorio: parasol+gárgola+viga, obtenida por condensación de todas las exigencias parciales. Pero sobre todo, son el resultado de su concepción de autonomía o independencia formal, de "estabilidad estructural", apuntada por el propio Fisac: en un determinado momento se toma conciencia de que una pieza hueca de hormigón pretensado es una forma estructural arquitectónica independiente, con características propias.⁷

En estas vigas del Centro de Estudios Hidrográficos, el cálculo estructural determina la solución de una forma hueca que permite absorber los esfuerzos de tracción/compresión, una vez definido el tipo estructural y el material (es decir, la estructura adintelada y el hormigón postesado), pero es la visión intuitiva⁸ la que determina la forma definitiva, es el acto de conectar en un abrir y cerrar los ojos elementos cuya relación no es obvia⁹. Esta forma de operar nos muestra una concepción propia en Fisac, ya que la simple coordinación de las exigencias –dadas por el programa arquitectónico– no es capaz por sí misma de ofrecer una solución única y sintética. Ni por deducción, ni por inducción será posible desarrollar una lógica formal creativa. Es necesario un salto cualitativo, propio del descubrimiento, capaz de introducir informaciones latentes y periféricas al problema planteado. Ya que, no hay un sentido legítimo en que la lógica deductiva pueda prescribirnos la forma física¹⁰.

Por eso, pese a los esquemas que Fisac realiza para mostrar que el resultado final es producto de un detallado y analítico proceso proyectivo, la clave de la formalización de las vigas postesadas está en la asociación con las estructuras óseas de los animales. Cada uno de los parámetros que definen el problema (luminíco, pluvial y constructivo) apunta a una solución lógica distinta y contrapuesta; sólo la analogía orgánica le permite asociar de forma convergente esos parámetros. La intervención de la analogía permite ofrecer una sorpresa eficaz, una solución creativa cuya originalidad sería inversamente proporcional a la probabilidad de ocurrencia. Llegar a la solución de las vigas de la nave de Modelos, a través de un método estrictamente lógico, deductivo o inductivo, hubiese resultado abiertamente improbable o extremadamente lento. La lógica nos hace sacar consecuencias de los principios establecidos, de los datos, de las premisas, pero no nos da nuevas premisa ni nuevos primeros principios¹¹. Lo que resulta significativo es el intento legitimador de Fisac, consciente de la vigencia de los presupuestos modernos, al ofrecernos una justificación lógica del proceso proyectivo, a través de gráficos, esquemas y anotaciones. Operando mediante técnicas complejas, asegura una lectura racional y evita, así, un enfrentamiento directo con las contradicciones más características del Movimiento Moderno.

Los huesos son seguramente la estructura más resistente, dura y al mismo tiempo liviana, que ha generado la evolución biológica. Su estructura es el resultado de una red de tejidos cuya solidez no impide apreciar su naturaleza líquida, móvil: su forma visible, y su estructura micro-anatómica desvelan su fluidez, su consistencia, tanto como su adecuación a un juego de fluctuaciones, fuerzas y vibraciones que son las que le otorgan su particular y eficaz morfología. Cuando Fisac, en pleno proceso proyectivo, encuentra la analogía del hueso, no sólo está aplicando un modelo morfológico, sino reconociendo de una forma sorprendente la lógica de la estructura que subyace a ese modelo y que permite, precisamente, su aplicación en contextos totalmente diferentes pero funcionalmente correspondientes.

Fisac desde la percepción y el contacto directo con la obra arquitectónica quiere aproximarnos o, si cabe, introducirnos en una manera de ver y entender, no sólo el mundo de la arquitectura sino todo aquello que rodea, moldea o modela el hombre. Desde su experimentación con las estructuras postesadas y pretensadas, Fisac nos deja el testimonio de una actitud de privilegiar los aspectos constructivos frente a los aspectos del lenguaje, de enfatizar el aspecto del uso frente a la imagen o de propiciar un modo de integración real entre la arquitectura y la industria, que responda a las necesidades de una sociedad de masas. Un modo de construir coherente con nuestros tiempos. Y por eso, pensamos que, Fisac con su arquitectura explora uno de los vacíos evidentes producidos en el panorama internacional a partir de la segunda mitad de siglo XX, por el enfoque mecanicista que parecía desdeñar, si no es que negar activamente, lo que es, ni más ni menos, esencial en los fenómenos de la vida¹². Su obra, bajo este claro interés por las propuestas organicistas -basada en la afirmación un trozo de aire humanizado-, estudia el espacio antropológico del hombre formulado en torno a: la vivencia (relaciones hombre-mundo), la convivencia (relaciones hombre-hombre) y la trascendencia (relaciones hombre-Dios). Todo un mundo fisacquiano que constituye un referente ético y lingüístico de su libre manera de ser y de pensar, del que estas vigas postesadas, bautizadas por el propio Fisac con el nombre de vigas-hueso –por su similitud con las estructuras

óseas de los animales vertebrados-, cobran un protagonismo fundamental en la estética y en la formalización última de su arquitectura.

Por eso, las *vigas-hueso* no pueden ser consideradas sólo como un elemento conceptualmente organicista o notablemente significativo de los principios y planteamientos más originales de la arquitectura de Fisac, sino como una construcción que, desde su precisa adecuación funcional y tecnológica, trasciende la función y la técnica para convertir la Nave de Modelos en un lugar poético. El edificio no sólo existe en el paisaje, sino que lo contiene, como si el sueño del arquitecto norteamericano Frank Lloyd Wright, en su famosa *Casa de la cascada* (Fallingwater, 1935-37), se hubiera finalmente cumplido. La cubierta de la Nave de Modelos se despliega como una membrana orgánica cuya vibrante estructura hace reverberar la conciencia de la naturaleza que la habita. Y, en correspondencia, es la arquitectura la que cobija al paisaje: es la cascada la que en la casa vive.

1. *Llegar a la conclusión de que el estilo es algo que no se puede ni pensar ni imponer sino que lo lleva la obra dentro y muchas veces sin que el autor tenga conciencia de ello. Es para mí un hallazgo importante. Es más, creí y creo que podría definirse como estilo arquitectónico aquella manera de concebir la arquitectura de una época en la cual el proyectista no se plantea el problema del estilo, porque no concibe otra forma distinta de proyectar que como lo hace.* FISAC, Miguel (1957). "Los Estilos", en *Blanco y Negro* nº 2351, 25 mayo. Citado por María Cruz Morales. *La Arquitectura de Miguel Fisac*. Colegio de Arquitectos de Ciudad Real, 1979.

2. TAFURI, Manfredo y DAL CO, Francesco (1978). *Arquitectura Contemporánea*. Madrid. Aguilar.

3. BANHAM, Reyner (1966). *The New Brutalism: ethic or aesthetic*. Londres. Reinhold Publishing Corporation.

4. *Cuando una persona aborda un acto de diseño, lo que hace es totalmente gobernado por el lenguaje de patrones que tiene en su mente en ese momento. Naturalmente, los lenguajes de patrones de cada mente evolucionan constantemente, a medida que se desarrolla la experiencia de esa persona. Pero en el momento específico en que tiene que hacer un diseño, se apoya totalmente en el lenguaje que ha acumulado hasta ese momento. Su acto de diseño o proyecto, sea humilde o gigantescamente complejo, estará totalmente gobernado por los patrones que tiene en su mente en ese momento y por su habilidad para combinar dichos patrones de modo tal que formen un nuevo diseño. Esto se aplica tanto a un gran artista creativo como al más humilde de los constructores. Palladio utilizaba un lenguaje de patrones para hacer sus proyectos. También Frank Lloyd Wright utilizaba un lenguaje de patrones para hacer los suyos. Palladio registró sus patrones en libros, con la idea de que pudieran utilizarlos otras personas. Wright trató de mantener los suyos en secreto, como un maestro cocinero que no divulga sus recetas. Pero esta diferencia no es esencial. Lo que importa es que ambos -y todos los grandes arquitectos que han vivido- tenían sus propios lenguajes de patrones, la condensación de su propia experiencia en forma de reglas empíricas personales, susceptibles de emplearse toda vez que comenzaban a levantar un edificio.* ALEXANDER, Christopher (1981). *El modo intemporal de construir*. Barcelona. Gustavo Gili.

5. FISAC, Miguel (1982). *Carta a mis sobrinos*.

6. FISAC, Miguel (1985). *Arquitectura popular manchega*. Capítulo II. "¿Arquitectura popular Manchega?". *Cuadernos de Estudios Manchegos*, nº 16.

7. FISAC, Miguel (1970). "Vigas huecas pretensadas". *Hormigón y Acero*, nº 94 y 95.

8. *Y por intuitiva no quiero decir instintiva. La intuición es la suma de racionalismo y experiencia.* HADID, Zaha. (1991) *El Croquis*, nº 52.

9. COLOQUOUN, Alan. "Tipología y método de Diseño", en C. Jencks y G. Baird (1962-65). *El significado en Arquitectura*. Madrid. Blume Ediciones, 1975.

10. ALEXANDER, Christopher (1966). *Notes on the synthesis of form*. Edición en castellano: *Ensayo sobre la Síntesis de la Forma*. Buenos Aires. Ediciones Infinito. 1976.

11. UNAMUNO, Miguel de (1970). *Diario íntimo*. Madrid: Alianza Editorial.

12. BERTALANFFY, Ludwig (1968). *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. New York. George Braziller. Edición en castellano: *Teoría General de los sistemas*. México. Fondo de Cultura Económica, 1993.

Barredo

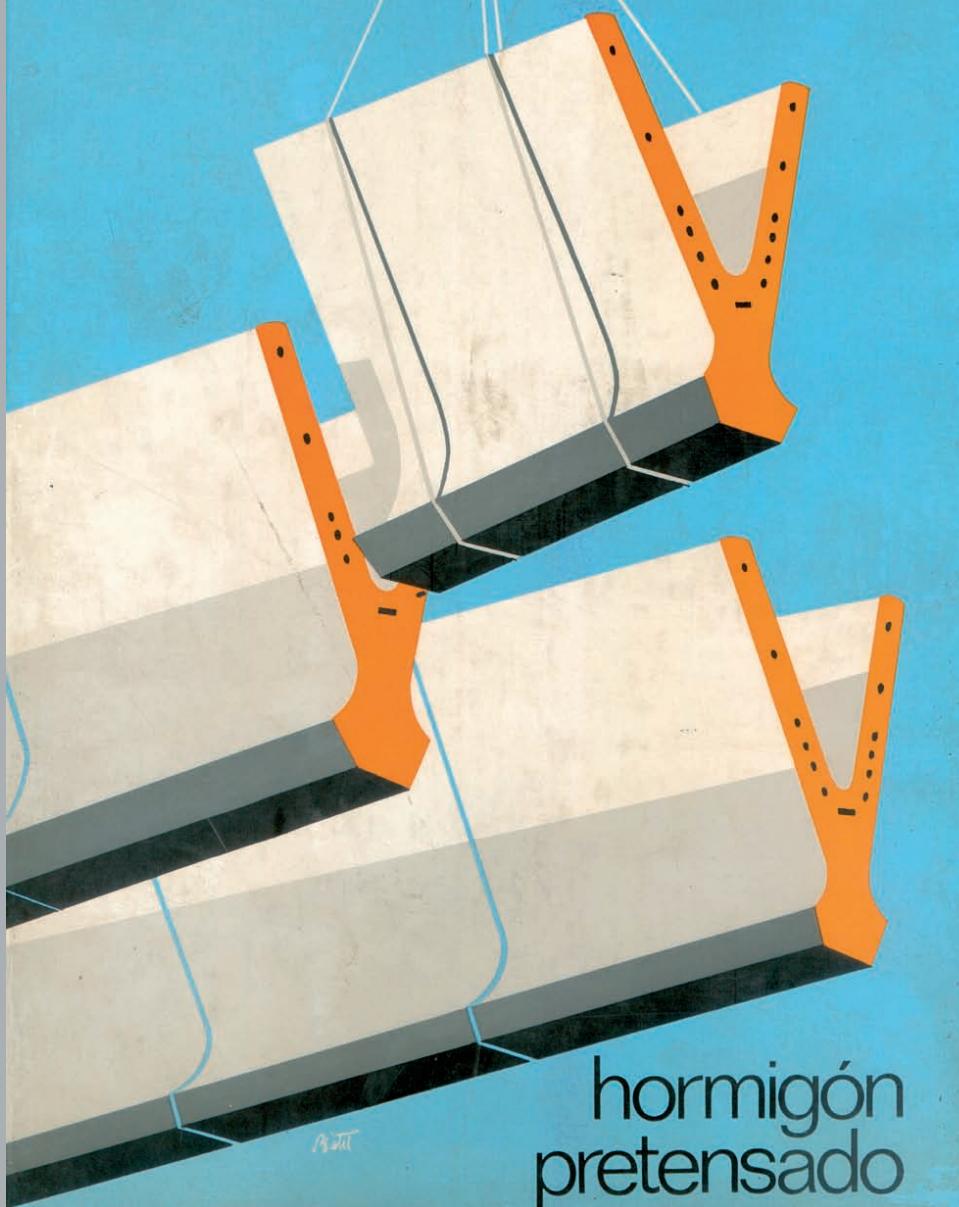
de hormigon pretensado

Fuentes de Archivo 2
Publicidad Barredo

antes el gato...

**...ahora
el
tigre**

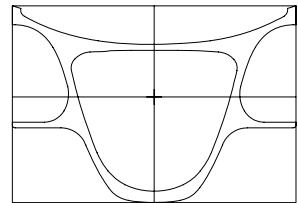
procedimientos Barredo,s.a.



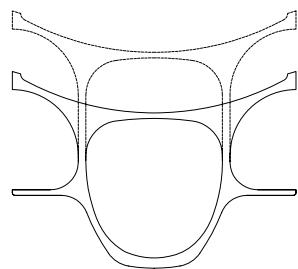
**hormigón
pretensado**

Pieza Valladolid (e 1:10)

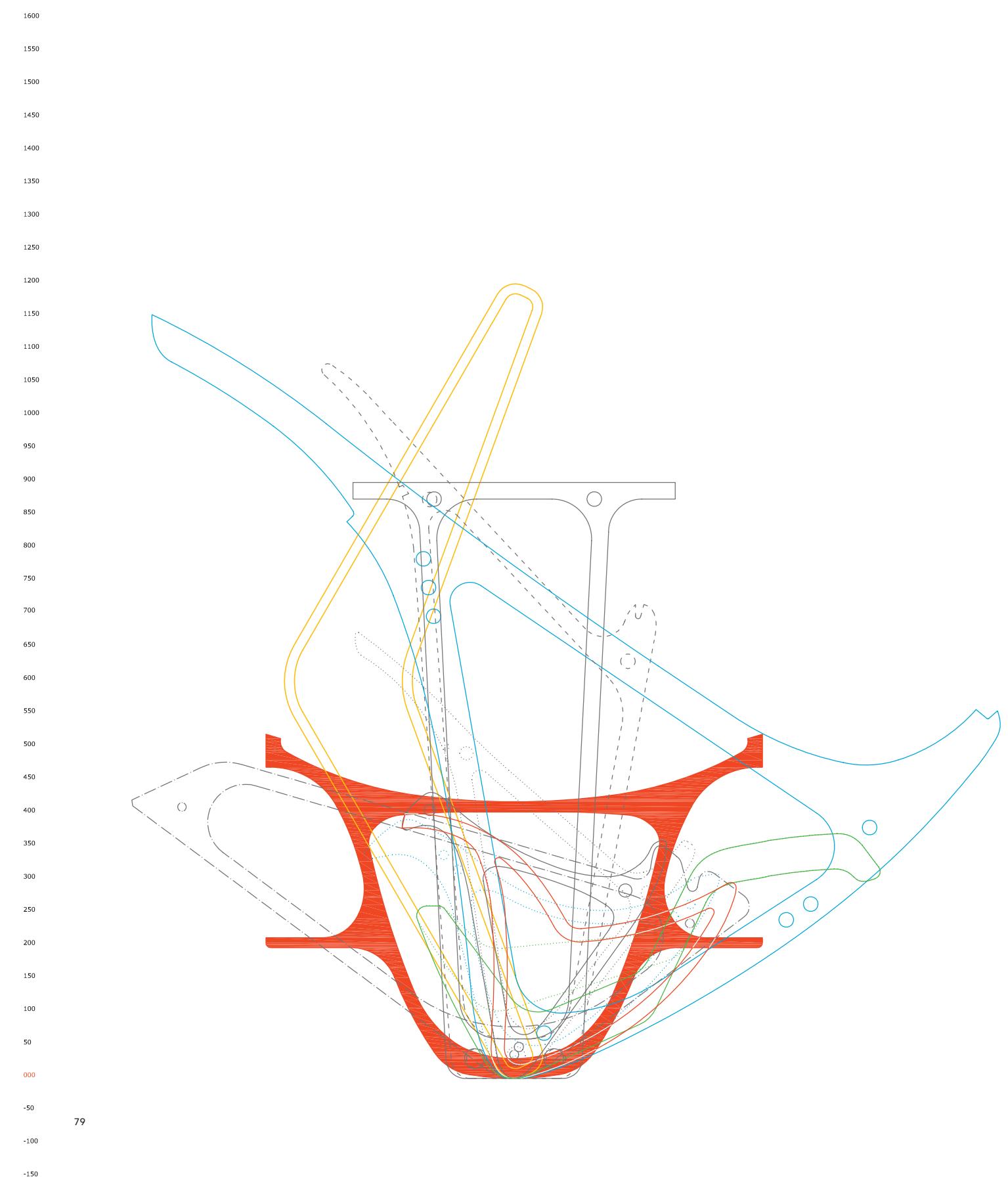
PERIODO DE FABRICACION	1961-68	SIMETRICA	
TIPO DE HORMIGON	PRETENSADO	USO	CUBIERTA/MARQUESINA
ILUMINACION	NO	INTEREJE	0.75m
LUZ MAXIMA	17m	LONGITUD TOTAL MAXIMA	20m
TIPO ARMADURA	ALAMBRE PRETENSADO	TRAYECTORIA DE ARMADURA	RECTA
PESO DE LA PIEZA(kg/ml)	150	ESPESOR MINIMO	0.015m

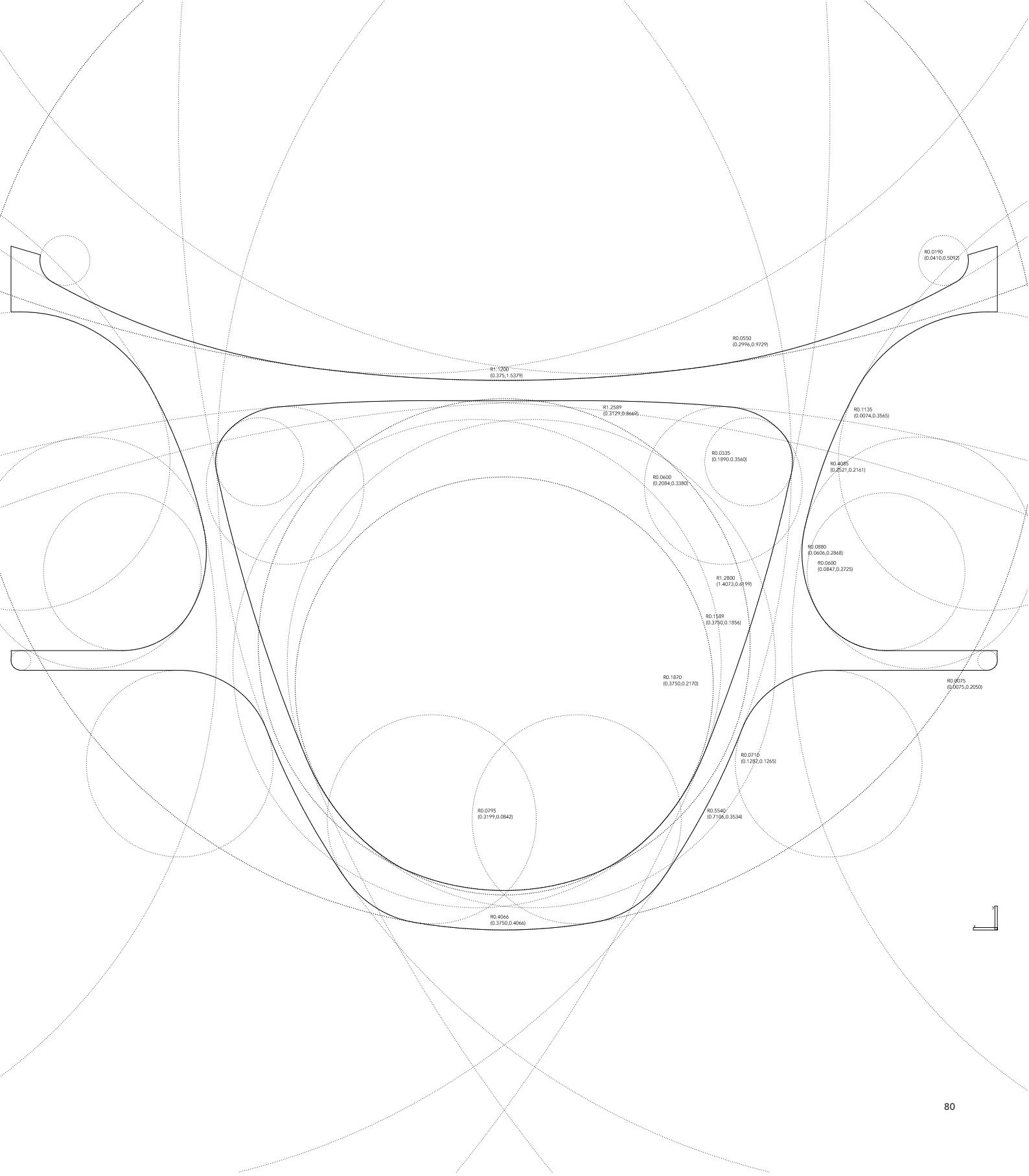


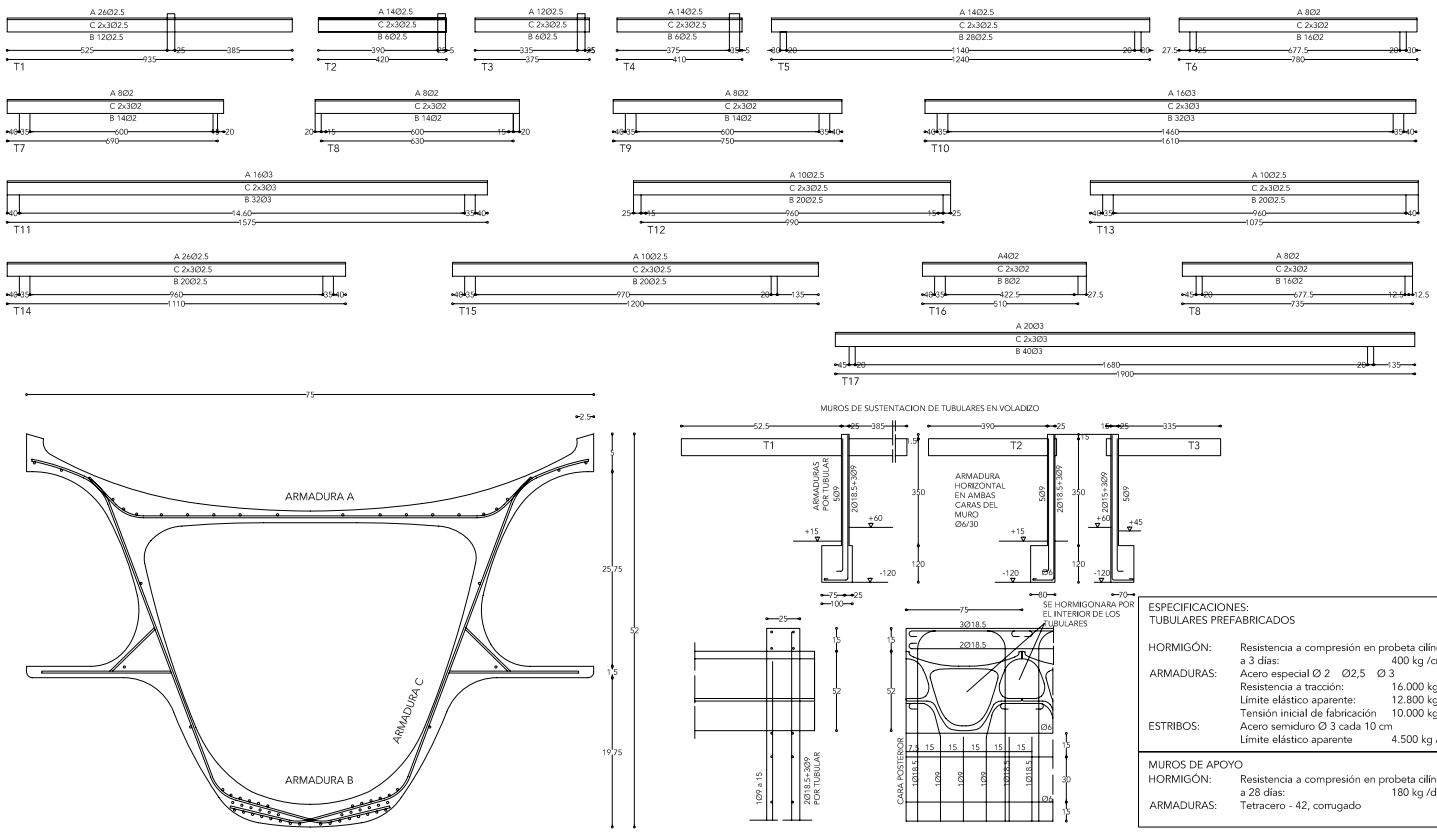
SI BIEN NO ES UNA PIEZA ESPECIALMENTE PENSADA PARA ASUMIR FUNCIONES DE ILUMINACION CENITAL, HAY CASOS EN LOS QUE SE UTILIZA PARA ESTE FIN, YA SEA FORZANDO LA GEOMETRIA DE LAS PIEZAS PARA ABRIR LUCERNARIOS (SANTA ANA Y VALLADOLID) O BIEN ELIMINANDO LAS ALAS "NO ESTRUCTURALES" COMO EN EL CASO DEL COLEGIO DE LA ASUNCION. POR OTRO LADO SU CONCEPCION PRETENSADA LE HACE CARECER DE PIEZA ESPECIAL DE APOYO, EN CONTRAPARTIDA LA CORONACION DE LOS MUROS DE APOYO DEBE ADOPTAR LA FORMA DE SU SILUETA INFERIOR.



AREA	0.0576m ²	PERIMETRO	4.1284m
RECTANGULO DELIMITADOR		X0.0000 Y0.0000	0.7500m 0.5200m
CENTRO DE GRAVEDAD		X0.3750	Y0.2790m
MOMENTOS DE INERCIA		X0.0058	Y0.0107m ⁴
PRODUCTO DE INERCIA			XY0.0060m ³
RADIOS DE GIRO		X0.3185	Y0.4311m
MOMENTOS PRINCIPALES Y DIRECCIONES PRINCIPALES X-Y		I0.0014(1.0000,0.0000)m ³ J0.0026(0.0000,1.0000)m ³	

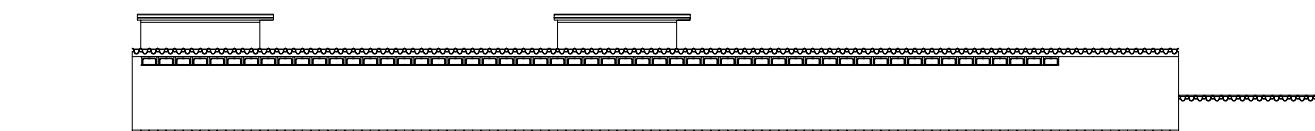
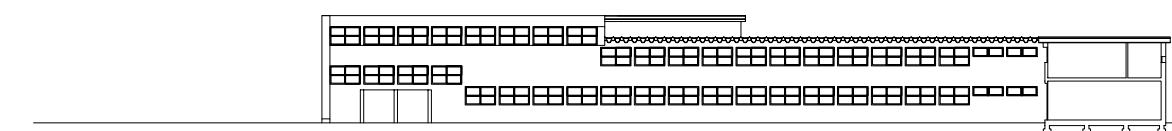
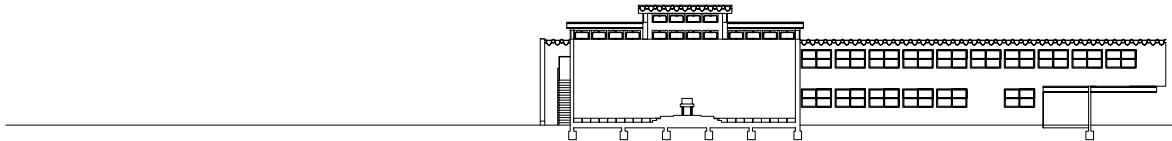
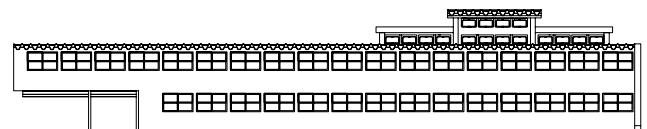
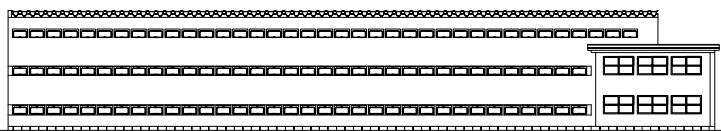
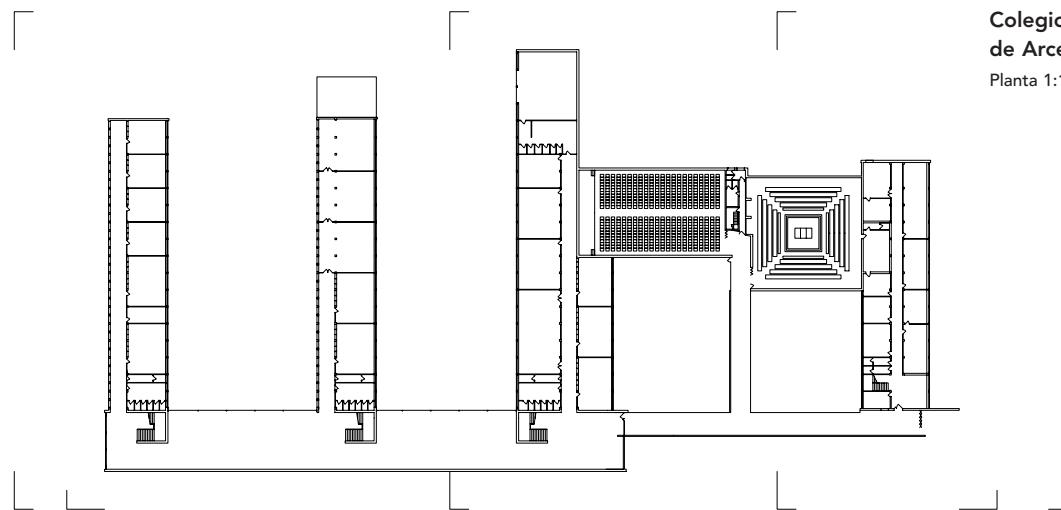






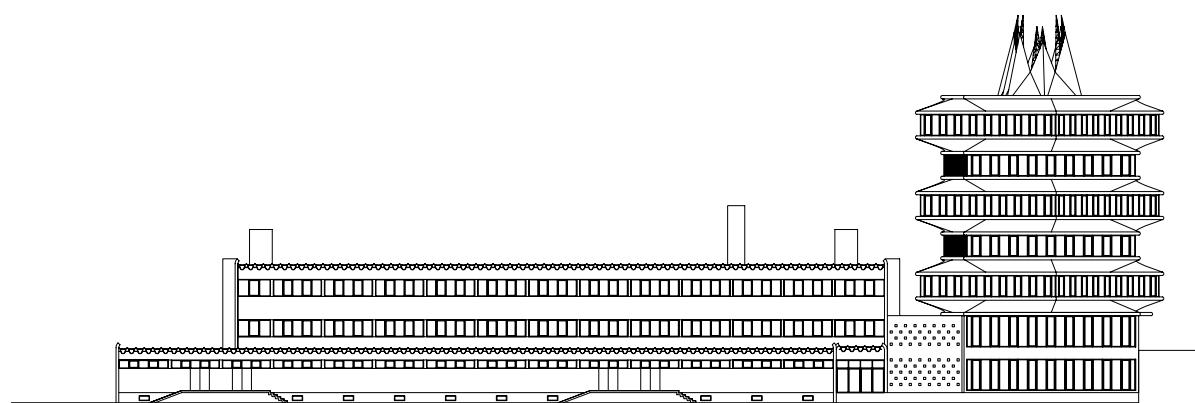
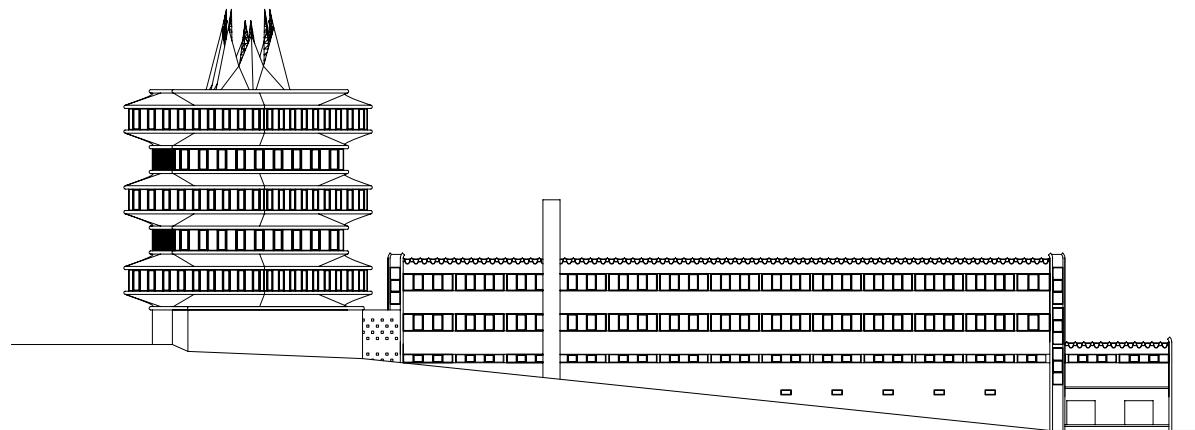
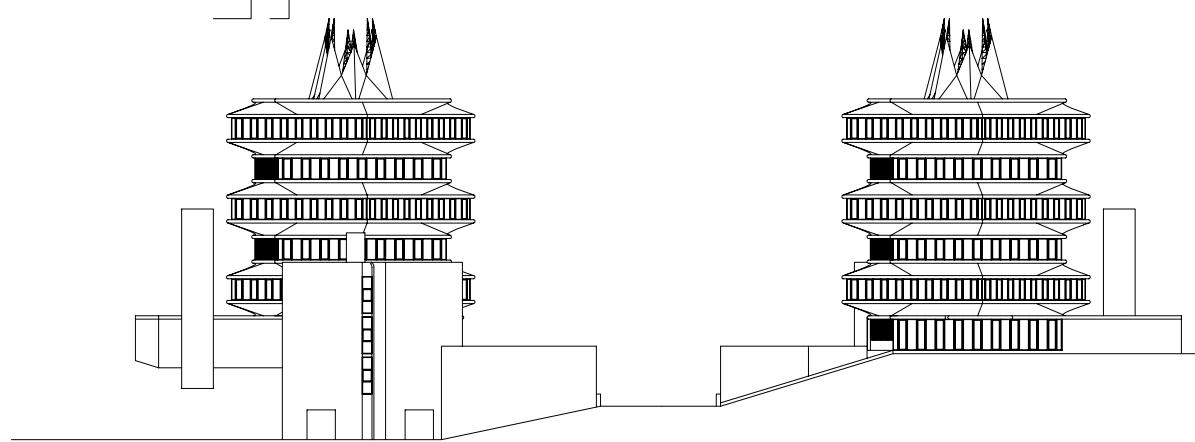
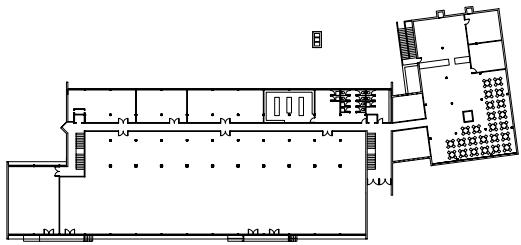
Colegio de enseñanza secundaria Núñez
de Arce (Valladolid)

Planta 1:1500 / Alzados 1:750



Laboratorios Jorba (Madrid)

Planta 1:1500 / Alzados 1:750



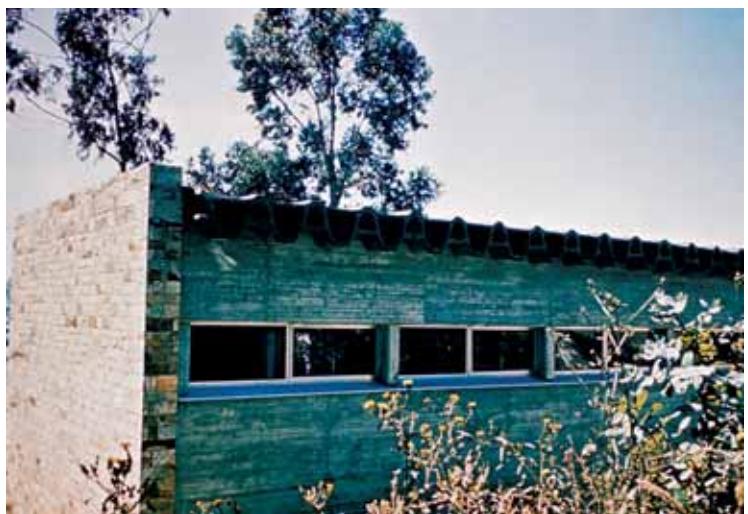
Colegio de Educación secundaria (Valencia)

En construcción (Archivo Peiró)



Colegio Santa María del Mar (Coruña)

En construcción (Archivo Peiró)





Colegio de la Asunción Cuesta Blanca (Madrid)

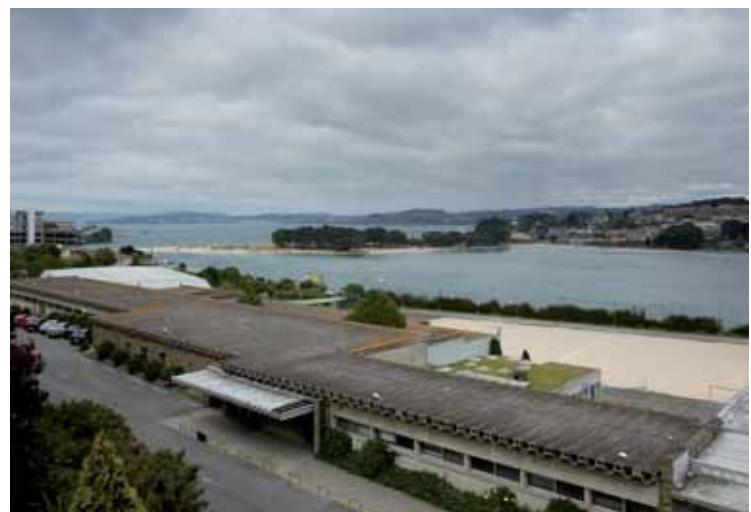
Estado actual

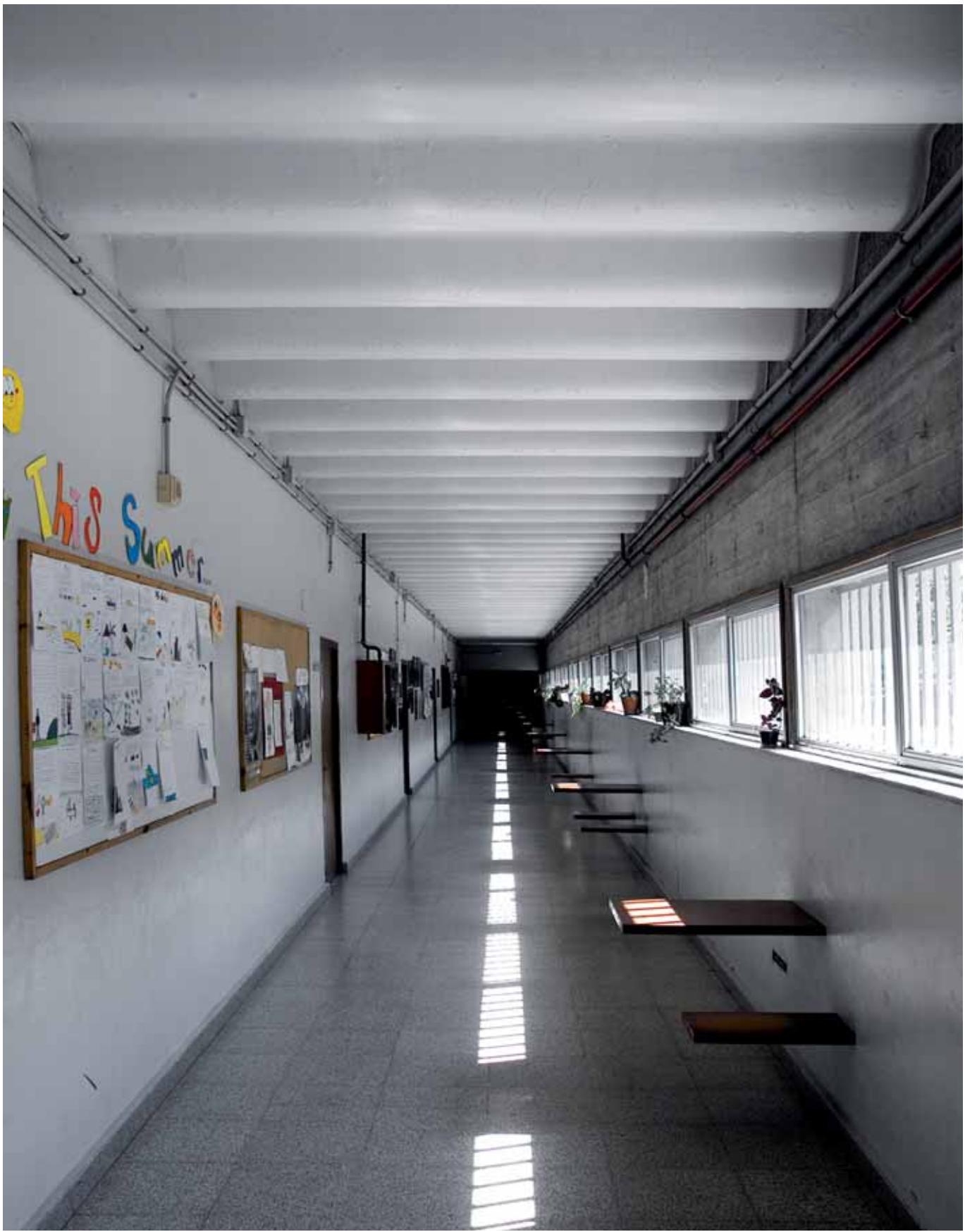






Colegio Santa María del Mar (Coruña)
Estado actual







Parroquia de Santa Ana (Madrid)

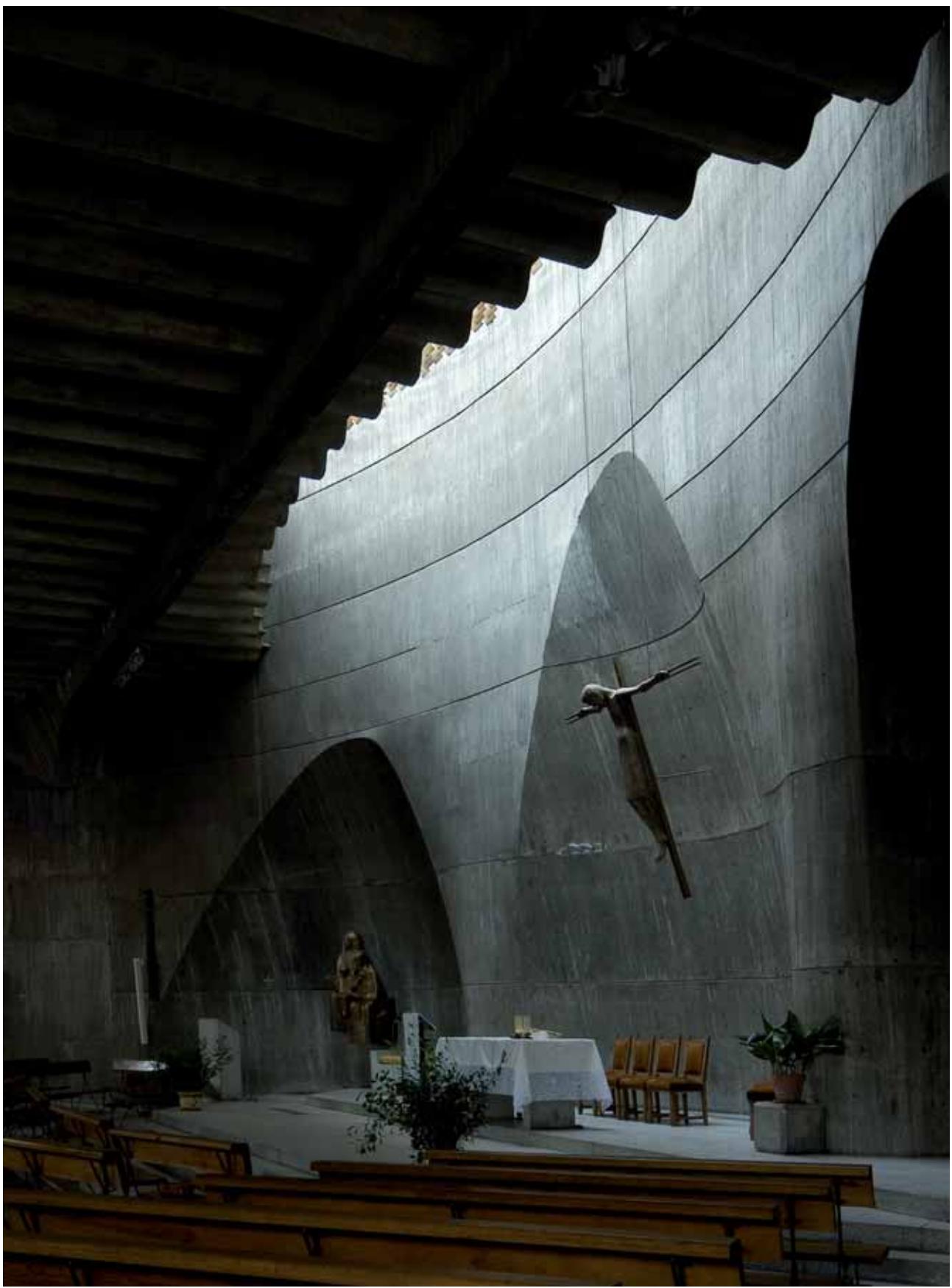
En construcción (Archivo Fisac)





Parroquia de Santa Ana (Madrid)

Estado actual



Entendiendo a Fisac Daniel Villalobos Alonso



EL INSTITUTO NÚÑEZ DE ARCE EN VALLADOLID COMO ACTITUD Y RESPUESTA AL PROBLEMA DE LA CIUDAD MONUMENTAL

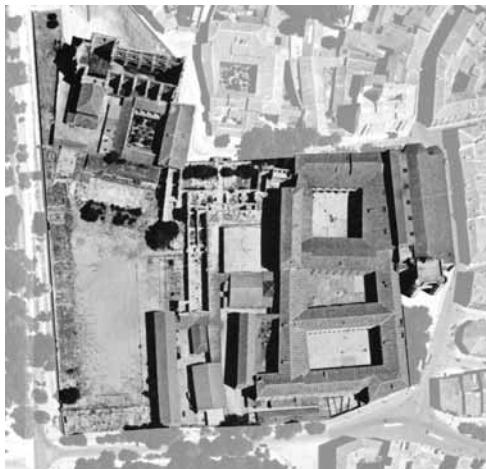
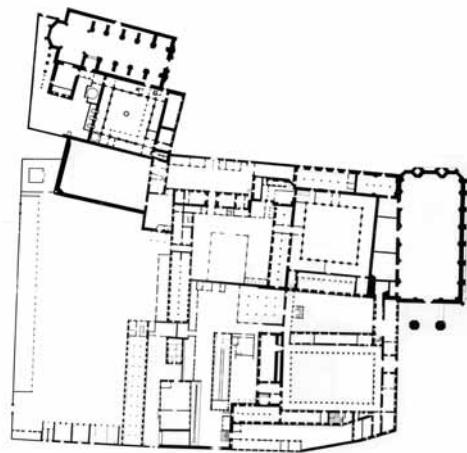
Lo común en los análisis más lúcidos de la obra de Fisac atiende a su aportación audaz, reiterada y decidida a lo largo de toda su obra, sobre el campo de las estructuras de hormigón tanto postensadas y pretensadas como a sus innovaciones en sus propuestas de encofrados flexibles.¹

La presente investigación atiende de modo preferente y con criterios acertados a esta cuestión reflejada en sus proyectos. Éste es el motivo por el cuál el Instituto Núñez de Arce de 1961 en Valladolid ocupa una situación relevante en la trayectoria de su obra. Es en la cubierta de este edificio donde experimenta por primera vez el empleo de estructura pretensada de hormigón, con sección en forma de "huesos", con los que resuelve a su vez la estructura, su cubierta y el vertido de aguas. Miguel Fisac recordaba con frustración, pocos meses antes de su muerte, los avatares de la ejecución de esta innovadora obra que terminaron con la sustitución a principios de los años ochenta de la estructura proyectada, e inicialmente montada, por problemas de filtraciones de agua entre sus juntas derivados de una mala ejecución. Pese al fracaso de la solución en esta obra, no existe duda de su idoneidad ya que cabe recordar que con este mismo sistema proyectó y construyó con acierto el Colegio de los Padres Jesuitas de la Coruña (1962-64) (fig.1), y en Madrid el Centro Parroquial de Santa Ana (1965-66), el Colegio de la Asunción (1965), los desaparecidos Laboratorios Jorba (1965-68) y el Centro de Cálculo Electrónico IBM (1966-67)².

Sobre este mismo edificio de Valladolid tratamos en otro texto publicado en el año 2006, "El Instituto Núñez de Arce de Miguel Fisac".³ En aquel trabajo estudiamos las condiciones de su encargo, la solución estructural y constructiva adoptada en relación a las condiciones funcionales requeridas, la cuestión de la patente de sus "huesos", incluyendo montajes fotográficos de su anhelado estado inicial. Recordando los trabajos estructurales y patentes que fueron explicados por Fisac y bien acogidos en su Ponencia presentada en 1982 en el Congreso de la FIP de Estocolmo, y al hilo de todas estas premisas relativas a sus trabajos en la profundización en el uso del hormigón armado, la obra de Fisac se pudiera poner junto a las de Félix Candela, Pier Luigi Nervi, o Eduardo Torroja, en una posición desde donde se apoyó una tesis de un funcionalismo tecnológico. En esa publicación llegamos a perfilar rasgos importantes de su personalidad arquitectónica más allá de la trascendencia tecnológica de sus investigaciones. Un segundo análisis que presentamos en este trabajo, nos define una personalidad arquitectónica que entonces únicamente intuíamos, no sólo mucho más compleja y comprometida con una idea de arquitectura funcional y tecnológica, sino con su inclusión en un debate teórico y práctico siempre evitado por toda la modernidad: la "querella" entre arquitectura moderna y ciudad monumental.

El citado artículo sobre el Instituto Núñez de Arce se lo presentamos a Miguel Fisac, y aunque varias veces nos había descrito todo lo que recordaba sobre este tema, en esa última oportunidad de una charla con él se refirió a las condiciones del lugar en el que se había concebido el edificio, explicándonos que "había proyectado la planta general de tal forma que varias de las crujías del Instituto se apoyaran en los muros del entonces Cuartel del Regimiento de Artillería". Entonces no entendimos esta explicación y repasando la documentación existente tampoco pudimos justificar sus afirmaciones en un edificio que en la actualidad y aparentemente se proyectó dentro de la trama urbana pero de modo aislado.

Fig. 1. Pieza Valladolid. Colegio Santa María del Mar (Coruña), estado actual.



Son cinco los documentos estudiados a partir de entonces, varios inéditos, que hacen que ahora sí que podamos entender en toda su profundidad y compromiso urbano el proyecto que realizó en 1961 según el encargo del entonces Ministro de Educación Jesús Rubio. 1º) Varios planos del Monasterio de San Benito el Real; conjunto entonces ocupado por los Regimientos de Artillería e Infantería, de cuya parcela inicial el Ministerio de Defensa cedió una parte de la superficie que ocupaban sus huertas para la construcción del nuevo instituto;⁴ 2º) Foto aérea de Valladolid tomada entre 1956 y 1961 en la que claramente se ve el estado en el que se encontraban los restos de este conjunto monástico en el momento de la redacción del proyecto;⁵ 3º) Análisis de la documentación del Plan Cort y su modificación en el Proyecto de Reforma de Alineaciones de 1950;⁶ 4º) Texto de Miguel Fisac: *La Molécula Urbana. Una propuesta para la ciudad del futuro;*⁷ y 5º) Boceto de proyecto de Miguel Fisac del acceso al Instituto.⁸

Nuestra atención se desvía así, de la importancia estructural del edificio al problema de su enclave dentro de la trama de la ciudad. La situación de la macro-manzana monástica de San Benito y San Agustín, desamortizada en 1837, nos la muestran estos dos planos que gráficamente unimos, ofreciéndonos el estado que en 1933 tenían los entonces cuarteles (fig. 2). Estado en el que se habían respetado las "trazas universales" que en 1582 dio el arquitecto clasicista Juan de Ribero Rada,⁹ similar a su situación urbana datada en 1738.¹⁰ (fig. 3). La circunstancias en que encontró Fisac el solar de intervención, analizando la foto aérea citada, únicamente varía en la desaparición tras la guerra de las edificaciones añadidas y adosadas a los muros oeste y sur del cuartel (fig. 4).

La puesta en el solar de su proyecto mantiene un doble criterio. En un primer nivel de análisis de la organización de la planta, la zona de edificaciones singulares: capilla, administración, acceso y salón de actos se ordenan en la esquina sur-oeste a lo largo de dos pequeños patios articulados por una marquesina quebrada. Asimismo, la zona correspondiente a las tres galerías de aulas se ordena en "peine" con la mejor orientación de la parcela, este-oeste. Lógicamente la misma que utilizó Ribero Rada en las crujías dominantes de su traza. Sin embargo, aunque los bloques de aulas aparecen con rasgos funcionales rígidos y aparentemente independientes de las crujías hacia el oeste del Monasterio, utilizan sus muros para cerrar ese peine (fig. 5). De

Fig. 2. Planta del Monasterio de San Benito el Real y del Convento de San Agustín de Valladolid, en 1933. (D. Villalobos)

Fig. 4. Foto aérea del Monasterio de San Benito el Real y del Convento de San Agustín de Valladolid, 1956-1961.

Fig. 3. Plano de Valladolid 1606-1738. Detalle del convento de San Benito. (D. Villalobos)

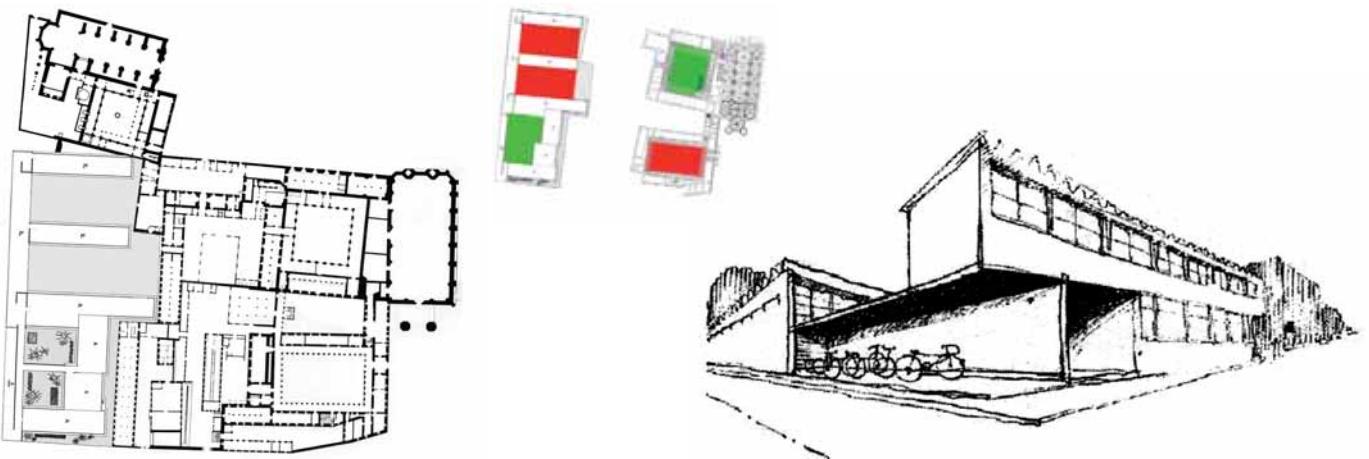


Fig. 5. Planta general del Instituto Núñez de Arce de Valladolid, montada sobre la planta del Monasterio de San Benito el Real y del Convento de San Agustín. (D. Villalobos)

Fig. 6. Relaciones entre los claustros del Monasterio de San Benito el Real y los patios del Instituto Núñez de Arce, en Valladolid. (D. Villalobos)

Fig. 7. Miguel Fisac. Instituto Núñez de Arce. Valladolid, 1961. Acceso desde la Plaza de Poniente y fachada al Paseo de Isabel la Católica. Boceto de proyecto. (Dibujo de Marta Escribano)

este modo se convierte el espacio abierto entre las aulas en auténticos patios con proporciones y relaciones formales entre sus partes similares a las existentes entre los claustros clasicistas proyectados en 1582 (fig. 6).

De este modo, todos estos datos y su análisis conjunto en la desaparecida situación real de ellos nos informan, sin ninguna duda, de que Fisac siguió la estructura formal de la traza de Riberor Rada como inspiración de su proyecto y que además utilizó el conjunto de su edificio en un difícil diálogo atemporal para cerrar, cosiendo formalmente sus partes a las contiguas del monasterio, una de las manzanas más complejas de la ciudad monumental de Valladolid. Ahora sí que entendemos su explicación en la que nos contaba cómo “había proyectado la planta general de tal forma que varias de las crujías del Instituto se apoyaran en los muros del entonces Cuartel del Regimiento de Artillería”. Los principios que nos pone de manifiesto son los de adaptación y convivencia en contra de los de imposición e independencia que parecían surgir de un análisis superficial del edificio. Esta postura antimoderna radicalmente contraria en el sentido de la Carta de Atenas, la expuso Fisac en 1975 en su Ponencia de la UIA, en la que descalificó el enunciado de Le Corbusier, e hizo una crítica muy dura al Movimiento Moderno; exposición que fue pateada por la mayor parte de los arquitectos presentes en el Congreso.

Tenemos constancia teórica de esta idea de urbanismo de “tercera vía”. En su libro *La Molécula Urbana* redactado en 1965, cuatro años después de que comenzara a proyectar el Instituto Núñez de Arce, Miguel Fisac desarrolla un análisis crítico del urbanismo moderno desde la publicación en 1917 de “La ciudad industrial” de Tony Garnier, hasta la entonces situación actual, con las experiencias de Gropius, Le Corbusier, Mies, Hilberseimer, entre otros, repasando las utopías de Fourier, Howard... etc. para proponer una, asimismo utópica, red de Moléculas Urbanas dentro de lo que él llamó “una convivencia socializada”.

Entre el análisis inicial del estado de la cuestión y su propuesta urbana, incide en el problema que estamos estudiando y que trató de modo práctico en el proyecto del Instituto Núñez de Arce, el de los factores monumentales de la ciudad, y la actitud que frente a ellos la modernidad debería tomar. En este texto, en su segunda parte, analizó los obstáculos en la

intervención dentro de los centros monumentales de las ciudades. Frente a las posturas antitéticas de “disecar” la ciudad monumental o “destruirla”, optó por una tercera vía, la de adaptarla en su crecimiento para lo que se exige una exquisita sensibilidad de los ejecutores y una gran educación ciudadana. Leamos estas ideas:

“El paso de los siglos por la ciudad han ido dejando en muchos casos testimonios singulares, tanto espaciales: plazas, calles, paseos, jardines, etc., como arquitectónicos: iglesias, palacios, monumentos que sería un crimen estúpido destruir. Ante una ciudad monumental se ha planteado el dilema urbanístico de estatificarla, pararla, disecarla, para ser presentada como un objeto de museo, o bien ir más o menos lentamente, incorporándola a la vida actual, con el peligro, claro está, de ir destruyendo en realidad sus valores arqueológicos. Creo sinceramente que estas dos actitudes son equivocadas y la única forma correcta de acometer con seriedad el problema urbanístico de una ciudad monumental es estudiar y jerarquizar con valentía sus factores constitutivos y ordenarlos después con arreglo a esa jerarquía. Claro está que ese estudio y jerarquía de factores es siempre una labor subjetiva de criterio y también de sensibilidad del urbanista. Los problemas estéticos de estas puestas a punto de la antigua ciudad exigen un tratamiento museográfico de la más exquisita sensibilidad y sus ambientaciones de convivencia una educación ciudadana excepcionalmente culta. Todo lo cual no hace suponer unas perspectivas muy optimistas para nuestras ciudades monumentales. Y quiero advertir que, con ser dolorosas las pérdidas de los valores monumentales de nuestras ciudades por dejadez y abandono, temo más aún a las restauraciones y puestas a punto, hechas con torpes criterios arqueológicos y urbanísticos.”¹¹

Para la continuación en un segundo nivel de análisis, y siguiendo analizando la planta del Instituto Núñez de Arce montada sobre la traza del Monasterio de San Benito y Convento de San Agustín, nuestra atención se centra en el encuentro de la tercera crujía de aulas, la norte, con el claustro de la iglesia de San Agustín. Su cercanía acuñada, y la orientación en continuación a la fachada norte del convento de San Benito, nos presenta la opción de segregar la manzana de San Benito y de San Agustín mediante la apertura de una calle que desembocaría perpendicular al río Pisuerga. Calle cuya nueva fachada sería el muro norte del Instituto, y para lo cual se derribaría el claustro de San Agustín; cuestión que finalmente se llevó a término para definir la actual calle Encarnación. Esta última evidencia formal del proyecto de Miguel Fisac parece responder a lo que anteriormente explicaba como una “valiente” idea jerárquica de intervención, jerarquía de factores siempre subjetiva de criterio y de sensibilidad urbanística. En este caso desconocemos si el criterio de esta opción urbana lo compartió Miguel Fisac, lo cierto es que la elección ya había sido tomada en 1939 con la aprobación por el Ayuntamiento de Valladolid del Plan de Ensanche y Reforma Interior redactado por el arquitecto César Cort.¹²

En el Plan Cort, teóricamente vigente hasta 1969, se proyectaba esta nueva calle abierta sobre el claustro de San Agustín que vendría a constituir la Gran Vía de Valladolid, llamada del Rosario. En su prolongación se construiría uno de los tres puentes previstos en el plan sobre el río Pisuerga, que enlazaría con el ensanche en la Huerta del Rey terminando en un Gran edificio destinado a escuela en el lugar que ahora ocupa el barrio Girón, sobre cuya colina se erigiría un gran parque de recreo. La Gran Vía, rasgando el origen medieval de la ciudad, la Plaza de Rosillo, enlazaría con la salida de la ciudad hacia Segovia.¹³

Sin embargo este puente no llegó a construirse y la Gran Vía del Rosario prevista por César Cort quedó frustrada con el Proyecto de Reforma de Alineaciones de 1950, donde se anulaba, entre otras, la construcción del puente en la prolongación de la Gran Vía. Fue sustituido por otro situado en la Plaza del Poniente,¹⁴ en cuya prolongación se situó la fachada sur del Instituto, en la esquina donde Miguel Fisac proyecta el acceso al edificio (fig. 7).

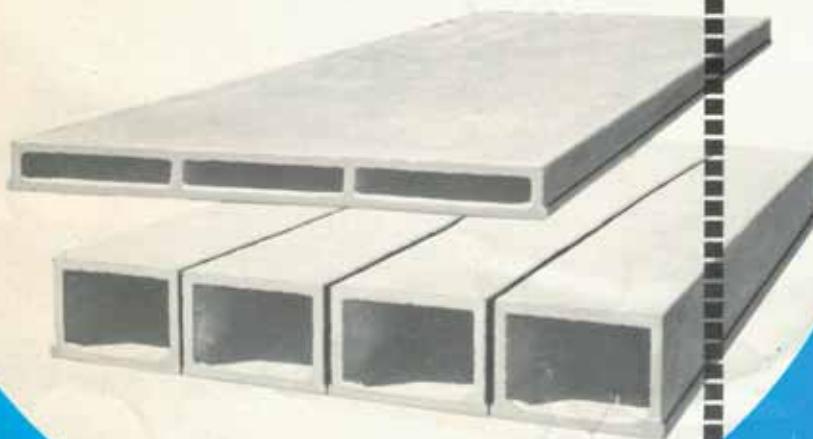
¿Dónde terminaron los intereses arquitectónicos de Miguel Fisac? Ahora ante nosotros se abre la posibilidad de un análisis pocas veces acometido en su obra: las condiciones del lugar. Su carácter creativo no se cerró en la arquitectura, ni mucho menos, dentro de ella, en los temas tecnológicos. Ahora, y desgraciadamente tras su muerte, estamos empezando a comprender a Fisac.

1. El primer proyecto donde se incluye un tipo de estructuras prefabricadas de hormigón lo proyecta y construye en 1959 para el edificio de los Laboratorios Made, definiendo, con estas piezas de lámina plegada de hormigón, una marquesina en su acceso. Anteriormente en 1950 lo utilizó, con encofrado *in situ*, en el pórtico para el edificio SEAT, en Puerto Franco, Barcelona, y de modo secuencial en 1952 había experimentado sus cualidades plásticas de inspiración nórdica en los pórticos del patio del Colegio Apostólico de PP. Dominicos en Las Arcas Reales de Valladolid. Sobre estas obras véase con carácter general, Francisco Arques Soler: *Miguel Fisac*. Ed. Pronaos. Madrid, 1966. pp. 60 a 61, 85 a 89 y 150 a 151.
2. No solamente se utilizó el sistema en la solución de cubiertas. En 1967, en la fachada para el Edificio I.B.M. del paseo de la Castellana en Madrid, Miguel Fisac empleó un sistema prefabricado que con una sola sección de hormigón prestensado solucionó todo el cerramiento del edificio. En 2003 se concluyó su último edificio, el Polideportivo de Getafe, junto con F. Sánchez-Mora, B. Aleixandre, S. González y L. Oro, proyectado con cubierta solucionada mediante seis vigas prefabricadas de hormigón pretensado de 4 metros de ancho y 41 de largo.
3. Ver sobre estos temas el trabajo citado en, Daniel Villalobos (ed. a cargo de): *Doce edificios de arquitectura moderna en Valladolid*. Ed. Universidad de Valladolid y otros. Valladolid, 2006.. pp. 91 a 103.
4. Archivo de la Comandancia de Obras de la SUIGE 4 de Valladolid, dos planos de 1933 correspondientes a la Planta Baja de los Cuarteles ocupados por el Regimiento de Artillería y Regimiento de Infantería. Agradecemos a Emilio Pérez García el habernos facilitado estos dos documentos.
5. Archivo Municipal del Ayuntamiento de Valladolid, Foto aérea sin datar que nosotros fechamos entre 1956 y 1961 y que pudiera corresponder al llamado vuelo americano realizado entre 1956-57.
6. Archivo Municipal del Ayuntamiento de Valladolid, Planos General y General del Ensanche y Reforma Interior, Valladolid. Cesar Cort., 1939.
7. Miguel Fisac: *Molécula Urbana. Una propuesta para la ciudad del futuro*. Ed. Epesa. Madrid, 1969. Redacción: 1965.
8. Miguel Fisac: Dibujo en perspectiva (Boceto) del acceso al Instituto, realizado por Marta Escribano bajo supervisión de Miguel Fisac y donada a Gabriel Gallegos y Primitivo González, depositada en su colección particular.
9. Véase, Javier Rivera: "Iglesia y Monasterio de San Benito el Real". Ficha 7 de, J. Carlos Arnuncio: *Guía de Arquitectura de Valladolid*. Ed. IV Centenario. Valladolid, 1996. pp. 38 y 39.
10. Daniel Villalobos: *Plano de la Ciudad de Valladolid. 1606-1738*. (a cuatro tintas, 138 x 97 cm.), Ed. Junta de Castilla y León. Valladolid. 1992.
11. Miguel Fisac: *Molécula Urbana. Op. cit.* pp. 78 y 79.
12. Véase, A. Font Arellano: *Valladolid. Procesos y Formas de Crecimiento Urbano*. Ed. Delegación COAM. Valladolid, 1976. Tomo I. pp. 139 a 149.
13. La Gran Vía enlazaría la actuales calles de la Encarnación, Doctor Cazalla, San Blas, Esgueva, Duque de Lerma, Librería, Alonso Pesquera y Labradores para conectar, tras el paso del túnel bajo las vías férreas, con la salida hacia Segovia.
14. El puente llamado Vicente Mortes, o de González Regueral, toma éste segundo nombre del alcalde de Valladolid entre 1949 y 1957. Se proyecta inicialmente en 1950 por el Ingeniero de caminos Luís Díaz Caneja y el arquitecto Julio González, realizándose sondeos previos para el estudio de la cimentación en 1953, y con reforma de proyecto en paramentos en 1954 por el Ingeniero de Caminos Francisco. J. Quevedo. Documentación facilitada en Archivo Municipal del Ayuntamiento de Valladolid.

VIGAS TUBULARES

Fuentes de Archivo 3
Catálogos Peiró S.A.

fortpret



Fábrica: Carreras de Sesari, s/n.
Tel. 300 44 Benicasim - Alcalà

Oficina: General San Martín, 1.1
Teléf. 22-79-32 - Valencia-4

Fábrica: Carr. Vallcebo - Villanueva, s/n.
Teléfono: 203-28-66

Oficina: Riberas Aguilera, 66
Teléf. 244-30-63 - Madrid - 15

V.PEIRO,S.A.

VIGUETAS PRETESA

Cuadro de características mecánicas

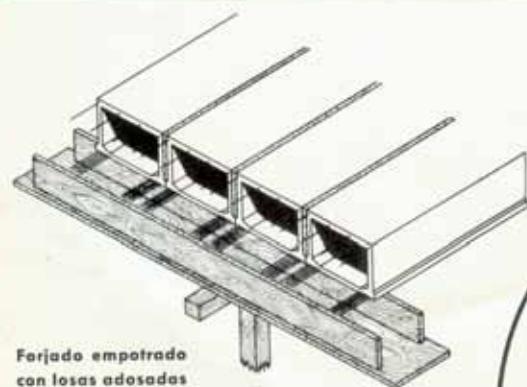
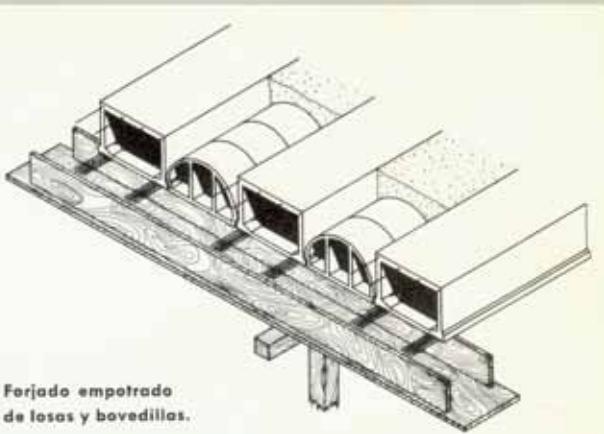
TIPO	Momento factor (+/-) kg.m.	Momento factor negativo (-/-) kg.m.	Elevación constante kg.	Grado de empuje %	Módulo de fuerza kg.m.	ESQUEMA		TIPO	Momento factor (+/-) kg.m.	Momento factor negativo (-/-) kg.m.	Elevación constante kg.	Grado de empuje %	Módulo de fuerza kg.m.	ESQUEMA	
16 F/900	900	325	1.783	37	365.40	Serie 16 F		30 F/3.150	3.150	1.150	3.665	36	1.927,—	Serie 30 F	
16 F/1.100	1.000	400	1.887	40	368.37	Peso: 78 Kg.		30 F/3.350	3.350	1.010	3.760	30	1.937,—	Serie 30 F	
16 F/1.200	1.200	347	1.958	38	374,—	Serie 16 F		30 F/3.650	3.650	1.000	3.855	27	1.947,—	Serie 30 F	
16 F/1.400	1.400	347	2.030	34	377,—	Serie 16 F		30 F/4.000	4.000	1.350	4.050	33	1.975,—	Serie 30 F	
16 F/1.500	1.500	500	2.156	23	379.62	Serie 16 F		30 F/4.350	4.350	1.345	4.117	30	1.972.80	Serie 30 F	
16 F/1.700	1.700	500	2.215	29	382,—	Serie 16 F		30 F/4.600	4.600	1.345	4.200	29	1.983,—	Serie 30 F	
16 F/1.850	1.850	500	2.275	27	384.66	Serie 16 F		30 F/4.900	4.900	1.325	4.275	27	1.992.90	Serie 30 F	
18 F/1.150	1.150	395	2.118	31	524,—	Serie 18 F		30 F/5.200	5.200	1.931	4.415	37	2.014,—	Serie 30 F	
18 F/1.300	1.300	470	2.191	36	528.19	Serie 18 F		36 F/5.000	5.000	1.800	5.300	36	3.497,—	Serie 36 F	
18 F/1.600	1.600	590	2.345	34	540.61	Serie 18 F		36 F/5.800	5.800	2.100	5.600	36	3.528,—	Serie 36 F	
18 F/1.800	1.800	600	2.478	33	527.80	Serie 18 F		36 F/6.600	6.600	2.100	5.800	31	3.559,—	Serie 36 F	
18 F/2.000	2.000	600	2.552	30	531.66	Serie 18 F		36 F/7.400	7.400	2.400	6.200	32	3.591,—	Serie 36 F	
18 F/2.175	2.175	600	2.616	27	535,—	Serie 18 F		36 F/8.000	8.000	2.400	6.340	30	3.613,—	Serie 36 F	
18 F/2.375	2.375	800	2.735	33	543.81	Serie 18 F		36 F/8.600	8.600	2.400	6.400	27	3.644,—	Serie 36 F	
20 F/1.300	1.300	510	2.350	39	635.53	Serie 20 F		40 F/8.600	8.600	2.800	6.620	32	5.818,—	Serie 40 F	
20 F/1.500	1.500	510	2.400	34	644.81	Serie 20 F		40 F/9.500	9.500	3.000	6.925	31	5.857,—	Serie 40 F	
20 F/1.650	1.650	595	2.516	36	643,—	Serie 20 F		40 F/10.200	10.200	3.500	6.975	34	5.911,—	Serie 40 F	
20 F/1.825	1.825	595	2.552	32	624.74	Serie 20 F		40 F/11.000	11.000	3.500	7.000	32	5.927,—	Serie 40 F	
20 F/1.950	1.950	650	2.685	33	658.75	Serie 20 F		40 F/12.100	12.100	4.000	7.370	31	6.018,—	Serie 40 F	
20 F/2.150	2.150	650	2.760	30	662.97	Serie 20 F		40 F/12.800	12.800	4.350	7.700	33	6.050,—	Serie 40 F	
20 F/2.400	2.400	650	2.830	27	667,—	Serie 20 F		45 F/12.700	12.700	4.000	7.099	31	6.996,—	Serie 45 F	
20 F/2.600	2.600	850	2.958	32	676,—	Serie 20 F		45 F/13.000	13.000	4.500	6.934	33	7.056,—	Serie 45 F	
20 F/2.800	2.800	850	3.060	30	676.95	Serie 20 F		45 F/14.000	14.000	5.000	7.380	35	7.105,—	Serie 45 F	
22 F/1.900	1.900	675	2.770	35	841,—	Serie 22 F		45 F/15.400	15.400	5.000	7.740	32	7.151,—	Serie 45 F	
22 F/2.225	2.225	750	2.965	33	882,—	Serie 22 F		45 F/16.200	16.200	5.500	7.920	33	7.214,—	Serie 45 F	
22 F/2.450	2.450	750	3.046	30	887.91	Serie 22 F		50 F/17.200	17.200	5.500	10.800	31	13.123,—	Serie 50 F	
22 F/2.700	2.700	750	3.130	27	893,—	Serie 22 F		50 F/18.000	18.000	5.500	10.860	30	13.165,—	Serie 50 F	
22 F/2.950	2.950	1.000	3.275	33	902,—	Serie 22 F		50 F/18.800	18.800	5.500	11.470	29	13.210,—	Serie 50 F	
22 F/3.200	3.200	1.000	3.343	31	906.49	Serie 22 F		50 F/20.100	20.100	6.000	11.350	30	13.254,—	Serie 50 F	
25 F/2.400	2.400	850	3.090	35	1.181,—	Serie 25 F		50 F/21.200	21.200	6.600	11.370	31	13.344,—	Serie 50 F	
25 F/2.600	2.600	950	3.195	36	1.199,—	Serie 25 F		50 F/22.100	22.100	6.600	11.400	32	13.405,—	Serie 50 F	
25 F/2.750	2.750	790	3.280	28	1.198,—	Serie 25 F		50 F/23.100	23.100	7.100	11.500	31	13.443,—	Serie 50 F	
25 F/3.050	3.050	800	3.310	26	1.206,—	Serie 25 F		50 F/24.100	24.100	7.100	11.640	29	13.481,—	Serie 50 F	
25 F/3.350	3.350	1.100	3.470	32	1.221,—	Serie 25 F		50 F/25.100	25.100	7.600	11.740	30	13.556,—	Serie 50 F	
25 F/3.600	3.600	1.100	3.605	30	1.228,—	Serie 25 F									
25 F/3.800	3.800	1.100	3.655	28	1.230,—	Serie 25 F									
25 F/4.075	4.075	1.383	3.766	33	1.245,—	Serie 25 F									

las vigas tubulares FORTPRET vienen a resolver el problema de realizar los forjados de grandes luces y máximas sobrecargas.

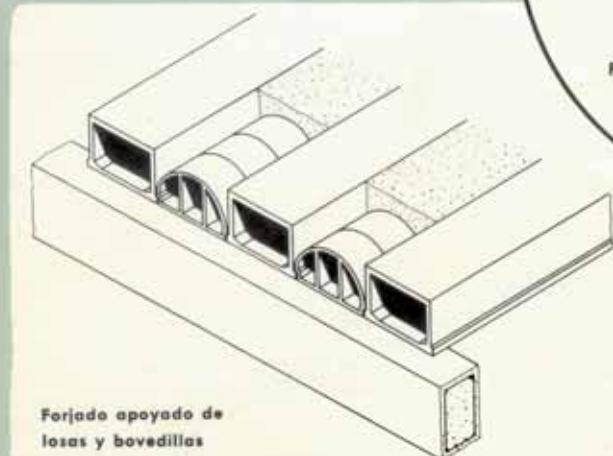
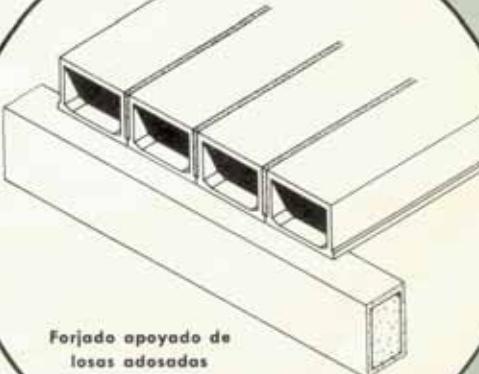
su sección rectangular hueca ofrece la ventaja de una gran rigidez debido a sus grandes momentos de inercia.

las cámaras de aire de sus tubuladuras proporcionan un aceptable aislamiento térmico y acústico, pudiendo aumentarse alojando en ellas material aislante suelto o en bloque.

su utilización permite cualquier solución constructiva: vigas simplemente apoyadas, empotradas en jácenas, etc.



también permite con suma facilidad la construcción de grandes voladizos.



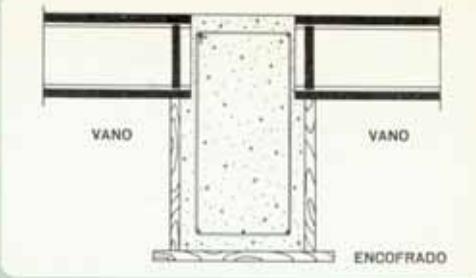
independientemente de los cuadros de características mecánicas y secciones tubulares, nuestra oficina técnica le resolverá cualquier caso distinto a las series que presentamos en este folleto.

MODALIDADES Y DETALLES CONSTRUCTIVOS



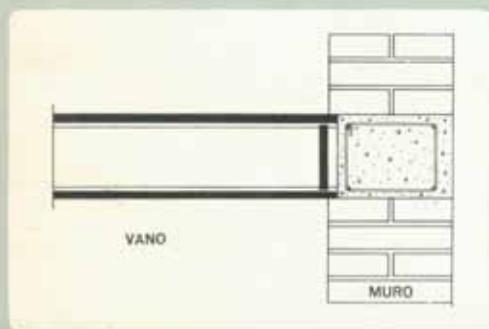
APOYO DE MURO SOBRE VIGAS CON VOLADIZO

Como ya se ha indicado, las vigas sobre las que se continúa subiendo muros se suministran con aberturas rectangulares, que coinciden con los muros.



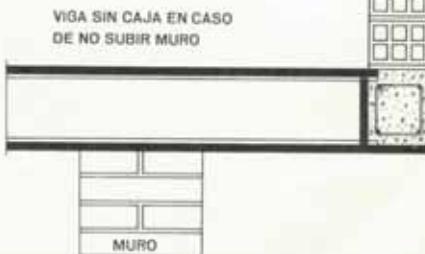
UNION CON JACENAS DE HORMIGON

El buen arrastre de una estructura de hormigón armado con pisos construidos con vigas tubulares se consigue dejando incluidos los alambres salientes en sus extremos dentro de las jácenas que se hormigonan hasta la cara superior de las vigas. De este modo el resalte de las vigas por debajo del piso se reduce, pues el canto de la viga incluye el grueso del piso.



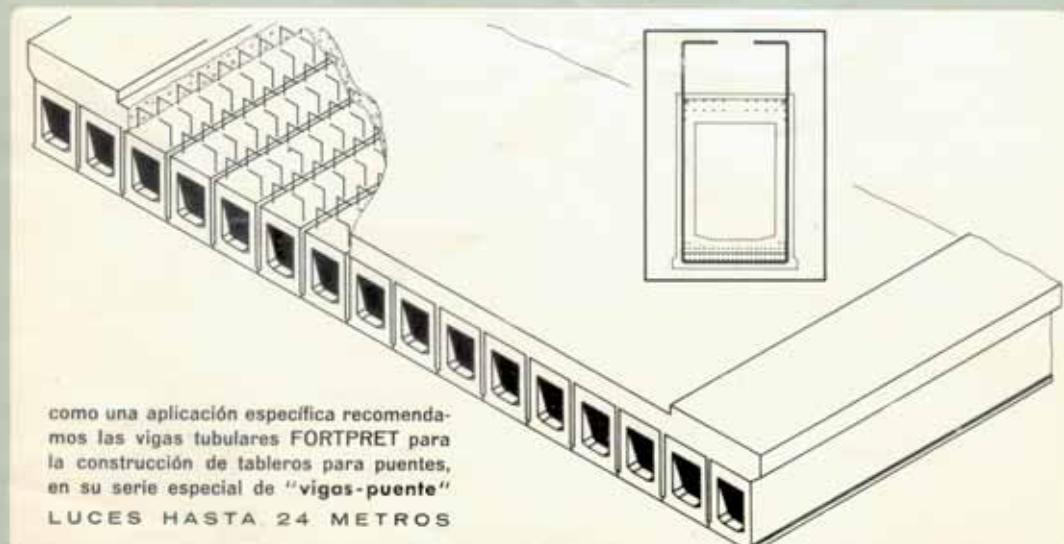
CADENA HORMIGONADA EN EL APOYO SOBRE UN MURO

Para la buena unión entre las vigas tubulares y los muros de apoyo, y asegurar un uniforme reparto de las cargas sobre éstos, se recomienda disponer siempre una cadena de hormigón, con la debida armadura que en los casos ordinarios puede ser de 4 Ø 8 y los correspondientes espirales, en la que quedan embutidos los alambres salientes de las vigas.



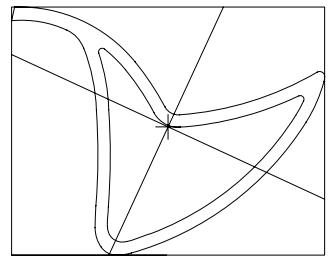
BORDE DE BALCON O APOYO DE MURO DE MIRADOR

Las vigas con voladizos se suministran en el borde de éstos con un rebaje que permite hormigonar una cadena de borde de remate de los balcones o para apoyo de los muros de los miradores.



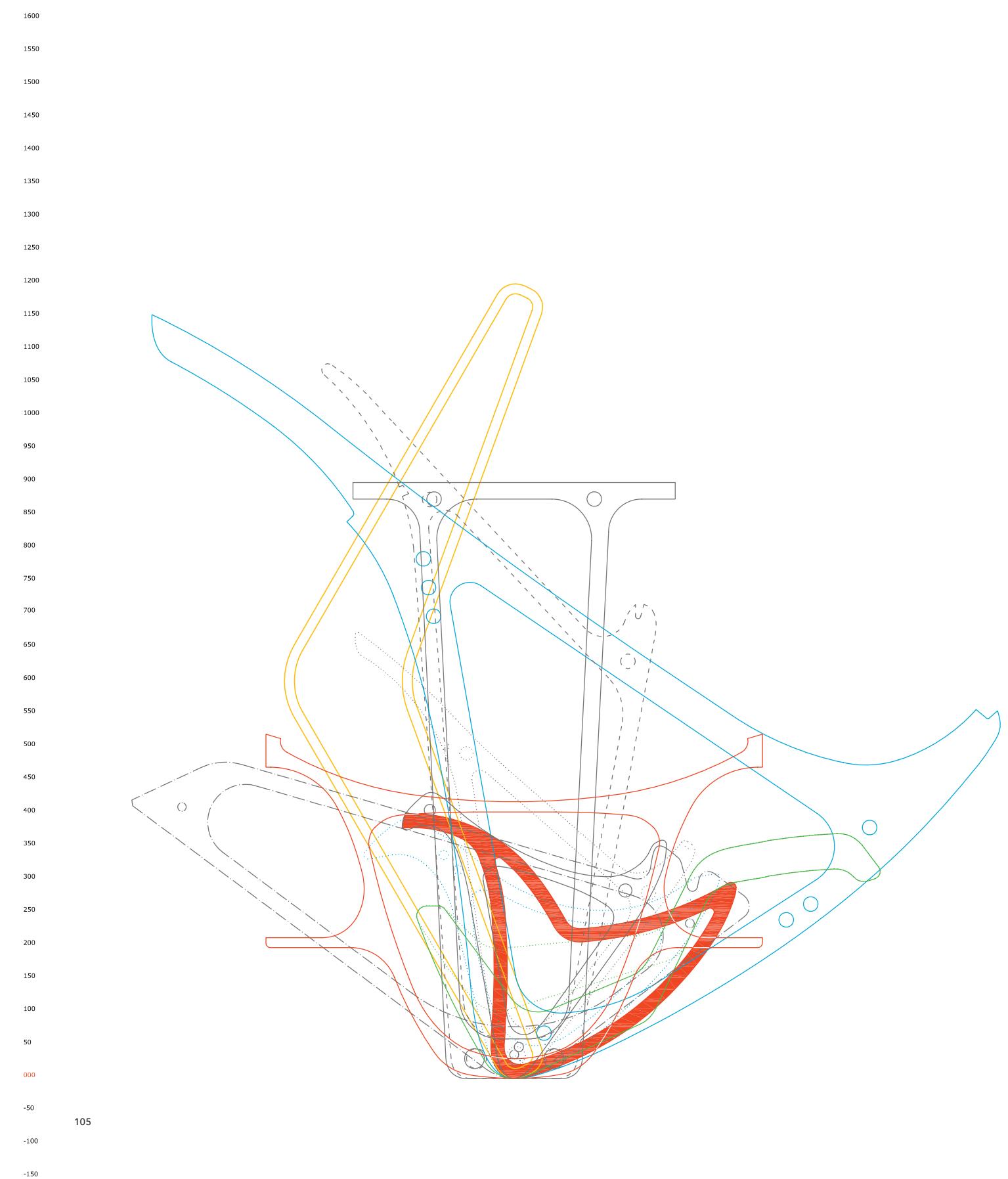
Pieza Marquesina pretensada (e 1:10)

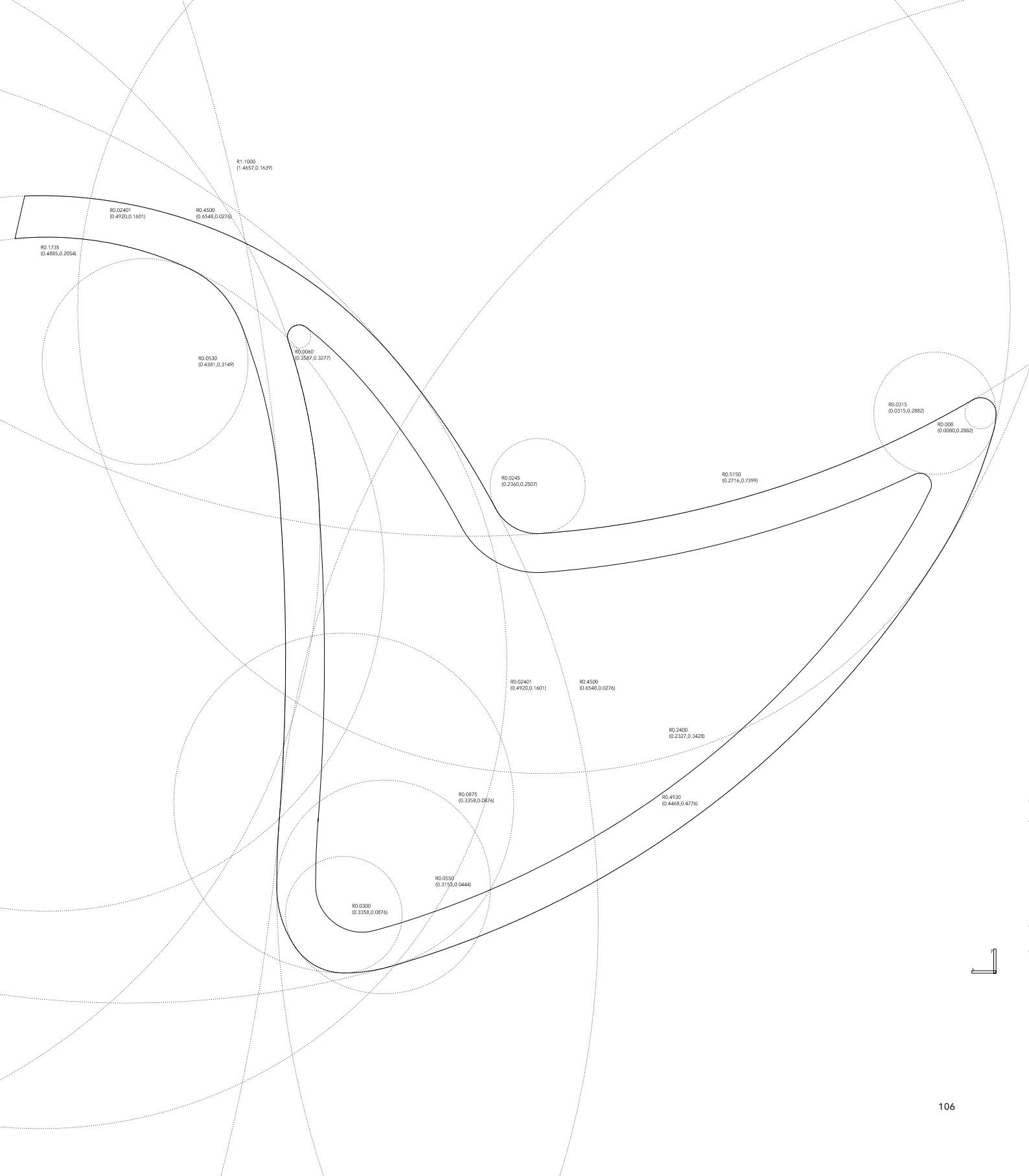
PERIODO DE FABRICACION	1962-68	SIMETRICA	
TIPO DE HORMIGON	PRETENSADO	USO	MARQUESINA
ILUMINACION	NO	INTEREJE	0.44m
LUZ MAXIMA	4.00m	LONGITUD TOTAL MAXIMA	5.00m
TIPO ARMADURA	ALAMBRE PRETENSADO	TRAYECTORIA DE ARMADURA	RECTA
PESO DE LA PIEZA(kg/ml)	70	ESPESOR MINIMO	0.02m



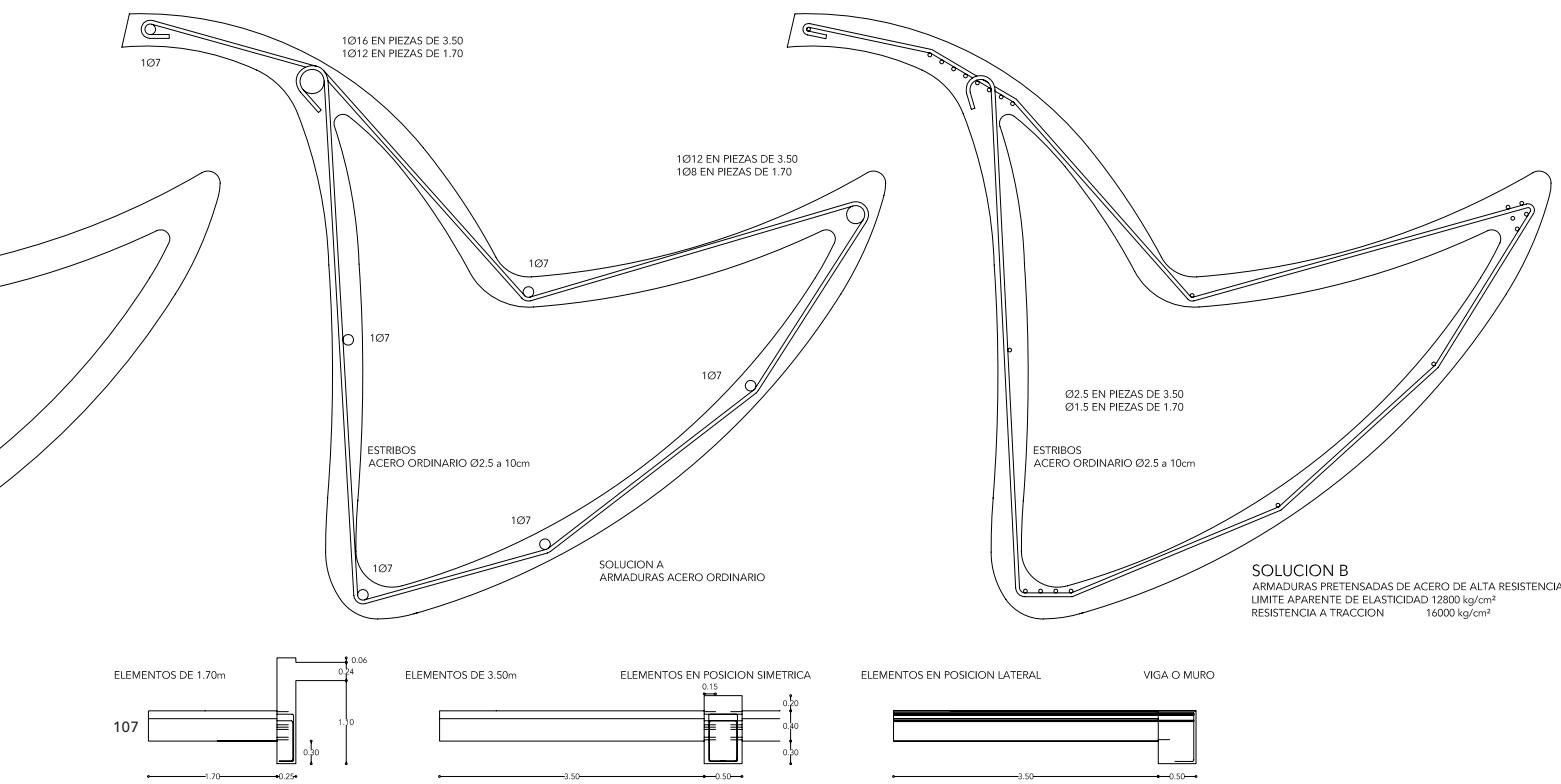
DE ESTA PIEZA SE CALCULARON Y PROYECTARON DOS VERSIONES GEOMETRICAMENTE IDENTICAS, UNA EN HORMIGON ARMADO Y OTRA EN HORMIGON PRETENSADO. COMO CURIOSIDAD CABE MENCIONAR QUE ES LA UNICA PIEZA DONDE LOS ENCOFRADOS SON DE MADERA.

AREA	0.0280m ²	PERIMETRO	2.6749m
RECTANGULO DELIMITADOR		X0.0000 Y0.0000	0.5050m 0.4000m
CENTRO DE GRAVEDAD		X0.2525	Y0.2068m
MOMENTOS DE INERCIA		X0.0015	Y0.0023m ⁴
PRODUCTO DE INERCIA		XY0.0014m ³	
RADIOS DE GIRO		X0.2346	Y0.2848m
MOMENTOS PRINCIPALES Y DIRECCIONES PRINCIPALES X-Y		I0.0003(0.9078,-0.4194)m ³ J0.0005(0.4194,0.9078)m ³	



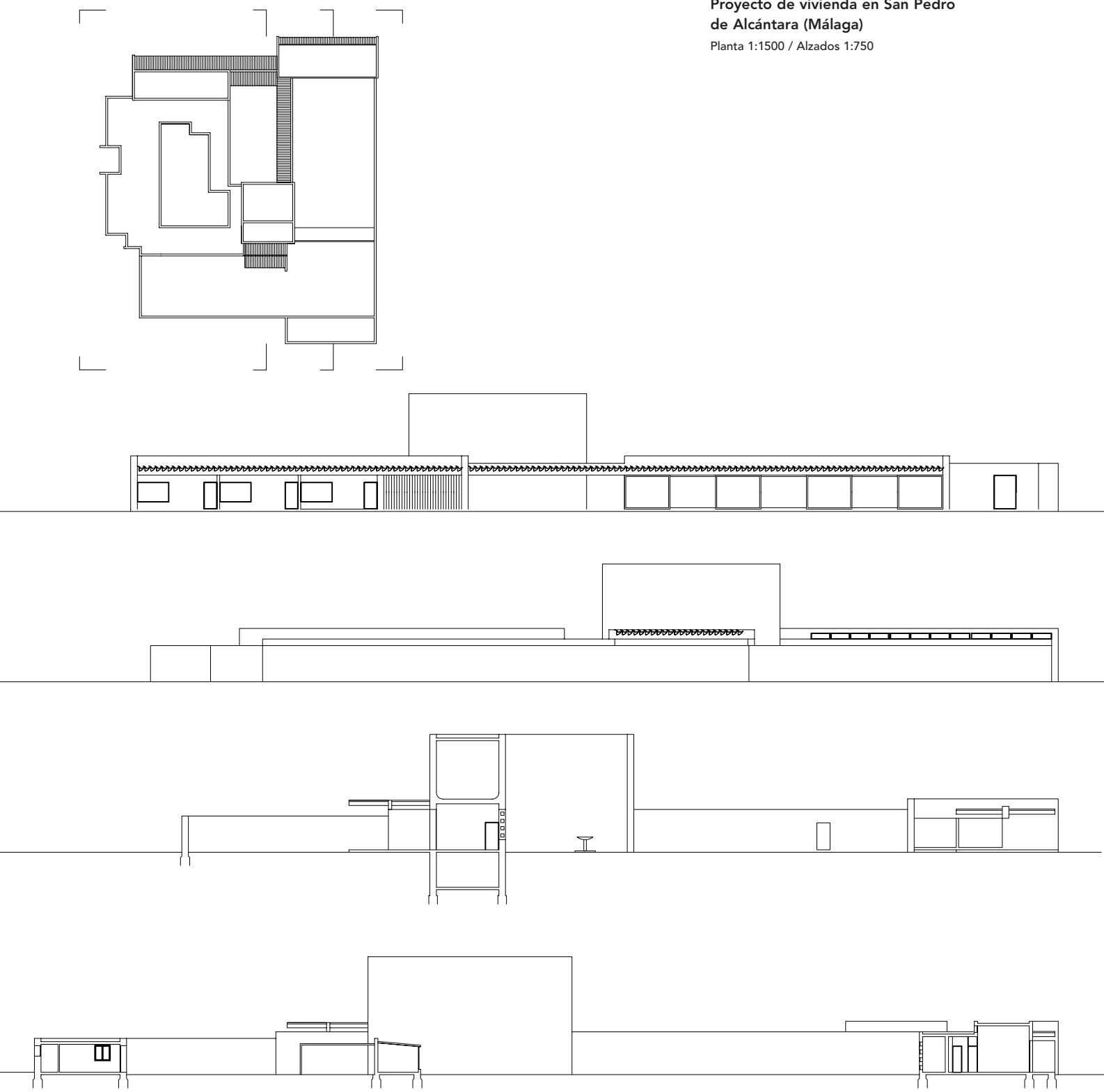


SECCIONES (E 1:5)



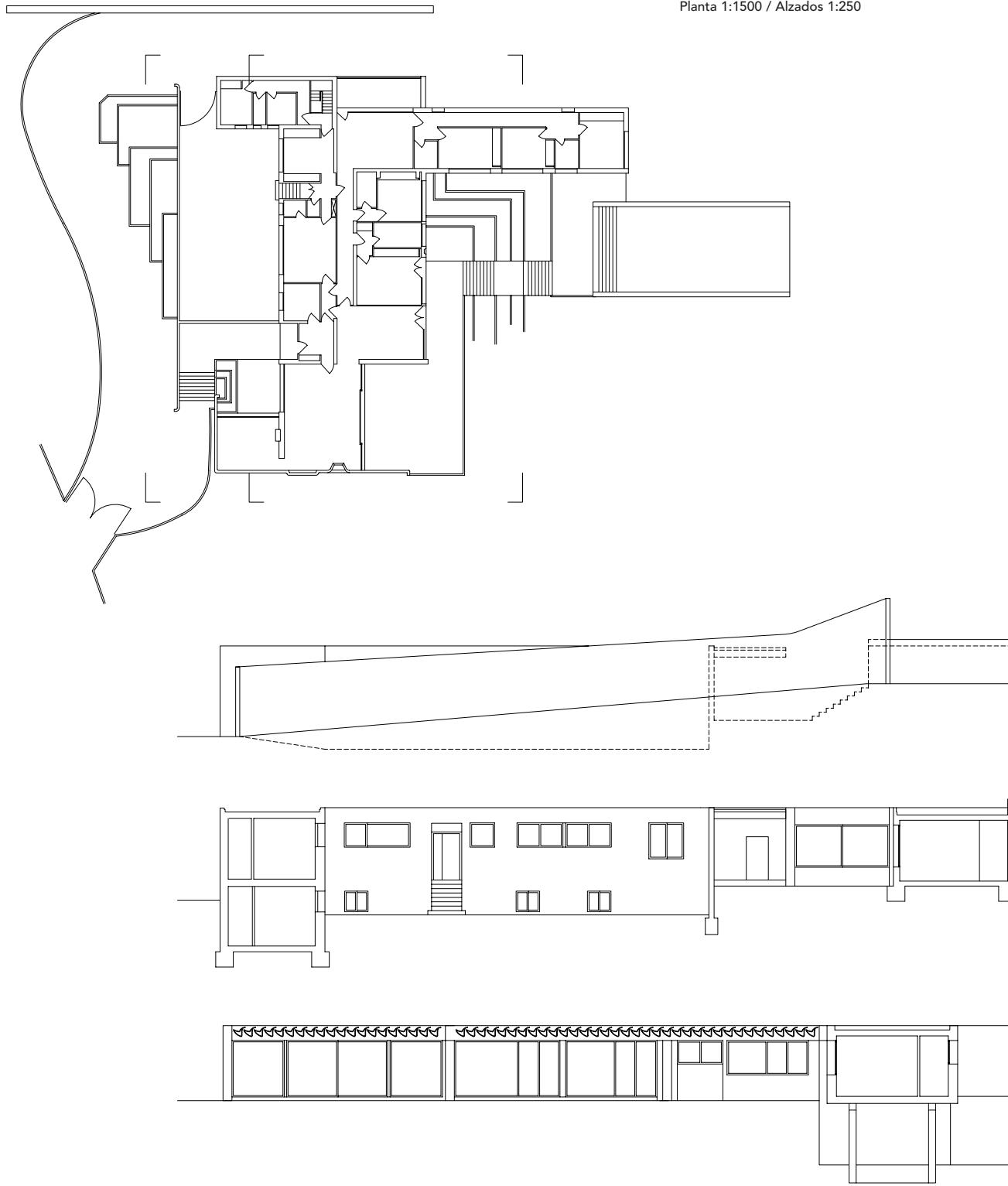
Proyecto de vivienda en San Pedro
de Alcántara (Málaga)

Planta 1:1500 / Alzados 1:750



Vivienda José Vicente Barrera (Madrid)

Planta 1:1500 / Alzados 1:250

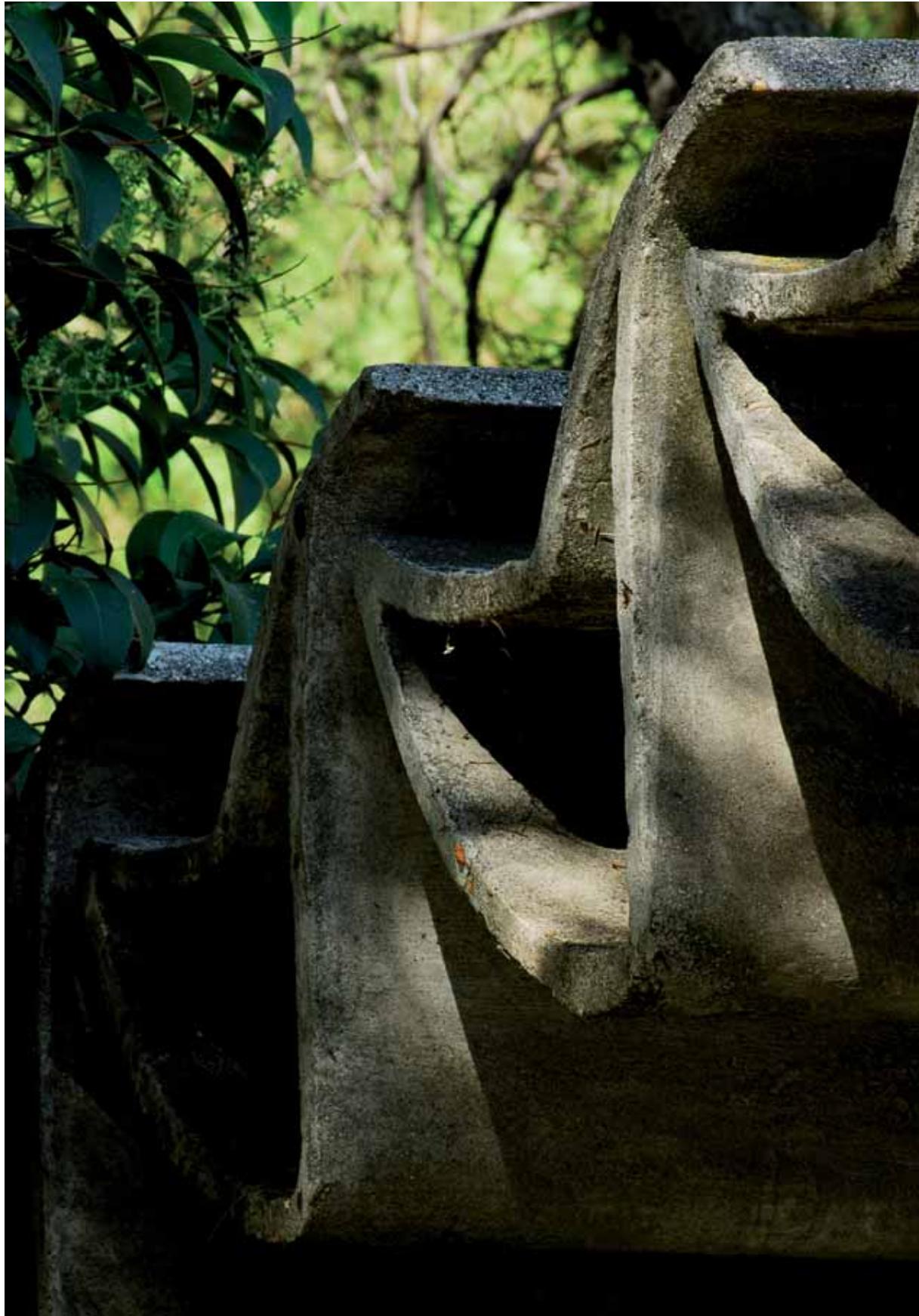


Vivienda Alonso Tejada

Acopio de piezas en fábrica y vivienda en construcción (Archivo Peiró)







Vivienda Alonso Tejada (Madrid)
Estado actual



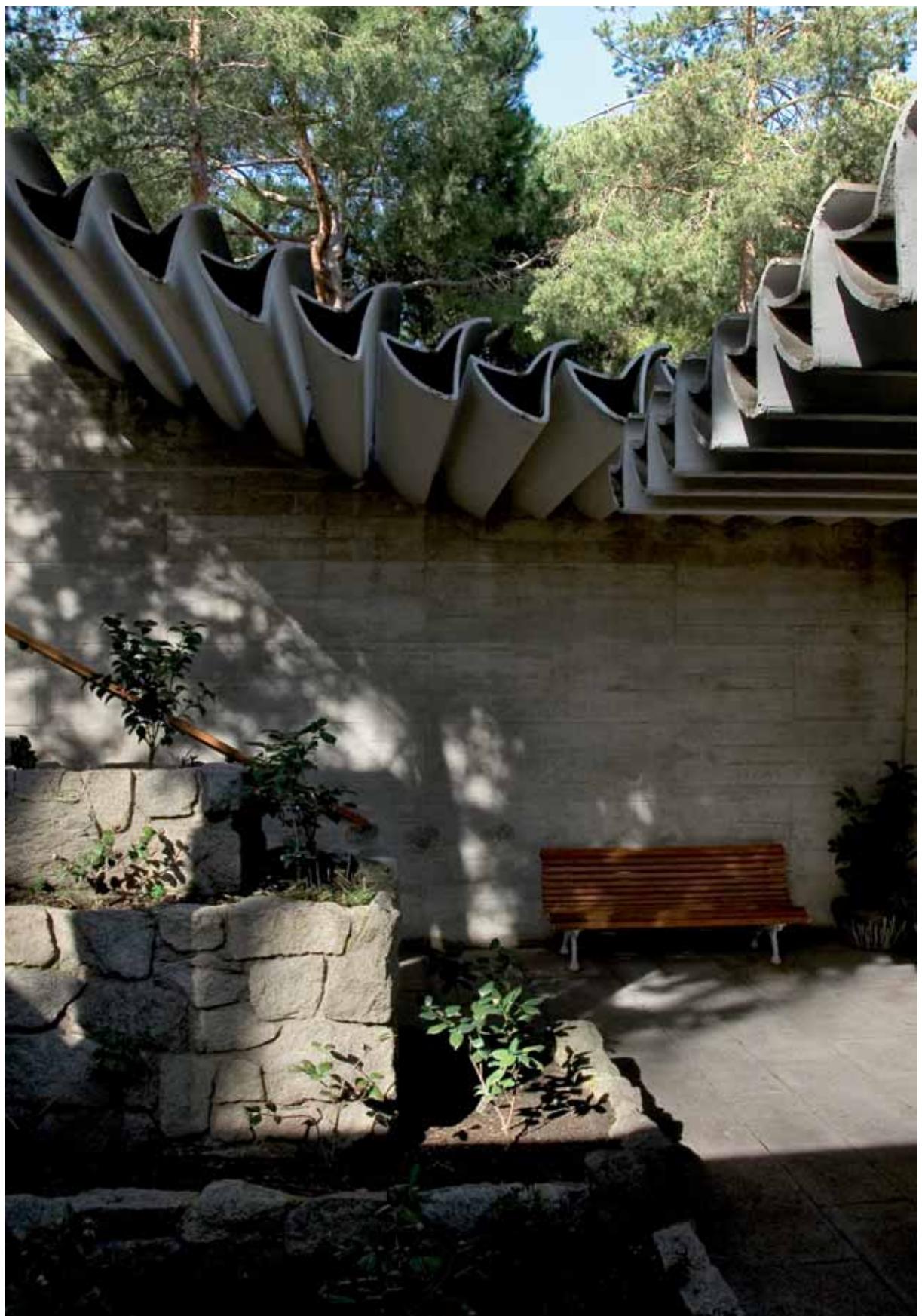




Vivienda José Vicente Barrera (Madrid)

Estado actual



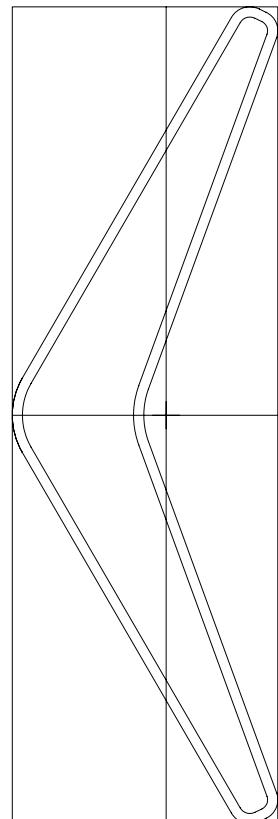


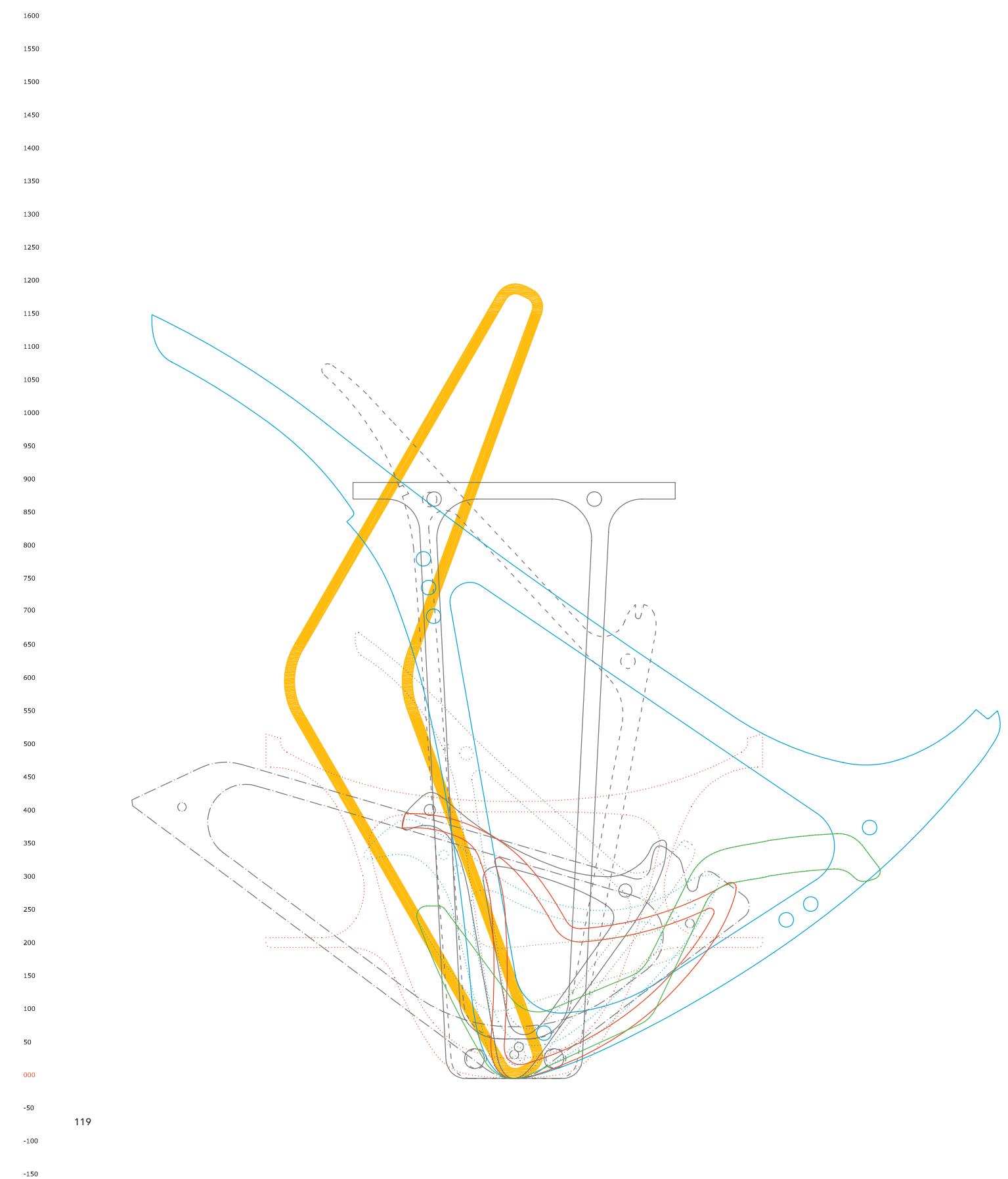
Pieza Bumerán (e 1:10)

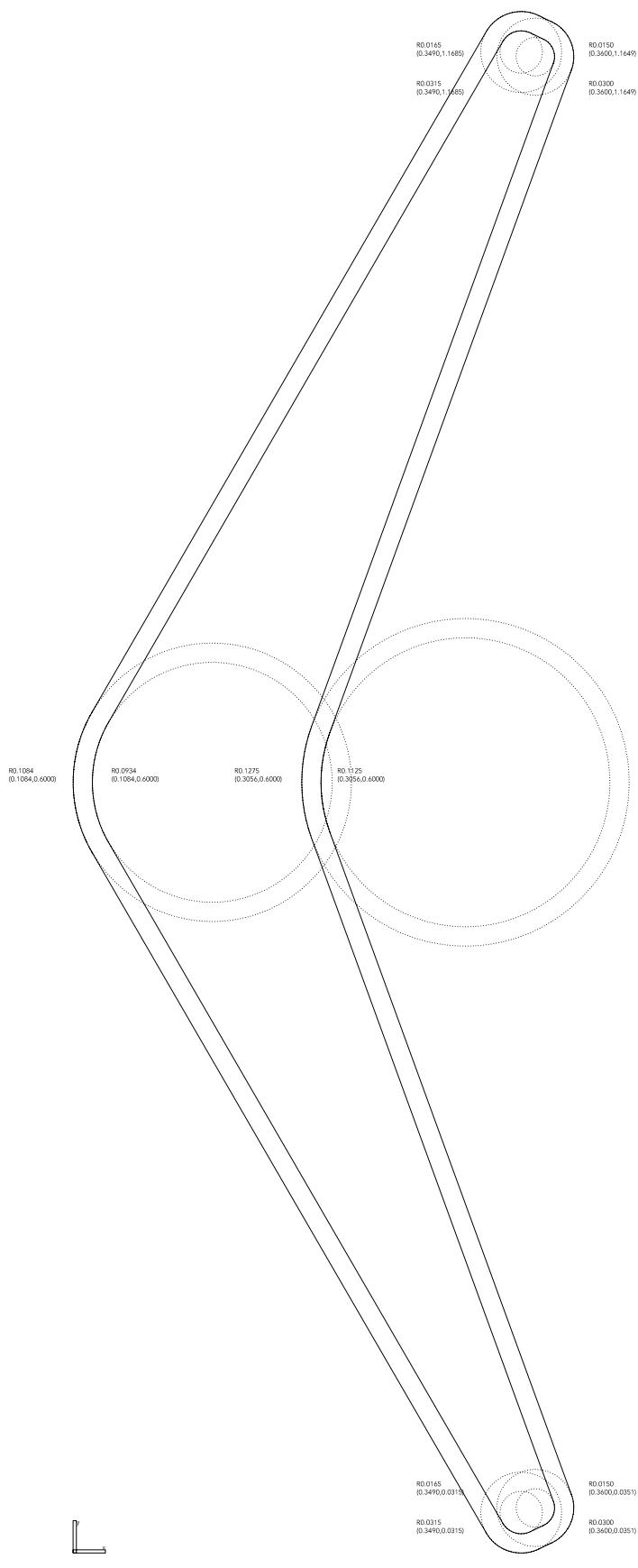
PERIODO DE FABRICACION	1966-67	SIMETRICA	
TIPO DE HORMIGON	PRETENSADO	USO	CERRAMIENTO
ILUMINACION	SI	INTEREJE	1.135m
LUZ MAXIMA	2.555m	DISTANCIAS ENTRE PAREDES	0.30m
TIPO ARMADURA	ALAMBRE PRETENSADO	TRAYECTORIA DE ARMADURA	RECTA
PESO DE LA PIEZA(kg/ml)	255	ESPESOR	0.0150m

ES LA UNICA DE LAS PIEZAS HUECAS QUE SIRVE PARA CERRAMIENTO DE FACHADA. LA FORMA DE LA PIEZA Y SU DISPOSICION A LO LARGO DE TODA LA FACHADA CONSTITUYE UN SISTEMA INTEGRAL DE CERRAMIENTO DONDE LA FORMA HUECA DE LA PIEZA RESPONDE A NECESIDADES DE TIPO TERMICO (LAS PIEZAS VAN RELLENAS DE AISLAMIENTO).

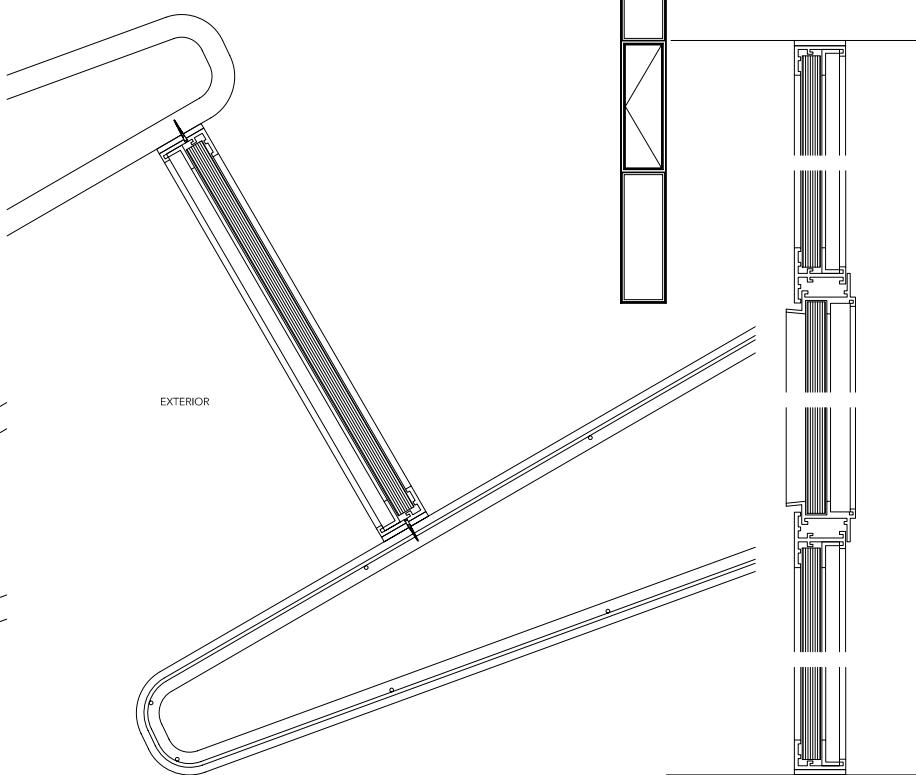
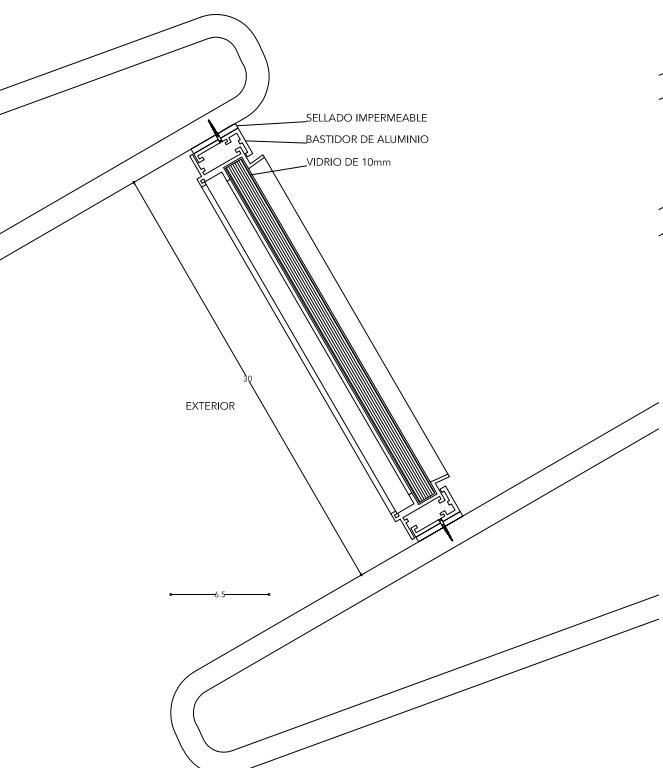
AREA	0.0400m ²	PERIMETRO	5.3500m
RECTANGULO DELIMITADOR		X0.0000 Y0.0000	0.3900m 1.2000m
CENTRO DE GRAVEDAD		X0.1639	Y0.6000m
MOMENTOS DE INERCIA		X0.0194	Y0.0015m ⁴
PRODUCTO DE INERCIA		XY0.0039m ³	
RADIOS DE GIRO		X0.6948	Y0.1934m
MOMENTOS PRINCIPALES Y DIRECCIONES PRINCIPALES X-Y		I0.0049(1.0000,0.0000)m ³ J0.0004(0.0000,1.0000)m ³	



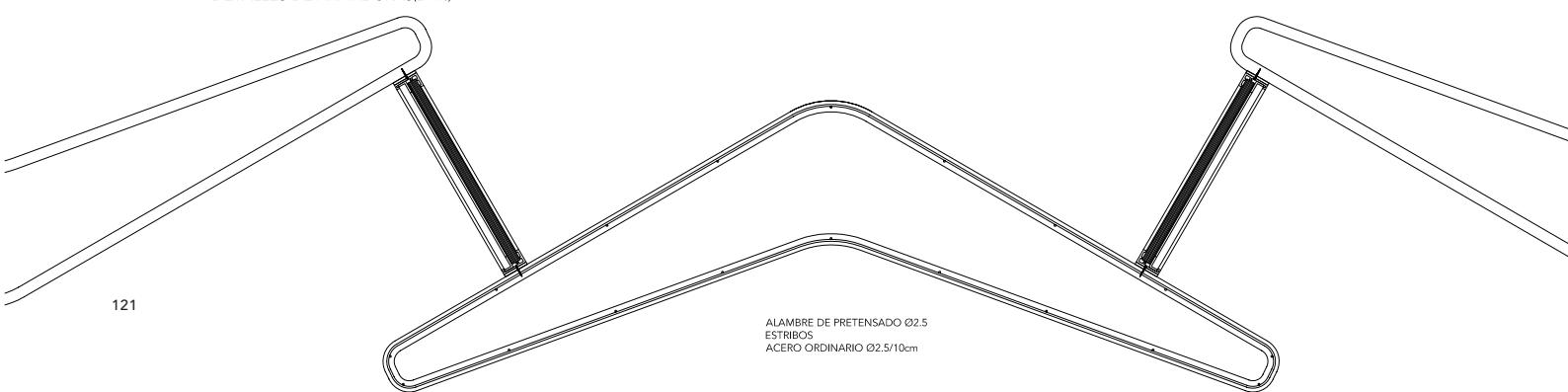


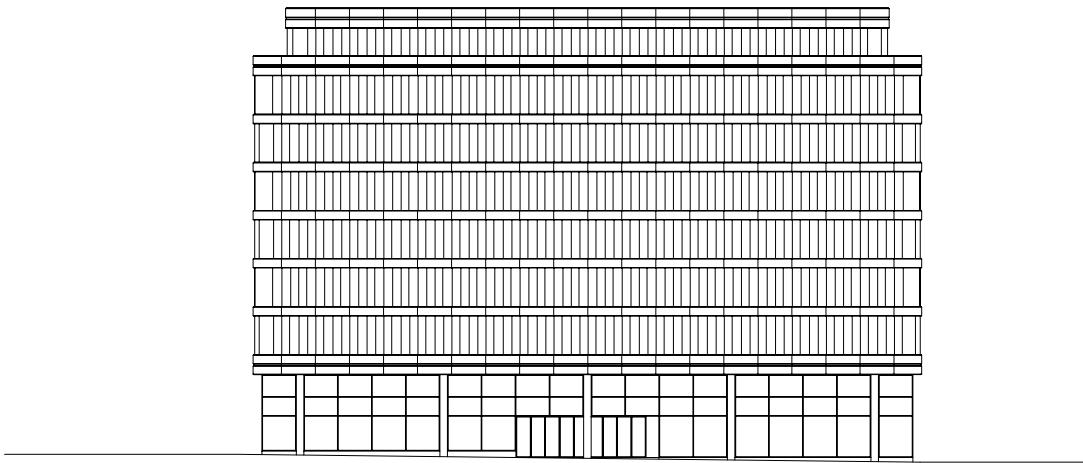


DETALLES DE VENTANAS (E: 1:5)



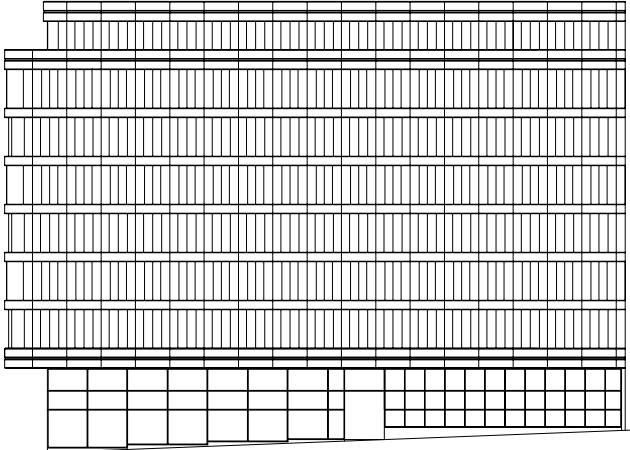
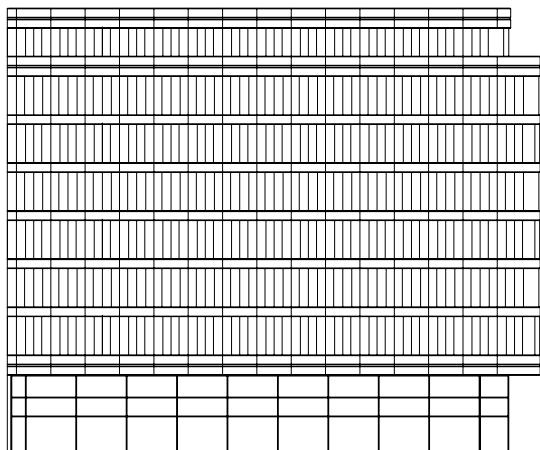
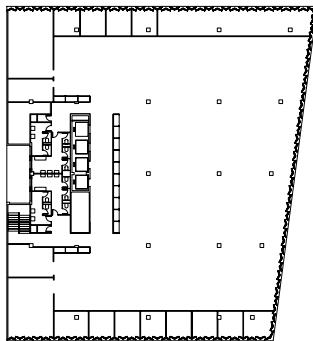
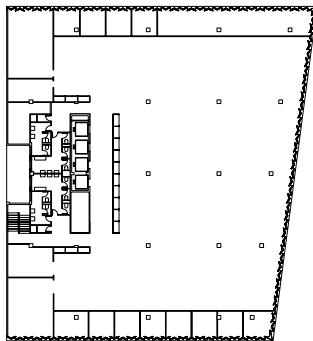
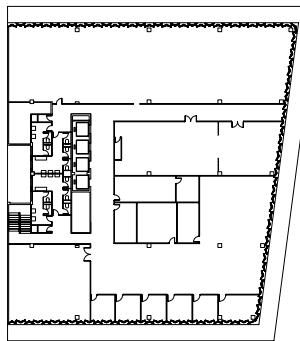
DETALLES DE ARMADURAS (E: 1:10)





Sede de IBM en la Castellana (Madrid)

Planta 1:1000 / Alzados 1:500



Imágenes de las piezas huecas de cerramiento de Peiró S.A.

(Archivo Peiró)



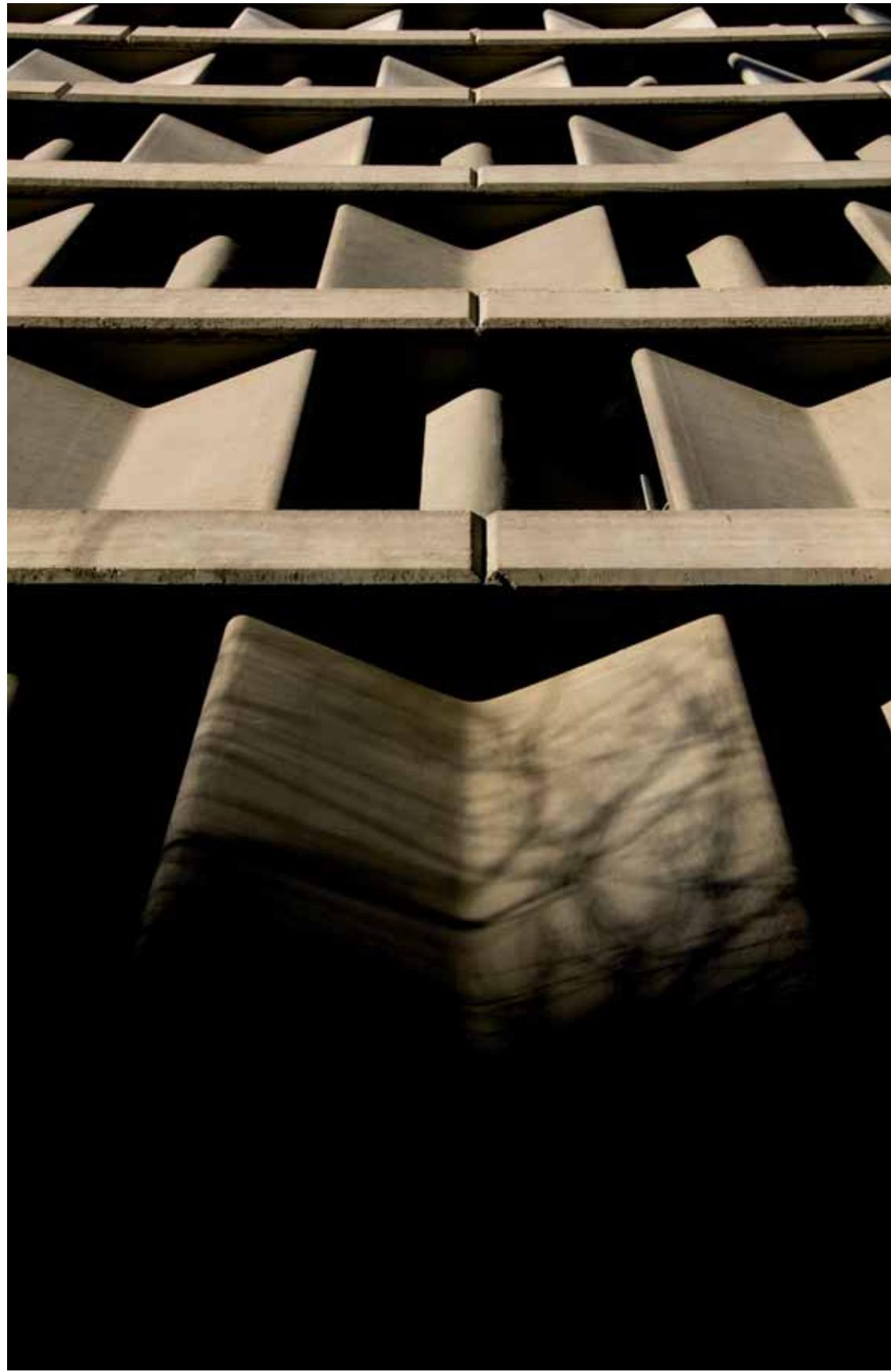




Antigua sede de IBM en la Castellana (Madrid)

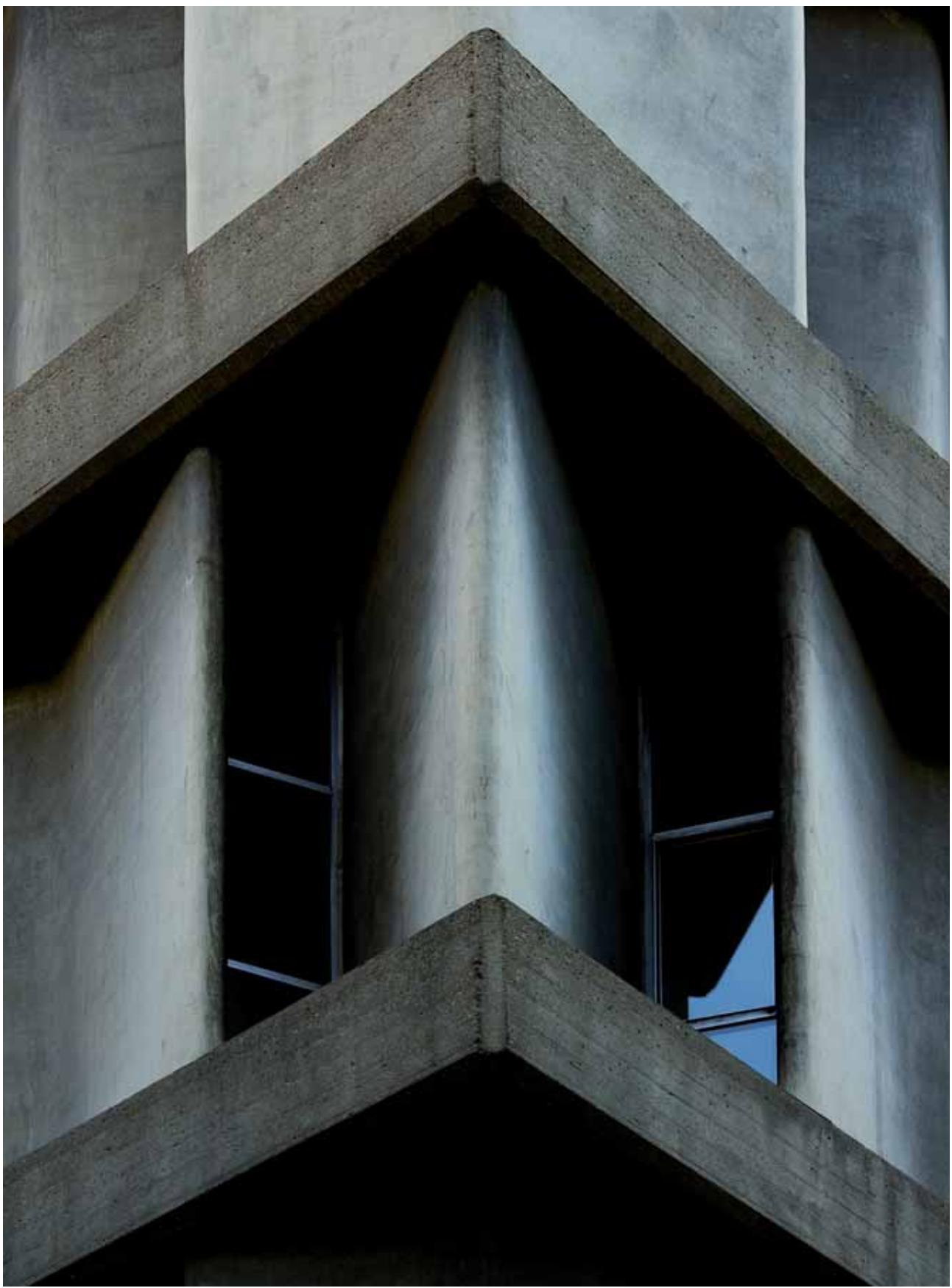
Estado actual



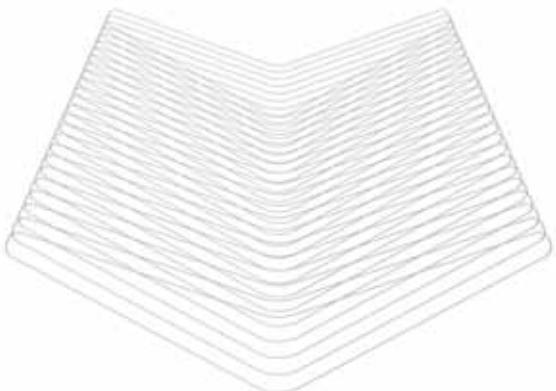
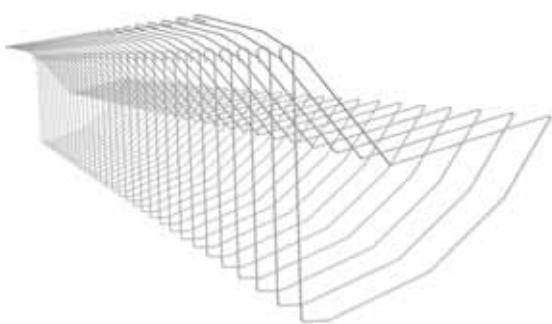
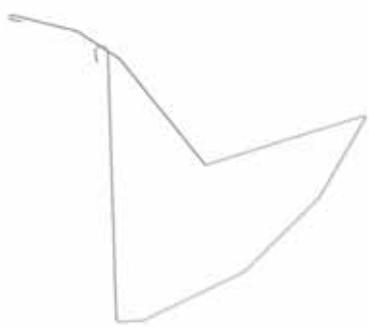


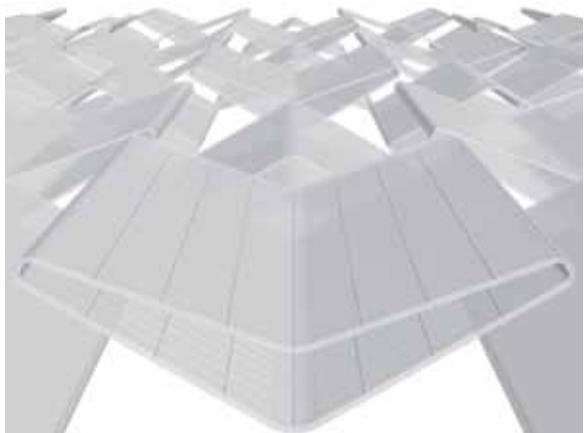
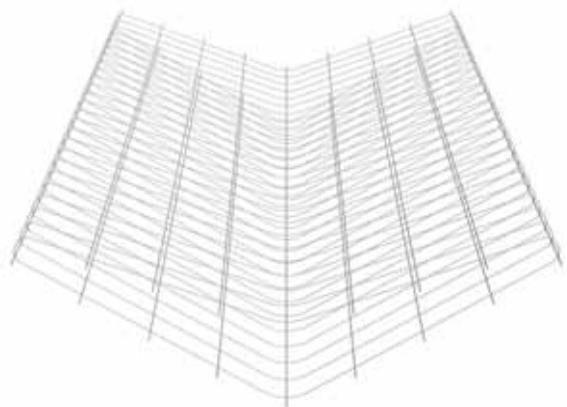
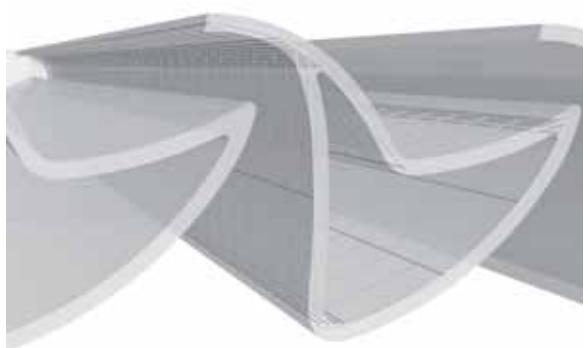
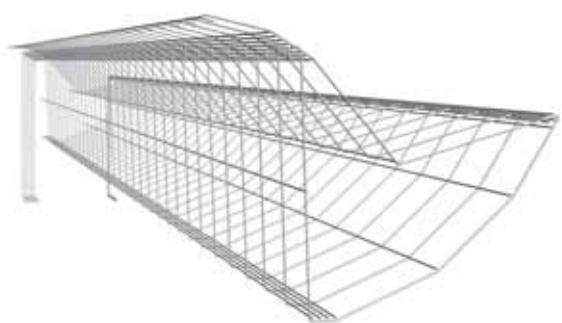






Piezas pretensadas Vicente Peiró





HUECO SA o el caso catalán Fermín González Blanco



En 1960 HUARTE ejecutaba en Barcelona un conocido proyecto de Fernandez Casado, la cobertura del apeadero de Gracia y la calle Aragón. Esta obra realizada con vigas postesadas ejecutadas mediante dovelas de sección en doble T, se realizó con Construcciones Barredo.

La obra se resolvió fabricando las dovelas en un parque de prefabricación próximo a Barcelona. Las dovelas se transportaban de una en una y se colocaban en obra formando ya las vigas mediante los gatos y anclajes de Barredo, todo ello para unas luces de unos 16 metros. La obra pudo realizarse de este modo sin interrumpir el tráfico ferroviario y tuvo una gran repercusión en el momento, el propio Fernandez casado explicaba los pormenores de la obra en una conferencia pronunciada en la IV Asamblea General de la AEHP. (Asociación Española de Hormigón Pretensado). Era pues algo conocido entre los profesionales del momento que veían en el pretensado una vía con grandes posibilidades en la construcción tanto de obra civil como en el campo de la edificación.

En torno al año 1967, un grupo catalán asentado en Vic, de gran fuerza en el sector del curtido, decide emprender una iniciativa en el campo de la edificación de gran interés, la sociedad se llamó HUECO SA, y su principal promotor Andrés Colomer.

Andrés Colomer pertenece a una saga de empresarios curtidores ligados desde el siglo XVIII a lo que se conoce como Grupo Colomer, un grupo empresarial dedicado al trabajo de pieles en distintas fases. En estos momentos el Grupo se halla en pleno desarrollo a nivel internacional, abriendo fábricas en Japón, Sudán o Brasil. Para hacer frente a las necesidades desarrollan un equipo técnico integrado fundamentalmente por ingenieros que se encargan del proyecto y ejecución de las fábricas así como del posterior mantenimiento. Las fábricas se hacen para un sector muy concreto y las necesidades son por tanto similares y conocidas por los técnicos.

El trabajo del curtido genera un ambiente muy salino que resulta muy agresivo para las estructuras metálicas por lo que el Grupo siempre construye en hormigón armado. Generalmente las plantas se distribuyen en función de los procesos industriales, con pórticos de unos 16 metros de luz y largo variable. En la planta de cimentación se distribuyen una serie de minas subterráneas por donde circulan las instalaciones y la red de saneamiento conectada a las depuradoras.

El jefe del departamento técnico era Antonio Casacuberta, ingeniero aeronáutico, que había realizado sus estudios en Madrid con Carlos Barredo y conocía el alcance de estos sistemas de postesado.

De este modo cuando entorno al año 1967 Colomer decide emprender un modelo expansivo, el equipo técnico no duda en utilizar los medios de Barredo para ejecutar las obras del Grupo. A través de Barredo se contacta con el arquitecto Miguel Fisac y de este modo se forma lo que vino a denominarse HUECO SA.

En este momento Fisac ya había desarrollado cinco tipos diferentes de piezas huecas, dentro de una búsqueda obsesiva por hallar la "pieza mágica" que terminara por resolver todos los

Fábrica Ernesto Baumann en Vic.
Piezas patio funcionando en día de lluvia,
el borde final de la dovela hace de goferón en la de cabeza.



Cobertura del apeadero de Gracia y la calle Aragón. Barcelona, 1960.

Interior de la sala de modelos del Centro de Estudios Hidrográficos, 1960.

problemas arquitectónicos. En una conferencia pronunciada en 1965 en el Instituto Eduardo Torroja, el arquitecto se refiere en estos términos a sus investigaciones:

"Con las colaboraciones de Vicente Peiró y Ricardo Barredo y otras muy valiosas y entusiastas he obtenido algunas soluciones. Por ejemplo una pieza de 20 m. de longitud, de 1,5 cm. de espesor, construida con un hormigón no digo corriente, pero si normal de 400 kg/cm² y un acero de 16.000 kg/cm² de resistencia, que indica la posibilidad de encontrar unas soluciones con vistas a la prefabricación, que es lo que en estos momentos tengo entre manos, que pueden ser realmente interesantes. Las características de estas piezas son, en resumen, las siguientes: una ligereza de un 70% con respecto a las vigas macizas; un notable ahorro de material –unas tres cuartas partes–; una rigidez gracias a las formas que se le pueden dar, muy adecuadas para el transporte y unas posibilidades de aislamiento térmico y acústico bastante grandes. Desde mi punto de vista de arquitecto es un orgullo ver que ésta es una solución realmente correcta de una síntesis que es arquitectónico-constructiva, de forma que no son formas para soportar otras formas arquitectónicas, sino que son formas arquitectónicas que se aguantan por sí mismas. Esto creo que, desde un punto de vista de corrección arquitectónica, es irreprochable." (Miguel Fisac, 1965)

Las soluciones que se remontan a la sala de modelos del Centro de Estudios Hidrográficos de Madrid habían planteado una serie de limitaciones constructivas. Sin embargo desde entonces las investigaciones y las patentes se suceden tratando de pulir las posibles deficiencias.

La pieza de cubrición de la sala de modelos del Centro de Estudios Hidrográficos había surgido como respuesta a una necesidad concreta de programa, pero pronto Fisac ve la posibilidad de universalizar las soluciones y darles un carácter ligado a la prefabricación. A mediados de los sesenta patenta una solución para viviendas prefabricadas donde se plantea la prefabricación integral de los edificios y en 1969 patentará una segunda solución en el mismo sentido pero para programas de oficinas o centros educativos.

Esta idea de generalizar las soluciones preside el espíritu de HUECO SA, Colomer había basado su éxito empresarial en la industrialización de la artesanía, y por ello entendía a la perfección la lógica de la prefabricación en la edificación. A ello se une la buena relación de colaboración entre Fisac y Barredo lo que permitía por vez primera al arquitecto desarrollar sus ideas con firme apoyo empresarial, los datos sobre la composición de esa primera junta de la sociedad nos llegan de primera mano a través del texto de Don Andrés Colomer (transcrito a continuación).

HUECO SA, surge pues con el firme propósito de investigar soluciones basadas en piezas huecas para la ejecución de vigas hechas por dovelas y postesadas. A partir de ahí gestionar todas estas patentes para venderlas a otras empresas de prefabricados o comercializarlas directamente. La investigación alcanzaba todas las fases desde el proyecto y diseño de las piezas, a la ejecución de las mismas, sometidas a estrictos mecanismos de control de calidad, para finalmente dirigir su montaje y puesta en obra.

La vida de la sociedad fue muy corta y la realidad no se ajustó a las expectativas generadas en un principio, sin embargo la experiencia en su conjunto es muy destacable y pese a la corta

duración lo cierto es que se alcanzó una producción muy prolífica de obras y proyectos por lo que se ha podido hacer un inventario y un estudio de las diferentes fábricas. De igual modo el equipo técnico que había desarrollado todos estos proyectos "sufrió" también su mantenimiento posterior con lo que hemos podido analizar de modo crítico las soluciones y comprobar los efectos pasados cuarenta años. Para ello se ha contado, al igual que en su día, con los medios del Instituto Eduardo Torroja para las pruebas de difracción de muestras obtenidas de una demolición en Vic y cuyos resultados pueden observarse en la presente publicación.

El caso catalán es sumamente importante en esta historia, cabe destacar como punto primero que si bien Fisac dirige la investigación y Barredo aporta los sistemas, el equipo técnico de Colomer desarrolla íntegramente los proyectos y los cálculos de las piezas que fueron gestándose entre Madrid y Barcelona en perfecta compenetración. Salvo casos excepcionales los planos figuran con las carátulas del grupo Colomer cuyos técnicos conocían perfectamente las necesidades industriales de las naves. Fisac decidía las primeras directrices o las partes más representativas de las fábricas y el desarrollo del proyecto corría a cargo del equipo dirigido por Casacuberta y donde destacaba la participación de Sallés y un joven Josep Maria Casals.

La primera de las obras se acomete con soluciones análogas a los sistemas de cubrición de la calle Aragón. Vigas postesadas de unos 16 metros de luz con dovelas de sección en doble T, de un metro longitud salvo la central que se ajusta a la luz necesaria. La trayectoria de los cables es curva para aprovechar las ventajas estructurales del postesado, y la dovela central, ya recta, marca el eje de simetría de las piezas al tiempo que regula la longitud de la viga para la luz a cubrir.

De este modo se ejecutó el forjado de Ernesto Baumann en Vic. Las dovelas se subían de una en una a un caballete a la altura del forjado, allí se pasaban los cables, se tesaban y posteriormente se introduce la lechada.

La aportación fundamental de Barredo se debe a su sistema, el sistema Barredo de postesado se basa en su sistema de anclaje, el sistema se encuadra dentro de los anclajes por cuñas, y dentro de éstos entre aquellos en que no existe contacto alguno entre dicha cuña y el cono hembra exterior, ya que las armaduras se introducen apoyándose sólo en dicha cuña. Se caracteriza particularmente porque tanto la cuña como el cono hembra son metálicos y sólo utiliza tres alambres por anclaje para obtener un anclaje isostático. De este modo se pretende que apretada la cuña contra los tres primeros pudiese realizarse menos esfuerzo de retención sobre el cuarto alambre y los sucesivos. Esto lleva aparejado un curiosos gatos de tesado con tres parejas de émbolos que permiten el tesado independiente por alambre. El problema de los pequeños esfuerzos que podían asumir los alambres quedó resuelto con el uso del cable trenzado y posteriormente, el sistema evolucionó hacia otros sistemas que ya incluían cuñas deformables y mayor número de armaduras.

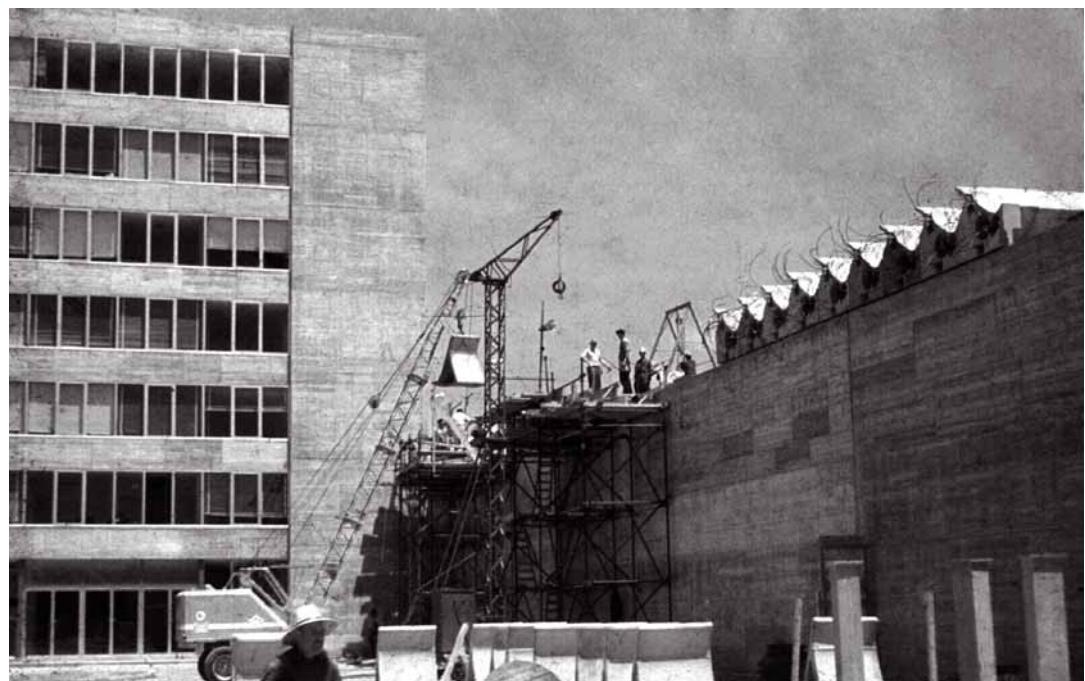
La primera colaboración de Fisac en este sentido había sido la conocida sala de modelos del Centro de Estudios Hidrográficos y desde entonces no habían tenido la oportunidad de repetir la experiencia en conjunto, ahora asociados podían desarrollar todo un prontuario de piezas

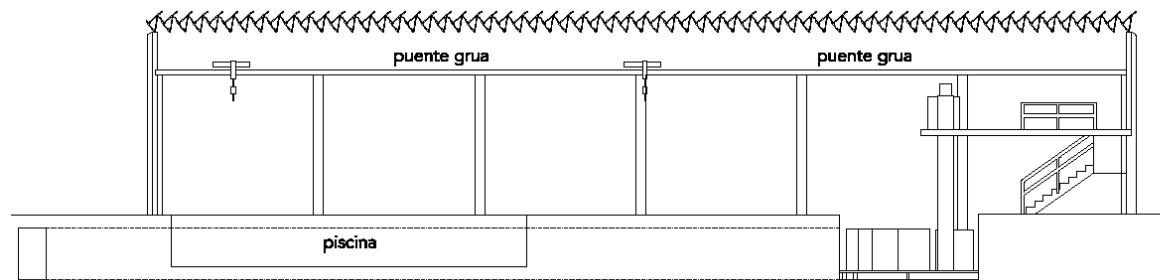
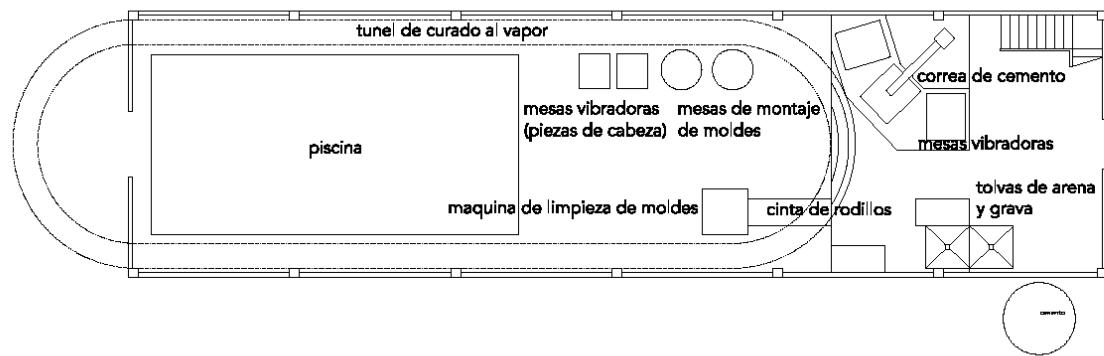


Proceso de elevación de dovelas a la altura del primer forjado en la fábrica E. Baumann en Vic, 1967. (Archivo Arumí)

Juego de cuñas y conos del sistema Barredo original. (Archivo Barredo)

Proceso de montaje de vigas por dovelas en el Centro de Estudios Hidrográficos en Madrid, 1960. (Archivo Barredo)





Centro de Estudios Hidrográficos en Madrid, 1960. Transporte de dovelas en su encofrado por el parque de prefabricación a pie de obra. (Archivo Barredo)

Fábrica Colomer en Vic, 1968.
Proceso de montaje de vigas de cubierta.
(Archivo Arumí)

Fábrica Arumí en Vic. Planta tipo de la fábrica que se presentaba al mismo tiempo como prototipo generalizable.

basadas en la experiencia previa y mejorando aquellos aspectos que pudieran ser pulidos, a todo ello se suma el hecho de que por lo general las luces de cubierta eran algo menores y podían readaptar los cálculos. Los principales inconvenientes surgidos en Madrid se refieren principalmente al tamaño de las piezas, en repetidas ocasiones Fisac afirma;

"...el hormigón pesa mucho, ese es el inconveniente que tiene". (Miguel Fisac en *La irrefrenable búsqueda de la forma*. Serie "Arquitectos artistas". RTVE, 2001)

Toda la experiencia de sus "huesos" mantiene el mismo denominador común, el intento de aligerar algo ya de por si muy pesado y que por otra parte cumple una función estructural.

La altura total de la pieza del CEDEX supera el metro de altura y por tanto las dimensiones y los medios del momento dificultan su manipulación en obra, todo ello sumado a la trayectoria curva de los cables que dificulta aún más la prefabricación. Cada dovela ajusta sus taladros para el paso de los cables y eso genera un mayor número de piezas singulares. Los encofrados metálicos hacían aun más aparatoso la manipulación de las dovelas, que necesitaban de grandes artilugios y mano de obra para su transporte.

Estos primeros encofrados aún muy pesados fueron sustituidos por otros de aluminio fácilmente desmontables, las piezas redujeron su tamaño y los cables pasaron a ser rectos en todos los casos. Como consecuencia los sistemas de montaje variaron, ya podían armarse las vigas en el suelo a pie de obra y elevarlas con grúa hasta su colocación definitiva.

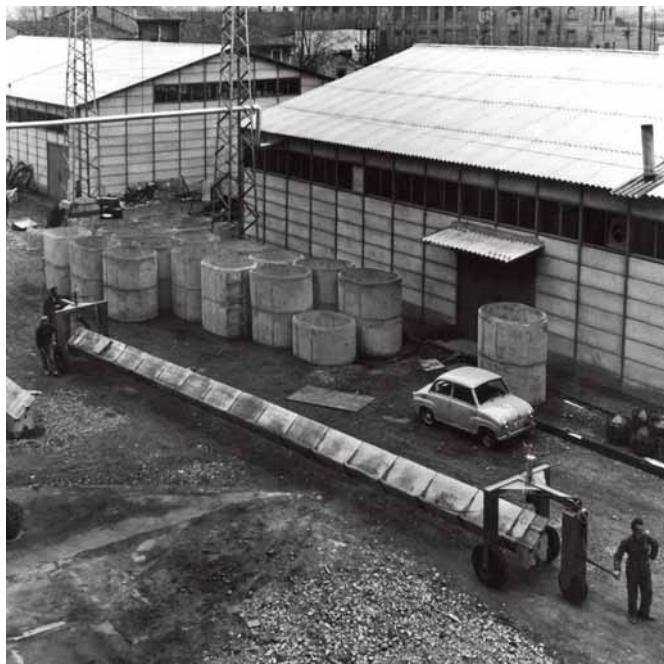
FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS

La fabricación de piezas llegó a niveles muy estrictos de control, para esta fase se contó con un prefabricador local, Juliá Arumí, que tenía experiencia en la fabricación de viguetas. La figura del prefabricador es una figura clave y al parecer fue el último de los agentes en sumarse a la iniciativa. Arumí tenía gran dominio del oficio y de carácter emprendedor no dudó en reorganizar su empresa para adaptarse a los nuevos criterios. De este modo se llegó a crear lo que sería un modelo de fábrica, con todos los procesos organizados y controlados mediante estrictos criterios de calidad. Es decir el modelo era exportable a todos los niveles incluso en lo referente a las plantas de fabricación, algo que con el paso de las décadas comenzó a ganar protagonismo en determinadas escalas empresariales.

La planta de Arumí se hizo ajustada a las necesidades, con zonas claramente distribuidas para la ejecución de las distintas piezas, tal y como figura en la planta, la nave posee un nivel superior donde la hormigonera de cuba horizontal vierte el cemento que a través de cintas baja hasta la altura de los encofrados. A nivel de planta se desarrollan todas las tareas de colocación del armado pasivo, desencofrante y limpieza de moldes. Una vez llenados los moldes se someten al curado al vapor, esto se realiza a lo largo de un túnel que circula en circuito cerrado por el perímetro de la nave, a excepción de ciertas piezas que por su dimensión se introducían en cajones cerrados y se aplicaba el vapor. Una vez finalizado el proceso se desencofraban, externa e internamente y en grupos de cuatro (con las machihembras colocadas hacia arriba) se introducían en la piscina donde fraguaban sumergidas durante 24 horas



Fábrica Arumí en Vic. Pruebas de carga de vigas con dovela tipo sigma, las piezas de cabeza aún recuerdan las del Centro de Estudios Hidrográficos sin embargo no llegaron a ejecutarse con un hueco tan grande. (Archivo Arumí)



Fábrica Ernesto Baumann en Vic. Traslado de la viga ya montada con ayuda de unos carros eléctricos. (Archivo Arumí)



Fábrica Máximo Mor en Montmeló, 1968. Imagen que demuestra el buen estado de las piezas transcurridos cuarenta años.

Vivienda Casacuberta en Santa Eugénia de Berga, 1968. Imagen actual.



evitando así figuraciones. Debían tenerse todos estos cuidados sobre todo por los espesores inverosímiles que se trabajaban. Tras el baño y pasados 28 días las piezas ya estaban listas para entrar en obra.

Reunido un potente equipo, Colomer no dudó en poner lo mejor allí donde fuera necesario. En una comarca pobre en áridos creó una planta de machaqueo para alcanzar los niveles requeridos por cálculo, el control de calidad se basó de un modo directo en las pruebas de rotura de probetas hasta límites desmesurados, y en el túnel de curado un termómetro controlaba la temperatura cada metro de desarrollo de la cinta transportadora. Nada quedaba a la improvisación.

Como la técnica aún no estaba regulada en España a nivel de normativa, en las oficinas, los ingenieros, utilizaban las normas francesas y las publicaciones que a tales efectos salían del Instituto Eduardo Torroja. Aun no se conocían muchos de los problemas que acarrea el pretesado trabajado de esta forma, y es tal vez este carácter pionero lo que aún engrandece más la historia.

Los hormigones empleados eran de alta resistencia, con gravilla machacada hasta alcanzar granulometrías finas. Aunque las dovelas se habían calculado para un esfuerzo de 400 Kg/cm², la resistencia a rotura del hormigón, que se controlaba minuciosamente, alcanzó valores más elevados, en ocasiones claramente exagerados. J.M. Casals ingeniero industrial perteneciente al Grupo Colomer entonces, cuenta todo ésto al tiempo que recuerda haber roto probetas a más de 700 Kg/cm². Los ensayos de rotura de viga completa también se realizaron en las instalaciones de Arumí.

Una vez superada la fase de fabricación, el montaje de las vigas se hacía poniendo las dovelas sobre unas piezas de soporte en carriles. Las piezas poseen unas pestañas haciendo machihembra y unas vainas en las juntas permitían el rejuntado y pasado de cables. Al cabo de un tiempo se tensaban con los gatos y los anclajes de Barredo. Generalmente el tesado se hacía desde un extremo, aunque dicho extremo alternaba para cada grupo de tres cables así se agilizaba el proceso pudiendo trabajar al tiempo por ambos extremos de la viga. Entre el rejuntado de las dovelas y el tesado pasaba uno o a lo sumo dos días.

Finalmente y a modo de protección de los cables se introduce la lechada definitiva por uno de los extremos hasta que rebose por el extremo opuesto.

Se realizaron una serie de ingenios para el transporte de estas vigas con carros eléctricos de fácil manejo por un operario que contrasta con las imágenes de época de los trabajadores del Centro de Estudios Hidrográficos trasladando una única dovela con complejas estructuras metálicas empujadas manualmente a lo largo del patio de obra.

El intereje de las vigas varía en función de la orientación (en el caso de cubiertas) y de la sobrecarga (en el caso de forjados). Con estos sistemas se desarrollaron tres tipos de piezas cuyas características técnicas figuran en sus capítulos correspondientes:

- Pieza sigma, para cubiertas con luz cenital.
- Pieza trapecio, para forjados o cubiertas.
- Pieza pato para marquesinas.

PIEZA SIGMA

Es la versión mejorada de la pieza CEDEX, y al igual que la original es ventilada gracias a un orificio avellanado que a duras penas se abre entre el armado de la pieza de cabeza.

La pieza sigma es de sección asimétrica, fue llamada así por Cassinello en función de su forma, aguanta una luz libre entre pilares de 17 metros, y su colocación varía en función de su orientación, siendo el lucernario de poliéster a Norte el que mejor comportamiento presenta.

Las vigas se forman colocando las dovelas a pié de obra, sobre apoyos deslizantes, que permiten yuxtaponeras hasta formar la longitud deseada; los extremos de las vigas se cierran con las llamadas piezas de cabeza que sirven también para el anclaje de las armaduras de postesado. Por la cara exterior de la pieza de cabeza se atornilla una última pieza que ya no forma parte de la viga y a modo de gárgola hace continua la evacuación de agua al tiempo que marca en alzado la seriación de las vigas. Esta última pieza ya no posee los taladros para los cables ni el poliéster.

PIEZA TRAPECIO

La pieza trapecio, es de sección simétrica, recibe su nombre en función de la sección, está destinada a formar vigas para forjados o para cubiertas a las cuales se les puede adaptar lucernarios. Sin embargo esta última solución no se desarrolló en la práctica.

Las luces libres entre pilares varían según sean utilizadas para forjado o para cubierta.

En los forjados se puede llegar a luces de 16 a 20 metros según la sobrecarga útil. En cubiertas puede llegarse hasta 25 m quedando limitado este valor máximo a causa de la flecha de la viga.

Por sus características constructivas y su tipología estructural, es una de las piezas que mejor comportamiento ha tenido.

PIEZA PATO DE MARQUESINA

Piezas asimétricas, destinadas a formación de voladizos de hasta 8m, para uso como marquesina. A diferencia de su antecesor directo que es la marquesina postesada del CEDEX donde los anclajes quedan vistos en los vértices de las piezas, en este caso la trayectoria de los cables se modifican en la pieza de cabeza para tensarse al interior de la sección.

Generalmente se colocan mediante empotramiento en muros de hormigón dónde se dejan pantes los taladros de los cables, estando este extremo formado por un anclaje pasivo y el teado se realiza desde la pieza de cabeza del extremo del voladizo. También existe una pieza especial para apoyos sobre pórticos.

Estos tres tipos de piezas dieron lugar a todo un elenco de obras que en su día se instalaron a lo largo de la comarca del Vallès y Osona. En Vic se realizó la fábrica de Ernesto Baumann que de algún modo constituye el pistoletazo de salida de HUECO SA, y a partir de ahí la propia fábrica sede del Grupo Colomer, y una fase puntual de Anónima Lanera. En Montmeló se complementa la serie con la fábrica de Máximo Mor y Comercial Italo Española (CIESA). El crecimiento urbano y los cambios propios del planeamiento han hecho desaparecer la gran mayoría

de todas estas edificaciones quedando aun en pie, cuando estas líneas se escriben, sólo la antigua Baumann (hoy sede de Colomer) y Máximo Mor en Montmeló (ya cerrado industrialmente).

Además de éstas también se construyó alguna nave aislada por la comarca y la curiosa vivienda de Santa Eugenia de Berga, próxima a Vic, donde Fisac proyectó la vivienda para el ingeniero Casacuberta, vivienda que posee una veintena de vigas con pieza sigma, atravesando el porche y salón de la vivienda. Aun siendo un uso anecdótico resulta curiosa la aplicación de estos sistemas a una escala tan alejada de la industrial o más aún de la ingeniería civil. La vivienda Casacuberta representa el espíritu de toda esta experiencia, el intento de llevar a todas las escalas de la edificación técnicas y medios propios de la ingeniería civil, no por el mero hecho de su procedencia sino por lo innovador y la vigencia de la tecnología del momento, por otro lado más próxima a la ingeniería que a la arquitectura.

En general el desarrollo posterior de las técnicas ha puesto de manifiesto lo incuestionable del pretesado en las grandes luces de la construcción civil, y ha mantenido una relación no tan estrecha aunque sí interesante con la edificación. Sobre todo en la ejecución de forjados o en aquellos casos en que por lo singular del programa sea necesario recurrir al pretesado.

HUECO SA, tuvo una vida muy corta, el resultado empresarial podemos considerarlo incluso de desastroso, sin embargo ciertos principios en que se asentaba la experiencia son plenamente vigentes. Son muchos quienes creen que tal vez se hayan adelantado a su época, que crearon un producto para el que aún no había mercado. El grado de desarrollo del poliéster tampoco facilitó el funcionamiento de las vigas aquejadas de goteras, e incapaces de absorber correctamente los cambios debidos a la dilatación.

Aparte de todo esto, construcción o tecnología aparte, la economía de mercado dice que por lo general ningún arquitecto usa un producto que lleve claramente marcado el sello de un compañero. Eso que parece tan banal, ya lo había sufrido el propio Fisac con su famosa lámpara, (revalorizada al cambiar el nombre comercial del arquitecto por el de Blancanieves).

Fisac fiel a su propia forma de entender la arquitectura y la construcción, en ningún momento abandona sus principios, de modo que incluso las soluciones más netamente constructivas acaban por tener el poso del maestro manchego.

En cualquier caso el empeño investigador demostrado no puede dejarnos indiferentes, y es este afán el verdadero motor de esta historia, una afirmación de su primera investigadora Mari Cruz Morales Saro deja clara la tesis de Fisac sobre la falta de industrialización en nuestro país basada en la falta de apoyo a la investigación interna y en las elevadas cantidades que se pagan en conceptos de royalties.

"Hay que pasar hoy a las tecnologías modernas y universalizadas, hay dos procedimientos para conseguirlo: el primero investigar y facilitar el estudio de estas nuevas técnicas para que se pongan en práctica dentro de España. Hay otra solución más fácil, pero también más desastrosa pagando más royalties." (Miguel Fisac, 1973)

HUECO SA. Procesos de fabricación y montaje

Hace unos 40 años que las relaciones con el Sr. Miguel Fisac fueron intensas y seguidas. El entusiasmo que causó ver los elementos de construcción que fueron ideados y técnicamente estudiados y dibujados por Don Miguel, crearon la atmósfera de haber encontrado unas ideas que fácilmente se plasmarían en éxitos industriales.

La empresa Colomer y Munmany SA decidió apoyar el desarrollo de esta nueva técnica de construcción, con su aplicación a naves industriales cuyo resultado conjugaba soluciones prácticas a problemas de espacio del largo y ancho y, en ambos casos, se tenía por resuelta, casi perfectamente, la cantidad de luz y uniformidad que se pudiese requerir.

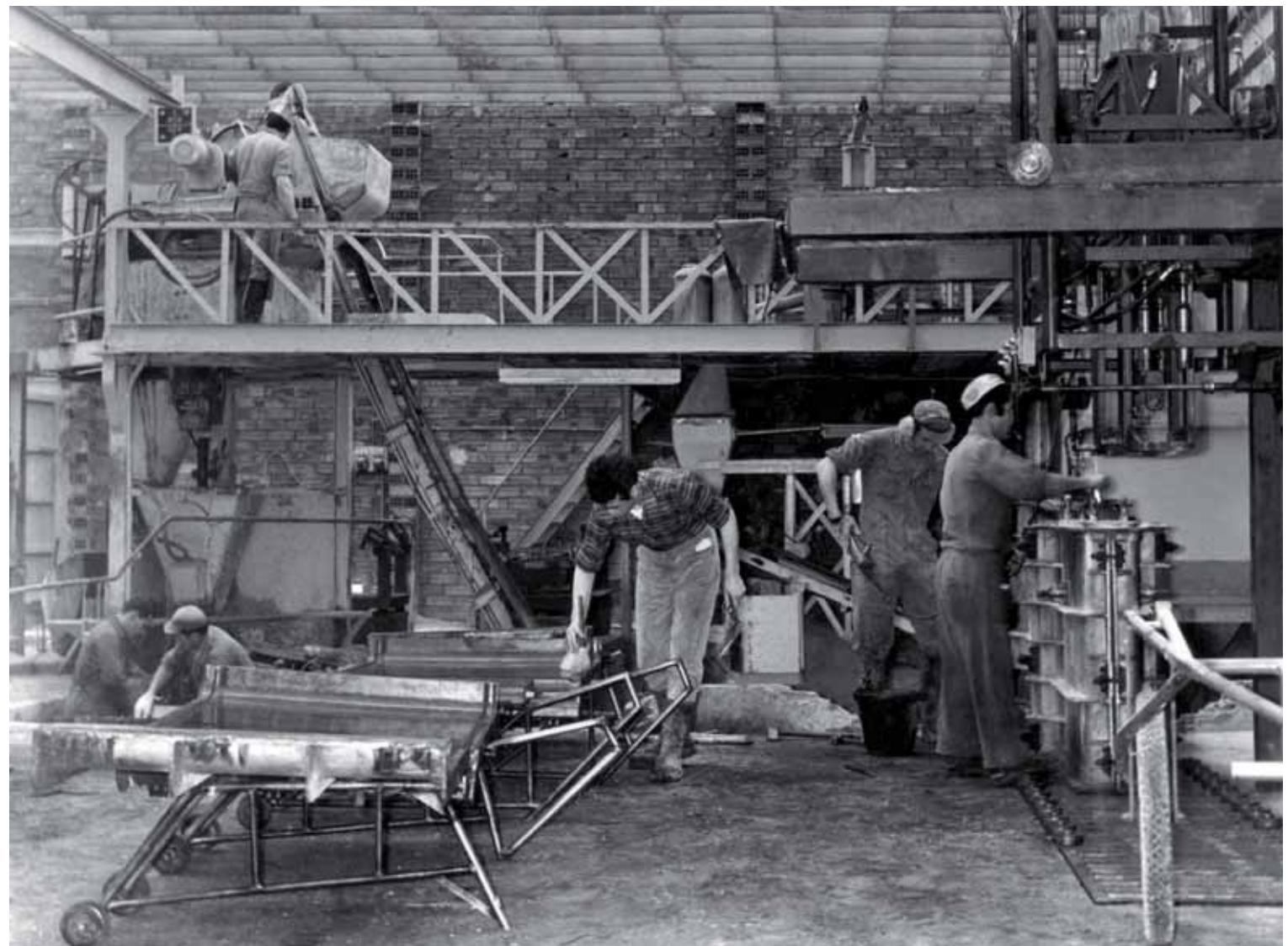
A este efecto el Grupo Colomer tomó participación en la entidad "Julián Arumí S.L." de Vic, dedicada a la fabricación de piezas para la construcción, y en la Junta General Universal celebrada el 27 de febrero de 1968, se decidió la constitución de la compañía mercantil "Hueco S.A.", que se formalizó en escritura pública ante el notario de Vic, D. José Luís Roca-Sastre Muncunill. El día 11 de marzo de 1968, con un capital social de 100.000 ptas. y con el objeto social siguiente: "el estudio, investigación y explotación de elementos prefabricados posteados para la construcción...". En dicho acto se designó el primer Consejo de Administración compuesto de siete miembros: Don Miguel Fisac Serna, Presidente, y Don Andrés Colomer Munmany, Don Carlos Barredo de Valenzuela, "Julián Arumí, S.L.", representada por D. Julián Arumí Sayrach, Don Ramón Colomer Munmany, Don Ricardo Barredo de Valenzuela y Don Antonio Casacuberta Santaeulalia, Vocales.

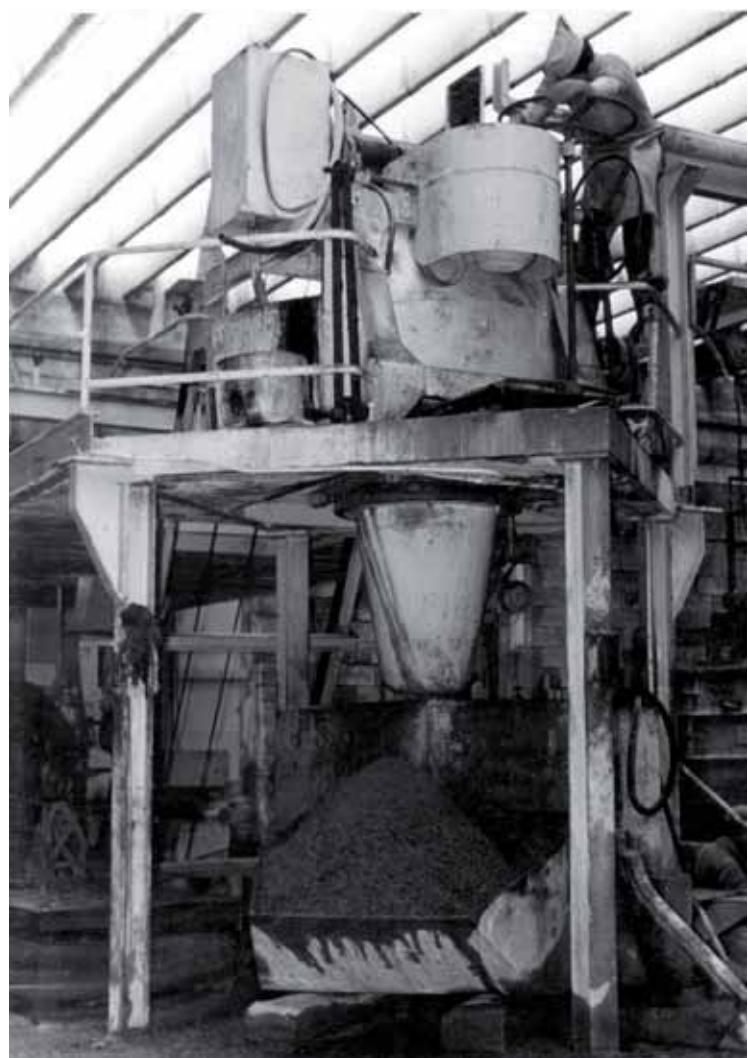
Tuvo una vida muy corta porque cuando se desarrolló la producción de piezas empezaron a verse también los defectos que al no poder ser corregidos obligaron a paralizar el desarrollo de este emblemático sistema.

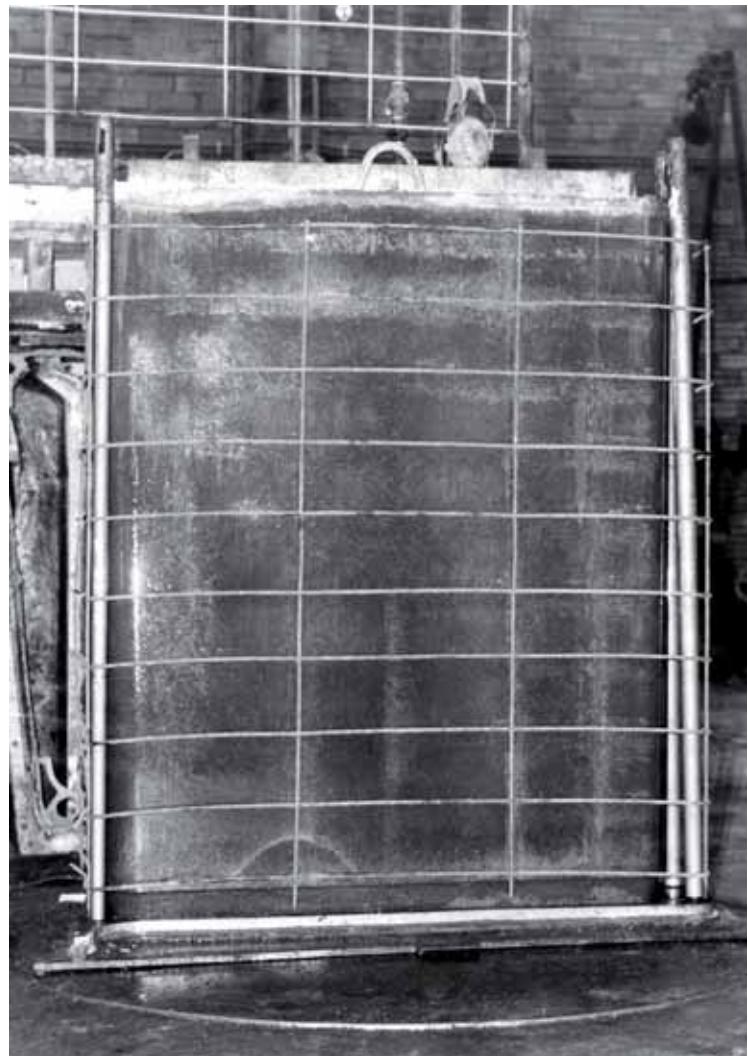
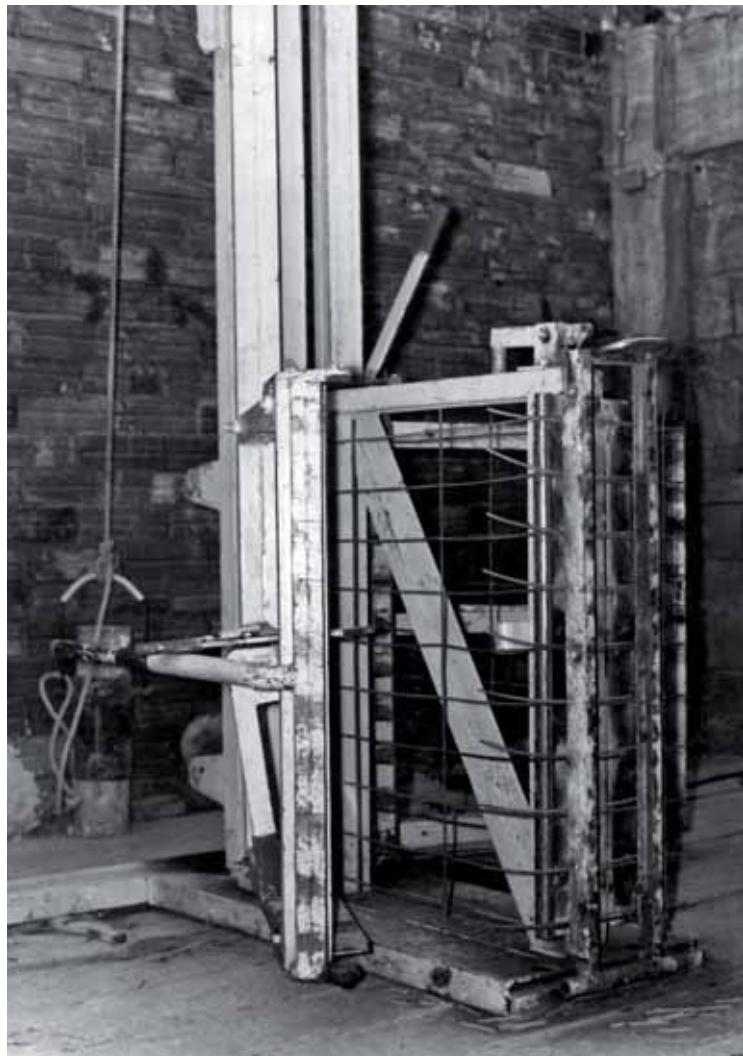
Fue una verdadera pena que en aquel tiempo no se encontrara la manera de que los plásticos hicieran una junta estanca que evitara goteos. Esta fue la causa principal del fracaso ya que no se encontró una solución adecuada.

Fue una pena que el entusiasmo creado por esta maravillosa idea no pudiese ser canalizado a resultados positivos y permanentes, a pesar de los esfuerzos personales que fueron muchos y que realmente merecían un mayor éxito.

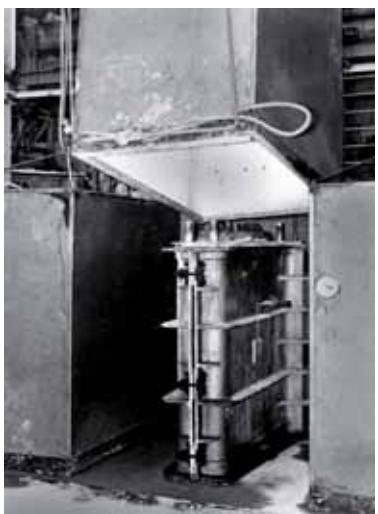
D. Andrés Colomer
Presidente Honorífico del Grupo Colomer
y co-fundador de HUECO SA

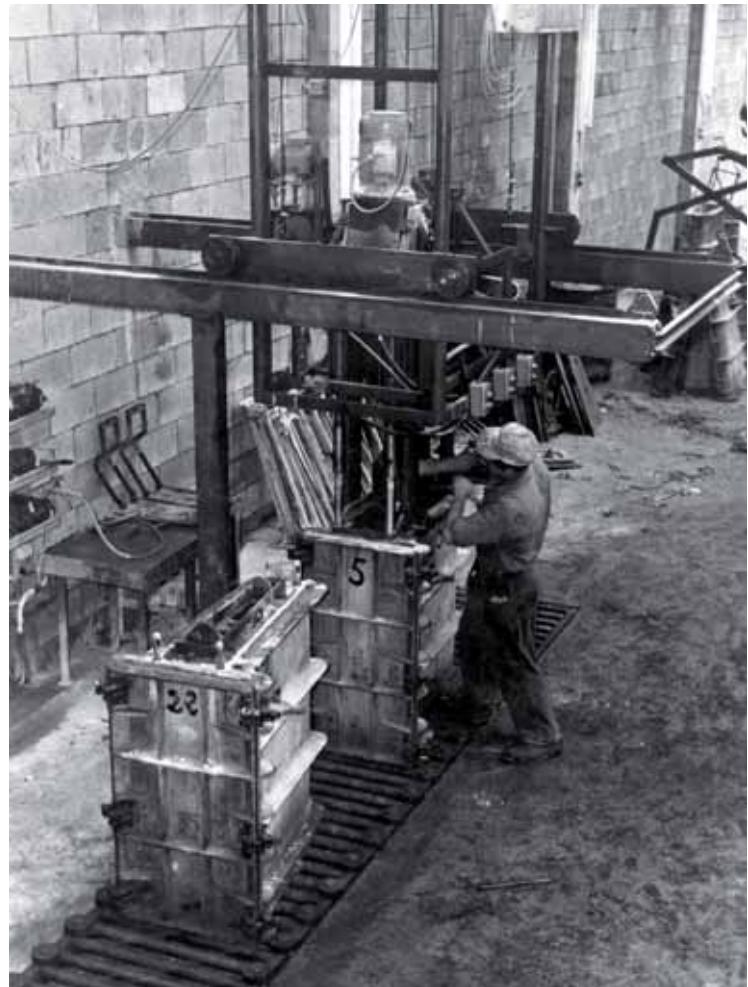


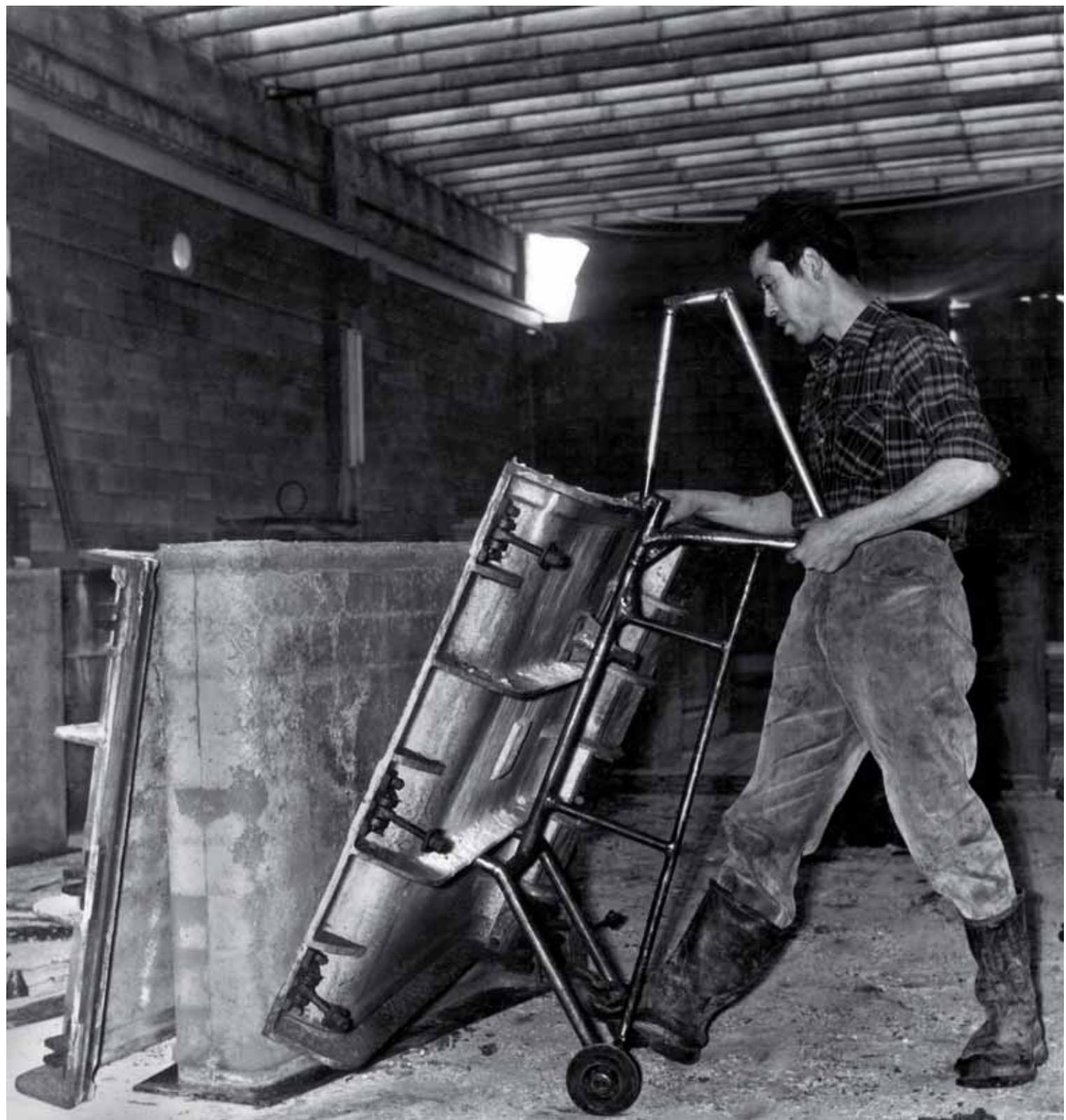




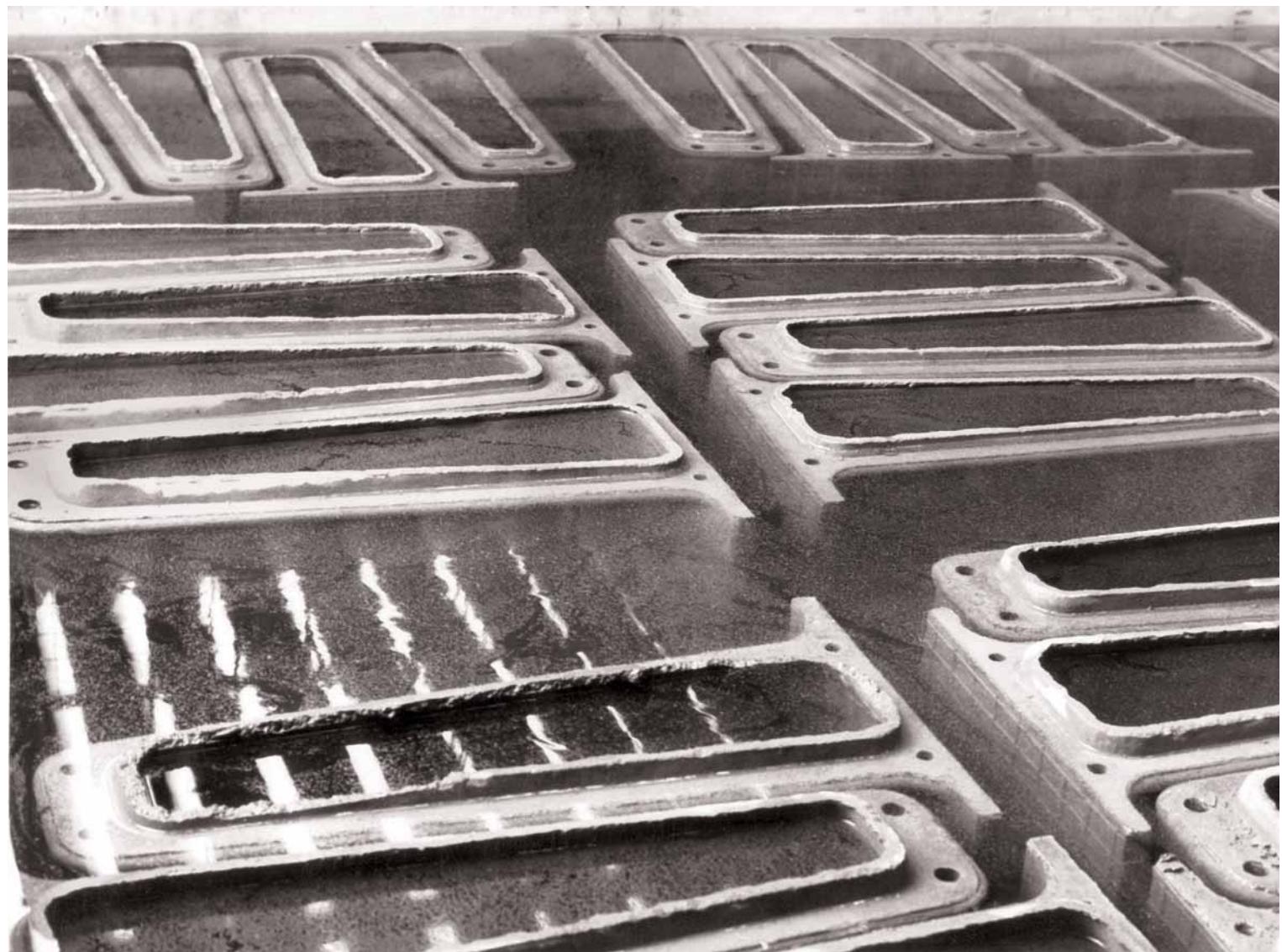




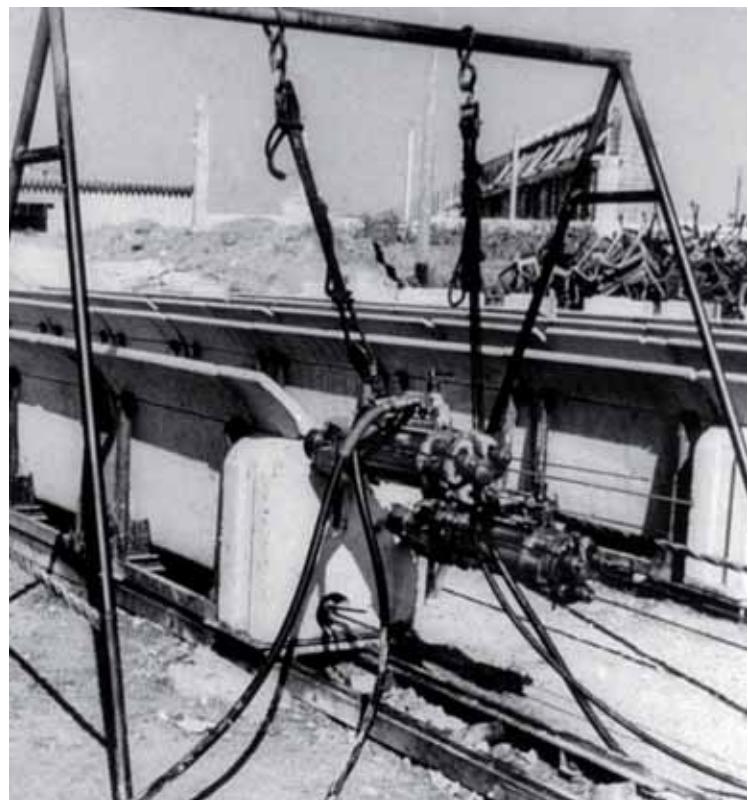


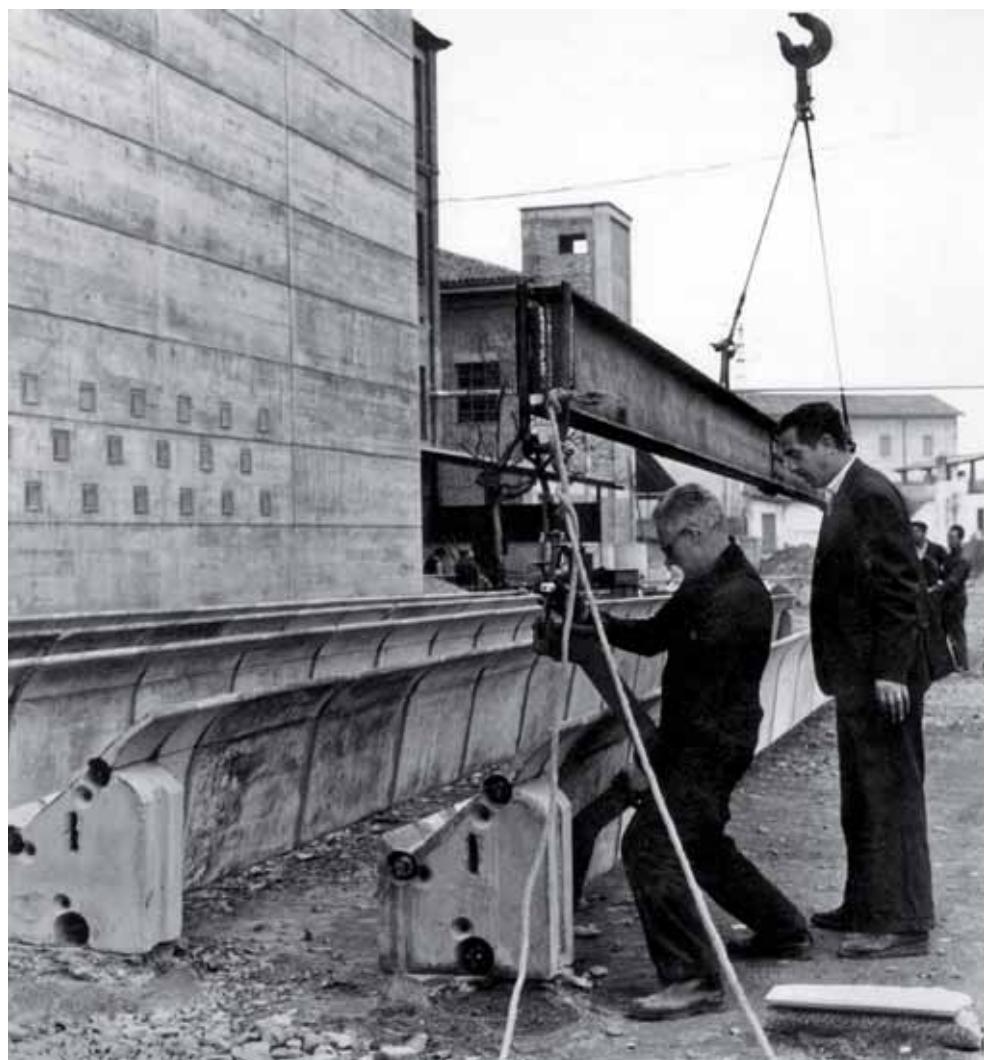
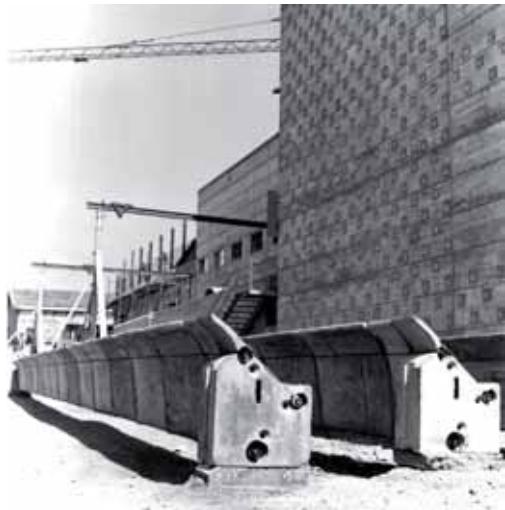




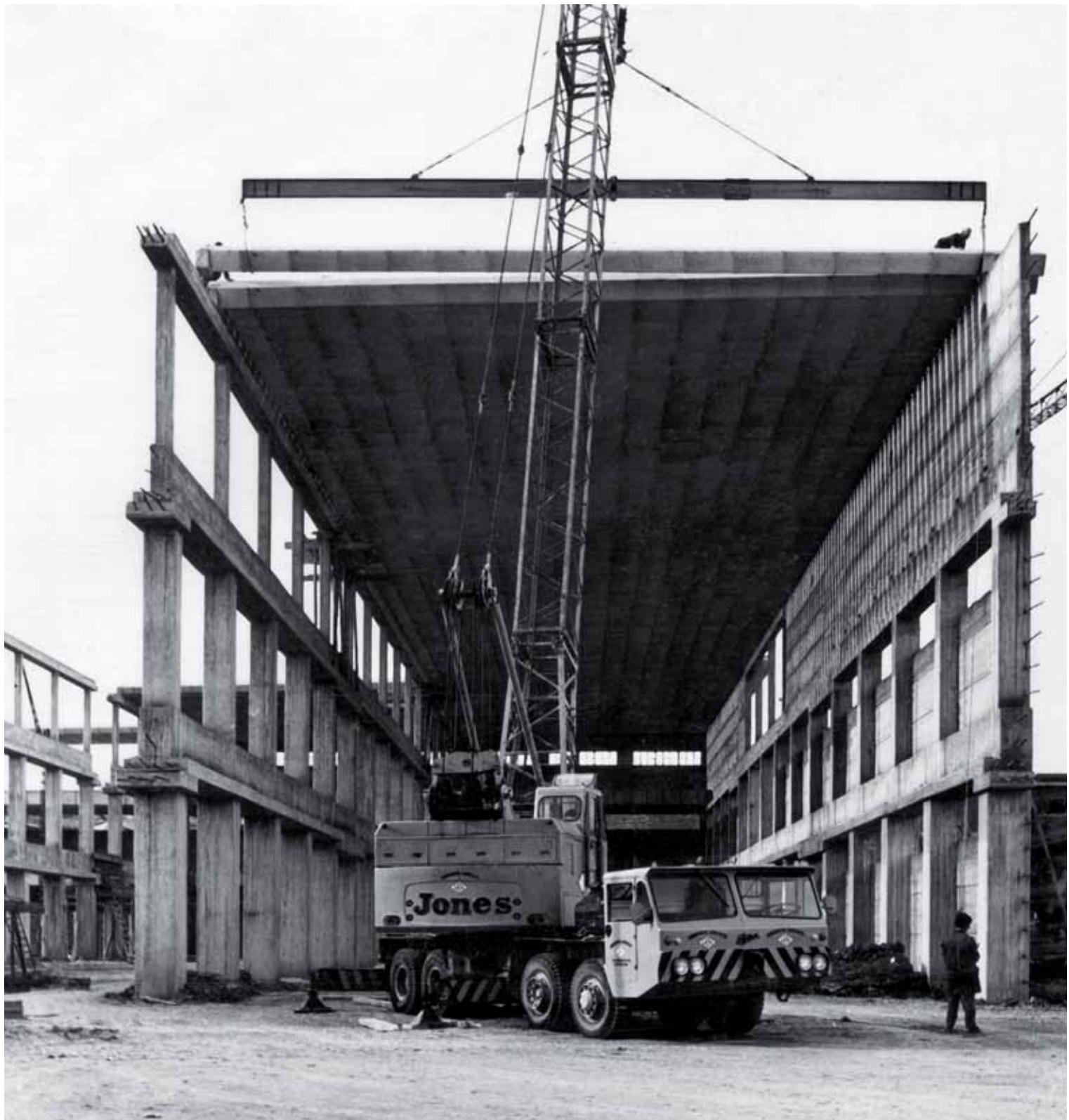












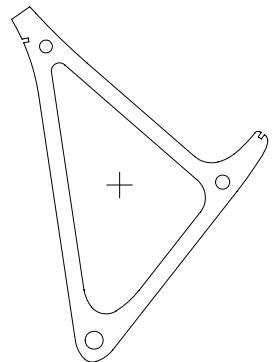
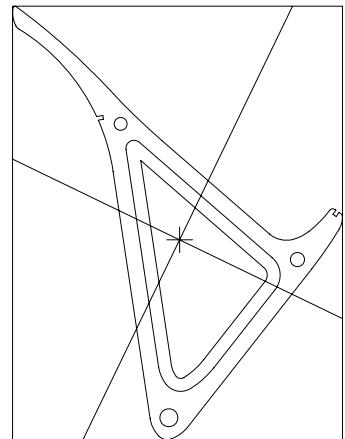


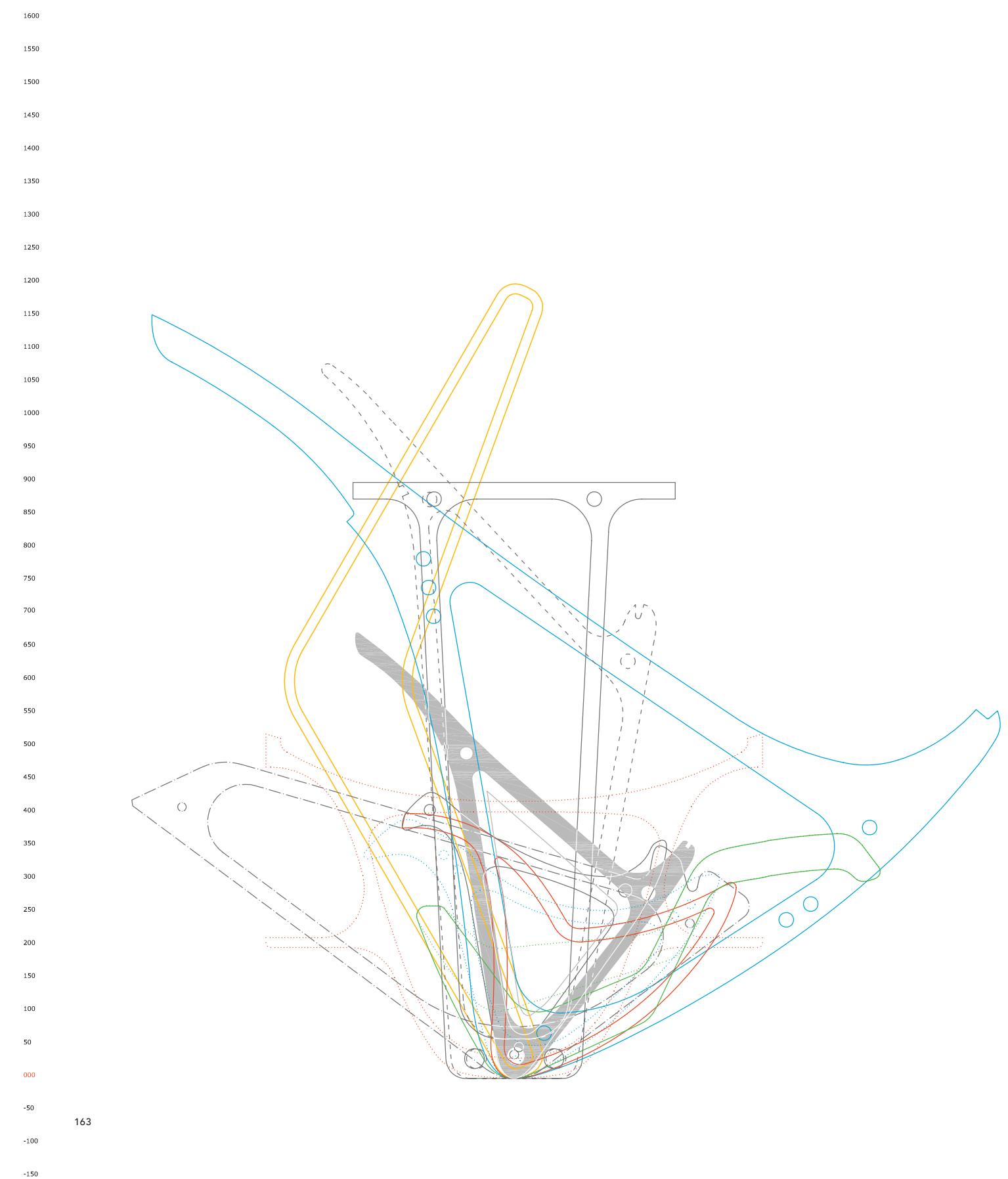
Pieza Sigma (e 1:10)

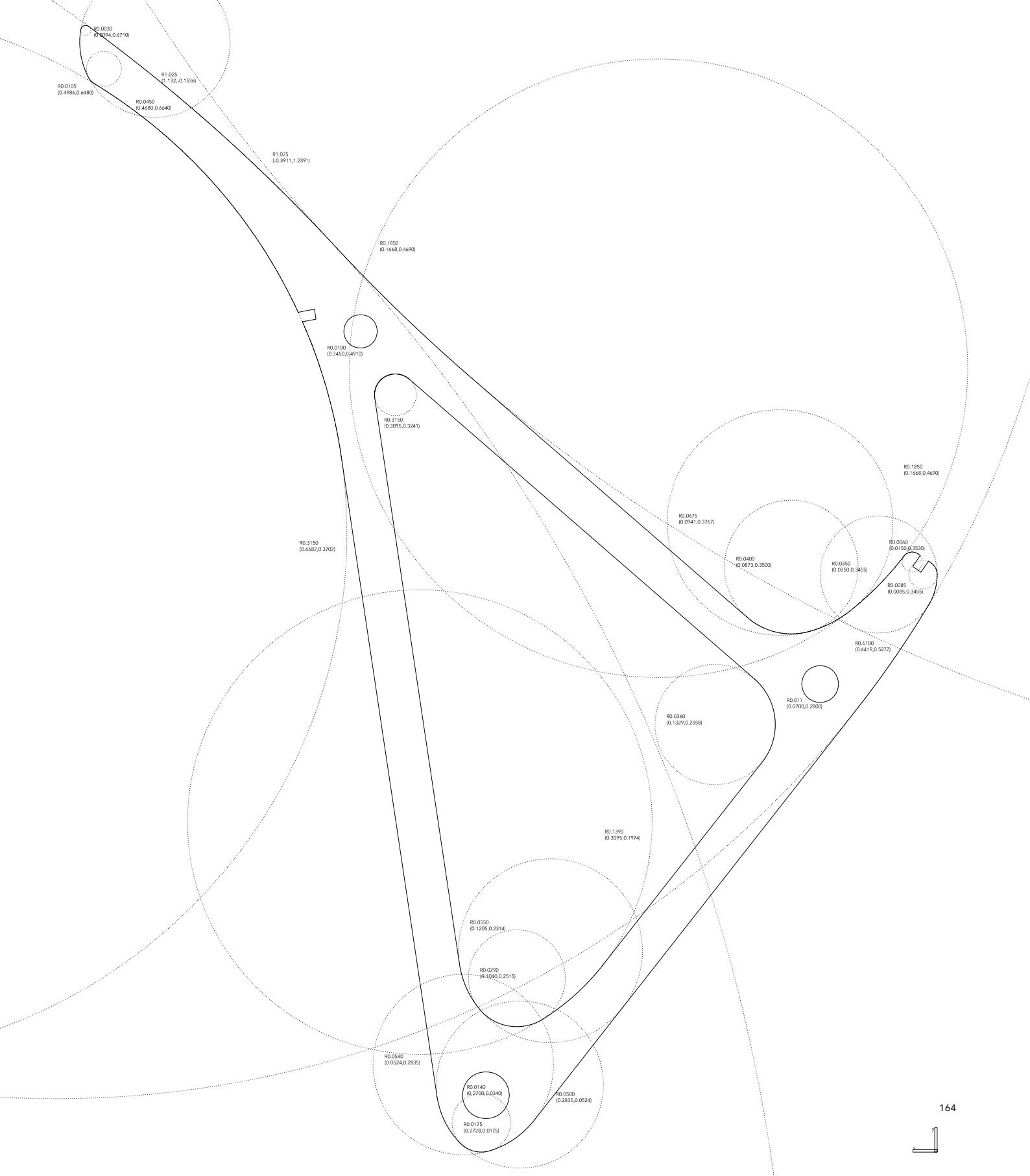
PERIODO DE FABRICACION	1967-69	ASIMETRICA	
TIPO DE HORMIGON	POSTENSADO	USO	CUBIERTA
ILUMINACION	SI	INTEREJE	0.4868m
LUZ MAXIMA	17m	LONGITUD DE DOVELAS/JUNTAS	0.985m/0.02m
TIPO ARMADURA CABLE TRENZADO/ALAMBRE		TRAYECTORIA DE ARMADURA	RECTA
PESO DE LA PIEZA(kg/ml)	107	ESPESOR	0.025m

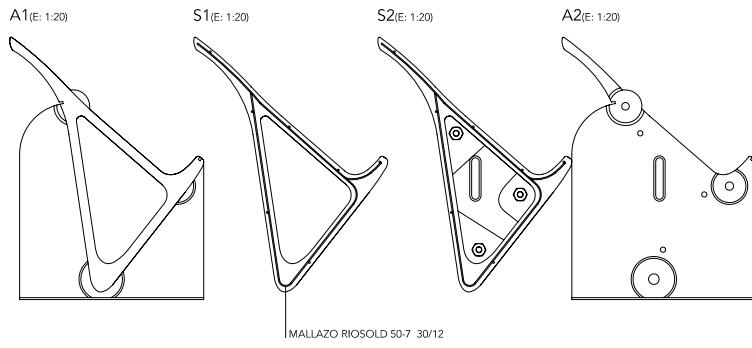
SE TRATA DE LA VERSION MEJORADA DE LA PIEZA DEL CEH. AL IGUAL QUE SU PREDECESORA SE TRATA DE UNA PIEZA VENTILADA GRACIAS A UN ORIFICIO PRACTICADO EN LAS PIEZAS ESPECIALES DE APOYO DE LA VIGA. TAMBIEN AL IGUAL QUE ELLA SE CALCULA ORIGINALMENTE SIN EL TROZO DE ALA QUE SIRVE DE PARASOL AUNQUE LOS DATOS DE ESTA TABLA SE CORRESPONDEN CON LA PIEZA ENTERA.

AREA	0.0368/ 0.0412m ²	PERIMETRO	2.7553/3.0959m	
RECTANGULO DELIMITADOR	X0.0000 Y0.0000	0.3986m 0.5527m	X0.0000 Y0.0000	0.5130m 0.6740m
CENTRO DE GRAVEDAD	X0.1682	Y0.2754m	X0.2532	Y0.3107m
MOMENTOS DE INERCIA	X0.0036	Y0.0014m ⁴	X0.0052	Y0.0032m ⁴
PRODUCTO DE INERCIA	XY0.0016		XY0.0036m ³	
RRADIOS DE GIRO	X0.3122	Y0.1982m	X0.3553 Y0.2800m	
MOMENTOS PRINCIPALES Y DIRECCIONES PRINCIPALES X-Y	I 0.0004(0.2743,-0.9616) J0.0008(0.9616,0.2743)		I0.0004(0.4353,0.9003)m ³ J0.0262(-0.9003,0.4353)m ³	

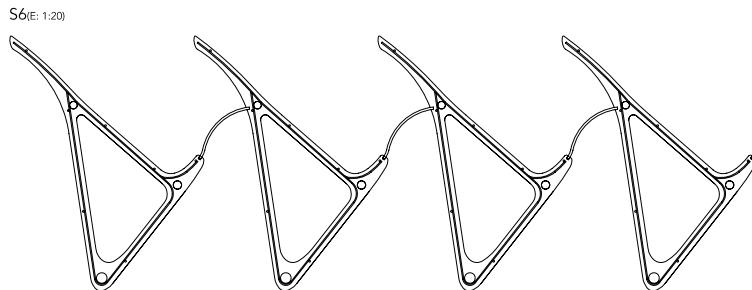
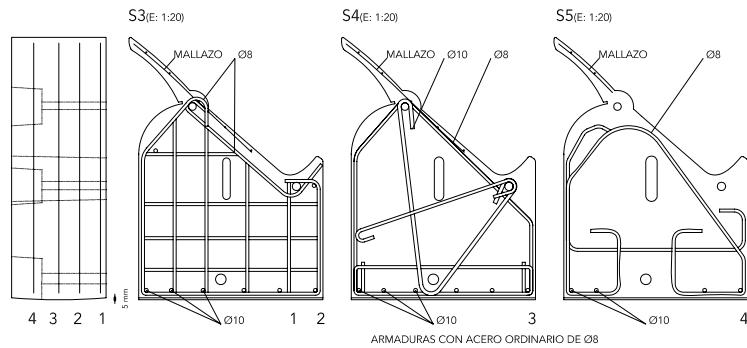




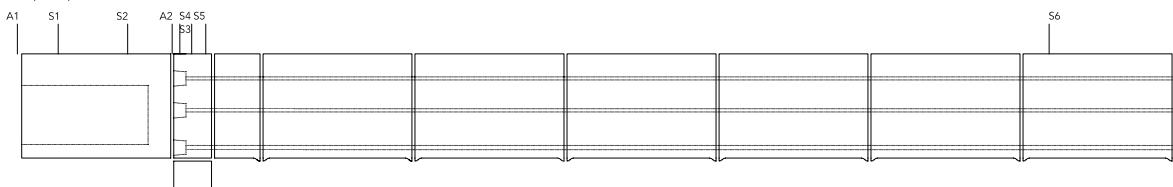




MALLAZO RIOSOLD 50-7 30/12

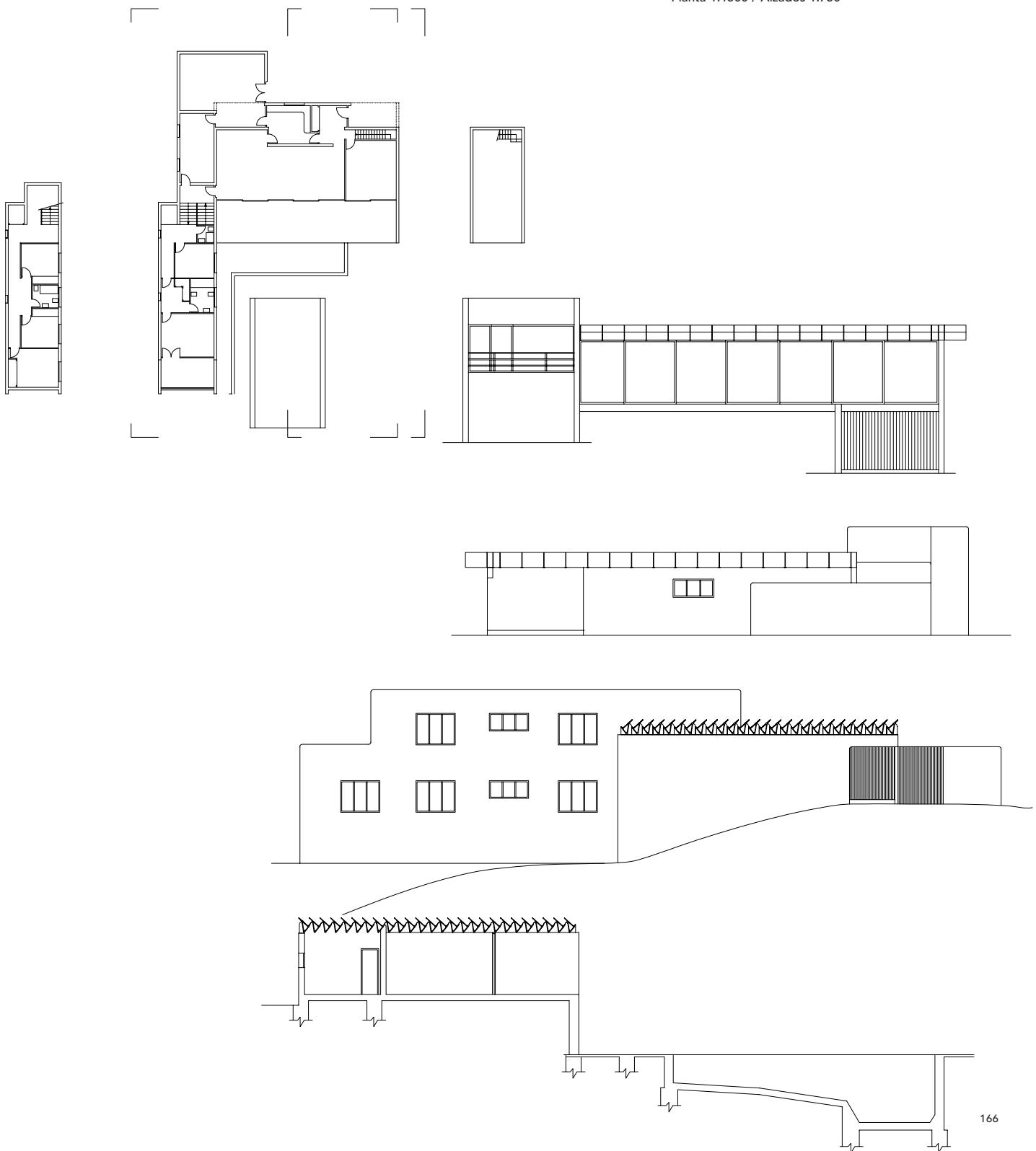


ALZADO(E: 1:50)



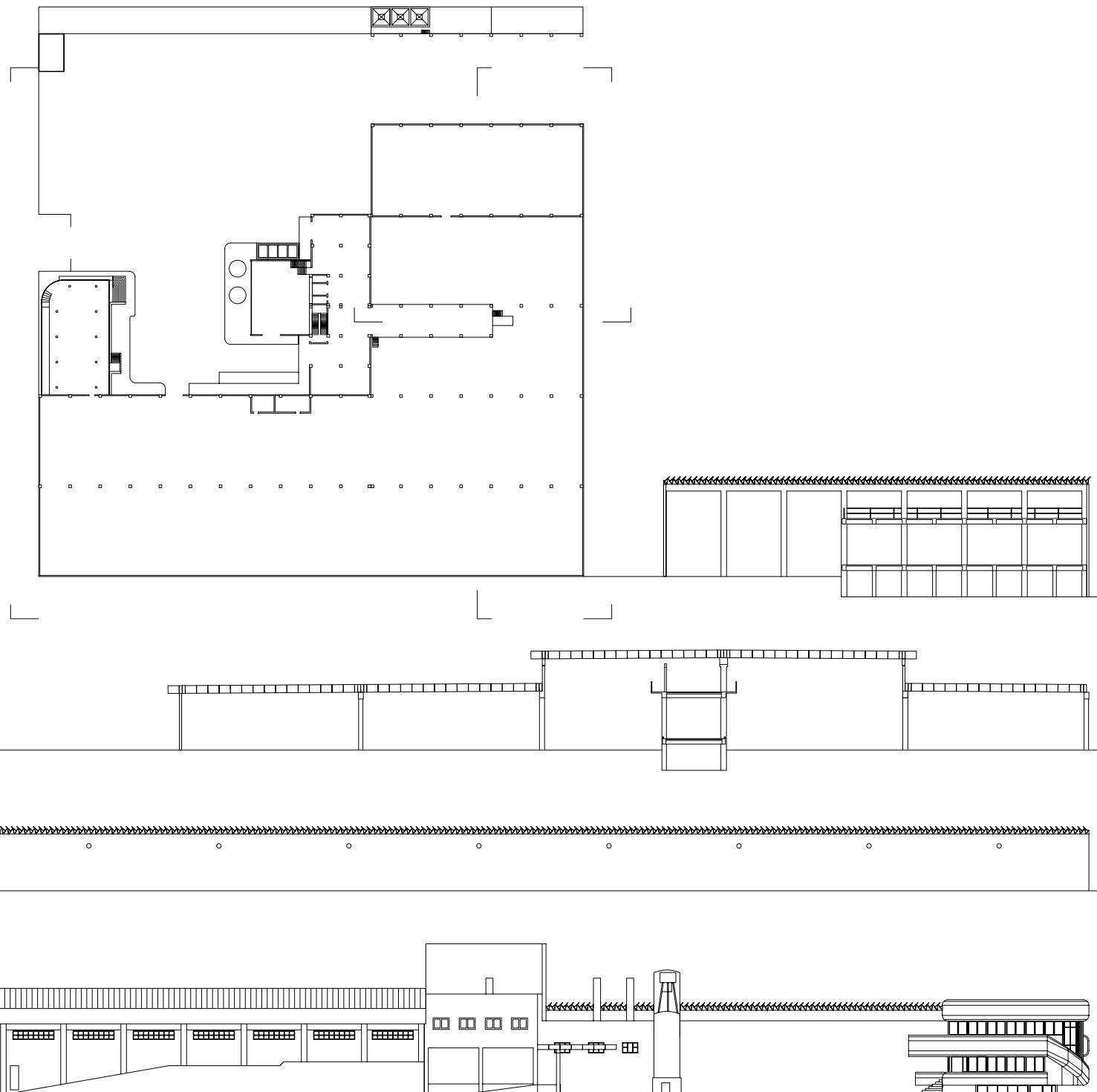
Vivienda Antonio Casacuberta (Vic)

Planta 1:1500 / Alzados 1:750



Fábrica Máximo Mor (Montmeló)

Planta 1:1000 / Alzados 1:500

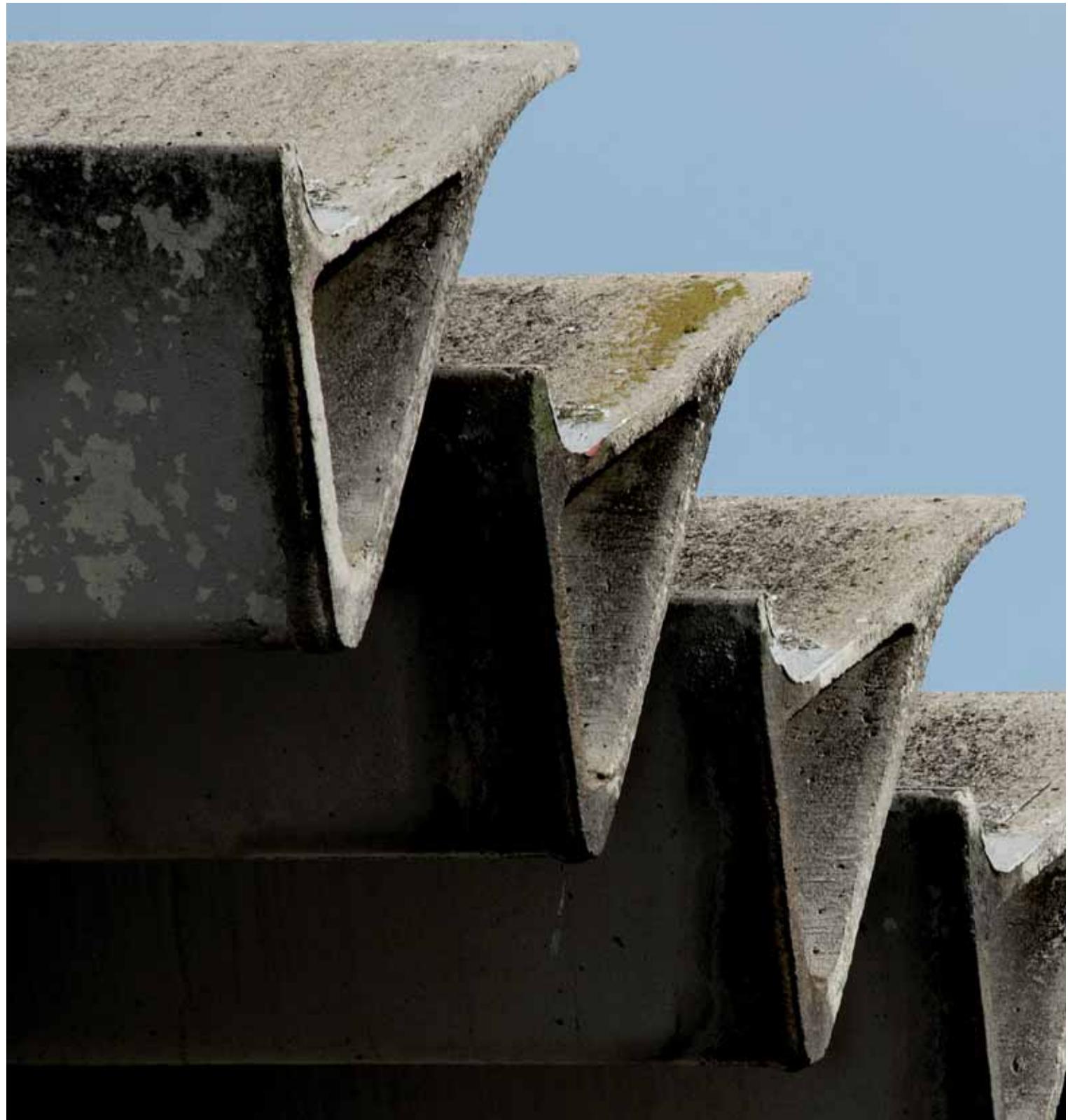




Vivienda de A. Casacuberta
Fábricas Baumann en Vic
y Máximo Mor en Montmeló
(Archivo Arumí)







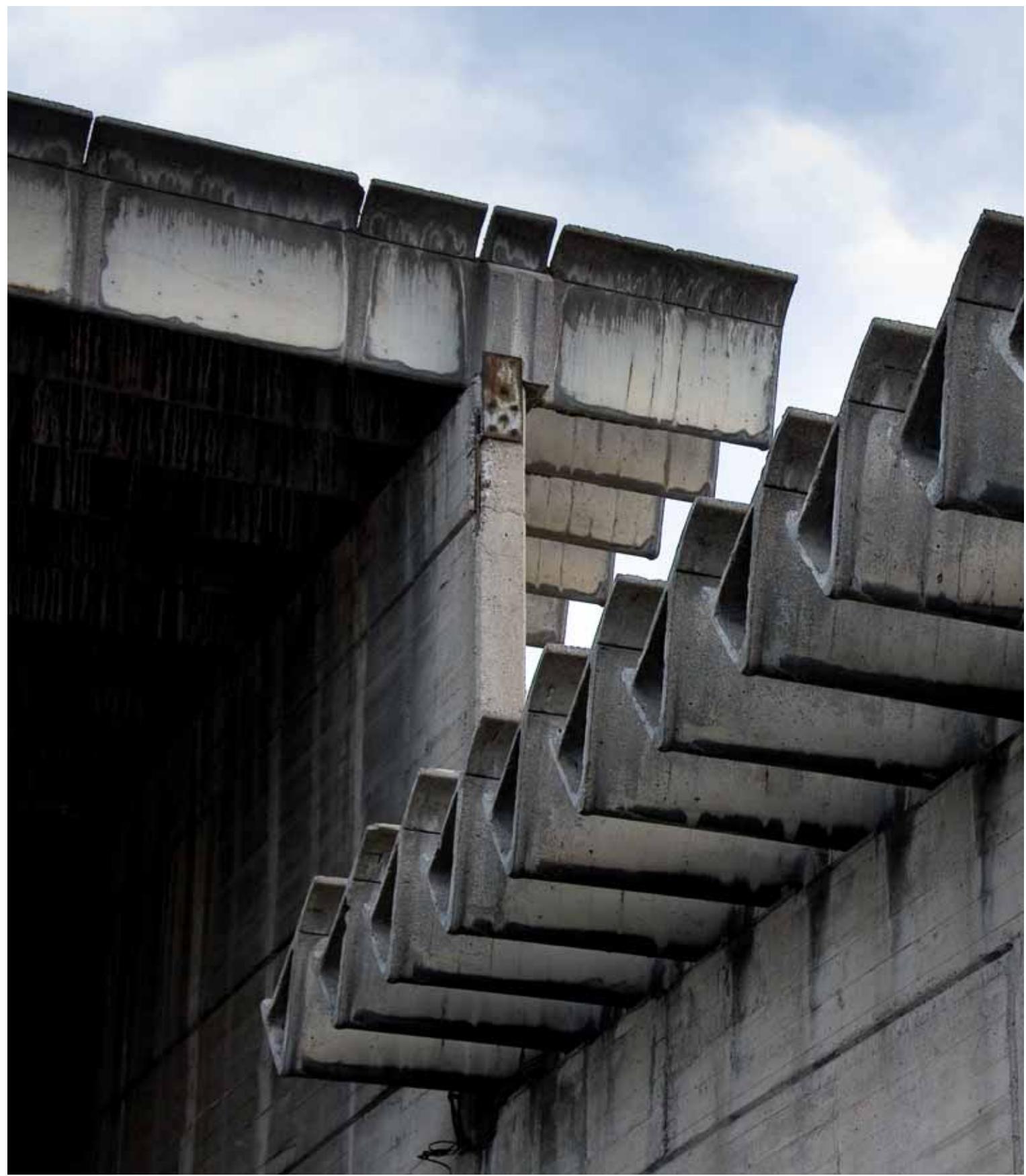
Vivienda Casacuberta (Santa Eugènia de Berga)
Estado actual





Fábrica Máximo Mor (Montmeló)

Estado actual





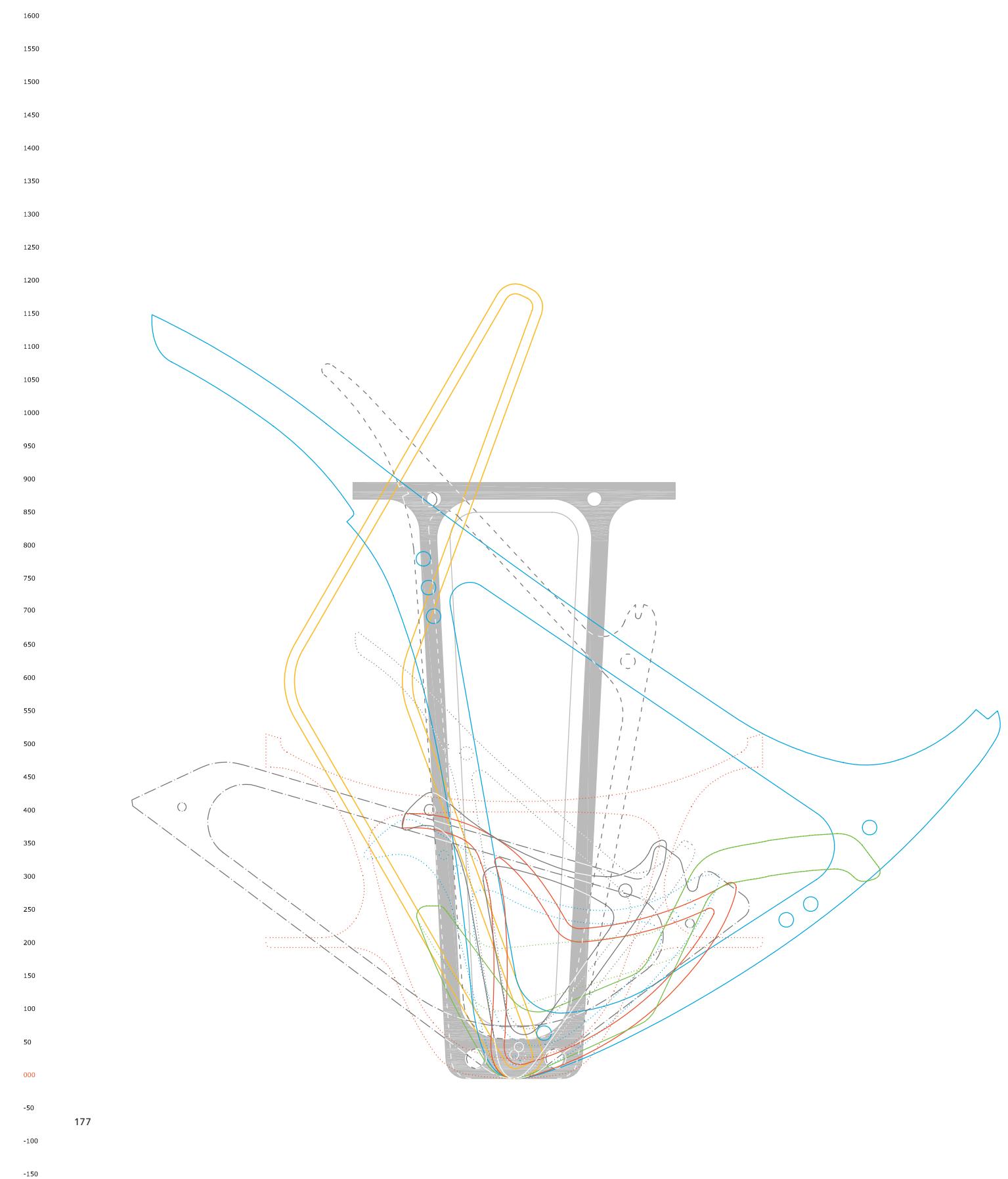


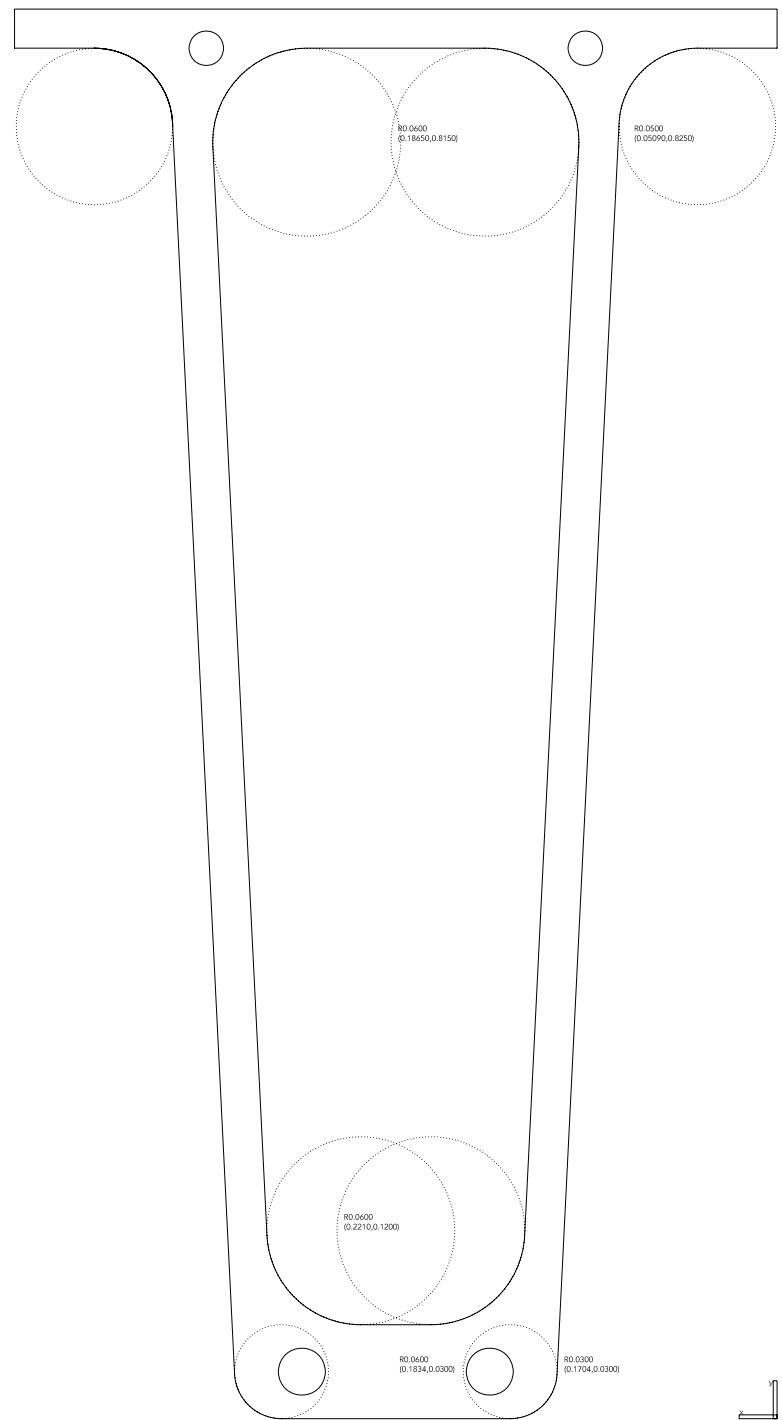
Pieza Trapecio (e 1:10)

PERIODO DE FABRICACION	1968-71	SIMETRICA
TIPO DE HORMIGON	POSTENSADO	USO FORJADO/CUBIERTA
ILUMINACION	NO*	INTEREJE 0.4868m
LUZ MAXIMA	16-20/25m	LONGITUD DE DOVELAS/JUNTAS 0.985m/0.02m
TIPO ARMADURA CABLE TRENZADO/ALAMBRE		TRAYECTORIA DE CABLES RECTA
PESO DE LA PIEZA(kg/ml)	180	ESPESOR MÍNIMO 0.025m

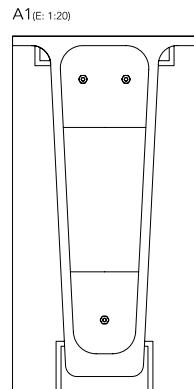
*EXISTE UNA VERSION NO CONSTRUIDA QUE PERMITE ILUMINAR EL INTERIOR. EN FORJADOS LA LUZ VARIA ENTRE 16 Y 20m PUDIENDO LLEGAR EN CUBIERTA HASTA LOS 25 DEPENDIENDO DE LAS SOBRECARGAS DE CALCULO. EN EL TABLERO SUPERIOR LA PIEZA TIENE UNOS RESALTES EN FORMA RETICULAR QUE MEJORAN LA ADHERENCIA ENTRE LA PIEZA Y LA CAPA DE COMPRESSION.

AREA	0.0669m ²	PERIMETRO	4.8819m
RECTANGULO DELIMITADOR		X0.0000 Y0.0000	0.4868m 0.9000m
CENTRO DE GRAVEDAD		X0.2434	Y0.4778m
MOMENTOS DE INERCIA		X0.0222	Y0.0048m ⁴
PRODUCTO DE INERCIA			XY0.0078m ³
RADIOS DE GIRO		X0.5761	Y0.2678m
MOMENTOS PRINCIPALES Y DIRECCIONES PRINCIPALES X-Y		I0.0008(0.0000,-1.0000)m ³ J0.0069(1.0000,0.0000)m ³	

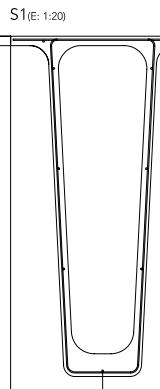




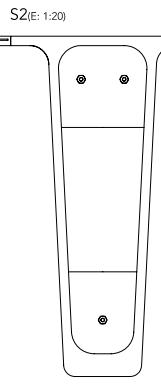
A1(E: 1:20)



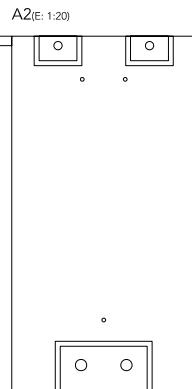
S1(E: 1:20)



S2(E: 1:20)

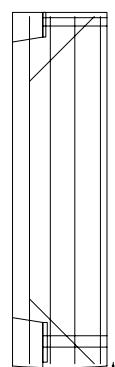


A2(E: 1:20)

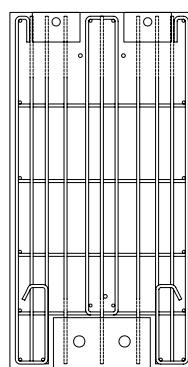


MALLAZO RIOSOLD Ø50-9 Ø30/12

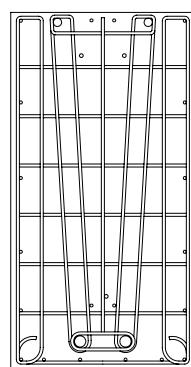
S3(E: 1:20)



S4(E: 1:20)



S5(E: 1:20)

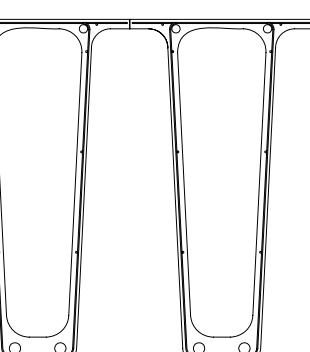


2 1

S6(E: 1:20)

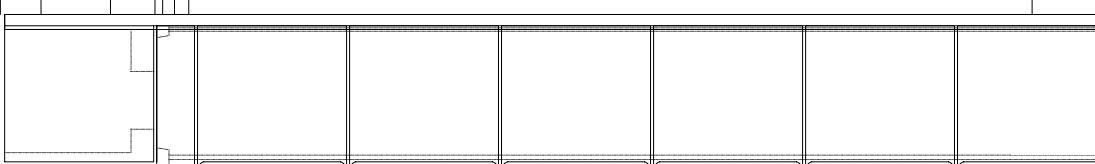
LAS LINEAS A TRAZOS SE CORRESPONDEN CON DOBLADOS DE LAS BARRAS HACIA EL INTERIOR DE LA SECCION

ARMADURAS CON ACERO ORDINARIO DE Ø8



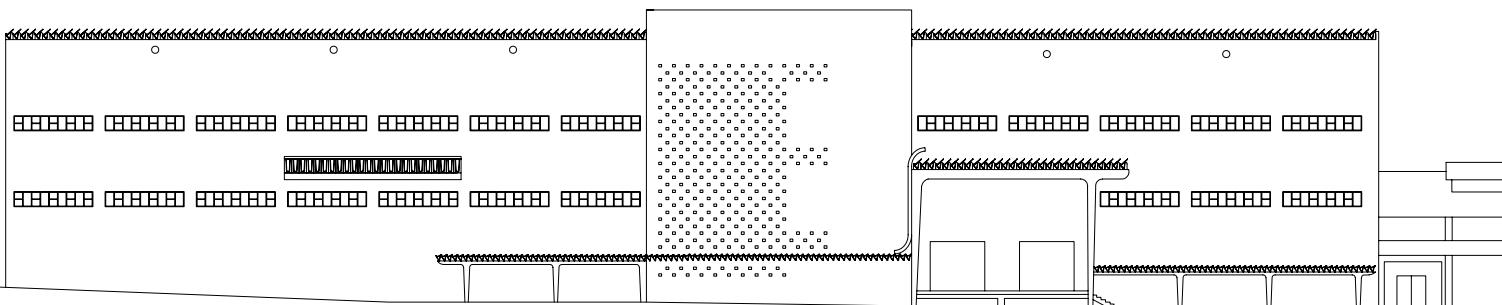
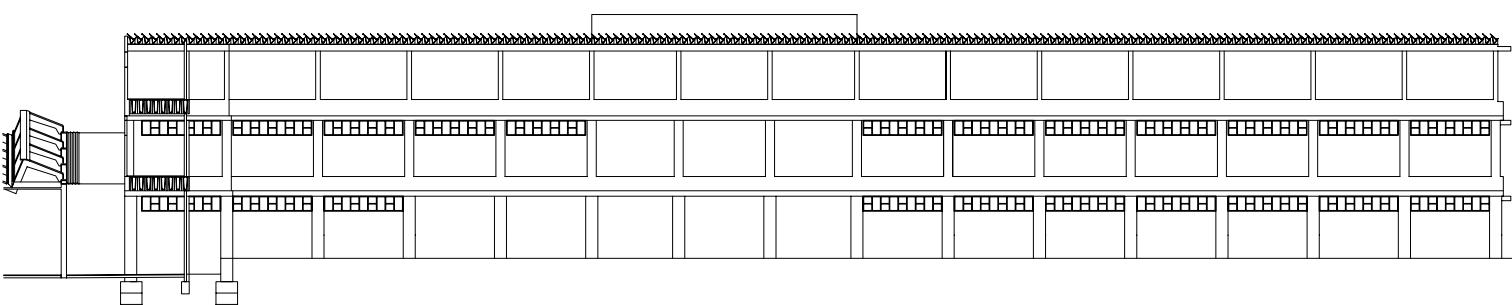
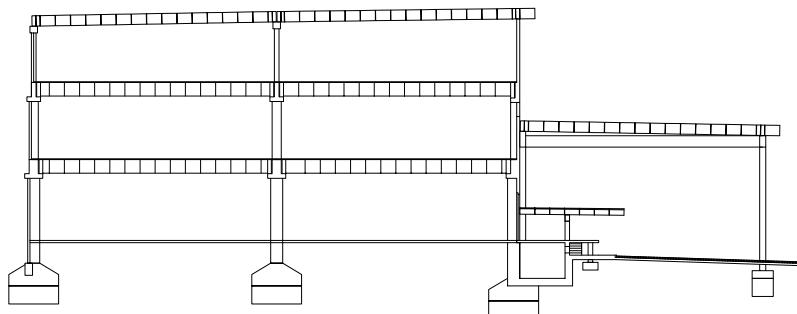
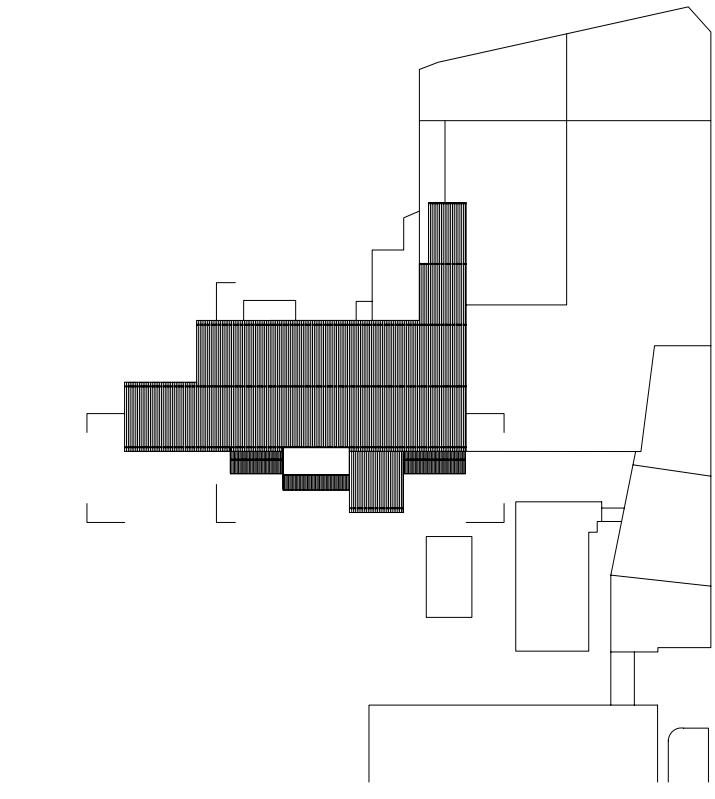
ALZADO(E: 1:50)

A1 S1 S2 A2 S4 S5 S3



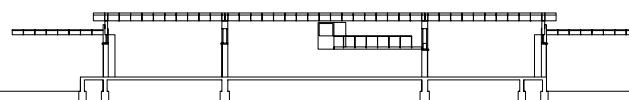
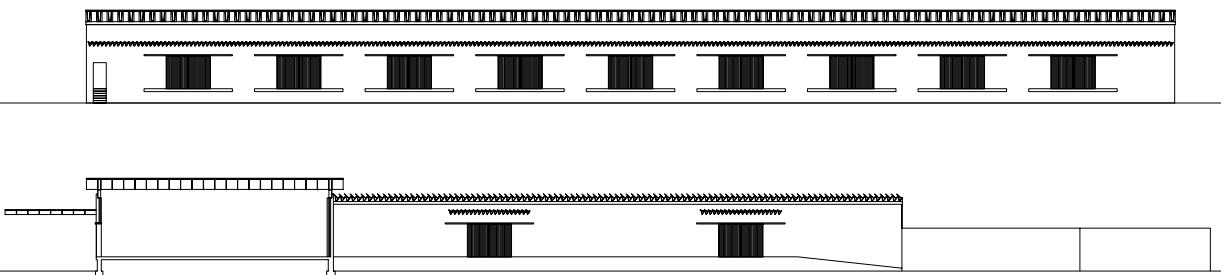
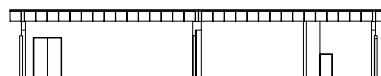
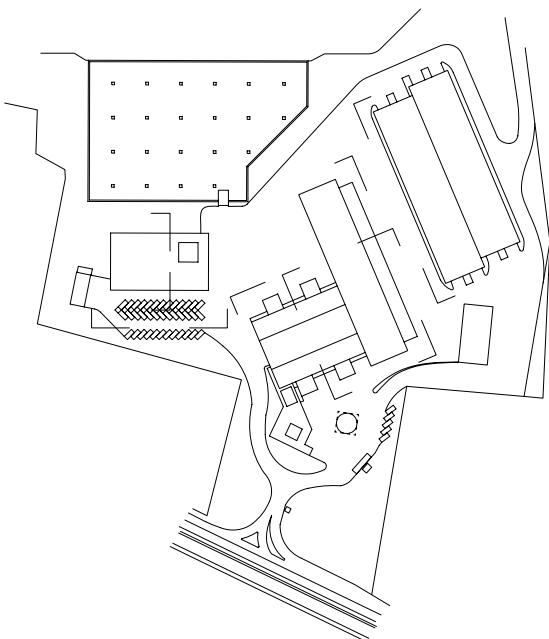
Antigua sede del grupo Colomer-Munmany (Vic)

Planta 1:2000 / Alzados 1:500



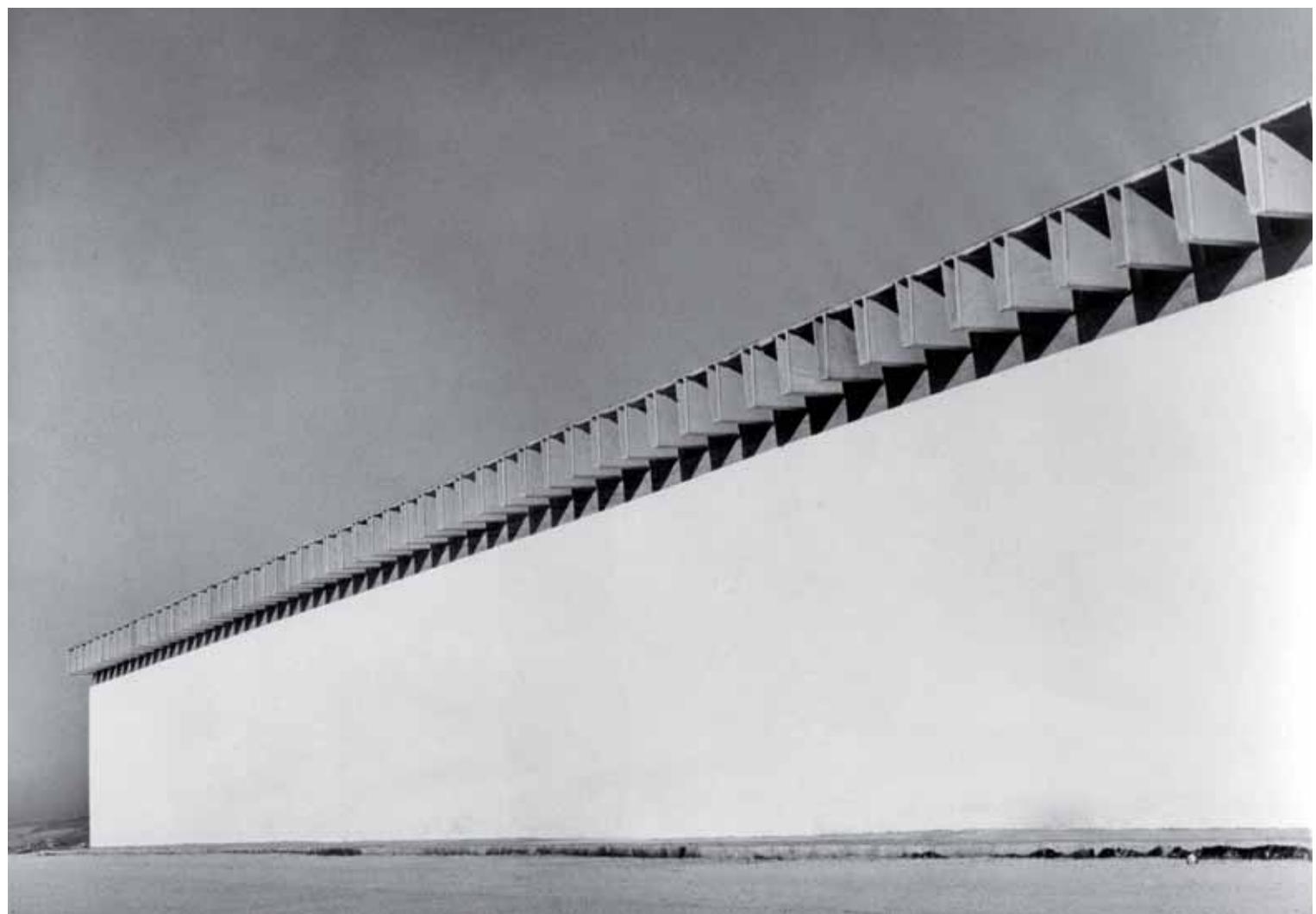
Bodegas Garvey (Jerez)

Planta 1:4000 / Alzados 1:750





Fábrica Colomer-Munmany (Vic) y Bodegas Garvey (Jerez)
(Archivo Arumi)



Fábrica Anónima Lanera (Vic)

Demolida





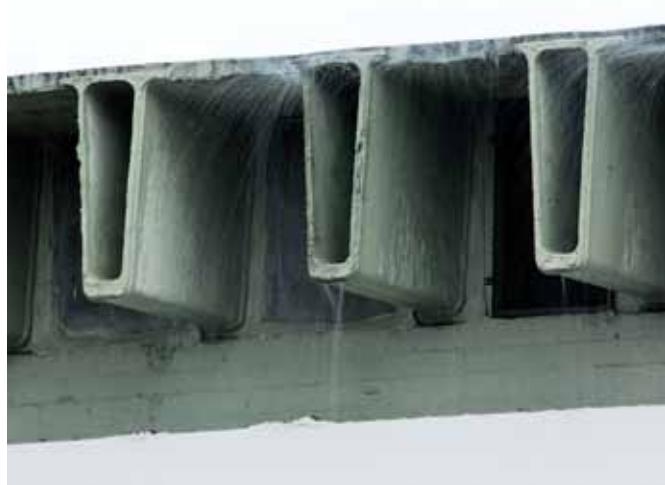
Bodegas Garvey (Jerez)

Estado actual





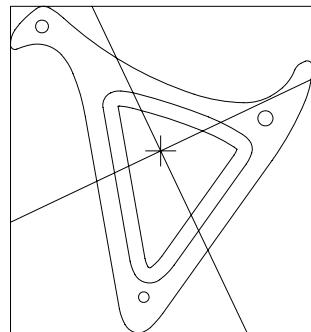






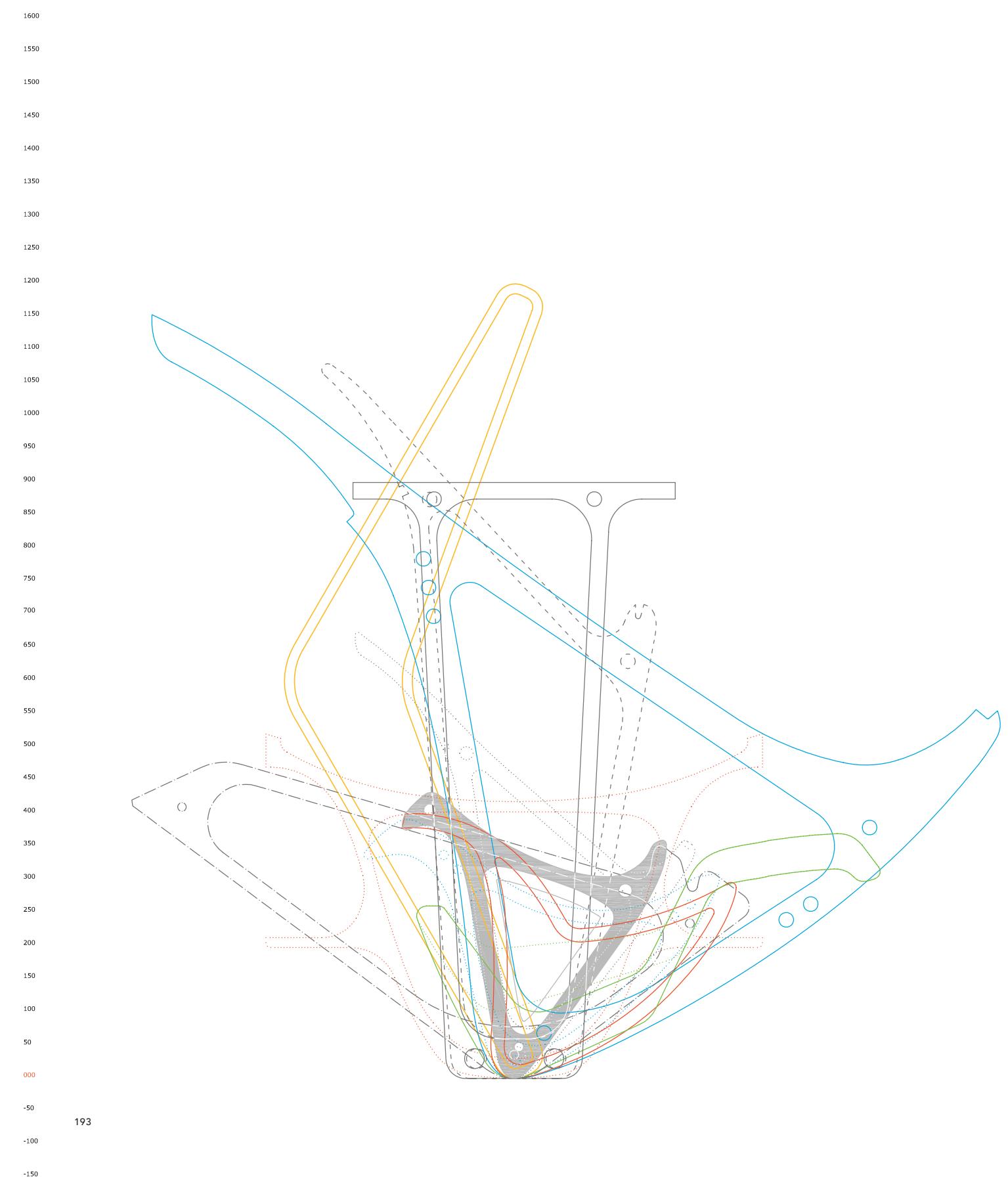
Pieza Pato HUECO S.A. (e 1:10)

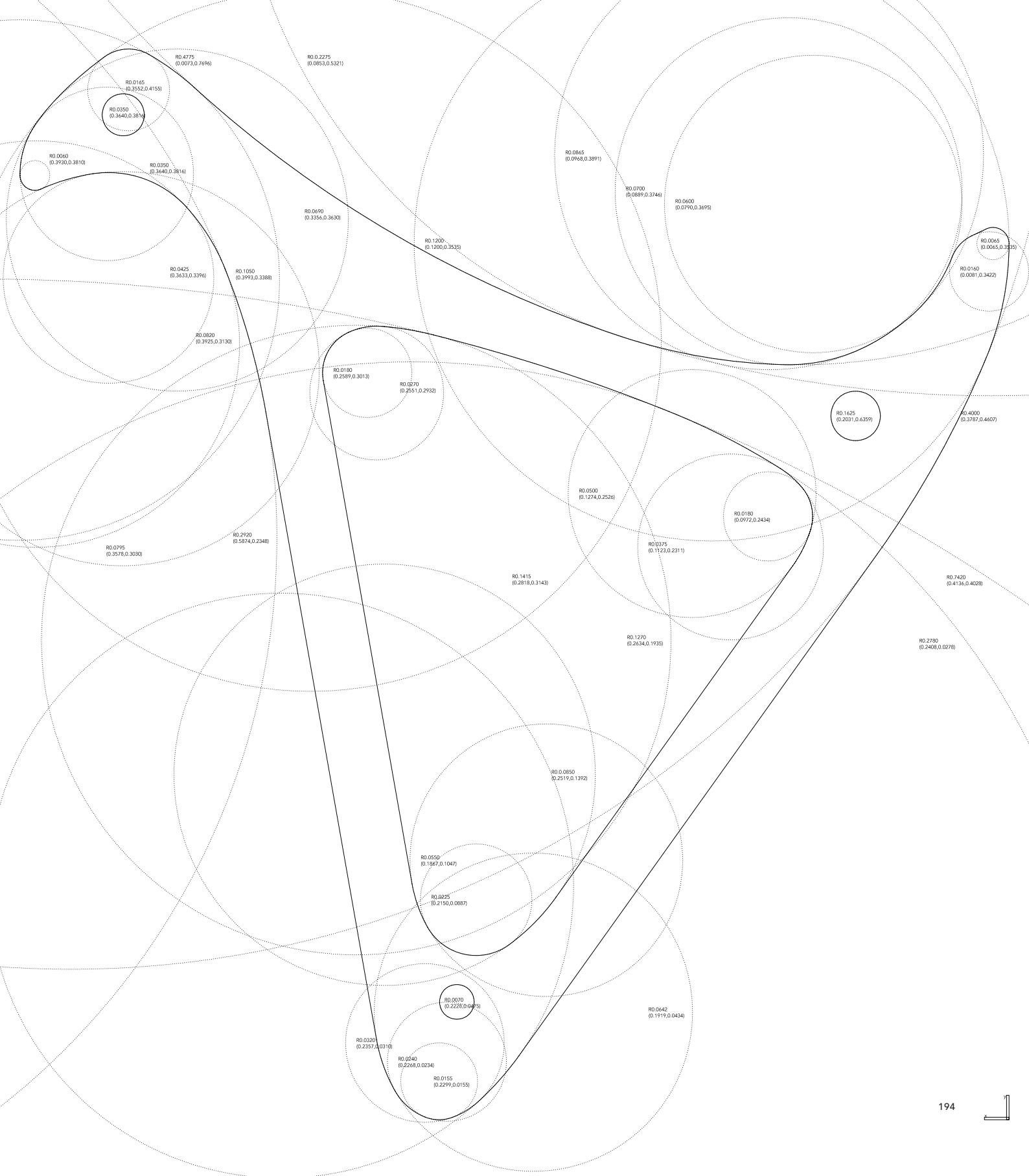
PERIODO DE FABRICACION	1967-71	ASIMETRICA	
TIPO DE HORMIGON	POSTENSADO	USO	MARQUESINA
ILUMINACION	NO	INTEREJE	0.358m
LUZ MAXIMA	8m	LONGITUD DE DOVELAS/JUNTAS	0.985m/0.02m
TIPO ARMADURA	ALAMBRES	TRAYECTORIA DE CABLES	RECTA
PESO DE LA DOVELA(kg/ml)	80	ESPESOR MINIMO	0.0215m
PESO DE LA PIEZA DE APOYO(kg/ml)	120		

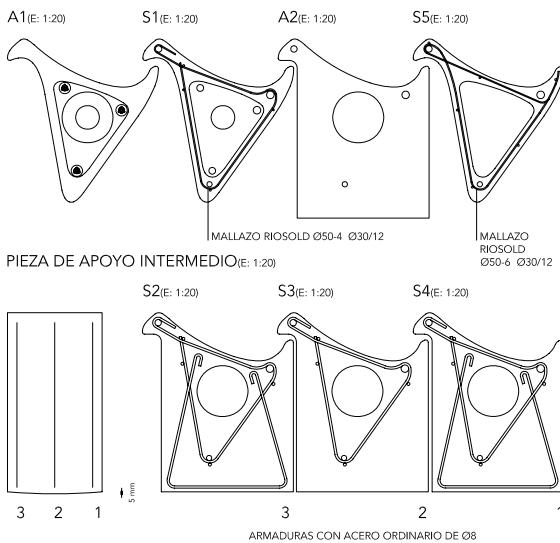


A DIFERENCIA DE LA MARQUESINA DEL CEDEX DONDE LOS ANCLAJES QUEDAN VISTOS EN LOS VERTICES DE LAS PIEZAS, EN ESTE CASO LA TRAYECTORIA DE LOS CABLES SE MODIFICA EN LA PIEZA EXTREMA DEL VOLADIZO PARA ALOJAR LAS CUÑAS AL INTERIOR DE LA SECCION. GENERALMENTE SE COLOCAN MEDIANTE EMPOTRAMIENTO EN MURO DE HORMIGON ARMADO DONDE SE DEJAN PREVISTOS PASADORES PARA EL PASO DE LOS ALAMBRES DE POSTENSADO. SE ALINEAN LAS DOVELAS NECESARIAS Y SE TENSA EL CONJUNTO DESDE EL EXTREMO DEL VOLADIZO.

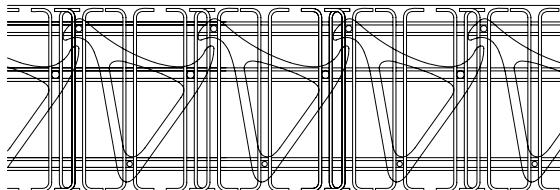
AREA	0.0333m ²	PERIMETRO	2.2531m
RECTANGULO DELIMITADOR		X0.0000 Y0.0000	0.4000m 0.4320m
CENTRO DE GRAVEDAD		X0.2000	Y0.2410m
MOMENTOS DE INERCIA		X0.0222	Y0.0017m ⁴
PRODUCTO DE INERCIA			XY0.0015m ³
RADIOS DE GIRO		X0.2671	Y0.2228m
MOMENTOS PRINCIPALES Y DIRECCIONES PRINCIPALES X-Y		I0.0003(0.4290,-0.9033)m ³ J0.0005(0.9033,0.4290)m ³	







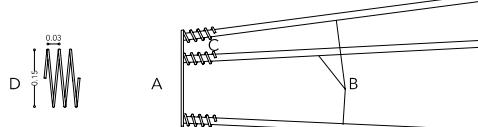
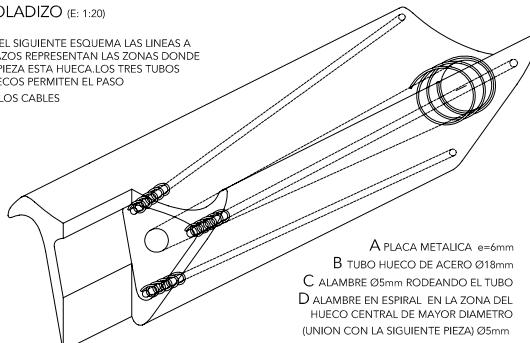
DETALLE DE REFUERZO DE LA VIGA DE APOYO(E: 1:20)



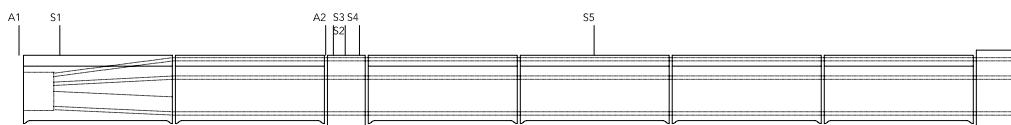
REFUERZOS DE ACERO ORDINARIO DE Ø8mm DIBUJADOS EN ABATIMIENTO SOBRE LA CARA EXTERIOR DE LA VIGA. LA PATILLA SE PROLONGA HACIA EL INTERIOR ENVOLVIENDO LA ARMADURA PRINCIPAL.

DETALLES DE PIEZA EN EXTREMO DE VOLADIZO (E: 1:20)

EN EL SIGUIENTE ESQUEMA LAS LINEAS A TRAZOS REPRESENTAN LAS ZONAS DONDE LA PIEZA ESTA HUECA. LOS TRES TUBOS HUECOS PERMITEN EL PASO DE LOS CABLES

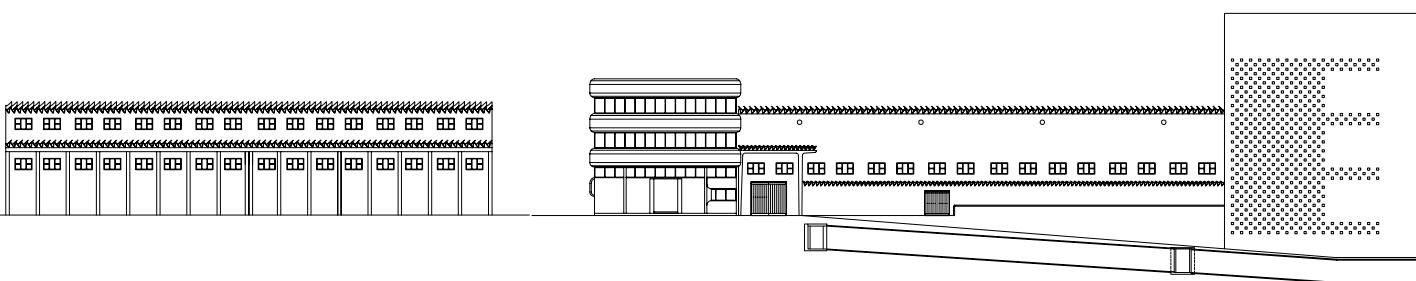
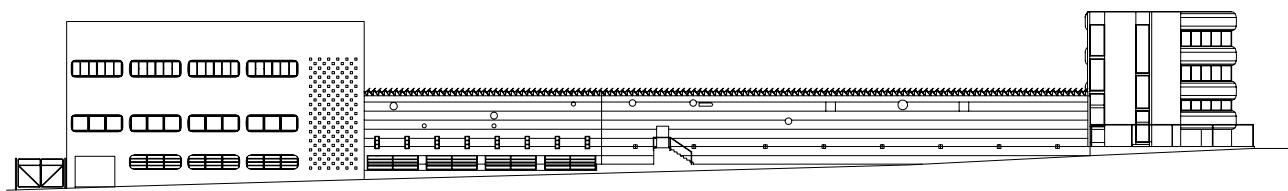
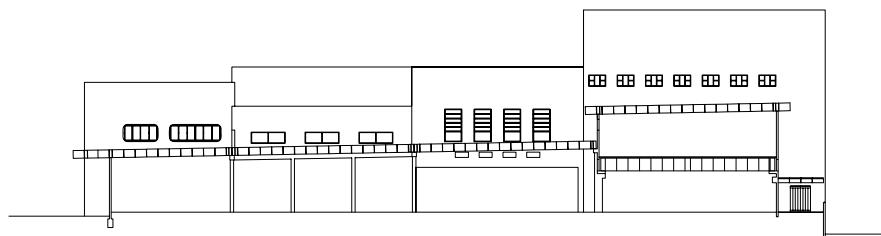
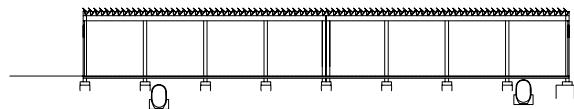
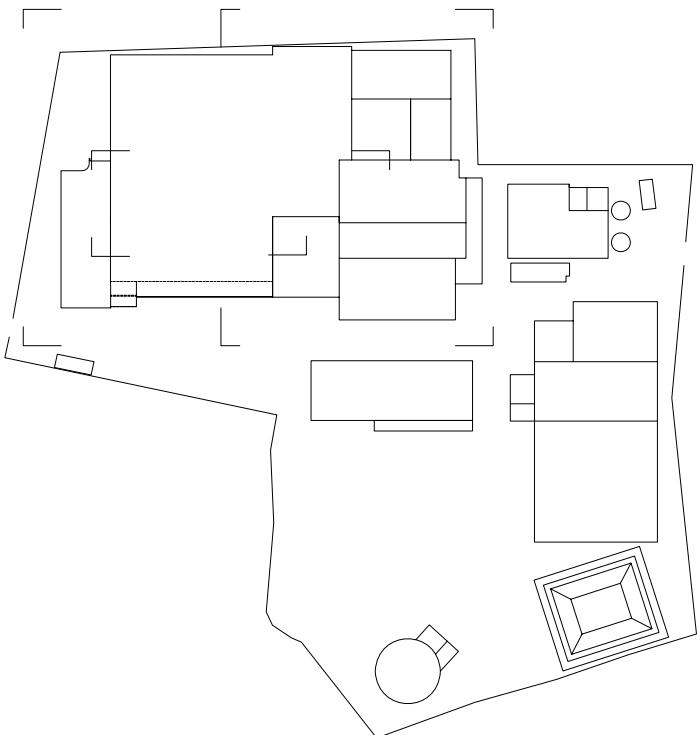


ALZADO(E: 1:50)



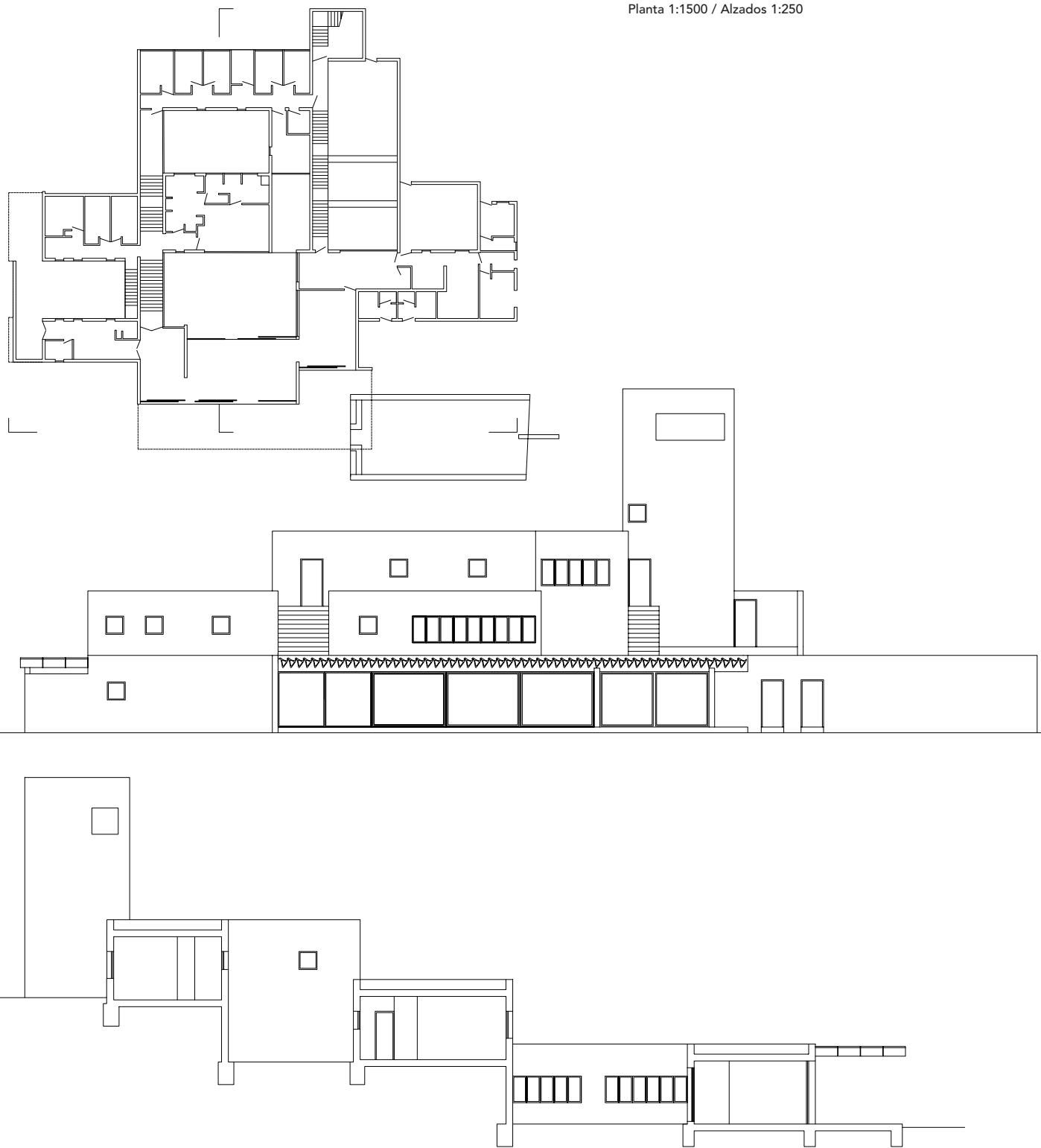
Fábrica Ernesto Baumann (Vic)

Planta 1:1200 / Alzados 1:750



Proyecto de Palacete del Vizconde Ednan (Cádiz)

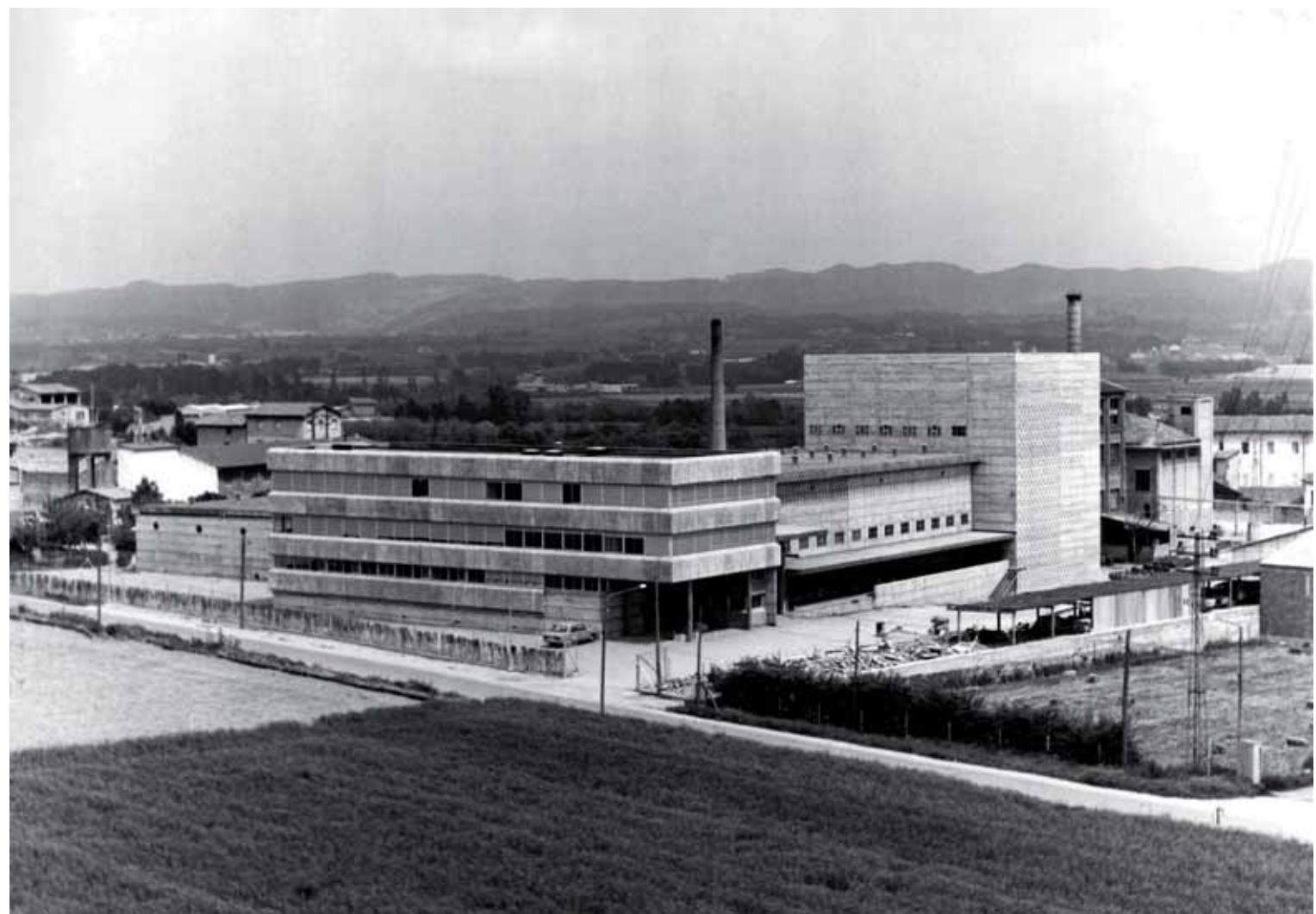
Planta 1:1500 / Alzados 1:250

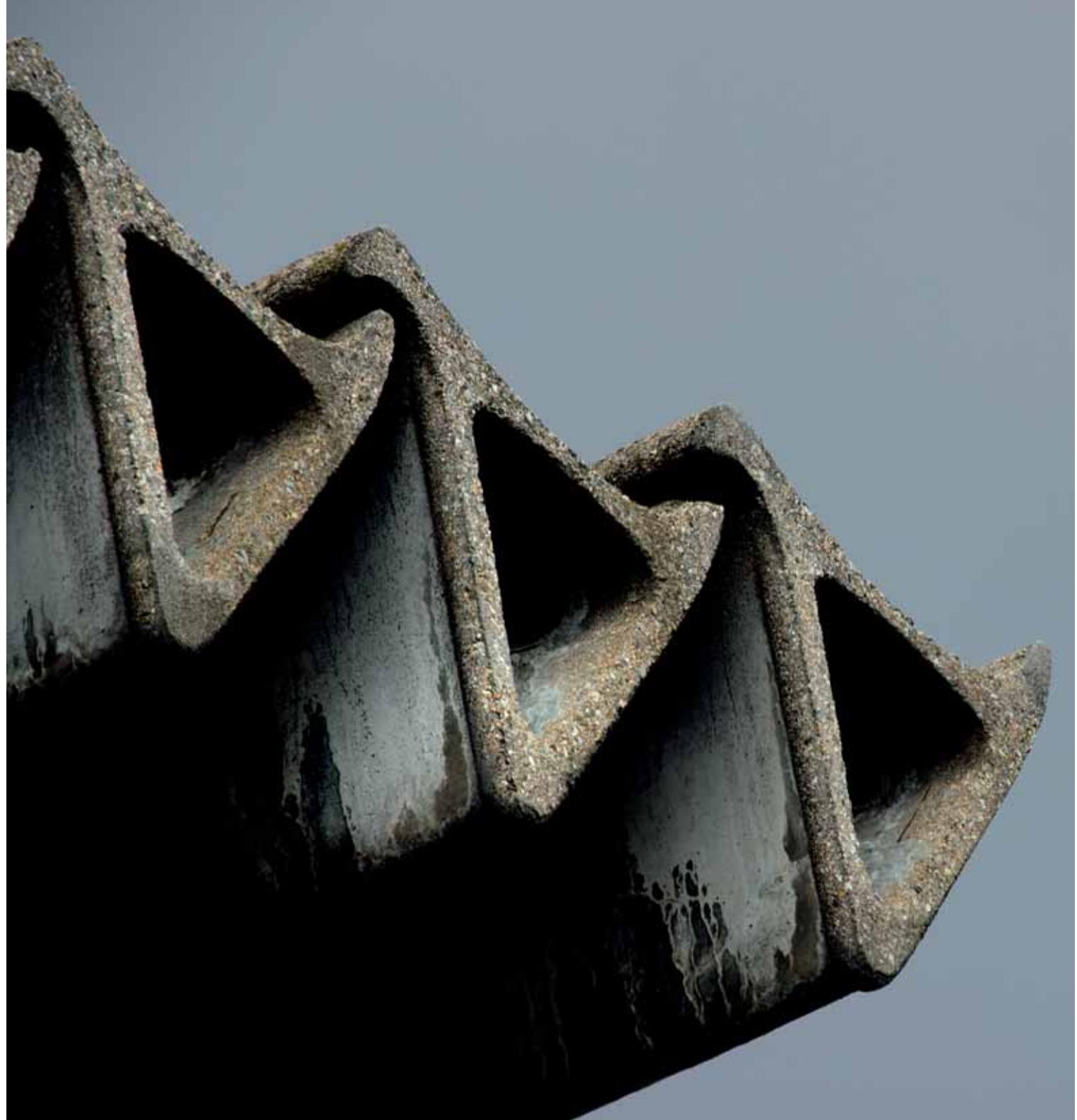


Fábrica Ernesto Baumann (Vic)

(Archivo Arumí)

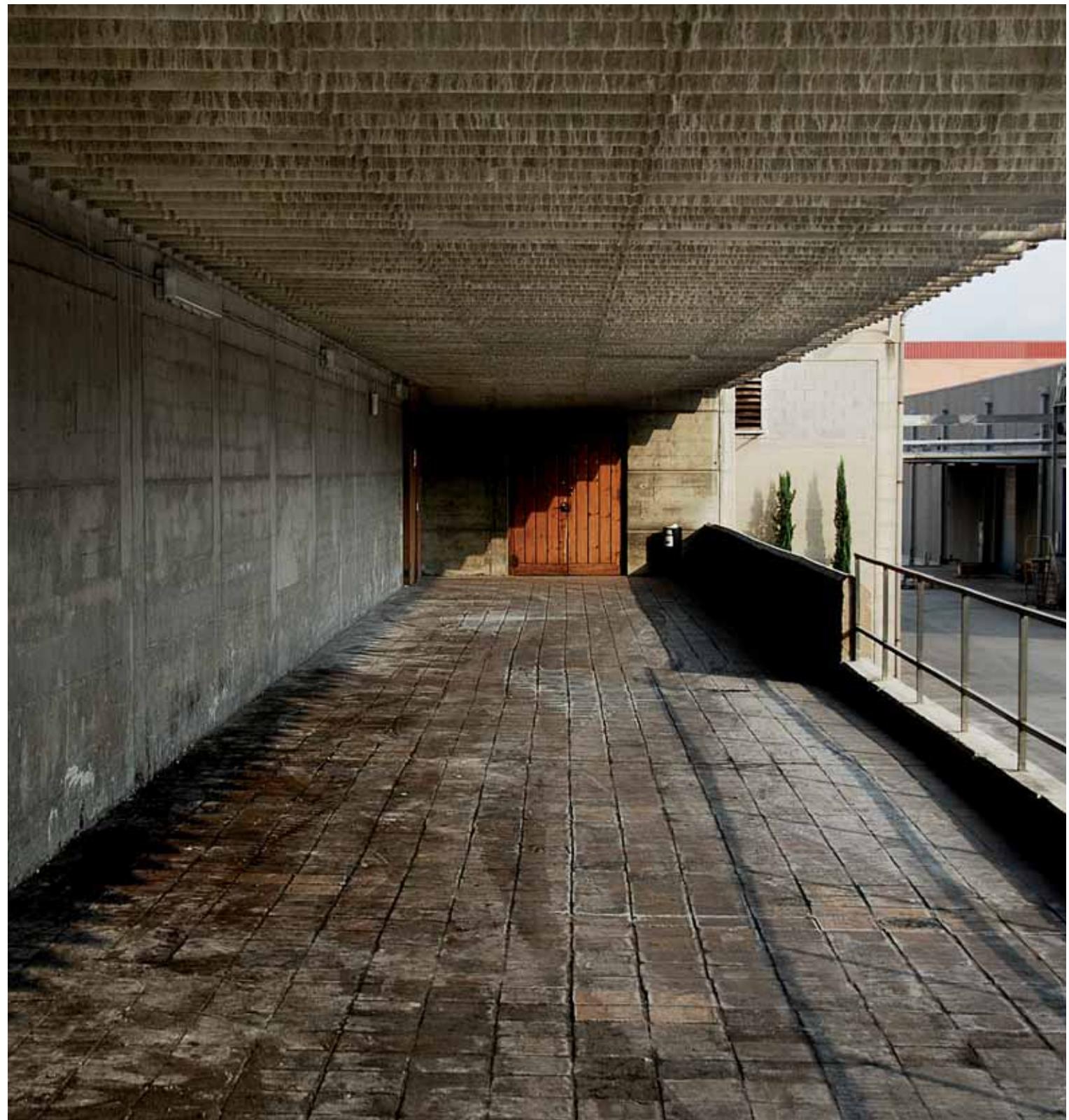






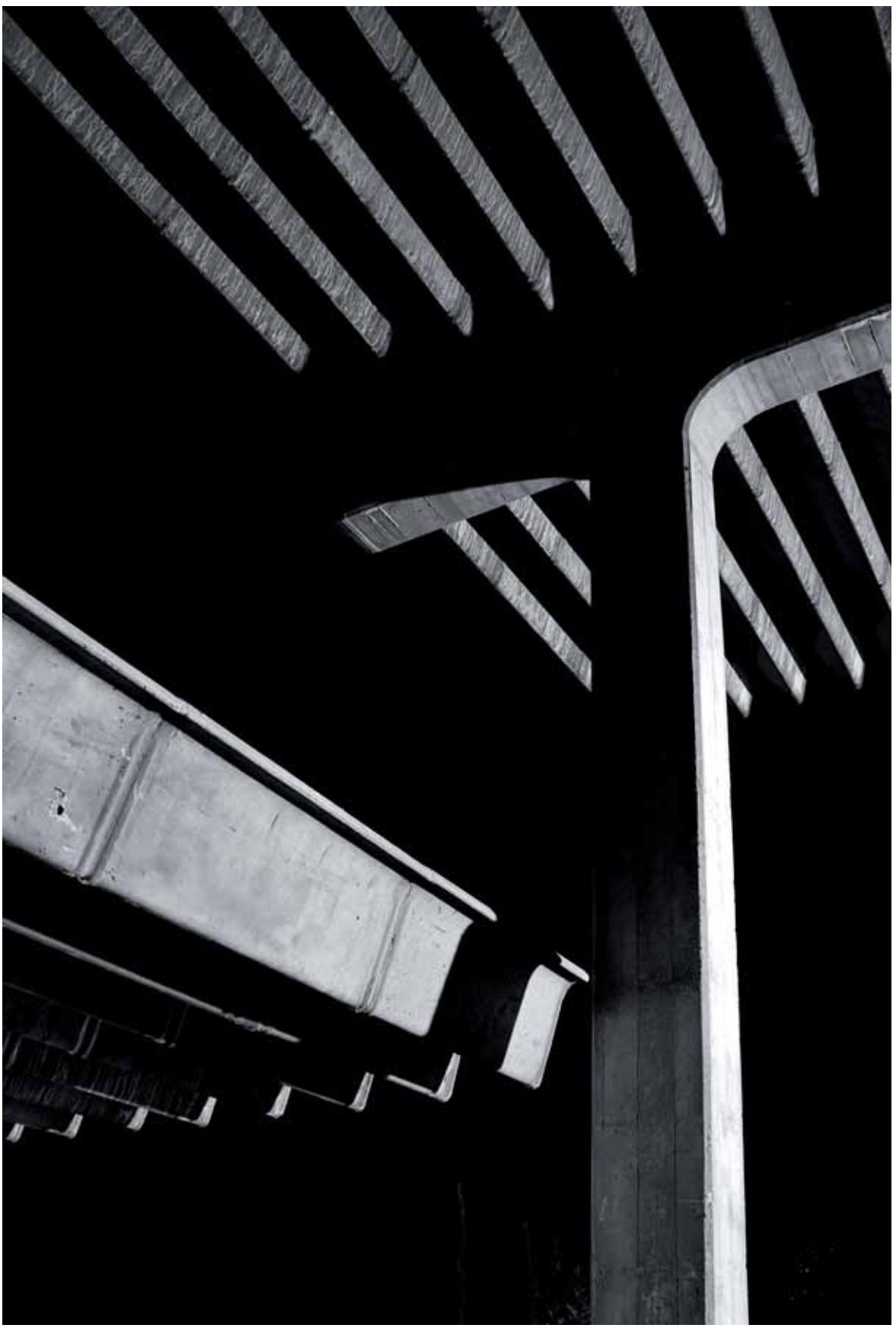
Fábrica Ernesto Baumann (Vic)
Estado actual. Sede Colomer-Munmany





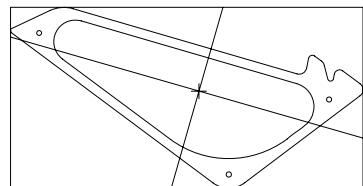






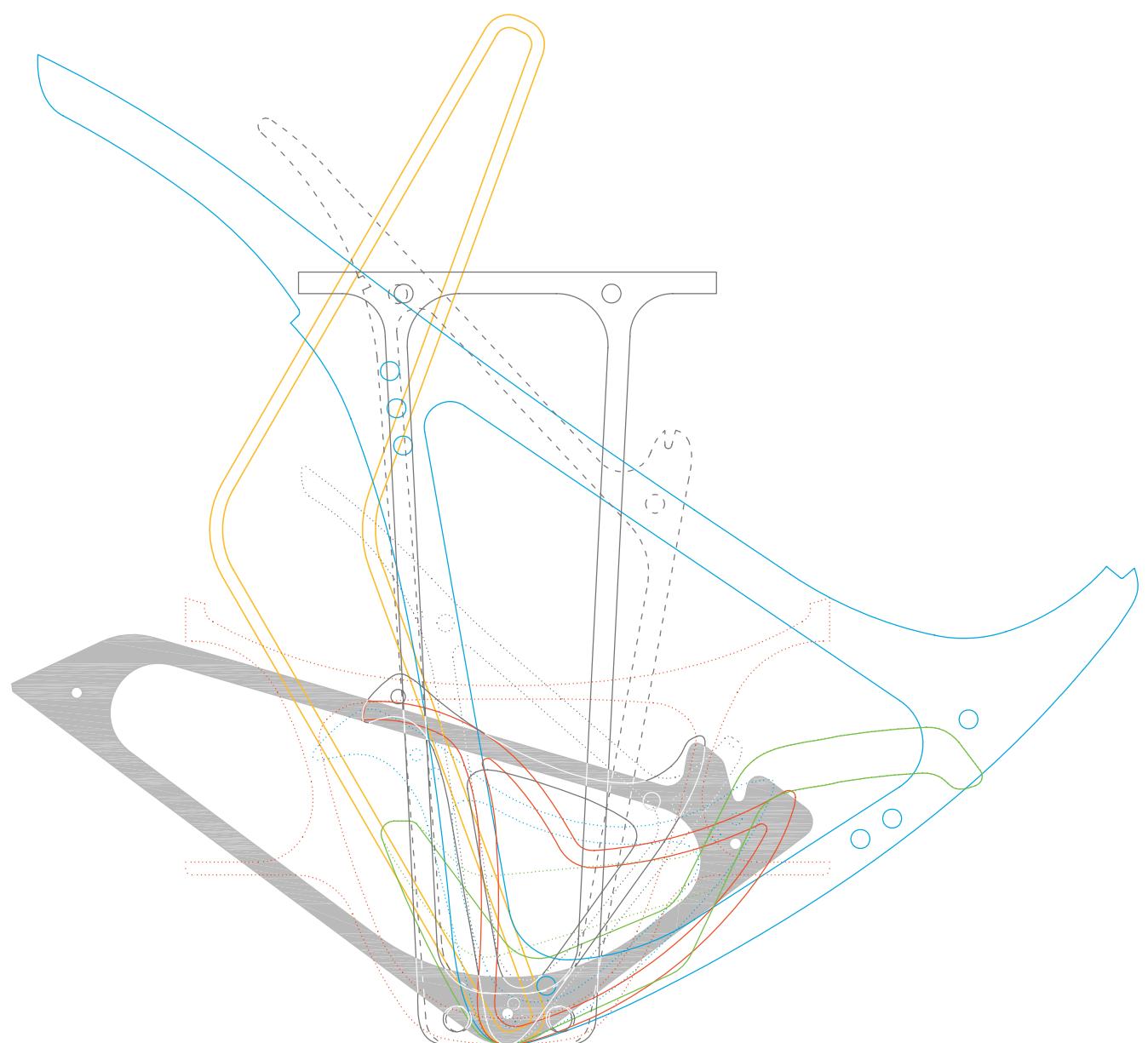
Pieza Cerro del Aire (e 1:20)

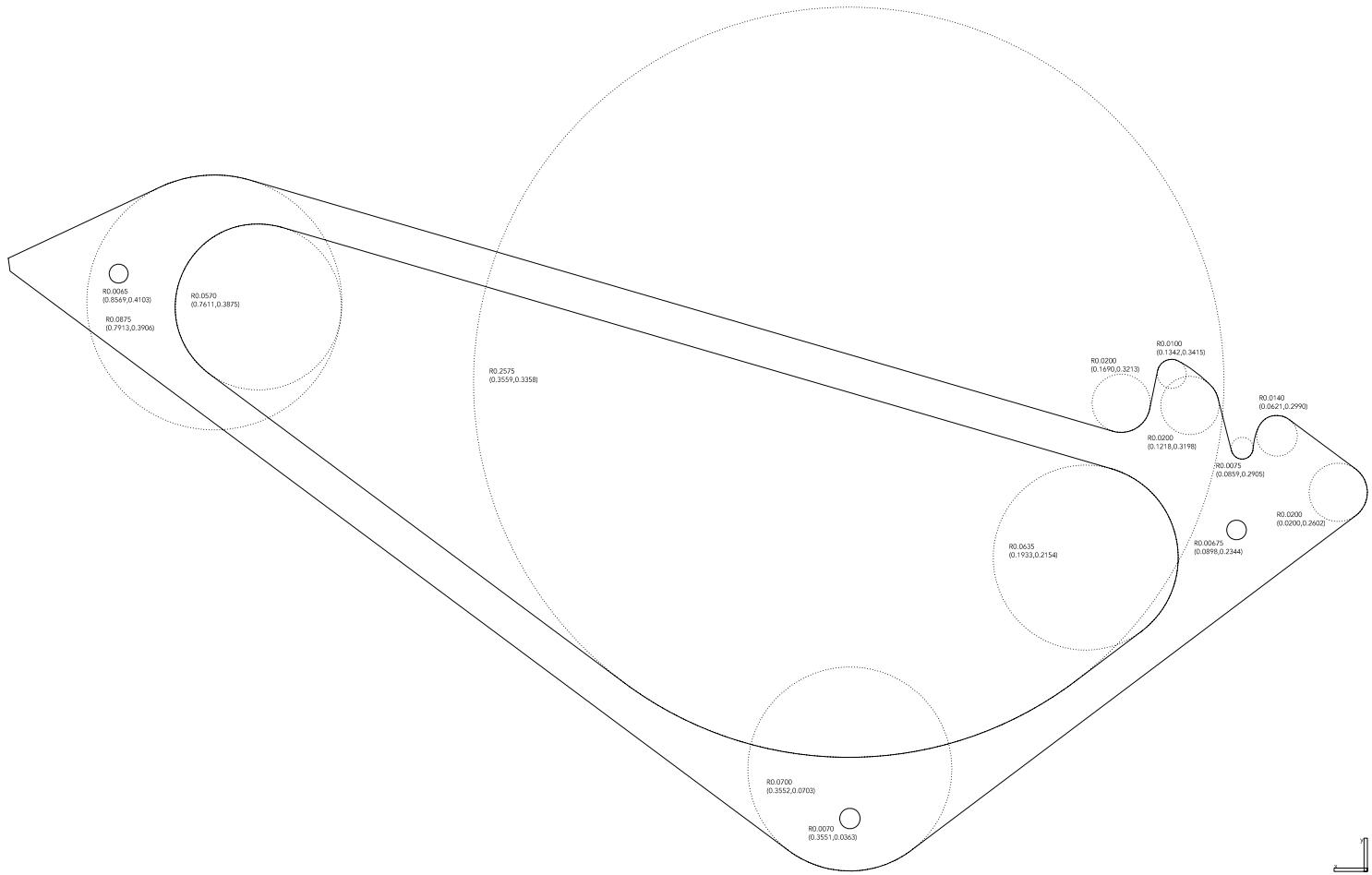
PERIODO DE FABRICACION	1970	ASIMETRICA	
TIPO DE HORMIGON	POSTENSADO	USO	CUBIERTA
ILUMINACION	NO	INTEREJE	0.75m
LUZ MAXIMA	7-10-14m	LONGITUD DE DOVELAS/JUNTAS	2.00m/0.02m
TIPO ARMADURA	ALAMBRE UNIFILAR	TRAYECTORIA DE CABLES	RECTA
PESO DE LA PIEZA(kg/ml)	180	ESPESOR MINIMO	0.025m



SE TRATA DE UNA PIEZA PATENTADA COMO PRETENSADA Y EJECUTADA COMO POSTENSADA, LO QUE EXPLICA PARTE DE SUS PECULIARIDADES. ES DE DOVELA DOBLE (2 METROS DE LONGITUD) Y SISTEMA DE POSTESADO UNIFILAR TIPO FREYSSINET. EL APOYO DE LAS PIEZAS SOBRE LA VIGA SE RESUELVE COMO LAS PIEZAS PRETENSADAS. LAS CUÑAS DE POSTENSADO NO QUEDAN VISTAS SINO QUE SE OCULTAN CON MORTERO.

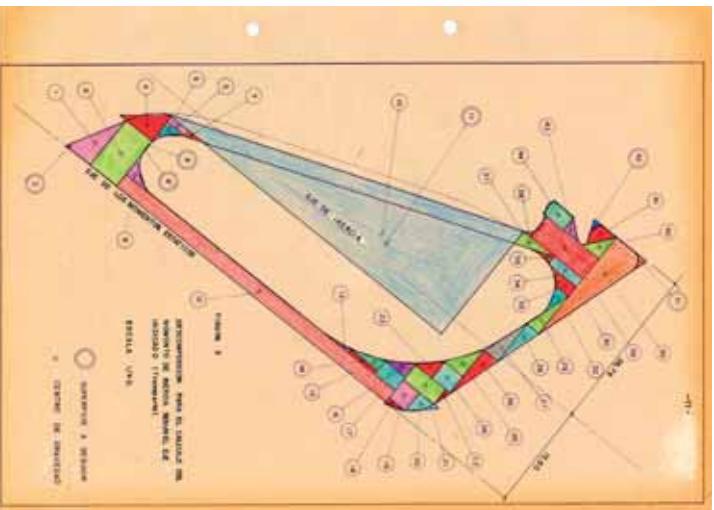
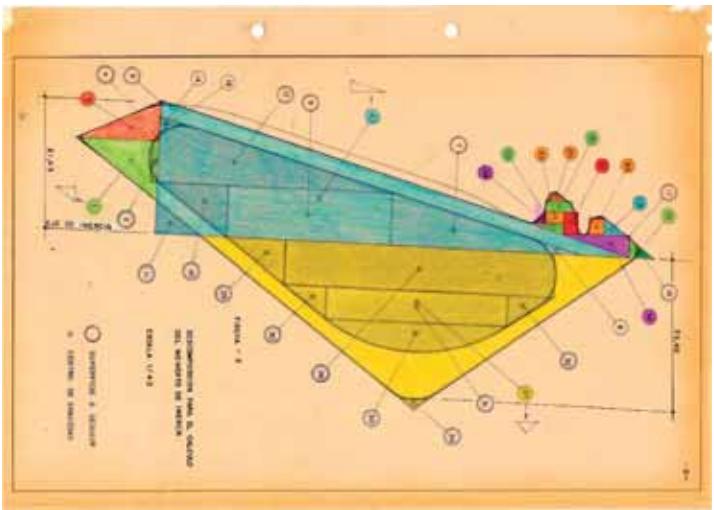
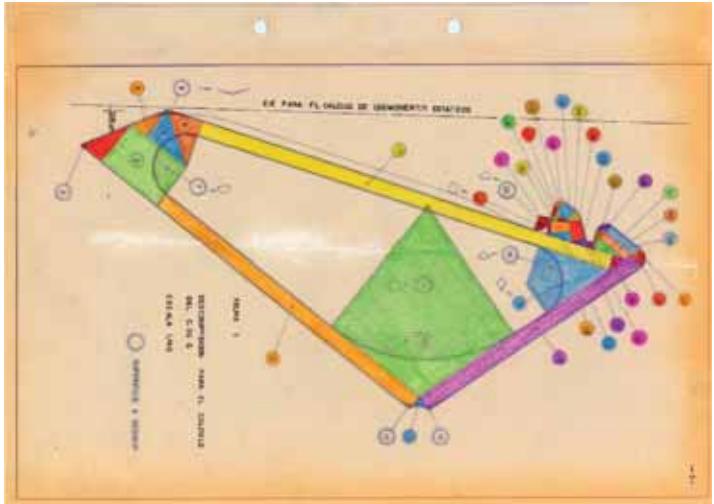
AREA	0.0707m ²	PERIMETRO	4.0156m
RECTANGULO DELIMITADOR		X0.0000 Y0.0000	0.9327m 0.4778m
CENTRO DE GRAVEDAD		X0.4986	Y0.2563m
MOMENTOS DE INERCIA		X0.0059	Y0.0228m ⁴
PRODUCTO DE INERCIA			XY0.0078m ³
RADIOS DE GIRO		X0.2895	Y0.5680m
MOMENTOS PRINCIPALES Y DIRECCIONES PRINCIPALES X-Y		I0.0009(0.9614,-0.2753)m ³ J0.0056(0.2753,0.9614)m ³	





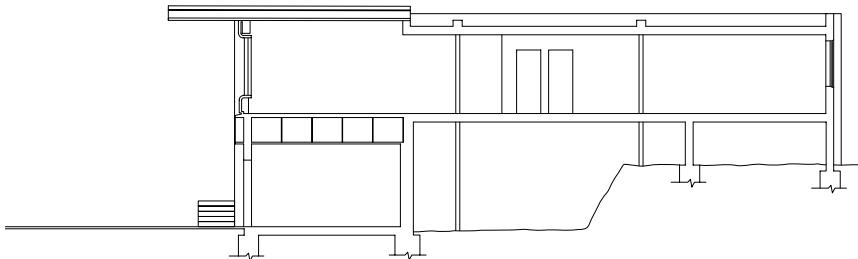
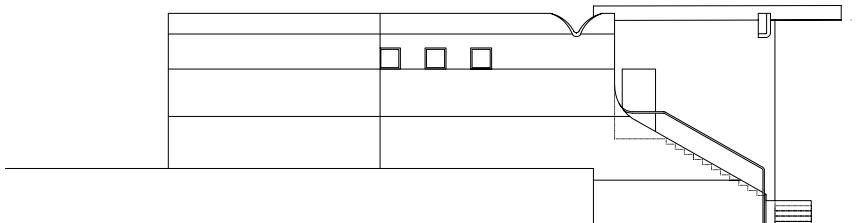
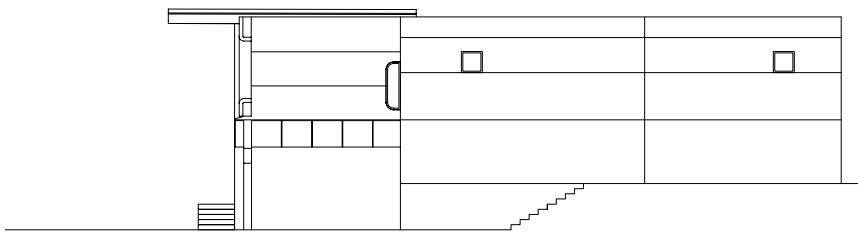
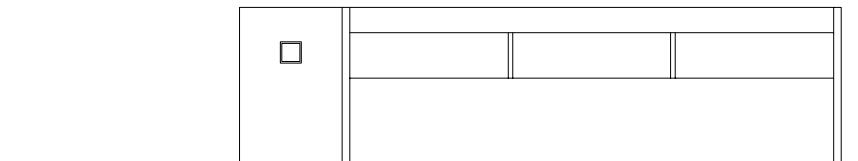
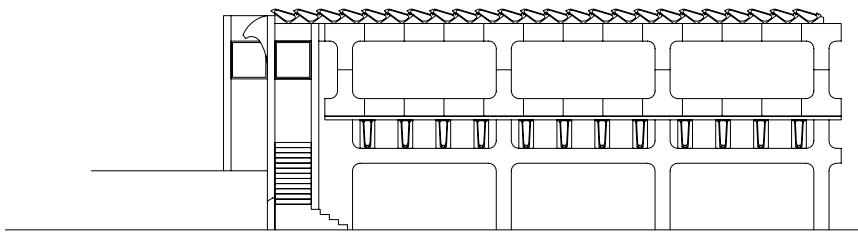
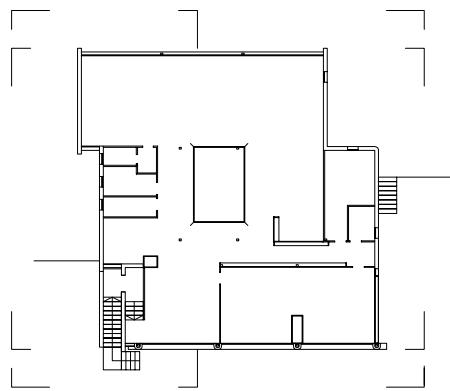
L

Cálculos de centro de gravedad y momentos de inercia
(Archivo Fisac)



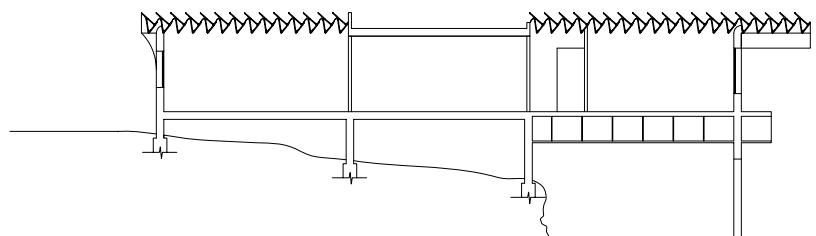
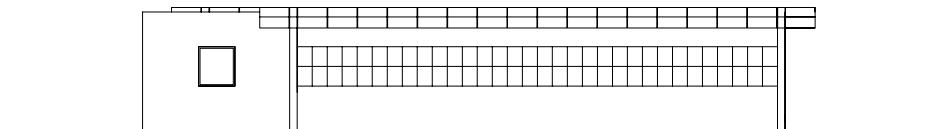
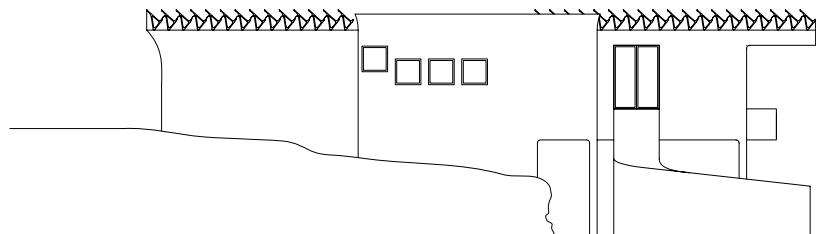
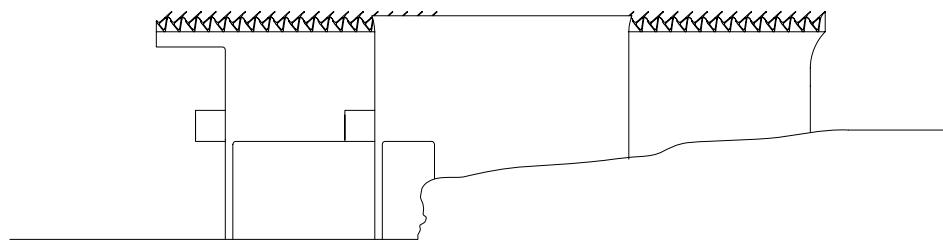
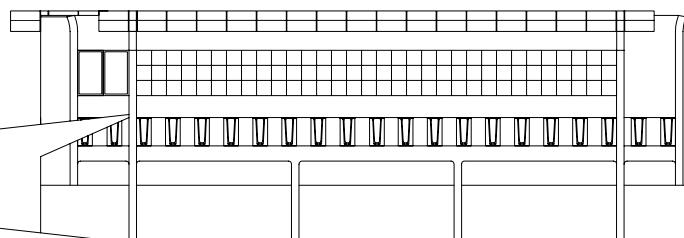
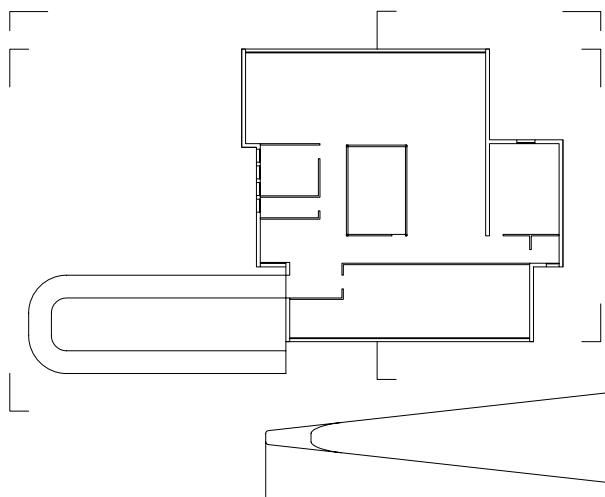
Estudio para el arquitecto en Cerro del Aire (Madrid)

Planta 1:500 / Alzados 1:250



Proyecto de invernadero en Cerro del Aire (Madrid)

Planta 1:500 / Alzados 1:250





Estudio para el arquitecto en Cerro del Aire (Madrid)
(Archivo Fisac)







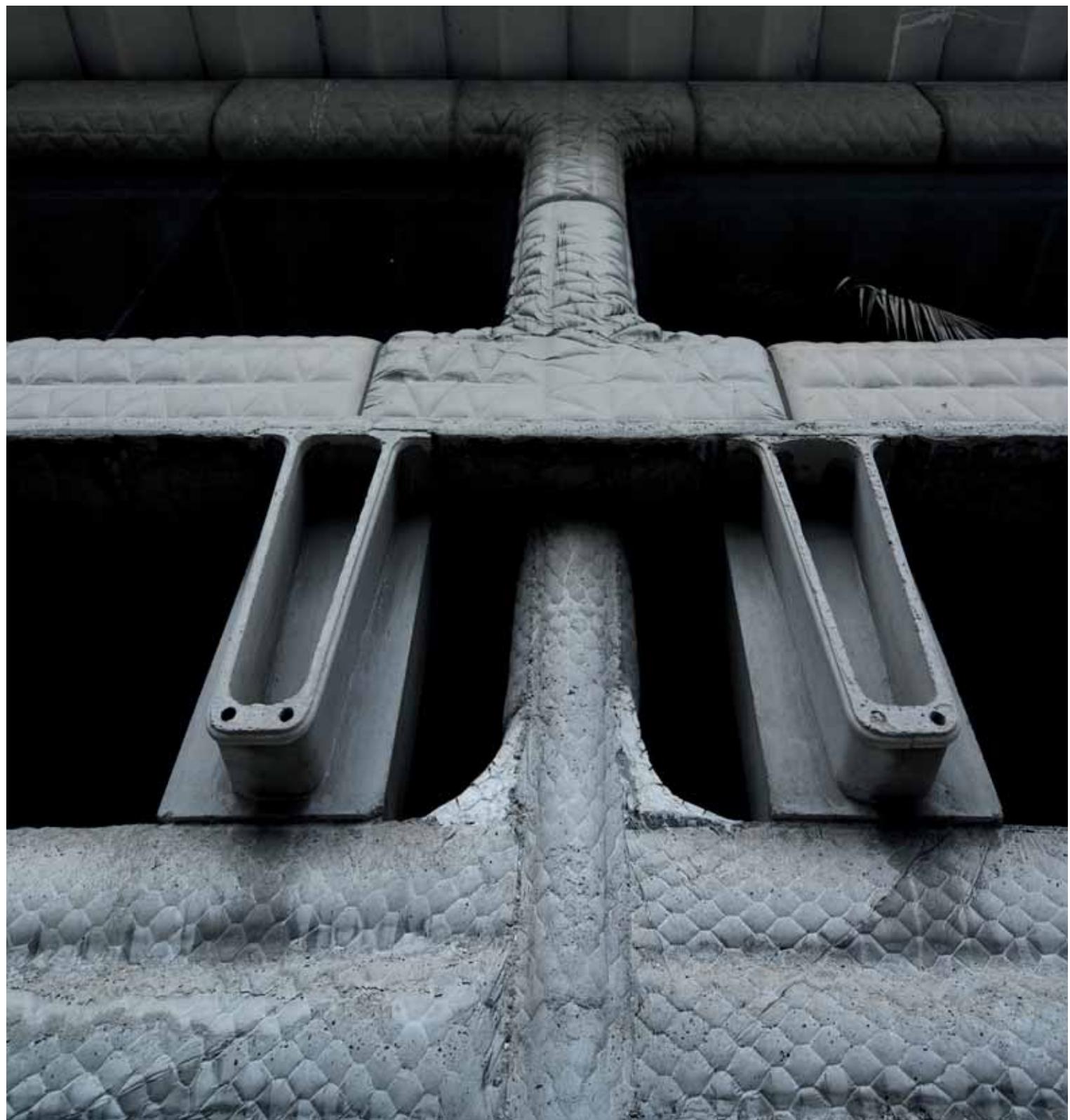
Estudio para el arquitecto en Cerro del Aire (Madrid)

Estado actual



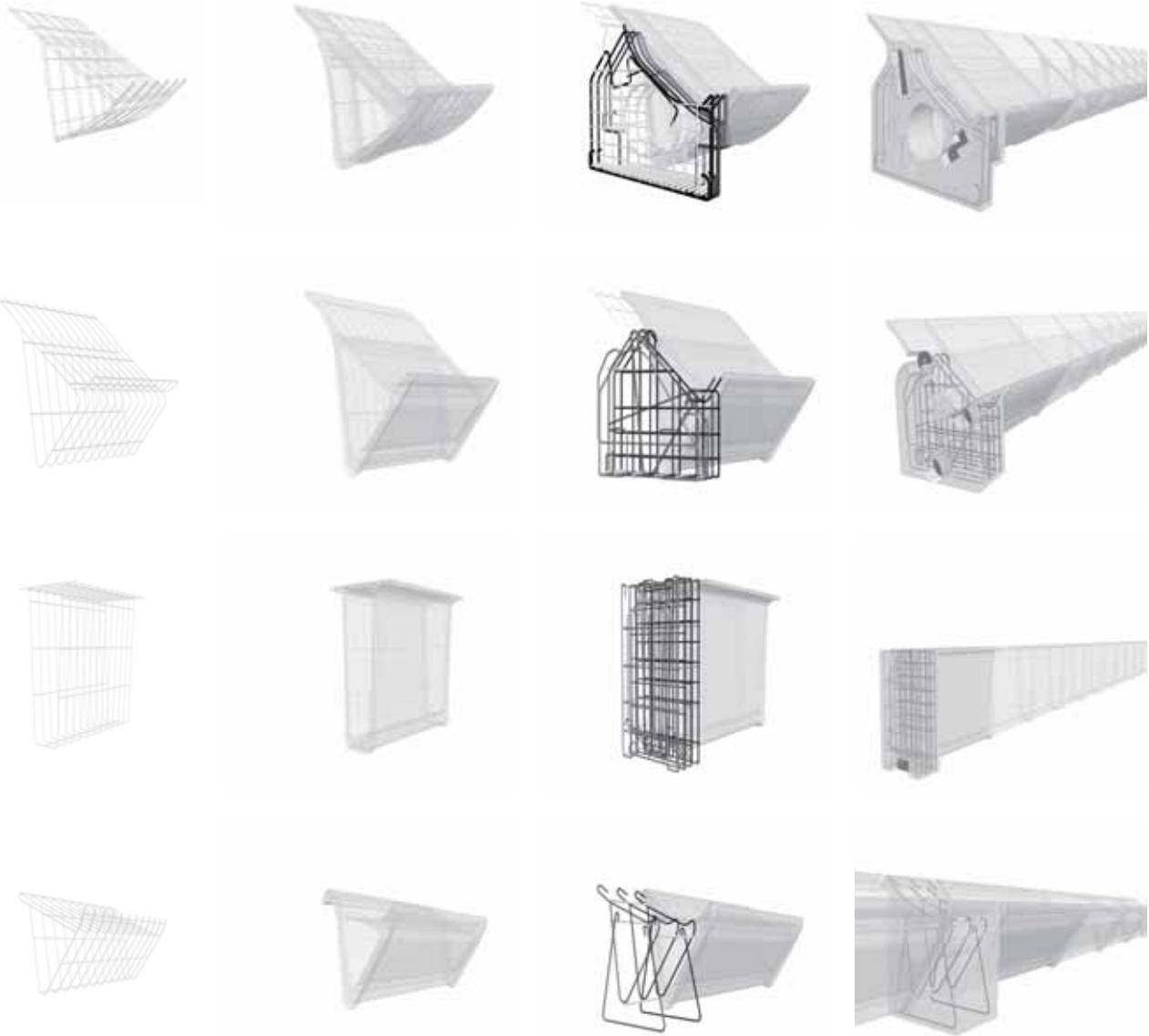




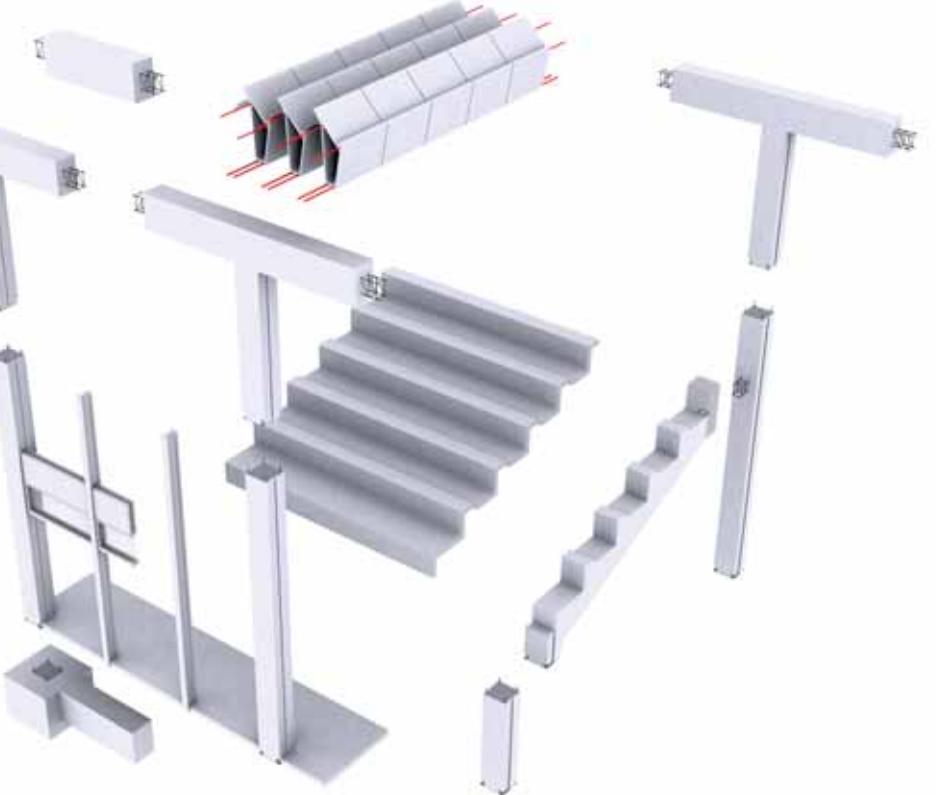
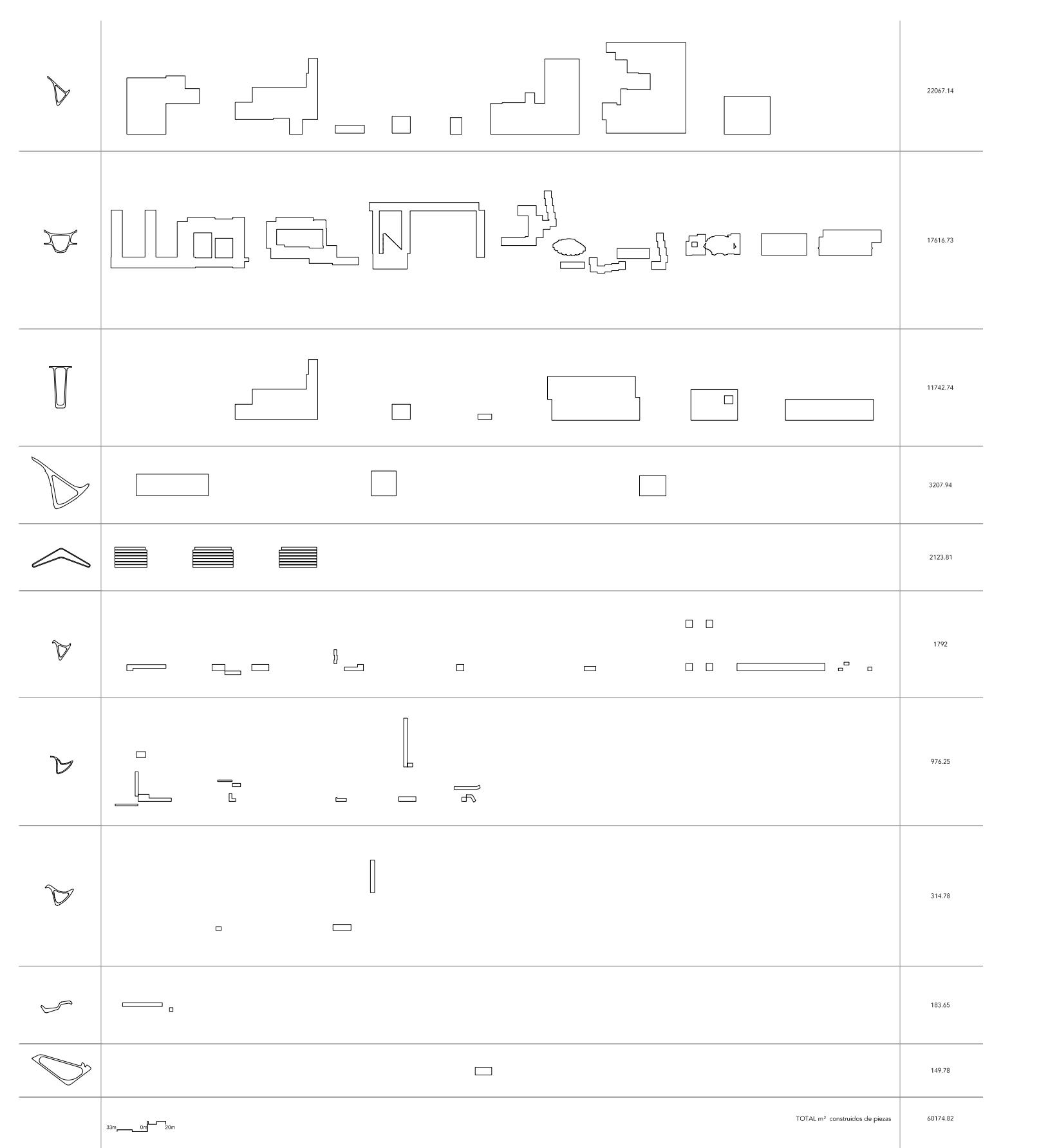




Piezas postesadas Ricardo Barredo

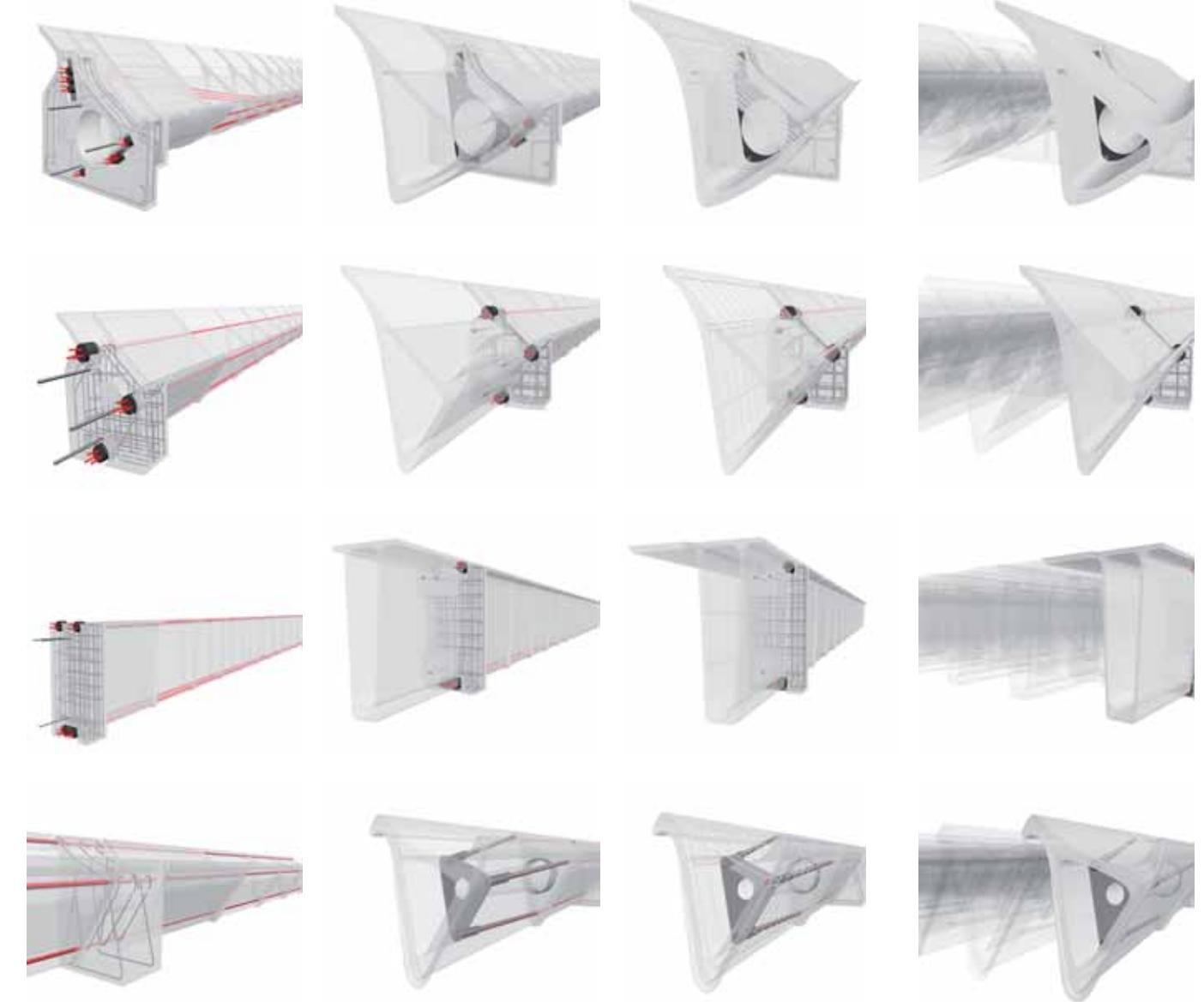


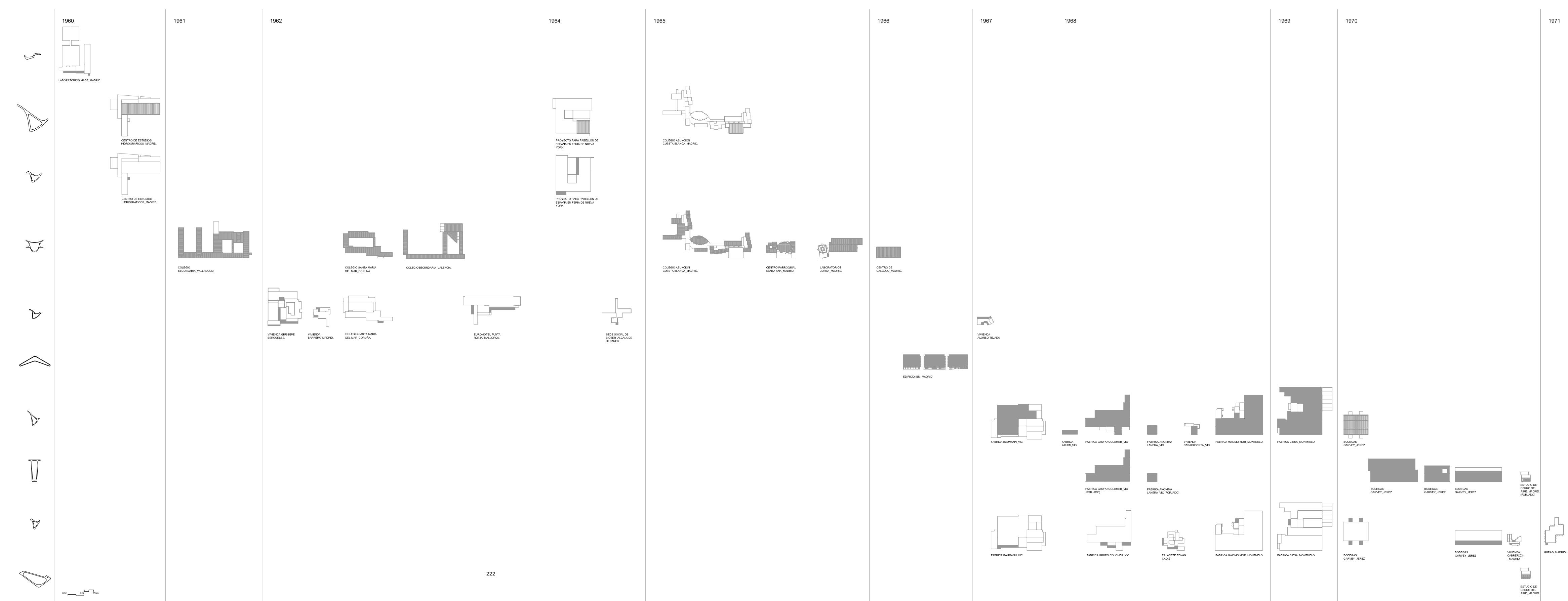
Patentes de prefabricación integral



224

221





Las propuestas de prefabricación integral aquí incluidas, se desarrollan paralelas a la búsqueda de soluciones huecas. Todas ellas muy ligadas a las experiencias del propio Vicente Peiró.

"Sistema para construcción de edificaciones mediante elementos prefabricados con funciones arquitectónicas y resistentes conjuntas" (patente 316297 de 1965).

"La finalidad del presente invento es facilitar la construcción de edificios y reducir costos de los materiales empleados mediante la aplicación de medios industriales que permiten la fabricación en serie de un limitado número de elementos, de poco peso, fácilmente transportables y de forma apropiada para presentar en sí mismos características arquitectónicas de acuerdo con sus posiciones relativas en la edificación y asimismo, con la adecuada conformación para ser elementos integrantes de la estructura resistente de la edificación."

Por otra parte el invento determina la estructuración de todos estos elementos huecos para facilitar su montaje y al mismo tiempo permitir un número máximo de combinaciones posibles entre sí. Las piezas llevan incorporados los acabados necesarios para evitar la posterior labor de pintado o ejecución de pavimentos en obra. La estructura de ejemplo que muestran las ilustraciones se basa en un programa de vivienda.

"Sistema de construcción de edificaciones mediante elementos prefabricados de hormigón". (patente 373829 de 1969).

Sistema de construcción mediante elementos prefabricados ideado para su aplicación en la construcción de edificaciones de tipo escolar, oficinas o similares.

"Este sistema se distingue de los actualmente conocidos en que se emplea un número muy limitado de elementos distintos, concretamente la estructura fundamental se realiza empleando cuatro tipos de elementos prefabricados."

El ejemplo representado muestra claramente el sistema constructivo y de montaje. La pieza de cubierta se ejecuta en la obra experimental del estudio del arquitecto en Cerro del Aire. Si bien no será pretensada como indica la patente sino postesada de dovela doble (dos metros) y con anclajes unifilares en este caso tipo Freyssinet.

"Concurso para polideportivo de siete piezas" (1977)

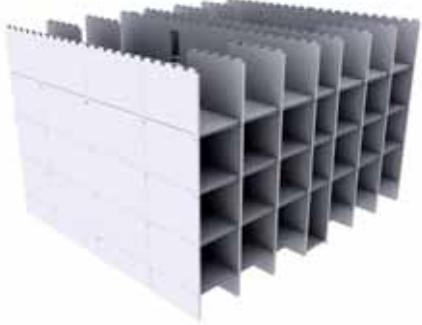
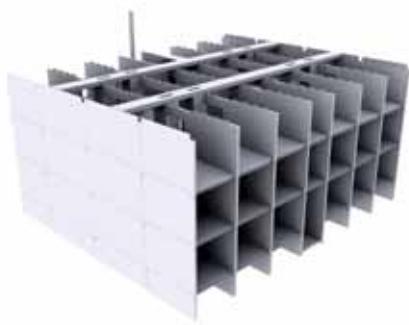
Proyecto hecho a partir de un número limitado de piezas prefabricadas, destacando la pieza de cubierta, patente número 353168, que pretende aunar en una misma pieza las características propias de la pieza trapecio y la pieza sigma de HUECOSA. Una pieza capaz de permitir iluminación cenital y cubrir luces libres de 25 metros.

Ninguna de estas soluciones fue llevada a la práctica quedando en el plano teórico. A partir de estos años las investigaciones de Fisac se orientaron hacia los encofrados flexibles, en ese sentido surgen patentes como la 382096 de 1970. Todo ello deja un poso que derivará en la última patente "Arquitectura vertida" que si bien en desarrollo continuo será la primera de las patentes de prefabricación integral de Fisac que se lleve a la práctica.

Concurso para polideportivo de siete piezas (1977).

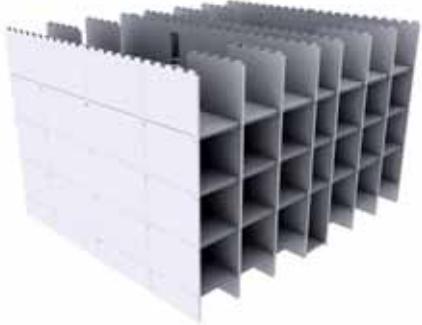
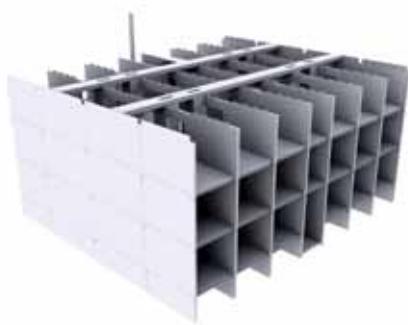
Sistema para construcción de edificaciones mediante elementos prefabricados con funciones arquitectónicas y resistentes conjuntas (patente 316297 de 1965)



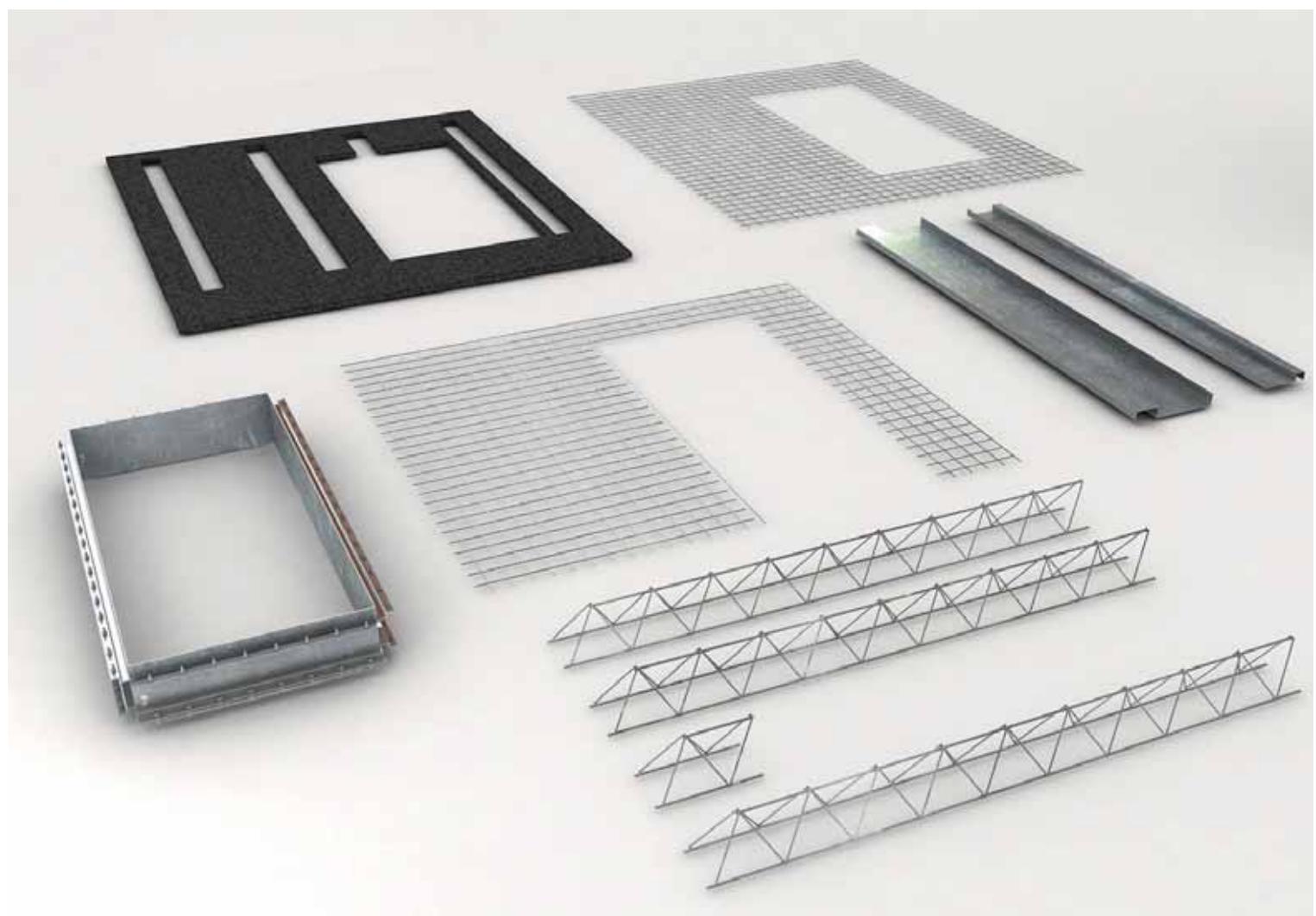


Sistema de construcción de edificaciones mediante elementos prefabricados de hormigón
(patente 373829 de 1969)





Arquitectura vertida Sara González Carcedo
y Fernando Sánchez-Mora Gómez-Rengel



Este último invento de Miguel Fisac patentado en 1997 con el nombre de "Procedimiento de construcción de viviendas y similares" y al que después cambiamos el nombre por el de "Arquitectura Vertida", consiste en esencia en invertir el orden tradicional de construcción con prefabricados de hormigón, dejando para el final, para su vertido en obra el material más pesado, el hormigón. Éste, llega a la obra en su estado líquido, más fácil de transportar y se vierte dentro de unos paneles totalmente terminados que incluyen los huecos para puertas y ventanas así como las instalaciones necesarias. Estos paneles, una vez hormigonados constituyen la fachada totalmente terminada, así como la estructura vertical del edificio.

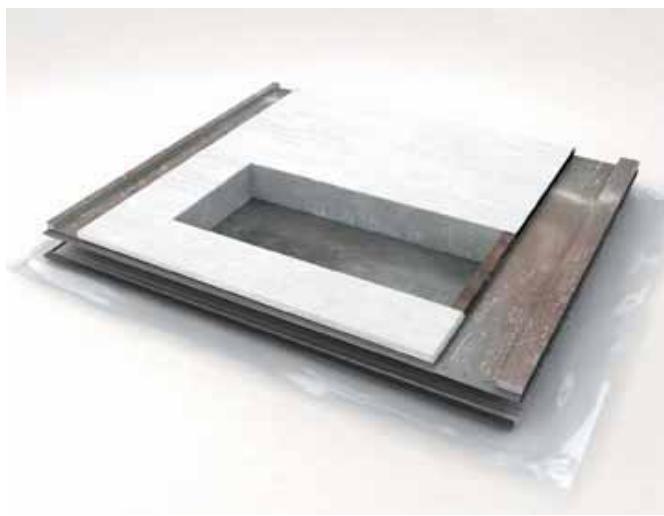
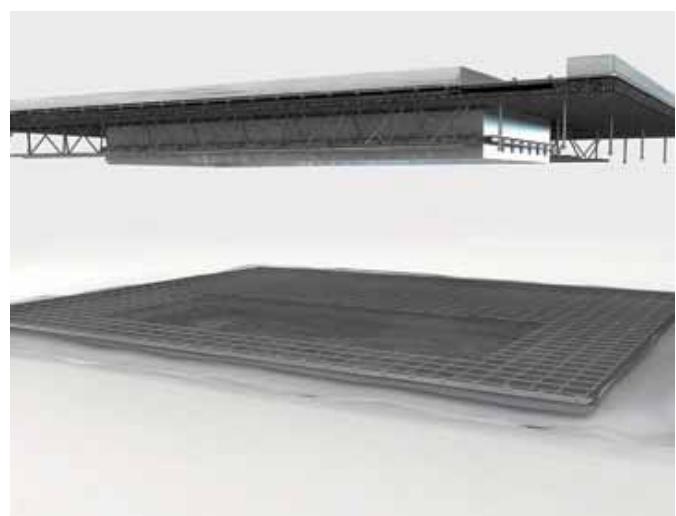
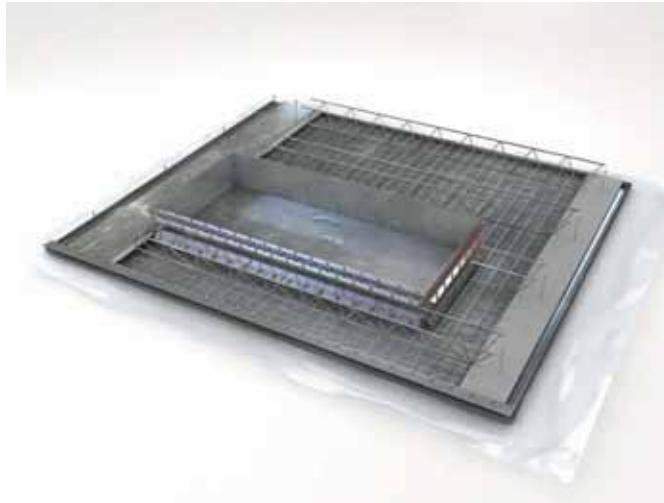
Al desarrollar el invento con Miguel junto con el ingeniero de Caminos Canales y Puertos José Luis LLeyda para un encargo de un edificio de viviendas de protección pública, en 2005, para la Empresa Municipal de Vivienda y Suelo de Madrid en el Ensanche de Vallecas, actualmente en construcción, investigamos todas las posibles soluciones de paneles, desde compuestos de cemento y sílice, metálicos, a paneles de madera prensada, dando al final con el panel llamado "de doble cara", de hormigón prefabricado en unas mesas especiales que voltean una cara sobre otra consiguiendo un sándwich donde ambas caras exteriores son fondo de molde, lo que permite tener un buen acabado en ambas. El proceso de fabricación de este tipo de panel doble facilita su manipulación con objeto de introducir en él los elementos precisos (cañaletas de instalaciones, mecanismos, aislamiento, precercos para huecos, etc.), que llegarán a la obra formando una unidad lista para colocarse y verter dentro de él el hormigón que consolidará la estructura. Esta es una de las posibles soluciones del invento, pero no la única, tal vez otros paneles pudieran solucionar los mismos problemas incluso más, pero a día de hoy es la única solución que conocemos que garantiza una total adherencia del panel con el hormigón vertido en obra y resiste los empujes de éste hasta su fraguado.

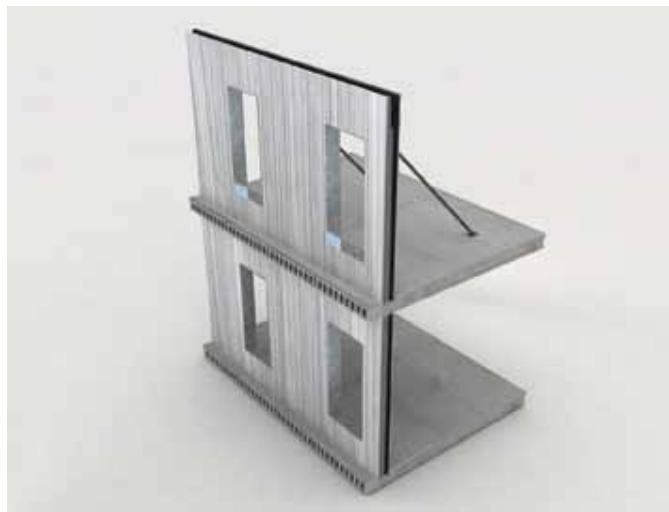
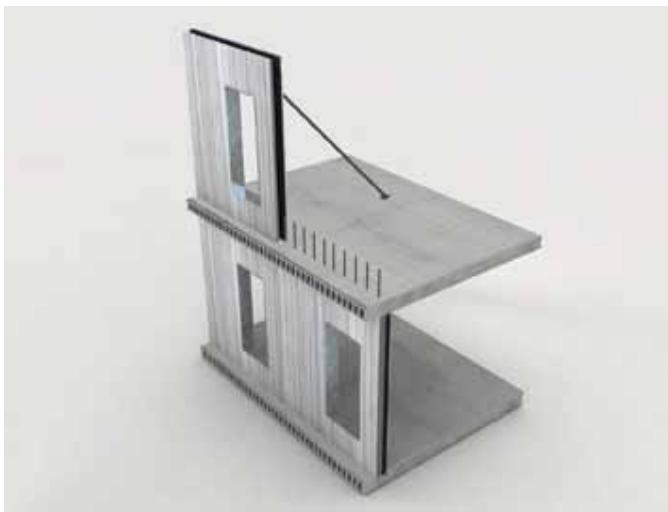
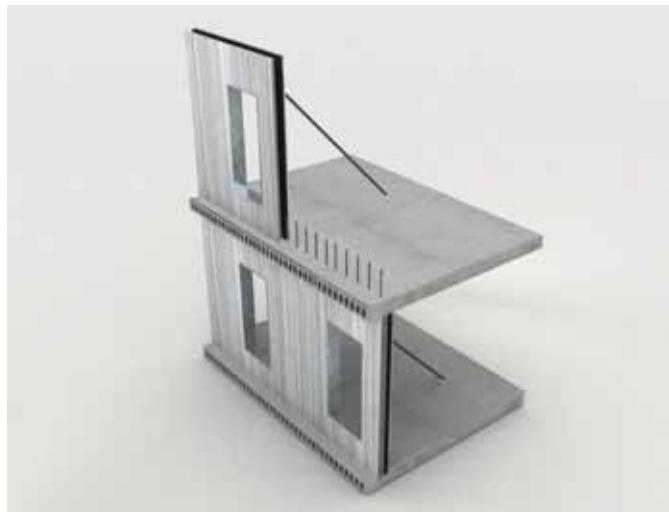
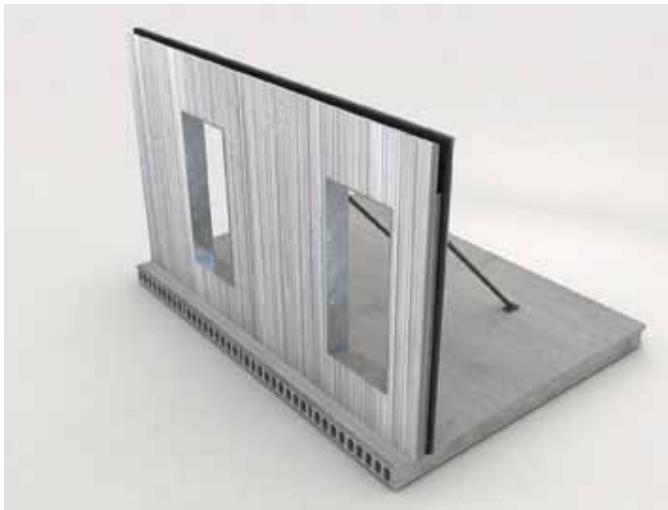
Este invento da la oportunidad de utilizar uno de los avances más importantes que ha tenido el hormigón en los últimos años, el hormigón autocompactante, que al no precisar de vibrador para su compactación permite verterlo en espesores mínimos (12 centímetros) garantizando el relleno total del encofrado. Este hormigón autocompactante lo aligeramos con arlita F5 que nos da una resistencia de 250 KN/cm² y además aísla térmicamente.

La estructura horizontal que completa el sistema es de placas alveolares pretensadas. El relleno de los paneles las atraviesa haciendo solidario el nudo panel-placa.

Este procedimiento constructivo no implica forma alguna *a priori*, lo que evita una repetición monótona de soluciones formales.

El sistema "Arquitectura Vertida" reúne una serie de soluciones desarrolladas por Miguel Fisac a lo largo de muchos años: terminaciones "flexibles" en los hormigones, utilización de elementos pretensados huecos, estructuras adinteladas, prefabricación, decoración con la estructura, pero sin ese componente formal tan personal, que ha obstaculizado su utilización por parte de otros profesionales. Por decirlo de alguna manera, es como si lo que empezó siendo una creación marcada por el sello "Fisac" se hubiera abstraído hasta introducirse en los anónimos procesos de fabricación estandarizada.







**La relevante labor del Instituto Técnico de la Construcción
y del Cemento en el desarrollo del hormigón pretensado:
Material, Técnica y Arquitectura Pepa Cassinello**



INTRODUCCIÓN

La idea de pretensar revolucionó el mundo de la construcción Civil y Arquitectónica desde que en el año 1928 Eugène Freyssinet and Jean Séailles registraran en Francia la primera patente de un nuevo material “el Hormigón Pretensado”.

Sin embargo, antes de que esta patente apareciera, Eduardo Torroja al igual que el propio Freyssinet, ya había utilizado este nuevo material en la construcción del Acueducto de Tempul proyectado en 1926¹. Su genial intuición creadora llevo a Eduardo Torroja a convertirse en uno de los pioneros del nacimiento del hormigón pretensado y posteriormente en uno de los más relevantes protagonistas de su desarrollo técnico y científico, así como de su aplicación práctica en la Ingeniería Civil y la Arquitectura, a quienes dotó de innovadores tipos estructurales y racionales sistemas de construcción y puesta en obra.

Durante la primera mitad del siglo XX Robert Maillart (1872-1940 Suiza), Eugène Freyssinet (1879-1962, Francia), Eduardo Torroja (1899-1961, España) y Pier Luigi Nervi (1891-1979, Italia), fueron sin duda los cuatro ingenieros que más influyeron en el desarrollo técnico y estético del hormigón armado y pretensado. En la década de los años 50 aparece en escena el joven ingeniero Heinz Hossdorf (1925-2006, Alemania) quien se une, como último eslabón, a esa cadena tejida entre la Ingeniería y la Arquitectura de la Modernidad, que estos ingenieros forjaron con un indudable e innovador ingenio y esfuerzo.²

Pero es la labor del insigne Eduardo Torroja, fundador y director del Instituto Técnico de la Construcción, itc³, la que más campos abarca precisamente durante las tres décadas más decisivas del desarrollo del hormigón armado y pretensado. Como producto de sus propias investigaciones y esfuerzo, Eduardo Torroja lideró a nivel mundial el destino de este material y de su racional e innovadora aplicación a la Ingeniería y a la Arquitectura. No podemos olvidar que es Eduardo Torroja quien funda en el itc la Asociación Española de Pretensado A.E.H.P. en el año 1949, tres años antes de que Freyssinet funde la F.I.P. Fédération Internationale de la Précontrainte en 1952.

Con su propio prestigio internacional, alcanzado ya en 1936, y en unos momentos políticamente difíciles para nuestra aceptación internacional, Torroja abre hacia Europa la técnica de la construcción española, representada por el itcc y el Laboratorio Central. En 1945 es nombrado Presidente de la recién creada Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais de Materiaux, RILEM. Participa activamente en la creación del Comité Européen du Beton, CEB, en el que, a pesar de su nombre, se integran los Estados Unidos y Rusia, influyendo decisivamente en la evolución de la normativa técnica europea de las construcciones de hormigón armado. Está presente en la Fédération Internationale de la Précontrainte, FIP, fundada por Freyssinet, a quien sustituye como Presidente en 1958. Es significativo, que un año antes, en 1957, siendo Eduardo Torroja su vicepresidente general, la FIP declarara la lengua española como idioma oficial para sus congresos⁴. Desde esta organización internacional, Eduardo Torroja promueve la creación del Comité Mixto FIP-CEB, para conseguir uniformar las normativas del hormigón armado y el pretensado. Es cofundador y primer presidente, en 1958, de la International Association for Shell Structures, IASS, asociación que, a su muerte en 1961,

(Pág. 235)
Montaje de las vigas postesadas en Vic.
(Archivo Arumí)

Fig. 17. Interior del Centro de Estudios Hidrográficos.

decide incluir en la portada de su revista la mención: “*Eduardo Torroja, founder*” sobre una planta de las armaduras del Mercado de Algeciras. Y todo esto lo hace creando estrechos lazos de *investigación e inquietud* entre todas estas instituciones internacionales y los técnicos y científicos ; ingenieros, arquitectos, físicos, químicos,... de los dos centros de investigación que dirigía, así como de la industria de la construcción española.

LA EVOLUCIÓN DEL HORMIGÓN PRETENSADO. 1928-1961

El Hormigón Pretensado nació como resultado de las investigaciones desarrolladas en base a las ya conocidas limitaciones del Hormigón Armado .Fueron precisamente las leyes de deformación del hormigón armado las que demandaron la aparición de este nuevo material, para poder utilizar armaduras de acero de alta resistencia aprovechando su máxima tensión admisible sin que por ello el hormigón se deformara y fisurara quedando fuera de servicio. Un nuevo material formado por los mismos elementos que el hormigón armado –hormigón y acero– pero con la diferencia de que las armaduras de acero, denominadas activas, se tesan antes de verter y fraguar el hormigón que las envuelve.⁵

Es un hecho que desde finales del siglo XIX existieron actuaciones puntuales de algunos pioneros que utilizaron este procedimiento o nuevo material. Este fue el caso de las viguetas Doehring aparecidas en Berlín en 1888, o las Koenen en 1907, así como de las experiencias de Freyssinet en diversas tipologías de puentes y posteriormente en los famosos Hangares de Orly, o el ya comentado Acueducto de Tempul que construyó Eduardo Torroja en el año 1926, o sus posteriores e ingeniosos sistemas de pretensado como los que utilizó en el Mercado de Algeciras en 1933, o el utilizado en el Acueducto de Alloz en 1940. Pero fue a raíz de la primera patente de Freyssinet aparecida en 1928 y fundamentalmente desde su segunda patente, registrada en 1939 cuando de forma vertiginosa este nuevo material empezó su real desarrollo y difusión en el mundo de la construcción civil y arquitectónica.

Esta nueva patente de Freyssinet consistía en un nuevo sistema de anclaje formado por conos estriados y cilindros huecos, que permitían anclar simultáneamente hasta 12 alambres (fig. 1). Este sistema de anclaje representó un nuevo e importante avance para el hormigón pretensado ya que también podía ser utilizado con el hormigón endurecido –técnica de postesado– y además permitía el uso de tendones curvos pretensados para el caso de distribuciones parabólicas.

La historia de la evolución del pretensado y postesado está directamente relacionada con la de sus sistemas de anclaje, tal y como señaló Eduardo Torroja, porque son precisamente las posibilidades de anclaje de las armaduras, en disposición, distribución, cuantía, forma de tesoado,... las que propician su aplicación a muy diferentes elementos estructurales de diversos tamaños, geometrías, y solicitudes de trabajo.⁶

Paradójicamente, la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) en lugar de paralizar el desarrollo de este nuevo material, propició su experimentación directa en múltiples tipos de construcciones. La escasez de acero demandaba agudizar el ingenio para utilizar la menor cantidad posible de este material aprovechando al máximo su capacidad resistente, por ello el hormigón

pretensado era una nueva y apropiada alternativa. Este hecho unido a la gran demanda de construcciones de apoyo a la contienda, como puentes, hangares, naves,... dio lugar en Europa a la construcción de gran número de obras con hormigón pretensado así como al desarrollo de múltiples patentes que encadenaron de forma continua el vertiginoso avance de este nuevo material. En 1934 Franz Dischinger había patentado una viga inicialmente deformada que era posteriormente puesta en obra y una vez entrada en carga adoptaba su posición definitiva. Esta patente fue utilizada en la construcción del puente de Adolf Hitler en 1936. En 1937 Ulrich Finsterwalder patentó otro tipo de viga pretensada, que inicialmente tenía forma triangular y que mediante postesado adoptaba su forma horizontal definitiva. En Bélgica Gustave Mangel construyó en 1944 el primer puente de ferrocarril pretensado. Inventó un nuevo sistema de anclaje "sandwich", que consistía en 8 líneas de pares de alambres separados por una placa de distribución rectangular ejecutada en acero. En 1937 Ewald Hoyer registró una nueva patente "Stahlsaitenbeton", que consistía en la utilización de alambres directamente anclados en el hormigón.

En 1933 Eduardo Torroja había proyectado el famoso Mercado de Algeciras que fue inaugurado en 1935. Una estructura laminar de forma esférica de 47,80 metros de diámetro y tan solo 9 cm de espesor, en la que Torroja inventa un nuevo sistema de pretensado de su anillo perimetral. Tensa *in situ* las armaduras del zuncho de borde y posteriormente las hormigonadas, consiguiendo una tensión radial en la unión de los pilares y la lámina, de esta forma eliminó la flexión. Por otro lado, esta operación le permitió desencofrar con mayor facilidad al producirse una ligera elevación de la clave (fig. 2). En 1940, tras la Guerra Civil, cuando en España había una gran escasez de acero y era imposible conseguir patentes de los diversos sistemas de anclaje existentes, Eduardo Torroja construye el Acueducto de Alloz con otro nuevo sistema de pretensado para el hormigón. Utilizó el mismo tipo de cables que ya había utilizado en el caso de Tempul, anclándolos en los extremos pero poniéndolos en carga mediante un ingenioso sistema que consistía en la colocación de dos abrazaderas entre cada par de cables, separadas una distancia tal que le permitía colocar entre estas un dispositivo en forma de tijera con un gato hidráulico. Al incrementar la separación entre los cables mediante este dispositivo de tijera, se acortaba la distancia entre las abrazaderas, consiguiendo así tensar los cables (fig. 3).

Lo que si paralizó la Segunda Guerra Mundial fue sin duda la aparición de normativas y reglamentaciones sobre este nuevo material. La experiencia se fue acumulando pero era necesario poner en orden los conocimientos e investigaciones sobre todos los aspectos necesarios para su adecuado y controlado desarrollo y difusión. Ante esta imperiosa necesidad, Eduardo Torroja se adelanta a los acontecimientos y funda en el año 1949 la Asociación Española del Pretensado A.E.H.P., tres años antes de la fundación de la FIP. Hasta 1952 cada país desarrolla su propia experiencia sin poder contar con el deseable intercambio técnico y científico de forma internacional y adecuadamente reglamentado.

A partir de la fundación de la FIP el desarrollo y difusión del hormigón pretensado desencadena una mayor evolución de las patentes de sistemas de anclajes y puesta en carga de las armaduras. Las décadas de los años 50 y 60 se convierten en decisivas para la reglamentación,



feria de muestras de Zaragoza 1957

2. premio del certamen

procedimientos

Barredo de hormigón pretensado

Calle San Jerónimo, 19 · Tel. 31 04 54 · MADRID

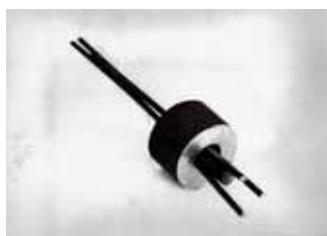


Fig. 1. Sistema de pretensado Freyssinet, 1939.

Fig. 2. Mercado de Algeciras, 1933-35. Eduardo Torroja. Armaduras pretensadas de anillo de borde antes de su hormigonado.

Fig. 3. Acueducto de Alloz. Sistema de pretensado ideado por Eduardo Torroja.

Fig. 4. Sistema de Pretensado Barredo. Anuncio en *Informes de la Construcción* 1957.

Fig. 5. Patente Barredo. Modelos de conos y cuñas.

Fig. 6. Patente Barredo. Gato de tracción.

difusión y destino de este nuevo material que ya había sido ampliamente experimentado en una amplia gama de tipos estructurales diversos tanto en la Ingeniería Civil como en la Arquitectura. Algunas de las más primitivas patentes evolucionan y se perfeccionan como las de Freyssinet, y aparecen otras muchas muy diferentes; Mangel, VSL, BBVR, LEOBA, Dischinger,... Los sistemas de cálculo, prefabricación, puesta en obra,... protagonizan en gran medida el intercambio internacional conjuntamente con las experiencias vividas.

La investigación tecnico-científica se centraba en encontrar nuevos sistemas cada vez más precisos, de mayor facilidad de anclaje y puesta en carga de las armaduras, mayor seguridad de permanencia de la pretensión, mayores posibilidades de albergar diferente número de cables en diferentes posiciones y trazados que la propia Ingeniería Civil y la Arquitectura demandaban.

ITCC: HORMIGÓN PRETENSADO, PATENTES Y ARQUITECTURA

El itcc –Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento– fundado y dirigido por Eduardo Torroja, lideró internacionalmente la investigación, desarrollo y difusión de los más relevantes avances relacionados con el campo de la construcción civil y arquitectónica. El hormigón armado, el pretensado, las estructuras laminares, los ensayos físicos sobre modelos reducidos, métodos de cálculo, sistemas de nacionalización de construcciones tradicionales como las fábricas de ladrillo,... Su implicación no se limitó a la investigación y difusión sino que además desarrolló reglamentos, y normas de cálculo, diseño, fabricación y puesta en obra de diversidad de elementos producidos con nuevos materiales como fue el caso del hormigón pretensado, creando asociaciones nacionales e internacionales.

Pero además, no podemos olvidar que Eduardo Torroja puso un especial interés en el desarrollo de la *industria de la construcción española* en todas sus ramas, impulsando la aparición de patentes muy diversas, que no solo se ensayaban en los laboratorios del propio itcc o el Laboratorio Central de Madrid, sino que además se preocupaba por apoyar su difusión y uso eligiéndolas de entre todas las existentes en el mercado internacional para ser utilizadas en sus propias obras, incluso cuando en España empezó a ser posible contar con patentes extranjeras de prestigio. Este es el caso de la famosa patente BARREDO de sistema de anclaje para hormigón pretensado, que fue conocida internacionalmente como “el sistema español” (fig. 4).

La patente BARREDO fue la primera y única patente española de un sistema de anclaje indirecto para el hormigón pretensado. La registró en Madrid el año 1952 el ingeniero Ricardo Barredo tras ser debatida, analizada y ensayada en el itcc contando con el asesoramiento de Eduardo Torroja. El ingeniero Ricardo Barredo perteneció a ese importante grupo de la técnica y la industria española que mantuvo estrecho contacto con Eduardo Torroja y el Instituto Técnico de la Construcción de Madrid. En 1933 Barredo fue el constructor del innovador Mercado de Algeciras de Eduardo Torroja, encargándose de ejecutar el ingenioso sistema de pretensado de los cables del anillo de borde según las indicaciones de Torroja.

La patente BARREDO o “sistema español” utilizaba un anclaje de cuña interior para tres alambres o cables trenzados, contando con un coeficiente de seguridad de retención de armaduras

superior al de rotura de estas, siendo iguales los esfuerzos de retención para todos los alambres. El cono de anclaje y la cuña eran metálicos y existían modelos roscados para realizar el empalme de armaduras mediante manguito (fig. 5). Una de las aportaciones de esta patente era la posibilidad de emplear una amplia gama de alambres que iba desde el uso de 3 alambres de diámetro 1 mm hasta 3 cables trenzados de 19 alambres con diámetros de 1 1/4" cada uno. Por otra parte, el gato de tracción estaba formado por tres gatos independientes conectados a la misma bomba de presión hidráulica, por lo cual el esfuerzo de tracción era conocido y el mismo para cada una de las tres unidades (fig. 6). Otra ventaja de este sistema era que por su tipo de anclajes, permitía retener el acero hasta su máxima carga, así como retesar con facilidad sin deterioro de los cables, tantas veces como fuera necesario antes de la inyección de la vaina o conducto (fig. 7).

Pero sin duda, la mayor aportación de esta patente, no se centra en sus indudables novedades frente a las patentes ya existentes en el mercado internacional, sino en el hecho de que representó la posibilidad de poder hacer participar a la Arquitectura y la Ingeniería Civil española de ese todavía nuevo material –el hormigón pretensado– que está en pleno desarrollo, en unos momentos en los cuales era muy difícil que en España se pudieran adquirir patentes extranjeras (fig. 8).

Eduardo Torroja, aunque continuó inventando sistemas de pretensado absolutamente genuinos adaptados a los materiales y medios con los que podía contar, utilizó el sistema BARREDO en gran parte de sus obras, apoyando y difundiendo su aplicación, consiguiendo que fuera internacionalmente conocida esta patente como "el sistema español". En 1956 utiliza esta patente en la construcción del famoso Depósito de Fedala en Marruecos, en el que intervinieron también los ingenieros A. Paez y F. del Pozo. El depósito es una cuba hiperbólica de 3.500 m³ de agua montada sobre un conjunto de pilares de hormigón armado ya existentes.

Una de las características intrínsecas del hormigón pretensado es su mayor impermeabilidad ante el incremento de compresión en el hormigón que evita el peligro de fisuración. Torroja proyecta un doble pretensado siguiendo las dos familias de generatrices rectas que ofrece la geometría proyectada. De esta manera incrementa la impermeabilidad del conjunto laminar al resultar la pared de la cuba bicomprimida. Dado el alto coste que hubiera supuesto el encofrado de madera, utilizó como encofrado perdido una bóveda tabicada de tres rosas de fábrica de ladrillo. El tesado de las armaduras se realizó desde el anillo superior utilizando la patente Barredo. El hecho de no utilizar la habitual disposición del pretensado según los anillos circulares le permitió a Torroja obtener una superficie laminar de limpia y rotunda geometría en la que ningún elemento entorpece la percepción de su imagen (fig. 9).⁸

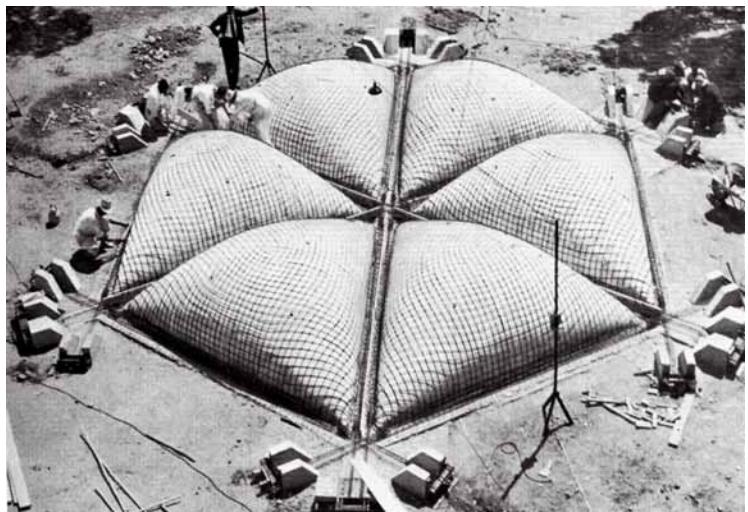
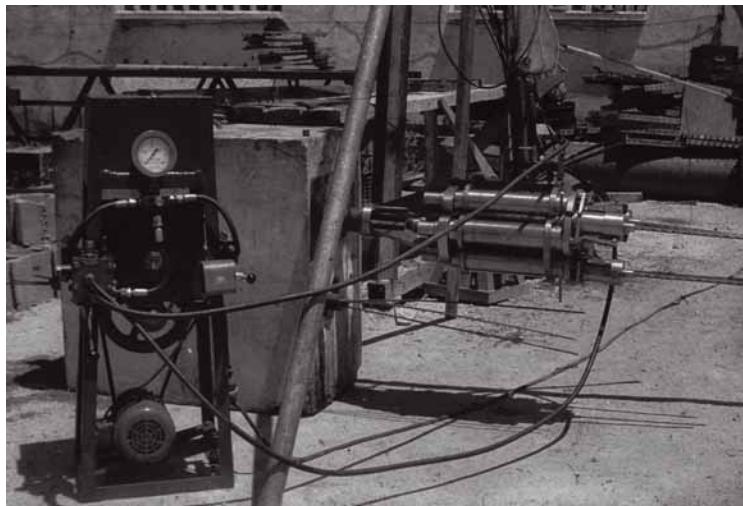
En 1960 Eduardo Torroja construye en el itcc una estructura laminar experimental con motivo de la XI Asamblea de la Asociación Internacional de Estructuras Laminares. Se trata de una lámina de planta triangular formada por 6 lóbulos que se unen mediante pretensado lineal utilizando la patente Barredo –"sistema español de pretensado"–. Esta lámina fue presentada por Eduardo Torroja en dicha Asamblea a todos los asistentes que pudieron observarla al estar ejecutada en los jardines del itcc (fig. 10).

Fig. 7. Sistema Barredo

Fig. 8. Aplicación sistema Barredo.
Puente en Almarail, 1955. Eduardo Torroja.

Fig. 9. Depósito de Fedala.
Eduardo Torroja, 1956.

Fig. 10. Láminas experimentales
pretensadas con la patente Barredo, 1960.
Eduardo Torroja.



La Iglesia de Grao de Gandía (1961) que fue una de las últimas obras de Eduardo Torroja, es otro de los casos en los que utilizó el sistema de pretensado Barredo generando una original e innovadora Arquitectura formada por dos láminas plegadas o vigas-muro quebradas, que abarcan la totalidad de la volumetría del espacio funcional de la iglesia. La planta que es sensiblemente trapezoidal, con una longitud de 30 metros y ancho medio de 15 metros, se cubre con dos láminas plegadas que se constituyen en pared y cubierta; una en forma de Z y otra en forma de L invertida, cuyo decalaje en altura permite la entrada de la luz natural. Estas vigas-muro plegadas apoyan en los muros piñones de las fachadas y están rigidizadas por una secuencia de nervaduras transversales que abarcan igualmente la totalidad de cada una de las dos vigas-muro. Torroja construye en esta ocasión una gran viga hueca habitable cuya geometría y esbeltez de pared es solo posible gracias al pretensado, mediante el cual elimina las torsiones y flexiones generadas.⁹

El sistema Barredo permitió el refuerzo y consolidación estructural de muchas construcciones antiguas de fábrica aplicando técnicas de postesado hasta entonces impensables en España, y sobre todo propició la aparición y desarrollo de otras múltiples tipologías estructurales, formando parte de la construcción de nuevas soluciones arquitectónicas como las famosas y variadas patentes de vigas-hueso de Miguel Fisac.¹⁰

En el año 1959 Fisac proyecta sus primeras vigas-hueso. La característica fundamental y común a todas ellas es sin duda su acertada geometría “hueca”, que aporta innumerables ventajas estructurales y constructivas (fig. 11). En primer lugar, una viga de sección hueca, al igual que las vigas de sección en Y ó en T, incrementan la rigidez transversal de la viga. Por esta razón, son formas muy adecuadas para una viga de hormigón pretensado, ya que le permite aprovechar la esbeltez que este material le ofrece frente a su dimensionado, sin que exista peligro de pandeo. Estas vigas-hueso alcanzaron una luz máxima de vano de 22 metros contando en este caso con tan solo 5 cm de espesor de pared (fig. 12).

Por otro lado, la mayor parte de las vigas-hueso diseñadas por Fisac estuvieron destinadas a ser el único elemento constituyente de cubierta. Por ello, las vigas-huesos además de ser la estructura portante de la cubierta eran su piel exterior e interior, siendo la superficie de hormigón de los “huesos” el material que debía cumplir con la necesaria impermeabilidad funcional exigida a su destino de cubierta¹¹. En este aspecto, las propiedades del hormigón pretensado dotaron a las vigas-hueso de las intrínsecas ventajas de su gran impermeabilidad debida a su incremento de compresión que evita la fisuración, pero además, el hecho de ser vigas huecas proporciona a la cubierta una doble pared con cámara ventilada, hecho que convierte a la cubierta en lo que conocemos como cubierta fría, con todas las ventajas que este hecho aporta a una cubierta frente a su funcionamiento y durabilidad.

En efecto, y aunque este aspecto no ha sido muy comentado, parece importante tenerlo también presente a la vista del increíble buen comportamiento que han tenido en general las vigas-hueso de cubierta proyectadas por Fisac. Actualmente, gran parte de estas vigas-hueso permanecen desnudas sin que haya sido necesario realizar impermeabilizaciones superficiales sobre su cara exterior. Este es el caso de los diferentes edificios que forman el conjunto del

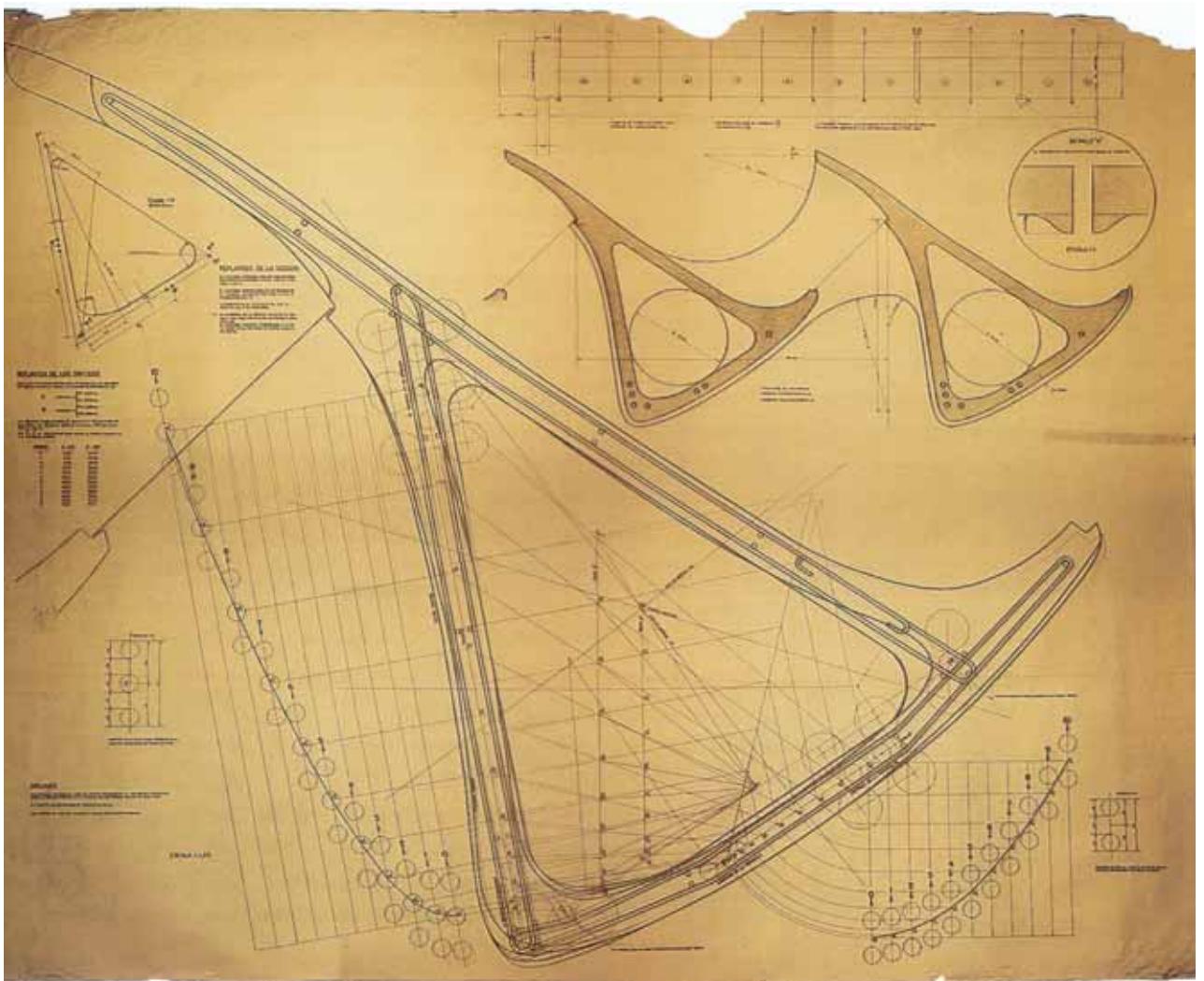


Fig. 11. Sección módulo Hueso.
Miguel Fisac, 1959.



Fig. 12. Huesos prefabricados de hormigón armado. Miguel Fisac, 1960.

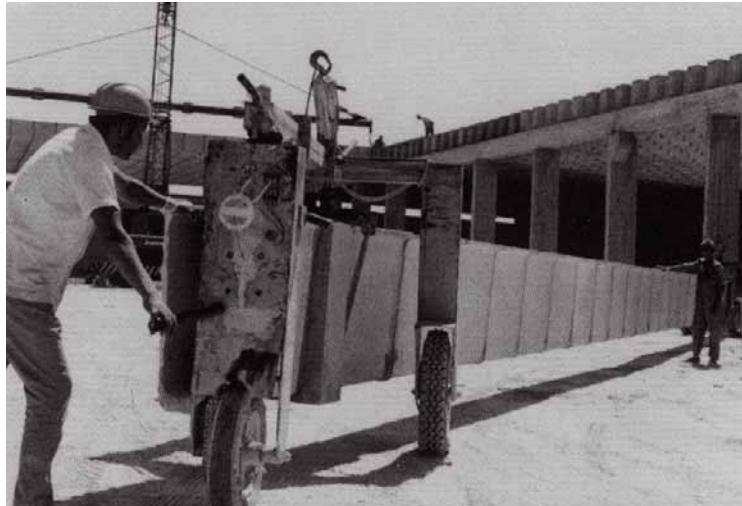


Fig. 13. Desplazamiento de viga-hueso. Bodegas San Patricio de Garvey, 1967.

Fig. 14. Colocación vigas-hueso en cubierta una vez montadas. Bodegas San Patricio de Garvey, 1967.

Fig. 15. Montaje en cubierta de los módulos hueso. Centro de Estudios Hidrográficos, 1960.

Fig. 16. Evacuación de agua de lluvia en marquesina.

Colegio de la Asunción de Madrid, en el que tan solo se procedió a impermeabilizar –hace pocos años– una parte del módulo correspondiente a la secretaría del colegio. Dado que la prefabricación de los huesos de hormigón armado de todos los edificios construidos por Fisac no se utilizaron las mismas calidades de hormigón, y que tampoco las condiciones de entorno –exterior e interior– han sido las mismas en todos los casos, no es de extrañar que pese a la gran durabilidad que en general han presentado, existan casos de envejecimiento más rápido. La calidad del hormigón en el caso del hormigón pretensado es mucho más determinante de la durabilidad de la pieza por el hecho de que las armaduras bajo la tensión del pretensado –armaduras activas– son más susceptibles de oxidación y deterioro si el hormigón no es suficientemente básico y compacto, ya que la mayor acidez de la masa facilita a lo largo del tiempo este imparable proceso de deterioro.

Su adecuada pendiente para garantizar la evacuación de aguas de lluvia, así como su carácter de “cubierta ventilada” son los otros dos factores que también han contribuido a la hora de determinar su buen envejecimiento y durabilidad casi generalizados. La vigas huesos de Fisac se montaron generalmente a pie de obra, enfilando las piezas huesos con los cables de postesado como si se tratara de las cuentas de un collar, que eran postesadas mediante el sistema de anclaje Barredo (fig.13). Posteriormente se alzaban y colocaban en su posición definitiva mediante grúa menos en el caso de las vigas del Centro de Estudios Hidrográficos (1960), que debido a su mayor tamaño y peso, fueron izadas una a una y enfiladas y postesadas en su posición final (fig. 15).

Esta posición “final” sobre los muros de hormigón armado en los que apoyaban las vigas-hueso, era una operación sencilla en la que ya se había previsto; la inclinación o pendiente de la viga entre la coronación de ambos muros opuestos, así como el cierre de los espacios que quedaban entre estas al estar separadas, existiendo en dichos muros unos remates a modo de tapas que reproducían el negativo de la geometría de la base de los huesos. La evacuación de aguas no cuenta con canalones ni bajantes embutidas ni vistas, sino que el agua discurre por la pendiente de las vigas los huesos cayendo libremente previo goterón formado por el propio reborde curvo del último hueso, detalle producto de la prefabricación de la mayor parte de las vigas-hueso (fig. 16).

Otra función que cumplen la mayor parte de las vigas-hueso diseñadas por Fisac para cubiertas, es la adecuación de su geometría para permitir el paso de la luz natural en el interior del espacio arquitectónico con una determinada inclinación y superficie en base a la demanda específica del uso proyectado en el interior del edificio. Por esta razón y tal y como el propio Fisac explicó en varias ocasiones, tanteó diferentes geometrías triangulares huecas para cada caso (fig. 17).

La adecuada forma geométrica de los huesos como viga pretensada o postesada, la calidad casi generalizada de los materiales empleados y la sin duda rotunda plástica exterior e interior que le confiere su piel desnuda de hormigón, han contribuido a la admiración de este tipo de vigas-hueso continua causando, como parte importante de la reducida aplicación que el hormigón pretensado ha tenido en la Arquitectura española frente al gran desarrollo alcanzado por las obras de ingeniería civil. Fisac además de contribuir a la aplicación del pretensado con

sus famosos "huesos" para cubiertas, proyectó interesantes piezas para fachadas como las del edificio de IBM de Madrid .

Un caso aislado pero lleno de originalidad e interés, es el de la Casa Barredo proyectada en 1960 por Fernando Cassinello y Barredo, en la que también se utilizó el sistema de pretensado Barredo. El interés de esta vivienda se centra en su enorme terraza de 15 metros de vuelo, que fue construida mediante vigas postesadas formadas por dovelas de sección en Y. Se constituyó en record de luz de vano en voladizo, y en 1970 ocupó la portada de la publicación que la atep Asociación Técnica Española de Pretensado realizó como resumen de algunas de las actuaciones más relevantes que se habían construido hasta entonces en España utilizando hormigón pretensado, desde los muy diferentes aspectos relacionados con la aportación al desarrollo de este material.¹²

La sección en Y había sido ya utilizada en otras muchas vigas pretensadas y postesadas, dado que es una de las geometrías, que tal y como hemos comentado anteriormente, se adecúa a la demanda de rigidez que una viga pretensada necesita para poder aprovechar la esbeltez que le brinda el pretensado sin correr el peligro de pandear. Pero en ninguno de los casos construidos hasta entonces se habían proyectado grandes vigas en voladizo. Desde 1955 Carlos Barredo, antes de la aparición en 1959 de los famosos huesos de Fisac, proyectó dovelas de hormigón pretensado en forma de Y para ser utilizadas en la construcción de vigas postesadas con el sistema Barredo. Estas vigas cubrieron luces de vano de hasta 30 metros, y fueron proyectadas con secciones variables, a veces invertidas como el caso de la cubierta de la Central Hidroeléctrica de Saltos del Cortijo en Logroño, representando un claro avance para la industria de la prefabricación española y una relevante aportación en cuanto a la aparición de nuevos tipos de vigas postesadas de fácil puesta en obra en seco, economía y eficacia estructural. Este tipo de vigas formó parte de la construcción en aquellos momentos extendiéndose a muy diferentes tipos de edificios ; el Mercado de Ruzafa en Valencia (1959) (fig. 18), el Salón de Actos de la Escuela de Peritos Industriales de Madrid (1956), la Fábrica de abonos de Puertollano en Ciudad Real, la Fábrica de medias Berkshire en Madrid, la Escuela de Formación en la Línea Cadiz, la Compañía Asturiana de Cinc en Salinas, Asturias, la Nave de FECSA en Barcelona,...

La terraza en voladizo de la Casa Barredo fue sin duda la actuación más audaz de la utilización de vigas postesadas de dovelas de sección en Y, que desde 1955 se estaban utilizando en España con el sistema Barredo. Se trata de 6 vigas de 27 metros de longitud total, que cuentan con un amarre trasero y un apoyo situado sensiblemente de forma centrada, de tal forma que la longitud total del vuelo es de 15 metros (fig. 19). Las dovelas se montaron en obra a modo de pequeños vuelos sucesivos construyéndose así la longitud total de las vigas postesadas. La formación del forjado de la terraza sobre dichas vigas, se ejecutó mediante una losa postesada por cables sin vainas con un hormigón blanco de resistencia característica de 300 kp/cm².

El sistema Barredo hizo posible la construcción de mayor parte de las arquitecturas aquí reseñadas, así como del resto de las construidas en España en unos años en los que hubiera sido muy difícil llegar a construirlas por la imposibilidad de contar con adecuados sistemas de

Fig. 18. Montaje de vigas en Y. Carlos Barredo.
Mercado de Ruzafa. Valencia, 1959.

Fig. 19. Viga postesada. Casa Barredo.
Fernando Cassinello.



anclaje de pretensado. Es importante recordar que el proceso de gestación de esta patente Barredo, como el de la mayor parte de los avances alcanzados en aquellos años por la industria de la construcción española, estuvieron motivados, apoyados, impulsados y difundidos por el itcc que fue líder y modelo de lo que debía ser un laboratorio de investigación internacional, tal y como resaltó Pier Luigi Nervi en la conferencia que pronunció en el salón de actos del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento con motivo de la celebración de su 25 aniversario.

Don Eduardo, tal y como le llamaban quienes tuvieron el privilegio de trabajar con él, creó un especial espíritu de *inquietud y compañerismo* entre los técnicos y científicos del itcc y otros muchos pertenecientes a la industria española. Este espíritu contribuyó sin duda al éxito de la labor de investigación emprendida. A través de sus revistas –*Hormigón y Acero* e *Informes de la Construcción*– así como de sus boletines especiales, publicaciones técnicas,... el itcc difundía los avances del “estado del Arte” abarcando todos y cada uno de los campos de la construcción civil y arquitectónica a nivel internacional. En su salón de actos se realizaban continuos debates sobre técnica y ciencia contando con los mejores especialistas, en sus laboratorios se ensayaban los más novedosos proyectos de investigación y también aquellos relacionados con la necesaria “nacionalización” de algunos sistemas constructivos tradicionales, que necesariamente debían mantenerse por las características específicas del propio mercado nacional.

Pero para entender lo que realmente llegó ha ser el itcc, es necesario recordar, que tras el trabajo cotidiano; la investigación, el debate, el intercambio y la colaboración técnico-científica, el itcc dirigido por *Don Eduardo* –al igual que ocurriera en los talleres de la Bauhaus– encontraba siempre un tiempo para potenciar la relación humana dentro de sus propias instalaciones ; las fiestas, los bailes, las competiciones deportivas, los concursos de pintura y cuentos para sus hijos,... vivencias compartidas que ayudaron a mantener entre todos ellos un estrecho, poderoso y visible lazo de amistad y satisficha inquietud.

“A los que colaborasteis conmigo : ...

Otros juzgaran mejor que yo la labor que se ha realizado.

A mi personalmente solo me corresponde el éxito en la elección de las personas y en haberlos preparado el ambiente de trabajo y de colaboración, lo demás es vuestro”.

Eduardo Torroja, 1961 (fragmento de su último escrito)

1. José Antonio Torroja Cavanillas. “El genio y el ingenio en la obra de Eduardo Torroja” (pp. 79-93), en *La Vigencia de un Legado-Eduardo Torroja*. Vicerrectorado de Cultura. Universidad Politécnica de Valencia. 2002.

2. *Informes de la Construcción* nº 502. Pepa Cassinello. “En Memoria de Heinz Hossdorf”. Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción, abril-junio 2006.

3. Pepa Cassinello. *Razón científica de la Modernidad española en la década de los 50*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universidad Navarra. Pamplona 2000.

4. *Informes de la Construcción* nº 92. 1957. Apartado: Actividades Internacionales.

5. Fernando Cassinello. *Hormigonería*. Editorial Rueda. Madrid 1974.

6. Eduardo Torroja. *Razón y Ser de los Tipos Estructurales*, itcc 1954. Madrid.

7. Pepa Cassinello. “La revista *Informes de la Construcción*: crisol científico de Arquitectura. 1948-1960. Eduardo

- Torroja", en *La Vigencia de un Legado-Eduardo Torroja*. Vicerrectorado de Cultura. Universidad Politécnica de Valencia. 2002.
8. Eduardo Torroja. *Las Estructuras de Eduardo Torroja*. CEDEX/CEHOPU, edición del Ministerio de Fomento, 1999. (Primera edición: 1958. F.W. Dodge Corporation, New York).
 9. *Informes de la Construcción* nº 137 (enero-febrero 1962). Dedicado a la obra de Eduardo Torroja.
 10. Francisco Arques Soler. *Miguel Fisac*. Ediciones PRONAOS 1996.
 11. Fernando Cassinello. "La estética del Pretensado". Revista *Hormigón y Acero*, 1968. (Conferencia pronunciada en el Instituto Eduardo Torroja en 1967).
 12. Asociación Técnica Española del Pretensado atep. *Hormigón Pretensado. Realizaciones Españolas*. Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento. Mayo 1970.

Informe piezas pretensadas. Vicente Peiró Instituto Torroja



informe n° 16.385

peticionario D. B. ALVAREZ LOPEZ-SANCHO

en nombre de TRADISCO, S.L.
C/ Rafael Dieste 1, bajo
15008 LA CORUÑA

ensayos solicitados Determinación de compuestos cristalinos mayoritarios
por difracción de rayos X.

autor/es:



muestras enviadas Tres trozos de viguetas armadas denominadas F; MD-19
y ME-1.

C. MARQUES GIL, 4
08010 BARCELONA
TEL. 31.32.34.40
FAX 31.32.34.40

Consejo Superior de Investigaciones Científicas
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDGARDO TORROJA

ESTUDIOS DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN
EDGARDO TORROJA
SERVICIO ACT

hoja nº 2
ES COPIA



ESTUDIO POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X

En el presente Expediente, en donde se realiza el estudio por difracción de rayos X (DRX) de las muestras entregadas en este Instituto por el Peticionario, se relaciona el equipo y las condiciones de trabajo utilizadas así como los resultados obtenidos.

Además se incluye en un Anexo el listado de picos de las muestras ensayadas.

PREPARACION DE LAS MUESTRAS

De cada trozo de muestra recibido en el Instituto, se ha tomado una parte representativa y mediante separación mecánica se ha eliminado la mayor cantidad del árido.

La porción así obtenida de cada muestra (pasta enriquecida) se ha molido hasta tamaño de grano menor que 88 micras, obteniéndose un polvo que mediante presión a 6 atmósferas, produce una pastilla para su análisis por DRX.

MUESTRAS

Las muestras recibidas en el I.C.C.E.T. son las que se reseñan a continuación, junto con la denominación dada por el Peticionario y por el I.C.C.E.T. en este Expediente.

DENOMINACION DE LAS MUESTRAS

Peticionario

F
MD19
ME-1

I.C.C.E.T.

TRADI1
TRADI2
TRADI3

EQUIPO DE TRABAJO

Se ha empleado un equipo automático de difracción de rayos X, marca Philips, compuesto de las siguientes unidades:

- Generador de alta tensión de 3kW, PW-1730
- Rendija automática de divergencia, PW-1386/50
- Monocromador de grafito, PW-1734/00

expediente n° 16.385 que consta de 4 hojas

Los datos, resultados y conclusiones que se incluyen en este Expediente, obtenidos de los análisis, pruebas o ensayos realizados, son únicamente aplicables a las muestras ensayadas.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN
EDUARDO TORROJA
SERVICIO A.C.I.

ES COPIA

Pdfof n° 3

- Portamuestras automático para 42 muestras, PW-1780
- Unidad de refrigeración automática, DM-6.000
- Software analítico Philips APD-1700 (V.S.3.0)
- Minicomputador DIGITAL, modelo PDP-11/24 de 256 kbytes
- Teleimpresora DIGITAL, modelo LN-120
- Terminal gráfico Hewlett-Packard, modelo 2648-A
- Impresora gráfica Hewlett-Packard, modelo 2631-G
- Portamuestras modificados por el I.C.C.E.T. (diámetro = 30 milímetros).

CONDICIONES DE TRABAJO

Las condiciones de trabajo utilizadas son las que figuran en el listado de picos de las muestras, que se incluyen en el Anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS

En el Anexo figura el listado de picos de las muestras ensayadas en donde se han identificado los compuestos cristalinos mayoritarios siguientes:

MUESTRAS	COMPUESTOS CRISTALINOS MAYORITARIOS
TRADI1	HIDROGROSULFÁTICA; $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{OH})_{12}$ GIBSITA; $\text{Al}(\text{OH})_3$ CUAREO-alfa; alfa- SiO_2 ARAGONITO; CaCO_3 CALCITA; CaCO_3
TRADI2	GIBSITA; $\text{Al}(\text{OH})_3$ CUAREO-alfa; alfa- SiO_2 ARAGONITO; CaCO_3 CALCITA; CaCO_3
TRADI3	HIDROGROSULFÁTICA; $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{OH})_{12}$ GIBSITA; $\text{Al}(\text{OH})_3$ CUAREO-alfa; alfa- SiO_2 ARAGONITO; CaCO_3 CALCITA; CaCO_3

expediente nº 16.385 que consta de 4 hojas

Los datos, resultados y conclusiones que se incluyen en este Expediente, obtenidos de los análisis, pruebas o ensayos realizados, son únicamente aplicables a las muestras ensayadas.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA

CSIC

hoja nº 4

A la vista de los resultados obtenidos se puede afirmar que todas las muestras analizadas corresponden a hormigón fabricado con cemento aluminoso. Así mismo, se puede deducir que su grado de transformación es muy elevado, por lo que no se preveen grandes variaciones en su composición mineralógica en el futuro.

Este Expediente consta de 4 hojas numeradas y selladas y un Anexo con el listado de picos de las muestras.

Madrid, 13 de Abril de 1992

Pdo.: José Luis Sagrera
Dr. en Ciencias Químicas

V.F. B.R.
EL DIRECTOR ADJUNTO

Pdo.: M. Herráiz Sarachaga
Dr. en Ciencias Físicas



expediente nº 16.385 que consta de 4 hojas

Los datos, resultados y conclusiones que se incluyen en este Expediente, obtenidos de los análisis, pruebas o ensayos realizados, son únicamente aplicables a las muestras ensayadas.

Informe piezas postesadas. Ricardo Barredo. HUECOSA Instituto Torroja



hoja nº4

4. RESULTADOS OBTENIDOS.

Para realizar la caracterización del hormigón se tomaron porciones representativas de las muestras enviadas por el peticionario.

Se realizó el análisis por difracción de rayos X de una fracción representativa del hormigón, tanto de la parte externa como interna. Así mismo, se analizó una fracción enriquecida en pasta cementante, denominada "PASTA".

Para llevar a cabo un análisis microestructural del hormigón mediante microscopía electrónica de retrodispersados combinada con microanálisis por energías dispersivas de rayos X (BSE-EDX), se tomó una fracción representativa de las muestras de hormigón.

4.1. Difracción de Rayos X (DRX).

A continuación se recogen los resultados de difracción de rayos X de las muestras ensayadas.

• Exterior del hormigón :

El espectro de difracción de rayos X de la parte exterior del hormigón aparece representado en la Figura 1. En dicho espectro se observaron picos de elevada intensidad a valores de ángulo de 26,64 y 20,83 °2θ, que se asocian con el cuarzo (SiO_2).

También, se observaron picos en el intervalo de 29,40 y 39,40 °2θ característicos de la calcita (CaCO_3). Otros picos de menor intensidad que aparecen a valores de ángulo de 28,03 y 27,44 °2θ, se corresponden con feldespatos.

Informe nº 19.094



hoja nº5

Aparecen picos de baja intensidad a valores de ángulo de 30,96 y 41,14 °2θ, característicos de la dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).

Por último, aparecen picos de baja intensidad de portlandita ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) a valores de ángulo de 34,08 y 18,08 °2θ.

La presencia de cuarzo, feldespatos y dolomita se asocia con la fracción de áridos, mientras que la portlandita corresponde a un compuesto de hidratación de la pasta cementante.

Por su parte, la calcita puede proceder o bien de una fracción de áridos, o bien de una carbonatación parcial de la portlandita.

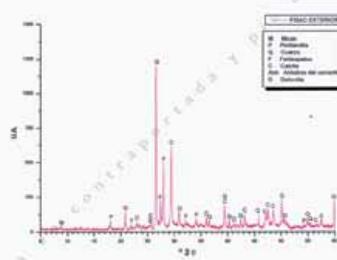


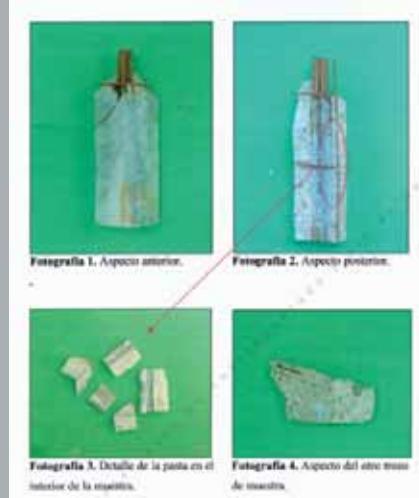
Figura 1

• Interior de la muestra:

El espectro de difracción de rayos X de la parte interior del hormigón aparece representado en la Figura 2. En este espectro, aparecen los mismos picos que en la muestra anterior, es decir, cuarzo (SiO_2) a valores de ángulo de 26,64 y 20,83 °2θ.

Informe nº 19.094

Los datos, resultados y conclusiones que se incluyen en este informe, obtenidos de los análisis, pruebas o ensayos realizados, son únicamente aplicables a las muestras ensayadas.



Fotografia 1. Aspecto anterior.

Fotografia 2. Aspecto posterior.

Fotografia 3. Detalle de la pasta en el interior de la muestra.

Fotografia 4. Aspecto del otro trozo de muestra.



hoja nº6

También, se observaron picos en el intervalo de 29,40 y 39,40 °20 característicos de la calcita (CaCO_3). Otros picos de menor intensidad aparecen a valores de ángulo de 28,03 y 27,44 °20 y corresponden a feldespatos.

Aparecen picos de baja intensidad a valores de ángulo de 30,96 y 41,14 °20, característicos de la dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).

Por ultimo, aparecen picos de baja intensidad de portlandita ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) a valores de ángulo de 34,08 y 18,08 °20.

Como en el caso anterior, el cuarzo, los feldespatos y la dolomita proceden de los áridos. Mientras que la calcita podría proceder en parte de áridos o de la carbonatación parcial de la portlandita.

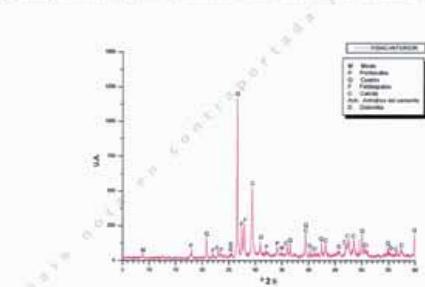


Figura 2

Informe nº 19.094

Los datos, resultados y conclusiones que se incluyen en este informe, obtenidos de los análisis, pruebas o ensayos realizados, son únicamente aplicables a las muestras ensayadas.



hoja nº7

• Muestra "PASTA":

El espectro de la muestra "PASTA" aparece representado en la Figura 3. Los picos mas intensos aparece a valores de ángulo de 34,08 y 18,08 °20, que se corresponden con portlandita ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Con menor intensidad se observaron picos a valores de 9,14 y 32,44 °20, que se asocian con ettringita ($\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12}\text{6H}_2\text{O}$).

En la fracción enriquecida en pasta cementante, de la zona interior, se aprecia una importante cantidad de portlandita lo que indica una baja carbonatacion de la pasta en esta zona.

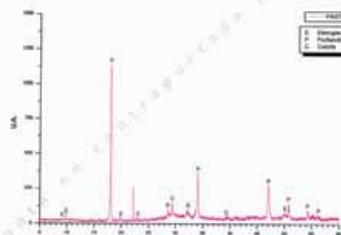


Figura 3

Informe nº 19.094

Los datos, resultados y conclusiones que se incluyen en este informe, obtenidos de los análisis, pruebas o ensayos realizados, son únicamente aplicables a las muestras ensayadas.



hoja nº8



4.2 Microscopía electrónica de retrodispersados combinada con microanálisis por energías dispersivas de rayos X (BSE-EDX)

Para llevar a cabo el análisis microestructural se tomó una muestra representativa del hormigón, analizando tanto la zona superficial como el interior del mismo.

La muestra seleccionada fue embutida, cortada y pulida para llevar a cabo su análisis por microscopía electrónica de retrodispersados.

A continuación se recogen las principales observaciones realizadas:

- En la zona superficial del hormigón se observa un aspecto bastante denso, si bien se observan algunas fisuras en la pasta, que podrían haberse generado durante la extracción de la muestra (**Micrografía 1**). Por su parte, en el mapa de composición elemental asociado con esta imagen se aprecian los áridos, fundamentalmente de naturaleza silícea, si bien también se observan algunas inclusiones calizas, así como feldespatos.
- Analizando en detalle la pasta cementante se aprecia un aspecto muy denso de la misma, pudiendo apreciarse algunas fisuras que podrían estar originadas por un fenómeno de retracción por secado. También, se aprecian restos de partículas anhidras de cemento, así como una presencia relativamente elevada de sulfatos, si bien no se observan cristalizaciones de ettringita (**Micrografía 2**).
- En la parte interior de la muestra se aprecian también microfisuras, si bien no se manifiesta en general una mala adherencia árido-pasta y la pasta cementante presenta un aspecto bastante denso (**Micrografía 3**).

Informe nº 19.094

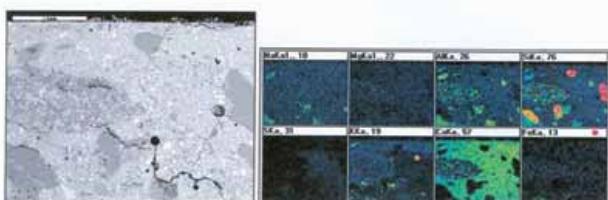
Los datos, resultados y conclusiones que se incluyen en este informe, obtenidos de los análisis, pruebas o ensayos realizados, son únicamente aplicables a las muestras ensayadas.



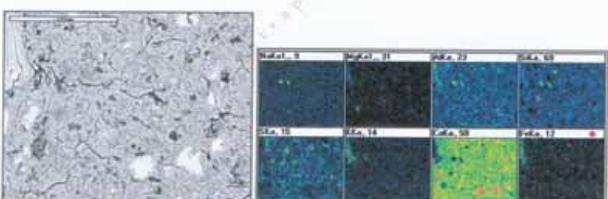
hoja nº9



- En general, el aspecto de la pasta cementante es muy denso con una buena cohesión, como se puede observar en la **Micrografía 4** y en el mapa de composición elemental asociado. Por su parte, la composición elemental de la pasta cementante es la típica con un elevado contenido de calcio y silicio, como se aprecia en el **Microanálisis 1**.



Micrografía 1. Aspecto general de la superficie de la muestra y mapa de composición por elemento asociado.



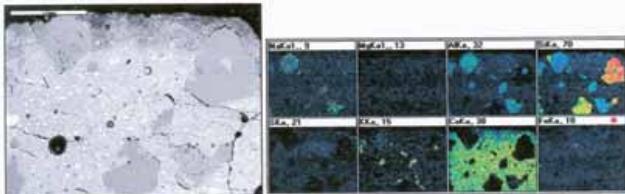
Micrografía 2. Detalle de la pasta y mapa de composición por elemento asociado.

Informe nº 19.094

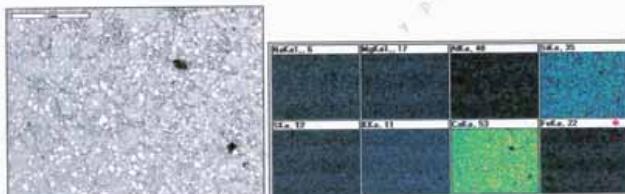
Los datos, resultados y conclusiones que se incluyen en este informe, obtenidos de los análisis, pruebas o ensayos realizados, son únicamente aplicables a las muestras ensayadas.



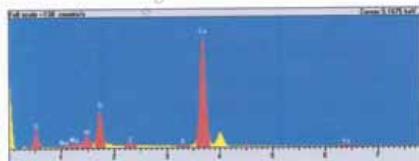
hoja nº10



Micrografía 3. Aspecto general interior de la muestra y mapa de composición por elemento asociado



Micrografía 4. Aspecto de la pasta y mapa de composición por elemento asociado.



Microanálisis 1. Composición elemental asociada con la pasta cementante.

Informe nº 19.094

Los datos, resultados y conclusiones que se incluyen en este informe, obtenidos de los análisis, pruebas o ensayos realizados, son únicamente aplicables a las muestras ensayadas.



hoja nº11

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los ensayos y determinaciones efectuados se obtienen las siguientes conclusiones:

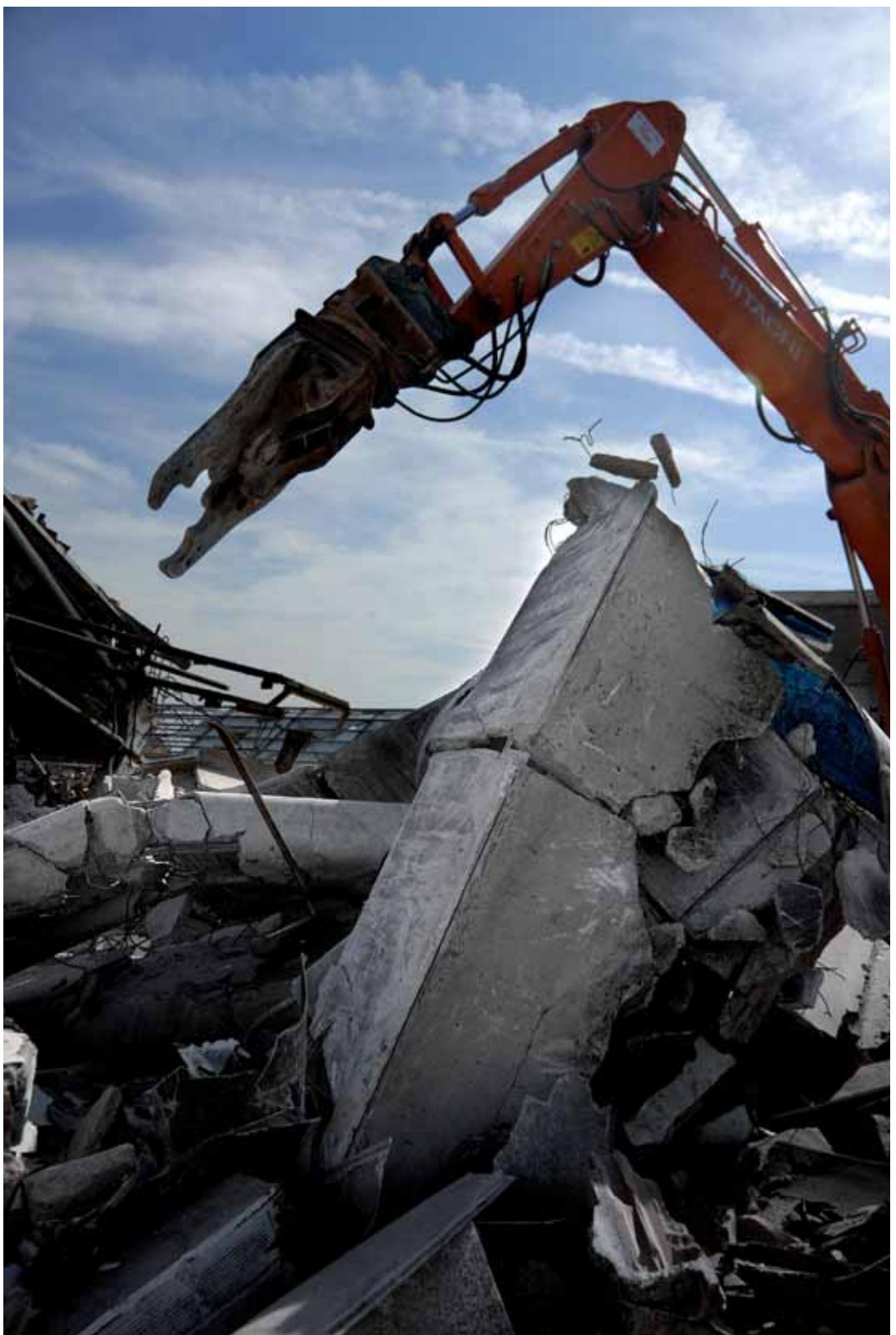
- El hormigón está fabricado con áridos tipo sílico fundamentalmente, cuarzos y feldespatos, también presenta una pequeña proporción de áridos tipo caliza y dolomía.
- En cuanto a la pasta cementante se observa un aspecto muy denso de la misma, con una cierta carbonatación superficial. Se observa una composición normal y la presencia de partículas anhidras de clinker de cemento.
- Se aprecia una cierta microfisuración de la pasta en la zona superficial del hormigón, que se asocia con fenómenos de retracción. Esta microfisuración, solamente en la superficie, presentando el interior un aspecto muy homogéneo y denso.

Informe nº 19.094

Los datos, resultados y conclusiones que se incluyen en este informe, obtenidos de los análisis, pruebas o ensayos realizados, son únicamente aplicables a las muestras ensayadas.

Rescate de las piezas













Intervenciones del Tiempo Alejandro del Río



"Era una luz muy impuesta".

Miguel Fisac en *La irrefrenable búsqueda de la forma.*
Arquitectos artistas (RTVE)















Facsímiles



*pretensado sistema
Barredo*

卷之三十一

卷之三

RESULTS

Déscription d'un investissement militaire de niveau II : rôle des stratégies de défense et les politiques négociées sur le investissement permanent, dont celle correspondante à l'activité mondiale sur les opportunités de financement internationale par autres nations étrangères.

Las nubes orientacionales en el horizonte jerárquico, situadas a la izquierda y más abajo que las tristes en lugar de los olvidados, tienen características distintas a las anteriormente expuestas a los sistemas de tristeza y añoranza con objeto que este ultimo no constituya una zona de peligrosa obsesión.

Creamos aperte, a cos senglobanteles asentis, mestizo greba de alcuna tendencia a equilibrar las contradicciones propias por algunos de representar más temprano integración especializada en la materia; y, para ello, tienen actualmente un nuevo sistema de enseñanza y enseñanza, al que imponen las siguientes condiciones:

1^a. Cada una de las filas de los cabinos que forman la armadura de entramado se sujetó a una carga unitaria constante, la que resultó igual a cuarenta kilogramos.

Fig. 5. — Réso-

ose aumentando; sólo presentaba a menudo vista en boscos viejos con la parte de mayor diámetro hacia arriba; ver estos bosques se pasea bien triste hasta que se acuerda que son extranjeros al sistema de los bosques propios de la sierra, ya los árboles frescos verdes, ya más, si no se trata a bosques viejos, los matorrales casi la totalidad, resistentes, a la violencia del sol y de las lluvias de serranía; en el otro extremo, donde se ha de penetrar al fondo, se oíen silenciosas gatas. Una vez superados los brios a cada par de colindantes del gato, meditando la belleza de su voz, se aprecia la ligereza de garras, y los silencios se transforman por la misma varita y súbitamente de los silenciosos que podían producirse por diferencias de rocas, se oye un curioso ronroneo o chirriamiento, que parece venir de enfrente, se valora la distancia y se le da su golpe en la ventila sombreada al sol naciente. Alabando al gato, se retiran las cuatro mordazadas que quedaron en la mano, y se procede a deshacer el entubado que lleva el gato, y saliéndose tembloroso de la operación.

La otra causa no necesita decir, porque se trata un contacto van sólido entre la evita y los bilis, que, tanto como la mala sanguinaria retinente por la tránsito de las gaseas del estómago, así como se produzcan descomponimientos sanguíneos, logrando así un resultado perfecto.

De tener un escamoteo entre los hijos y el heredero, se pone por costumbre el trato de amiglos o por otra razón similar, tanto ostentando suerte con un gato en cada extremo, y meter en la misma forma dentro, amietonando, tapando las uñas canas, los dedos gruesos han eliminado la insinuación hereditaria.

Para constituir la sesión se cierra de la misma manera que el
destituto, es colgado de gato y se
aspiran los bálsamos a él, al diente
pero a la sombra, porque
que bálsamo y caldo se disgregan
en el calor y se pierden.
Al llegar a la tercera noche
los bálsamos devueltos se
cazan los rudos y se sacan
sus tráqueas, la sombra apre-
menda, preferible conservar
esta operación en secreto
después de tres días se
entrega con más fuerza la mi-
ciones y dirigentes de las ef-.

Observaciones.—A pesar de

o 37% aumentaron su ingreso equivalente estandar y correspondió al 4% de los que disminuyeron (fig. 4).

Se conservan hermosamente, en una disposición, las hojas y la caja de introducción taxonómica, a cada uno de los cuales lleva escrito la fecha y el nombre de la planta, en su parte interior del marco que lo sostiene. La caja tiene tres hojas, y contiene dentro una lámina con los tamaños, cada uno de los cuales es una colección representativa de las plantas que se han recolectado en la localidad. La caja tiene un sobre que dice: "Colección de plantas de la selva tropical de Costa Rica".

Estos datos y diagramas, de forma y tamaño distintos, constituyeron una colección de planos de R. 12 y 13 kilómetros, que se alojó en la memoria, cuando a título, o cuando no se pidió que recordara su ejecución, desde el momento de observarlos en su formato por 213 kilómetros por cinco milímetros si se trataba de un solo cuadro.

Guia — Els resultats de l'ús
més comú d'anticoagulants són l'hemorragia i la trombosi.

Este es nuestro sistema, el más sencillo y más práctico que se ha de adoptar en el aseado de la fábrica, ademas de ser el más económico. Los resultados de los trabajos de los ingenieros del materialista, que están en su mayoría, han probado que el sistema de la máquina de vapor es el más económico. Los resultados de los trabajos de los ingenieros del materialista, que están en su mayoría, han probado que el sistema de la máquina de vapor es el más económico.

Muchas de estas informaciones han sido el resultado en tanto de trabajo de los misme-

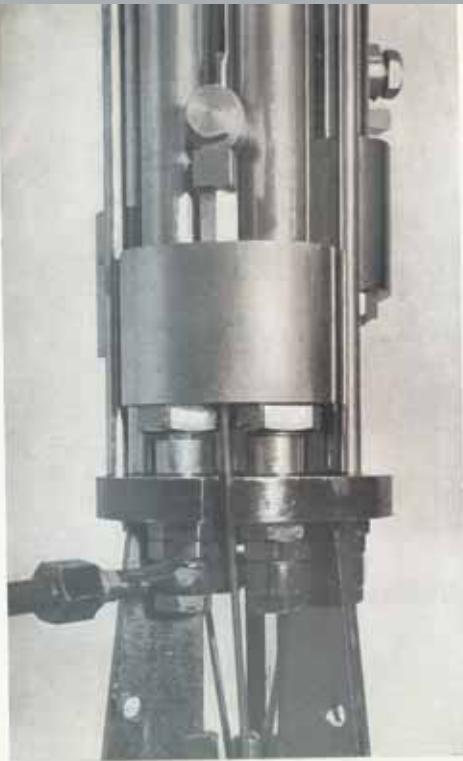


Fig. 2—Vista parcial del cable empleado para el tendido.



Fig. 3—Vista general del cable de tendido.



2º. El anclaje no debe deflexionar, ni permitir el deslizamiento o degradación de hilos hasta que la rotura de éstos—al coto extremo se llegara—se produzca.

3º. Tanto el anclaje como el gato permitirán la rectificación y corrección de deformaciones tangenciales tanto como se estime oportuno, aunque la estructura esté en servicio, y sin desviarse del anclaje ni que para ello sea necesario cambiar ninguna pieza; y, por tanto, evitar todo gasto extraño al de la propia operación.

4º. Se pondrá comprobada la tensión de la armadura en cualquier momento.

DESCRIPCION DEL SISTEMA—Anclaje: En su forma más simple, consiste en un robusto manguito de acero especial, de buceo interior monóxido, por el que pasan tres hilos, entre los cuales se aleja una espira, tronco-piramidal—también de acero—, que tiene igual inclinación que la del coto. Esta inclinación forma con

los hilos de hasta 300 m de longitud, media duraz el caso que, por ser las alturas mínimas exigidas, se llegue al fin de la carrera del gato antes de conseguir la tensión total en uno o en varios hilos. Esto es una tragedia en la mayoría de los sistemas de tendido. Pero no así en el sistema, pues bastará soltar la cuba triangular, dejar la presión en el tanque estable y立índica que llegados al límite, se romperá este en su grano. Fig. 1 muestra el anclaje en su posición normal, cuando la tensión viene al nivel requerido; para la cuba triangular se coloca sin ningún esfuerzo encima arriba de los hilos interiores, y se hace la señal de sangre detras de los hilos al anclaje.

Otra de las dificultades que se presentan es el trazo de hilos muy gruesos, que si los cubos que los sujetan al gato sobre deslizamiento, llevan sobre el hilo que desliza, disminuyendo su tensión. Tal dificultad ha sido vencida favorablemente en nuestro gato, pues el deslizamiento de la cuba inferior del gato no alterará a la tensión del hilo correspondiente, sino que dará lugar a un incremento mayor del radio del cilindro.

Durante la operación de trazo puede sentir que uno de los hilos desliza, y como esto se hace claramente visible en los cilindros, por examinar un cilindro más que los otros, se detiene la pasadeña, se acerca nuevamente el hilo correspondiente, y se continúa tirando hasta lograr la tensión precisa en el manejamiento de la bomba.

Consejo: repita una vez más, que una de las características de este instrumento es su facilidad para detectar la falla. Esta propiedad suele tener en la práctica numerosas aplicaciones útiles; por ejemplo, controlar la tensión de los alfileres o grupos de éstos si los tensiones disminuyeron por causa del trazo de varios grupos de hilos; se pueden extraer las prendas por retirada del horquilla e, incluso, vertido suspensor; mediante trazos de surcos, después de haber entrado la obra en servicio, las perdidas por deformaciones leves del hormigón bajo carga. En cada una de estas operaciones, el instrumento dará la presión al aflojar los cuñas, indicando así la verdadera tensión de trabajo del anillo y, con ello, una medida de conservación sobre el comportamiento con el tiempo de los pretes empleados.

INFECCION DEL CEMENTO.—La infección de mortero de cemento en las juntas de los hilos (ojo que estos queden incluidos con seguridad y garantía) no es necesaria.

La injercción de lechadillas o antimicrobianas puede ser apropiable si se tiene a la vista la posibilidad de la arrachera, con lo que se consigue un aumento de seguridad de la obra debido a la adherencia.

Para realizar una inyección se necesita un dispositivo de sujeción muy sencillo, que permite injectar muestra de cualquier clase a través de cada uno de los anillos; pero en los casos en que son variados los tipos de un mismo nacete de hilos, se invertirá por un soporte independiente preparado al efecto.

De cuando queda espacio, se desprenden rápidamente que mutuo sistema ha logrado las condiciones previamente impuestas; pero, para seguridad y garantía de éstas se interviene por este medio, los oficiales muestran tanto de prisa para comprobación de lo anterior.

procedimientos constructivos

Barredo, Ricardo (1960). "Realizaciones en estructuras con armaduras postesas".

Revista de la Asociación Técnica Española de Pretensado. Hormigón y Acero, nº 54, pp. 591-999.

procedimientos

Barredo

de hormigón pretensado

estructuras de hormigón pretensado realizadas
y en vías de realización en 1959-1960

Conferencia pronunciada por R. BARREDO
en la IV Asamblea General de la A.E.H.P.

realizaciones en estructuras con armaduras postesas

Conferencia pronunciada por R. BARREDO
en la IV Asamblea General de la A.E.H.P.

realizaciones en estructuras con armaduras postesas

Conferencia pronunciada por R. BARREDO
en la IV Asamblea General de la A.E.H.P.

Es la primera vez que tengo el honor de hablar en Cataluña y, por tanto, de dirigirme, en su Región, a los técnicos catalanes. Por ello pido perdón a aquellos que ya tuvieron la amabilidad de escuchar conferencias mías anteriores, por las repeticiones que en esta podían encontrar, ya que, si tratar de cumplir lo que en el tema está marcado, "Estructuras con armaduras postesas", he de hacer, obligadamente, un repaso general de aquellas obras, más sobresalientes, realizadas hasta ahora.

"Hormigón postensado" no necesita ningunaclarificación, pero mucho menos el es "hormigón pretensado con armaduras postesas". Ya sabréis todos que se trata de aquella familia de pretensiones en el cual utilizamos, como banco, las obras mismas, quedando las armaduras retenidas convenientemente mediante unos anclajes especiales en sus extremos.

Antes de entrar en materia con lo que hemos realizado, permídemnos un recuerdo al pasado. Ya en el año 1928, y con un proyecto de don Eduardo Torralba, construimos, en el Arco del Templo, una obra pretensada (fig. 1). Una obra en que las armaduras, como veis, están formadas por cables y trasmadas con dos gatos hidráulicos situados en un corte de la cabina de la pila central. Esta fue, según mi conocimiento y mis noticias sobre la materia, la primera vez que un cable de acero fue colocado en trasmisión en una obra de hormigón.

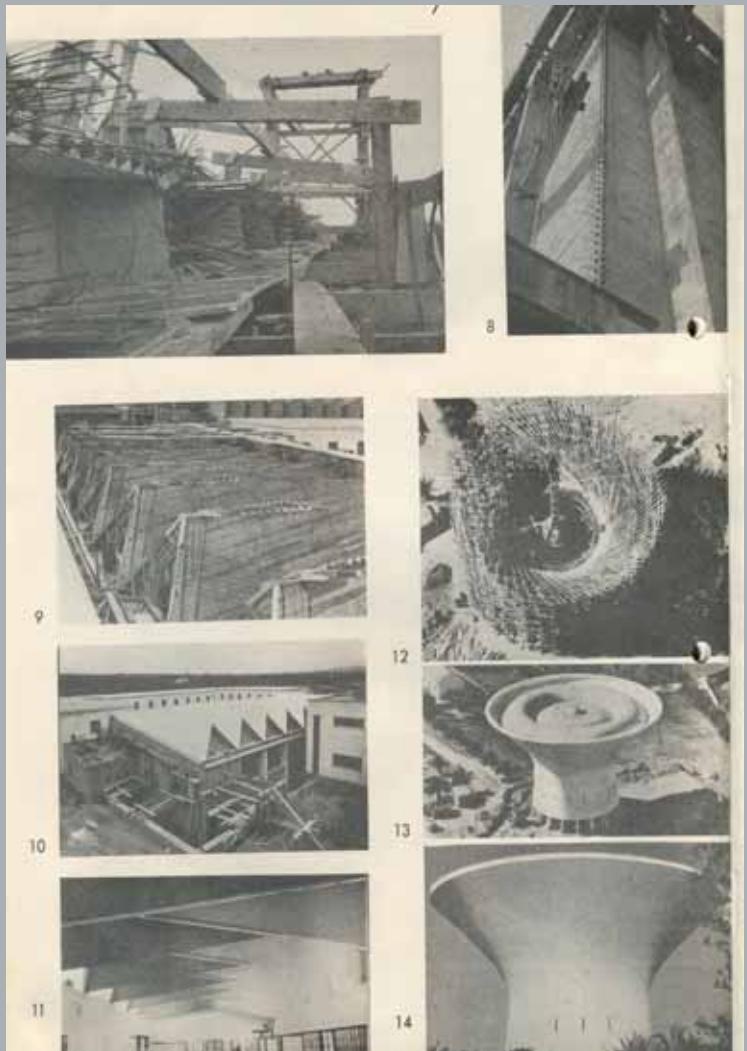
Durante que el hormigón postensado tenía normalmente unos anclajes y unos gatos. Estos constituyeron, en general, palancas distintas y variadas. Pero raramente que fácilmente comprendiera, voy a limitarme al sistema español que lleva mi nombre y que tengo el gusto de ofreceros para que podáis ser utilizado por todos. Tiene el honor de haber sido nombrado, en estas fechas, patente de invención en Alemania y Estados Unidos de América del Norte, donde tan fino se haga sobre esta materia.

En este sistema, el anclaje está constituido por ese taco de hierro de la figura 2 y su cuba triangular que sujet a la vez los tres hilos que forman el conjunto de tensión. Estos hilos son trasmados mediante el gato que aparece en la figura 3, que, al bien es un elemento de tracción simple, servido por un eje compresor, sometiendo realmente un sistema completo de tres gatos que, invirtiéndose bajo la misma presión, hacen tracción independiente de cada uno de los hilos, para de todos ellos con el mismo esfuerzo, ya decir, que dan los esfuerzos necesarios para llegar a la misma tensión en todos los hilos, consiguiendo que sea la conexión perfecta que se nos hubiese dado.

Los resultados fundamentales de este sistema que estamos comentando son: Primera, que los hilos se tensan uno a uno y todos a la misma tensión; segundo, que el anclaje tiene condiciones suficientes para resistir la tracción de los hilos hasta la rotura de los mismos, sin que la rotura se realice en el anclaje y sin que se produzca deslizamiento alguno entre los anclajes y la cuba; tercero, que antes de injectar podemos returar tantas veces como se nos ocurra, sin necesidad de cambiar ninguno de los elementos que constituyen el anclaje y sin provocar ningún daño ni transformar a los hilos; y, por último, que al hacer estas relajaciones se mide la tensión a que la armadura se encuentra cuando el rebosado se inició.

No creí esa necesaria, dada nuestra gran conocimiento en la materia, explicar ni enumerar las ventajas de estos resultados que estoy resaltando; tengo la seguridad absoluta que las valorareis con justicia.

Vamos a seguir el camino que hemos recorrido con nuestros equipos, pero, para ello, vamos a dividir en tres partes el conjunto de obras que os presentaremos:



Están hechas en una sola pieza, y las armaduras discurren, como puede apreciarse, por sus costados. Después de trenzadas con revestidas las armaduras con una capa de hormigón, montadas las vigas en unos carros y transportadas mediante unos sencillos sistemas que las llevan (figs. 20 y 21), a través del puente qué, como podéis apreciar, no es tan pequeño, pues sus lanas de 28 en 28 en 6 es el número de sus tramos. En la figura 22 tenemos un conjunto de la obra terminada. Esta obra pertenece a Hidroeléctrica Espedida, S. A.

Otro ejemplo lo presentan las vigas del señor López Jiménez, de un puente-grúa en Ejea, construidas por Dragados y Construcciones, S. A. (fig. 23). En esta viga, dada su forma, pueden aplicar dentro de su alma la armadura, mediante una pequeña cámara lateral, ensartándose después mediante enroscado e inyección y siendo esta una solución más, dentro de este sistema de economía de estabilizaciones, mediante armaduras por el exterior.

Como otra aplicación del sistema, que ha dado un gran resultado económico, presentamos este depósito de ladrillo (fig. 24), de 30 m de diámetro y 2.800 m³ de capacidad, de don José María Caso, para la Urbanización de Remesquera, en el cual puede observarse cómo van las armaduras por el exterior; en la figura 25 podemos ver la cabecera de su pared y, por tanto, su mejor economía. Los detalles de esta construcción aparecerán pronto en la revista "Ingenieros de la Construcción".

Y para este grupo nada más. Vamos a pasar ahora a otra aplicación de esta misma idea.

Hemos estado hablando de armaduras por el exterior, en obra; ésta nos lleva a pensar a utilizar este tipo de armaduras en las obras viejas, es decir, en todos aquellos casos en que, por cualquier motivo, necesitamos un refuerzo, ya que tenemos en la mano la posibilidad de ejecutarlo.

En la figura 26 tenemos un refuerzo de armaduras en una estructura antigua; para ello habrá poner una cabecera, como la que se representa en la figura 27, y en ella anclar los elementos precisos para esa armadura que se aprecia en la figura 28; en este caso, las armaduras han incidido y constituyendo barras levantadas. En la figura 29 se ven las vigas como barras horizontales, porque la forma de la viga daba altura suficiente para la efectividad de sus armaduras. En las figuras 29 y 30 nos encontramos con la retención de un voladizo, a cuya pilar extremo se le han suministrado las cargas más de lo previsto, y, entre otros más, podríamos presentar aquéllos en que ha sido suprimido un pilar y sustituido por armaduras ancladas en los extremos de las dos vigas que se apoyaban sobre él.

Con esto queda clara la posibilidad de reformar cualquier edificación, cualquier elemento que tuviésemos en malas condiciones, siempre, naturalmente, que la caja de compresión lo admite y, sobre todo, porque que esto sería de una gran aplicación en aquellos puentes de hormigón, en viga recta, que quedaron escasos de resistencia para las cargas actuales y, teniendo una gran caja de compresión en su tablero, bien pueden admitir un aumento de armaduras de tracción que, como hemos visto, es muy fácil darles con el profeso.

Pasemos ya al tercer grupo, es decir, a la prefabricación. En la prefabricación encontramos quizás el campo más lógico y natural para la utilización del sistema postensado, porque sus cualidades de tracción de armaduras nos permiten realizar las juntas, con una tranquilidad y seguridad que, en general, no proporciona el hormigón armado.

Presentamos en esta disposición una cubierta flotante (fig. 31), de la que no voy a hablar porque tiene después una conferencia sobre la misma, por el señor Romero, ingeniero de Termas, Empresa que ha proyectado y construido esta cubierta para su uso.

Otro ejemplo de esta forma de construir es el puente de Guadarrama. Proyecto de don Eduardo Torrcos al Symposium de Láminas que se celebró hace poco tiempo en Madrid. Construida con placas de 3 cm de espesor, lleva un tirante por la parte interior, formado por 2 ó 3 de 2,5 mm que, dada su ligereza, no podrás apreciar en la fotografía, a pesar de que está bastante clara.

Otro ejemplo digno de contemplar (fig. 32) es la cubierta laminar presentada por don Eduardo Torrcos al Symposium de Láminas que se celebró hace poco tiempo en Madrid. Construida con placas de 3 cm de espesor, lleva un tirante por la parte interior, formado por 2 ó 3 de 2,5 mm que, dada su ligereza, no podrás apreciar en la fotografía, a pesar de que está bastante clara.

Para explicar un poco esta forma de fabricación en piezas, voy a mostrarte la construcción, se dice; los distintos momentos de la construcción, de unas vigas de cubierta que ya han sido aplicadas aquí en Barcelona.

En esta fotografía vemos como se preparan, para ensamblar en serie, los artillos (fig. 36), con los que se forman juntas que se colocan en la pieza correspondiente (fig. 37). Se colocan sujetándolos con las mismas baras que van a sujetar después las perforeadoras para el posteado. Hacemos el horquilla, vibramos (fig. 38) y luego ponemos la T que cierra esa juntura, que verás ahora todavía abierta, y terminamos así la pieza de la viga.

En la figura 39 tenemos el resultado, un parque de piezas para construir la cubierta de una nave, dentro de la cual están las piezas.

Para veremos como se hace la viga: se sujetan las piezas a un pequeño andamio (fig. 40), se alinean bien, se rejuntan y una vez rejuntadas se fijan por sus extremos. La viga terminada es inmediatamente sobre cascotes que vela aquí en sus extremos (fig. 41), cerca por sistema del muro, pendido por su propio peso, a sustraer, mediante la tracción de unos cablestantes, al lugar que le corresponde, donde esos mismos gatos la depositan. Esta viga tiene 30 metros.

Aquí tenemos otro ejemplo con el aspecto arquitectónico que se puede conseguir con estas cubiertas (fig. 42).

La figura 43 es un diseño de sierre hacha, como la anterior, por la empresa Entreventas y Tránsito, S. A., en Madrid. La viga es de 22 m y tiene una resistencia de 1.000 kg/m.

La figura 44 nos muestra el mercado de Russafa, en Valencia; 28 m y peso de 200 t y tiene una resistencia de 1.000 kg/m. La figura 45 es una precisa vista donde se ven ya las naves, y, por último, la figura 46 en un ejemplo de este mismo edificio, a vista de pájaro. Este mercado fue construido por la empresa Construcciones Rodríguez, S. A., y dirigido por los señores Argandoña del Excmo. Ayuntamiento de Valencia.

Hicimos estos resúmenes repaso de los distintos tipos de obras construidas, destacando algunas de las más importantes de cada clase, vamos a pasar al tema de los precios.

No pretendemos dar una lección de precios, si bien discutir a cuánto vale el kilo de acero colado, que tantas variaciones puede tener para cada obra, según las características especiales de ella. Salvo que deban determinar cuáles son las partidas que intervienen en la formación del precio de un kilo de acero pastoreado, y en qué proporción influyen en el precio total.

Referimos este estudio, salvo todo al caso de acero colado en vainas o fuera de ellas, pero sin ningún aditamento de espárragos, hidrantes, separadores, o distribuidores de los tubos, ya que en nuestro caso son innecesarios por las características especiales de nuestra situación y que, por otra parte, aumentarían en una cifra muy respectable el costo del acero colado.

Para hacer este estudio hemos utilizado un tipo de obra simple y sencilla, que no lleva ninguna complicación de andamios, ni de ningún otro elemento, que alteraría algo el precio que vamos a establecer o, mejor dicho, los valores que vamos a determinar.

Para hacer las comparaciones se han considerado cuatro tipos diferentes de cordones pastoreados, según el número de hilos que van por una canalización y según el diámetro de estos hilos. Estos cuatro grupos son: el de 3 o de 5 mm; el de 12 o de 8 mm; el de 3 o de 7 mm; y el de 12 o de 7 mm; y en ellos se ha estudiado el precio del kilo de acero colado, teniendo e importado, o sea, totalmente acabado en su ejecución, según las longitudes de los cordones, desde los 2 a los 100 metros.

En la figura 47 aparecen los cuatro casos mencionados, y en ella se ha dado el valor de 100 al precio del kilogramo de acero colado, con vaina, tenido, e importado, en cordones de 2 o de 3 mm, con 3 m de longitud. A este valor se ha referido el precio del acero en todos los demás casos. En la figura van indicadas, por las líneas de puntos y rayas, la influencia que tienen, en cada caso, para el costo total del kilo de acero, los valores de acero colado en obra, vaina, anclaje y tensión, y la importación.

Las líneas de trazo continuo indican los precios totales, según se emplee estabulación metálica para sujetar las armaduras, o se trate de obra en la que no existe estabulación.

En esta figura lo primero que salta a la vista, es, cómo el costo que representa la curva de anclaje y tensión aumenta rápidamente cuando la longitud de los cordones se va aumentando. Esto es lógico, dado que tanto el anclaje como la mancha de tensión es la misma, independientemente de la longitud del cable.



23



24



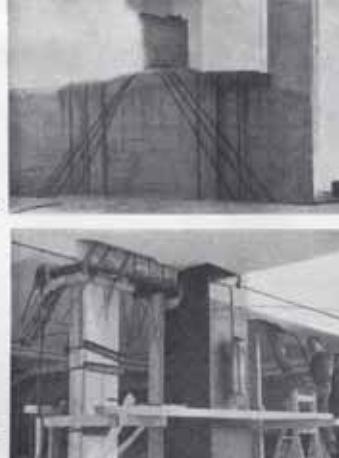
25



26



29



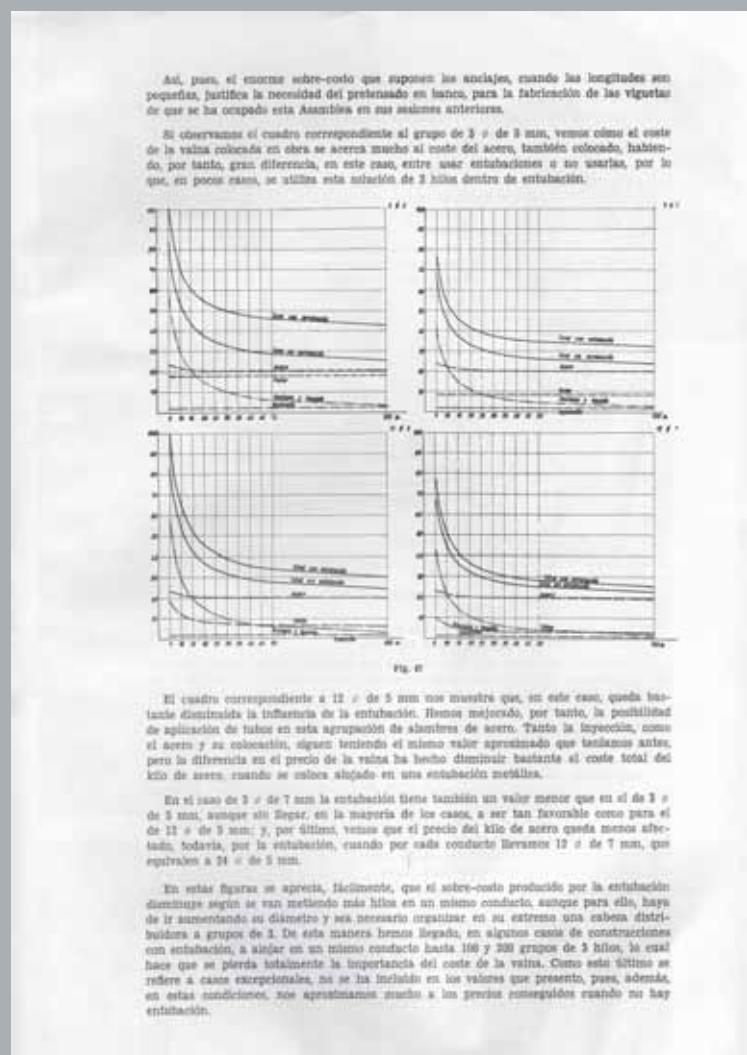
30



28

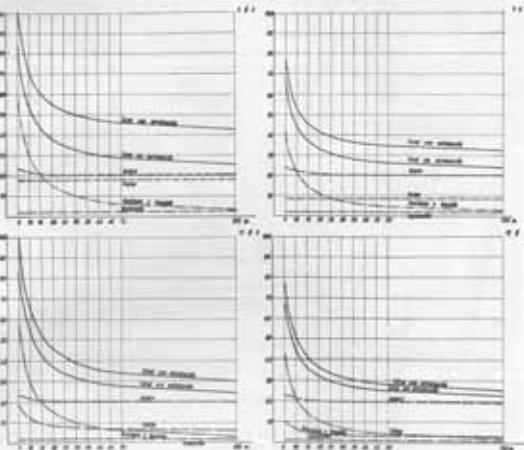


27



Ahí, pues, el enorme sobre-costo que suponen los anclajes, cuando las longitudes son pequeñas, justifica la necesidad del pretensoado en blanco, para la fabricación de las viguetas de que se ha ocupado esta Asamblea en sus sesiones anteriores.

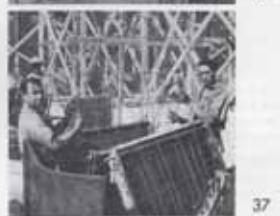
Si observamos el cuadro correspondiente al grupo de 3 o de 5 mm, vemos cómo el costo de la vaina colocada en obra se acerca mucho al costo del acero, también colocado, habiendo, por tanto, gran diferencia, en este caso, entre usar embalaciones o no usarlas, por lo que, en pocas cosas, se utiliza esta solución de 2 hilos dentro de estufación.



El cuadro correspondiente a 12 o de 5 mm nos muestra que, en este caso, queda bastante disminuida la influencia de la estufación. Hemos mejorado, por tanto, la posibilidad de aplicación de tubos en obra agrupando de sencillos de acero. Tanto la impresión, como el acero y su colocación, siguen teniendo el mismo valor aproximado que teníamos antes, pero la diferencia en el precio de la vaina ha hecho disminuir bastante el costo total del tubo de acero, cuando se coloca alojado en una estufación metálica.

En el caso de 3 o de 7 mm la estufación tiene también un valor menor que en el de 3 o de 5 mm, aunque algo llegar, en la mayoría de los casos, a ser tan favorable como para el de 12 o de 5 mm; y, por último, vemos que el precio del kilo de acero queda menos afectado, todavía, por la estufación, cuando por cada conducto llevamos 12 o de 7 mm, que equivalen a 24 o de 5 mm.

En estas figuras se aprecia, fácilmente, que el sobre-costo producido por la estufación disminuye, según se van metiendo más hilos en un mismo conducto, aunque para ello, haya de ir aumentando su diámetro y sea necesario organizar en su extremo una cabina distribuidora a grupos de 1. De esta manera hemos llegado, en algunas casas de construcciones con estufación, a alojar en un mismo conducto hasta 100 y 200 grupos de 3 hilos, lo cual hace que se pierda totalmente la importancia del costo de la vaina. Como esto último se refiere a casos excepcionales, no se lo incluye en los valores que presento, pues, además, en estas condiciones, los aperitivos son mucho a los precios conseguidos cuando no hay estufación.



h

Información Técnica

HACIA NUEVOS HORIZONTES

VICENTE PEIRO DÍAZ
Estudiante de E.T.S. de Arquitectura de Madrid

Desde hace ya algún tiempo, venimos asistiendo a creaciones estético-estructurales con elementos prefabricados de hormigón pretensado, que junto a una expresión de la mejor plástica llevan unida también la mejor función; sin embargo, no es frecuente darse a pensar en el mismo se ha podido llegar a ello.

Se puede discutir, desde luego, que dicho «común», por si mismo, no importa, que lo interesante es que estén ahí, prescindiendo en absoluto de los medios que se han empleado para obtener su existencia.

Es posible que en algún caso esto sea cierto, ahora bien, en el que nos ocupa no podemos o no debemos dejar de meditar aunque sea un momento, lo que estas formas llevan en su implicación. Es decir, el medio para su logro. Ya que en tal medio puede radicar la proyección inmediata y las consecuencias futuras de estos elementos.

Hace ya bastantes años que Vicente Peiro Fajas, tras un largo proceso de estudios, esfuerzo e inversiones económicas consiguió un avance importante en las técnicas del diseño del hormigón pretensado, así como también la creación de nuevos elementos genuinamente estructurales, pero también capaces de ofrecer una adaptación a casi cualquier expresión estéticamente formal.

Sin embargo, esta apensa ha sido conocida en todo su importancia, tal vez, precisamente por aquello que antes decía de meditar sobre el «común» o los «medios» utilizados para hacer posible estas realidades y al no prestar la atención debida puede ocurrir que se esté regando las salidas hacia nuevas caminos llenos de lecciones y, eventualmente, consecuencias. Quien ha comprendido el alcance de todas estas realidades, llevándolas, él mismo, por insólitas e inéditas rumbas, ha sido, sin duda, Miguel Fisac, que con sus modelos originales, aparte de numerosos ensayos, ha descubierto todo un vasto campo de fértilas innovaciones y futuros hallazgos.

La pequeña y a la vez grande historia de todo esto arranca indudablemente de la obtención de la viga tubular pretensada (viga cojín) por unos medios singularmente originales —creación también de Vicente Peiro Fajas— y a unos costos perfectamente asequibles y comparables con los demás elementos que intervienen en la construcción.

Un estudio de las principales realizaciones en el mundo con el hormigón pretensado nos demuestra que apenas es frecuente su uso en piezas de reducidas proporciones —prescindiendo de las viguetas de fuste— en obras de arquitectura, sino que más bien la utilización continua y general corresponde a obras de ingeniería civil, como puentes, viaductos, etc., o grandes cubiertas para fábricas y complejos industriales. No es fácil, pues, encontrar con piezas de pequeño tamaño y ligeros que a la vez lleven en sí una función estructural importante, precisamente por la dificultad que para ciertas cosas entraña el premoldado de aquellas.

Sin embargo, el logro del procedimiento para obtener la viga tubular descurrió un extenso horizonte de posibilidades, sin duda solo levemente iniciadas, y tal vez, porque el contemplar una de estas piezas no se capta la eficacia que en si encierra el hecho de que se haya podido unir, a veces, la evidente belleza de unas con su total y exquisito carácter útil —forma y función entrañablemente unidas—, haciéndolas ver la importancia a que se puede llegar al tener el dominio de un material de inesperado interés en nuestra mano. Esto es, a mi ver, la gran enseñanza que el recopactor —como decía en un principio— —muy que sea tan solo levemente, sobre aquellos medios nos traen consigo todas estas nuevas formas, dando, sobre todo, pista y ánimos para quienes deseen seguir, investigar o luchar por estos nuevos caminos del hormigón pretensado, pues las primeras pasos, los obstáculos mayores y el desalliste ya han sido barridos por los hombres que desde hace ya mucho tiempo supieron y confiaron en ese mar de posibilidades y logros que yace dormido en su más íntima ser.



LA VIGA TUBULAR, PRINCIPIO DE UN NUEVO Y DENSO CAMPO DE POSIBILIDADES



EXPRESIÓN DE LA CAPACIDAD FUNCIONAL DEL ELEMENTO. GRADAS PARA PISTA POLIDEPORTIVA EN PONTEVEDRA



EL PANEL PREFABRICADO, OTRO DE LOS NUEVOS CAMBIOS AÚN POR DESCUBRIR EN TODA SU AMPLIUD



LA MÁS EVIDENTE PLASTICIDAD JUNTO A LA MÁS EXIGENTE
FUNDACIÓN

Cassinello Pérez, Fernando (1970). "El hormigón pretensado en la arquitectura española".
Revista de la Asociación Técnica Española de Pretensado, Hormigón y Acero, nº 96, pp. 81-89.

591-1-18

el hormigón pretensado en la edificación española (*)

F. CASSINELLO
Prof. Dr. Arquitecto

El hormigón pretensado no ha obtenido aún la popularidad en la edificación española; pero cada vez existen más soluciones singulares cuya originalidad y audacia estructural es consecuencia directa del uso de diferentes métodos de construcción pretensados:



Figura 1.



Figura 2.

Además, por ejemplo, en la arquitectura industrial, la prefabricación de elementos lineales, tales como columnas y vigas de alambres pretensados, permite obtener soluciones de grandes naves que ofrecen notables ventajas, desde el punto de vista de su economía y seguridad al fuego. Sus soluciones están directamente inspiradas en las construcciones metálicas, a las que aventaja en estos campos. Como ejemplo de esta forma de hacer sirvan las soluciones diseñadas por Aguirre y Fernández Ordóñez para unos Almacenes en Valdemoro (figs. 1 y 2).

(*) Trabajo de la comunicación presentada por el autor Cassinello, como delegado del grupo español, en la sección dedicada a la descripción de "Edificios", durante el VII Congreso Internacional de la F.I.P., celebrado en Nueva York, durante los días 25 a 31 de mayo de 1974.

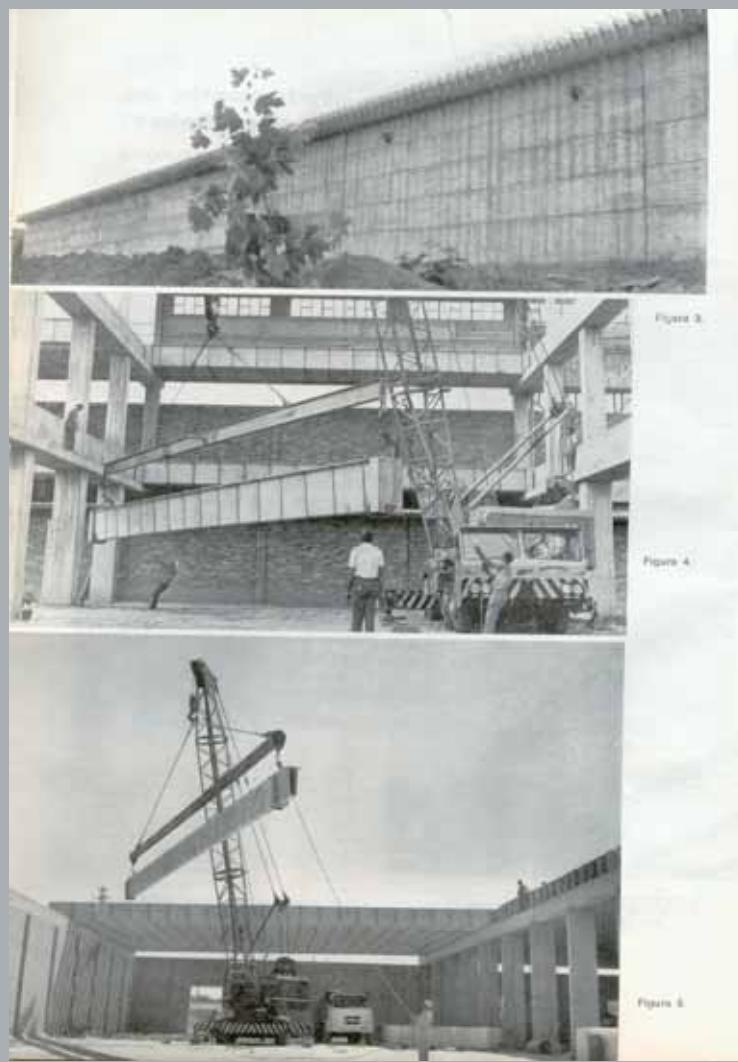


Figura 6.



Figura 10.



Figura 8.



Figura 11.



Figura 12.



Figura 13.

Figura 7.





Figura 14.

En este mismo campo de las soluciones huecas hay que destacar el empleo de fachadas constituidas por paneles prefabricados de hormigón pretensado, de sección transversal hueca, con las consiguientes ventajas de ligereza y posibilidad de llegar a grandes dimensiones. Vicente Feito es el constructor que ha desarrollado estas soluciones (figs. 6, 9, 10, 11, 12, 13 y 14).

Las cubiertas elegantes, en forma de paraboloides hiperbólico, encuentran su forma idónea de aplicación en los palacios de deportes, tal como el de La Coruña (figs. 15 y 16) diseñado por López Junar, y en el que los cables se agrupan entre las juntas de las placas prefabricadas de hormigón ligero que definen la cubierta. Solución análoga adopta el palacio de deportes de Sabadell, diseñado por Soteras y Canchela (fig. 17).

Figura 15.



Figura 16.



Figura 17.

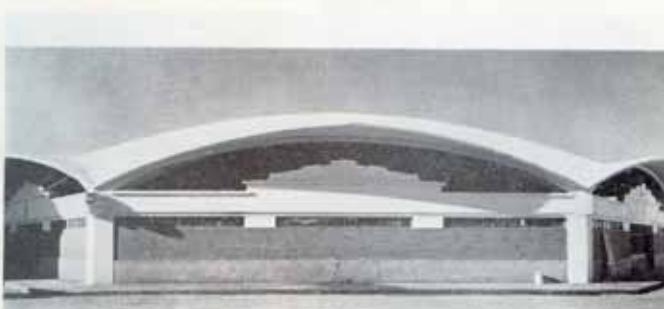


Figura 18.

La cúpula laminar con zócalo pretensado perimetral fue una original creación de Eduardo Torroja en el mercado de Algeciras construida en el año 1933 (fig. 18). Su hijo, José Antonio, usa la misma solución en las cuatro cúpulas que cubren una bodega de vinos, las Bodegas González Byass, en Jerez, que protegen un buen vino: El Tío Pepe (fig. 19). Ahora, Florencio del Pozo ha diseñado en Barcelona otra cúpula laminar para un pabellón de deportes, con 75 m de diámetro y con un esqueleto estructural similar al de la cúpula de Torroja (fig. 20).

Figura 18.



19.



Figura 19.

Figura 20.



Figura 21.

Figura 22.



20

La cúpula fue construida con elementos prefabricados nombrados fundiendo paneles que permitieron la ejecución fácil y sencilla. Estos elementos prefabricados son de dimensión variable, de acuerdo con su posición meridiana, pero su espesor es constante y en todos ellos, de tres centímetros (figs. 21 y 22). En sus bordes se crean los nervios cuya canto varía, a lo largo de toda la cúpula, de diez a diecisiete centímetros, mientras que el espesor de la capa superior es uniforme, y de seis centímetros. La cúpula es vacía, desarrollada sobre planta octogonal, y posee un zuncha perimete-

ral pretensado y lanzaños en vidrio de refuerzo de borde, hormigonados in situ. El sistema de prefabricación es similar a la solución empleada por Nervi en el Palazzetto de deportes de Roma. En la cúpula de Barcelona, Florencio del Pozo usa, pues, el esqueleto estructural de Torroja y los métodos de prefabricación de Nervi, pero superando en mucho las dimensiones de las soluciones anteriores.

Y como último ejemplo, las Torres Calatrava en Madrid, diseñadas por La-



Figura 23.



Figura 24.



Figura 25.

inició y calculado por Fernández Casado cuya estructura consiste en un nódulo central de hormigón armado construido con encofrado deslizante (fig. 23). En su parte superior cruzan grandes vigas, cuyos voladizos en sus extremos permiten colgar los forjados, cuya ejecución se hace de arriba abajo. Los nervios que definen las péndolas están formados por piezas prefabricadas de hormigón, con cables postensos del sistema Stronghold (figs. 24 y 25).

Estos son sólo unos pocos ejemplos, pero no hay muchos más. Pese a ello estoy seguro que todos intedes están pensando que son de alta calidad y belleza, por lo que no dudarán en pronosticar conmigo que el hormigón pretensado tendrá un futuro venturoso en la edificación española.

**Concepción y construcción de edificios desde el punto
de vista del arquitecto Miguel Fisac**



Quiero en primer lugar agradecer a la Secretaría General de la Federación Internacional del Hormigón Pretensado, la invitación que me ha hecho para presentar una ponencia en el Congreso de la F.I.P. de mil novecientos ochenta y dos, sobre "concepción y construcción de edificios desde el punto de vista del arquitecto".

En otras épocas de la Historia eran las necesidades estructurales de la arquitectura las que exigían invenciones técnicas. Como es el caso de la bóveda de crucería, para cubrir los grandes espacios de las catedrales, en la arquitectura gótica.

Hoy son los problemas de la ingeniería de grandes puentes principalmente, las que han exigido nuevas soluciones técnicas de las que el Hormigón Pretensado es, sin duda la de mayor interés.

Hay que reconocer que la aparición de esta nueva técnica no ha proporcionado en el campo de la arquitectura más que algunas aplicaciones esporádicas, —como soluciones técnicas llevadas a casos concretos— por especialistas y sin que llevaran a afectar a los profundos problemas estructurales y estéticos de la arquitectura de hoy.

En cierta manera, el camino que está siguiendo esta nueva técnica es análogo al del acero laminado que si bien consigue resultados importantes en la arquitectura de Ferias y Exposiciones a finales del siglo pasado y principios del actual, no adquiere su auténtica expresividad arquitectónica —con Mies van der Rohe— hasta más de medio siglo después de estar empleándose rutinariamente.

A pesar de esa evidente indiferencia de los arquitectos por el hormigón pretensado existen esenciales razones para considerar que el hormigón pretensado es el primer material y la primera técnica que resuelve satisfactoriamente la antiquísima dualidad: "durable-traccionable".

Después de las soluciones del hombre primitivo de defenderse de la naturaleza hostil, en las cavernas y grietas de las rocas y también de construir casi instintivamente chozas cónicas; como los pájaros hacen sus nidos, el hombre inicia la construcción de espacios habitables que terminaran por ser lo que llamamos arquitectura.

Dentro de estos espacios, el hombre solo o en grupos más o menos numerosos, ha de estar no solo de una forma inactiva y sedentaria, si no que ha de realizar funciones de muy diversa índole y características tanto estáticas como dinámicas.

Así como los animales superiores poseen un sentido de territorialidad; de propiedad de un espacio, sobre todo en ciertas aves. Existe también en el hombre un espacio que le rodea y que no termina en su piel que, como ha estudiado Edward T. Hall forma como una "burbuja". Esta burbuja, que varia de dimensiones según diferentes factores culturales, climáticos, de idiosincrasia, etc. vendría a ser la generatriz del espacio arquitectónico cuando el hombre realiza diferentes funciones dentro de él.

El resultado del movimiento de ese volumen generatriz de la "burbuja" humana es, en cualquier caso, un espacio limitado arriba y abajo por dos superficies paralelas y su sección una estructura adintelada.

Pero el dintel contiene una pieza flexionada en la que en ciertas zonas la pieza está sometida a esfuerzos de compresión y otras a esfuerzos de tracción.

Y esta doble cualidad de compresión y estiramiento exige del material con el que se va a construir el dintel unas características de estructuración moléculas muy especiales. Características que tienen en la naturaleza los de origen orgánico leñoso, pero no lo tienen los de origen pétreo.

Los primeros trabajan bien; pero se pudren los de constitución mineral son durables pero trabajan mal a esfuerzos de tracción. La historia de las estructuras arquitectónicas es la de la evolución de las técnicas para salvar esta dualidad: durable-traccionable.

En unos casos como en la arcaica arquitectura monumental griega, el problema se plantea y se resuelve correctamente en cuanto a su aspecto tensional: pero las maderas se pudren.

Una traslación, de las soluciones de madera a los de la piedra o el mármol, falsea la expresividad de toda la arquitectura clásica: griega, romana y del Renacimiento, que ha resuelto su propiedad durable y ha abandonado la de deber resistir tensiones de tracción.

La sustitución de un espacio arquitectónico correctamente antropomórfico por un espacio estructuralmente correcto, crea toda una serie de realizaciones arquitectónicas durables en bóvedas y cúpulas y que continuara hasta hoy en membranas de hormigón, engendradas por superficies regladas o no, y, hasta en las bóvedas colgadas de simple o doble curvatura y con las que es posible que la piedra o el hormigón trabaje en toda la pieza solamente a compresión.

La creación del hormigón armado, asignando principalmente al hormigón la misión de resistir los esfuerzos de compresión y a la armadura de acero los de tracción, casi resuelve la histórica dualidad durable-traccionable. Pero realmente aunque asignemos al acero el trabajo de absorber los esfuerzos de tracción, el hormigón en las zonas en que la pieza está traccionada está también traccionado y como consecuencia fisurado, aunque solo sea microscópicamente; porque la armadura de acero impide que esas fisuras sean mayores.

Aunque pueda parecer un "truco" el comprimir previamente el hormigón con alambres o cables de acero previamente tensados e indisolublemente unidos al hormigón por adherencia o anclajes, para que cuando la pieza se ponga en trabajo y experimente esfuerzos de tracción estos estén contrarrestados por los previos de compresión y aún quede un resto de esfuerzo de compresión primitivo, que es lo que conocemos por hormigón pretensado, es indudable que es el primer material de que ha dispuesto el hombre que resuelve satisfactoriamente esa dualidad arquitectónica de conseguir un material durable-traccionable.

Pero existe también otra dualidad en arquitectura que es también posible resolver con el hormigón pretensado.

Para mí la arquitectura es "un trozo de aire humanizado". El problema de la arquitectura es el de crear espacios para el hombre, en los que dimensionalmente pueda realizar determinadas funciones previamente programadas y en cuyo ámbito estén corregidos los aspectos hostiles de la naturaleza, tales como frío, calor, lluvia, etc.

Este problema se resuelve limitando una porción del espacio libre con unas superficies limitantes y aislantes. Pero esas superficies limitantes: techo, suelo y paredes, han de sostenerse y es, entonces, cuando aparece el problema de la estructura, como sistema resistente en el que se acoplan los materiales limitantes del espacio arquitectónico.

Si encontramos un material que simultáneamente pudiera ser estructura y cerramiento tendríamos más clara y simplemente resuelto el problema arquitectónico total sin tener que desdoblarse en una parte exclusivamente resistente, estructural, y otra de cerramientos transparentes u opacos sostenidos por esa estructura. Las soluciones, generalmente huecas de hormigón pretensado pueden dar la respuesta ideal para resolver de forma unitaria el problema tanto estructural como arquitectónico.

Las formas huecas no son nuevas ni típicamente, arquitectónicas. En las soluciones que la ingeniería ha realizado –como es el caso de las vigas de cajón– y que yo supongo que se han engendrado por la fusión de dos vigas de doble T unidas, se han planteado soluciones análogas pero solamente con intención estructural.

Si como he realizado en algunas de mis obras, las piezas pretensadas huecas se realizan con esta doble intención estructural arquitectónica, el resultado obtenido ha comprobado que tiene una gran semejanza con las estructuras óseas de los animales vertebrados y esa ha sido la razón por la que, con cierto sentido del humor, he llamado a estas piezas pretensadas y postesadas: huesos.

Con toda objetividad se puede afirmar que no ha encontrado hasta hoy la arquitectura un material y una técnica que como esta del hormigón pretensado pueda tan perfectamente cumplir esta doble dualidad: durable-traccionable, estructural-arquitectónica.

Pero existe también otro problema típicamente plástico. Pues no hay que olvidar que la arquitectura es una de las Bellas Artes. Un material que reúne unas propiedades de una forma tan nueva, ha de tener, desde un punto de vista estético, una expresividad propia totalmente distinta a la de los otros materiales que se utilizan en la edificación.

De la misma forma que otros materiales han tenido a lo largo de la historia de la Arquitectura su expresión propia: la madera, la piedra, el acero laminado, etc. La nueva técnica del hormigón armado y posteriormente del pretensado ha de tener la suya y abandonar los mimetismos que hasta ahora se han ido realizando con apariencia de soluciones en madera, piedra o acero.

En primer lugar el hormigón es el único material que se pone en obra en un estado (pastoso); distinto al que luego ha de perdurar. Este estado pastoso ha de recordarse de alguna manera que su estado final definitivo como una huella genética de un material que en su origen fue blando y se echó en un molde y que adquirió la forma y la textura que le proporcionó ese molde.

En segundo lugar su posibilidad durable-traccionable ha de aprovecharse en todas las posibilidades para crear espacios arquitectónicos antropomórficamente, correctos y a la medida y conveniencias del hombre y de la sociedad humana.

Y, por último, hay que obtener todas las posibilidades tanto económicas, como plásticas de esa fusión estructural-arquitectónica de este material.

Todas estas posibilidades han estado en mi ánimo y en mi preocupación creativa a lo largo de hace más de 25 años y a continuación voy a presentarles algunos ejemplos de mis modestas realizaciones.

Congreso de la Federación Internacional del Pretensado en Estocolmo, 1982. Publicado en *Proceedings of the Ninth Congress of the Fédération Internationale de la Précontrainte*. Stockholm 10 June 1982. Vol. 1. Seminar Papers. F.I.P.

Bibliografía

- AROCA, Ricardo (1999). « Una muerte sin anunciar: crónica de la destrucción de los laboratorios Jorba». *Arquitectura Viva*, nº67, pp 112.
- ARQUES SOLER, Francisco (1996). *Miguel Fisac arquitecto*. Madrid: Editorial Pronaos, pp. 158-161.
- ARUP, O. (1975). *The future of prestressed concrete*. Londres.
- BARREDO DE VALENZUELA, Carlos (1959). "Depósitos de ladrillo con armaduras postesas". *Informes de la Construcción*, 116, pp. 369-374.
- BARREDO DE VALENZUELA, Carlos (1966). "Sistema Barredo". Revista de la Asociación Técnica Española de Pretensado, *Hormigón y Acero*, 80-81, pp. 21-26.
- BARREDO DE VALENZUELA, Carlos (1970). "Lanzamiento de vigas de puente y colocación de vigas de forjados y cubiertas". Revista de la Asociación Técnica Española de Pretensado, *Hormigón y Acero*, 94-95, pp. 229-244.
- BARREDO DE VALENZUELA, Carlos (1970). "Últimas obras tensadas con le sistema Barredo". Revista de la Asociación Técnica Española de Pretensado, *Hormigón y Acero*, 94-95, pp. 341-353.
- BARREDO DE VALENZUELA, Carlos (1973). "Algunas realizaciones con Procedimientos Barredo, SA. (excluyendo los puentes)". Revista de la Asociación Técnica Española de Pretensado, *Hormigón y Acero*, 107-108, pp. 369-374.
- BARREDO DE VALENZUELA, Carlos (1976). "Algunos casos especiales de aplicación del postesado al refuerzo y consolidación de estructuras de hormigón y otras". Revista de la Asociación Técnica Española de Pretensado, *Hormigón y Acero*, 119-120, pp. 3-15.
- BARREDO DE VALENZUELA, Carlos (1979). "Algunos casos de refuerzo de estructuras por pretensado o por preforración". Revista de la Asociación Técnica Española de Pretensado, *Hormigón y Acero*, 130-131-132, pp. 326-338.
- BARREDO DE VALENZUELA, Carlos (1982). "Refuerzos realizados últimamente y presentación del nuevo sistema de anclaje C.G.C.", *Hormigón y Acero*, 145, pp. 115-124.
- BARREDO, Ricardo (1955). "Pretensado. Sistema Barredo". *Informes de la Construcción*, n° 70, pp.
- BARREDO, Ricardo (1966). "Postesado con cables trenzados y nuevo tipo de viga de lanzamiento". Revista de la Asociación Técnica Española de Pretensado, *Hormigón y Acero* 78, pp. 106-113.
- BARREDO, Ricardo (1960). "Realizaciones en estructuras con armaduras postesas". Revista de la Asociación Técnica Española de Pretensado, *Hormigón y Acero* 54, pp. 591-999.
- CALAVERA RUIZ, Jose (1999). *Proyecto y cálculo de estructuras de hormigón: en masa, armado, pretensado*. Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC), Madrid.
- CAPITEL, Antón (2001). "Arquitectura del Siglo XX: España". Exposición Ministerio de Fomento. Editorial TANAIS, pp. 198,199. Comisario Antón Capitel. Exposición Organizada para el Pabellón de España en la Exposición Hannover 2000.
- CASSINELLO PEREZ, Fernando (1970). "El hormigón pretensado en la arquitectura española". Revista de la Asociación Técnica Española de Pretensado, *Hormigón y Acero*, 96, pp. 81-89.
- CASSINELLO PEREZ, Fernando (1974). *Construcción, hormigonería*. Madrid: Editorial Rueda, pp. 609 y siguientes.
- CASSINELLO, Pepa (2000). "Razón científica de la Modernidad española en la década de los 50". Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universidad Navarra , Pamplona.
- CASTILLO-PUCHE, José Luis (1963). "Un día entre quienes domeñan los ríos". YA, (15-septiembre).
- CASTRO, Carmen (1971). "Los arquitectos critican sus propias obras: Miguel Fisac, edificio IBM y laboratorio Jorba". *Arquitectura* nº151, pp44.
- COHN, David (1999). Pagoda pandemonium. *World architecture*, no.80,36.
- CORTES, Juan Antonio (2001). *Miguel Fisac, el último pionero*. Valladolid. Colegio Oficial de Arquitectos de Castilla y León Este.
- FERNANDEZ CASADO, Carlos (1960). "Estructuras de hormigón pretensado realizadas y en vías de realización en 1959-1960". IV Asamblea General de la AEHP
- FERNANDEZ GALIANO, Luis (2000)."Historias del siglo". *Arquitectura Viva*, n70.
- FERNANDEZ ISLA, J.M. (1997). Miguel fisac: Vivienda en cerro del aire [spain]. *Arquitectura*, no.309, , 61-63.
- FERNANDEZ ORDOÑEZ, Jose A. (1978). "Eugène Freyssinet". 2C ediciones.
- FISAC, Miguel (1963). "Algunas soluciones de estructuras de hormigón armado formadas por piezas premoldeadas". *Informes de la Construcción*, 149, abril, pp. 43-54.
- FISAC, Miguel (1964). "Centro d'etudes hydrographiques". *L'Architecture d'Aujourd'hui* n° 111, diciembre.
- FISAC, Miguel (1964). "Centro de Estudios Hidrográficos en Madrid". *Informes de la Construcción* 157, Enero-Febrero, pp. 21-29.

- FISAC, Miguel (1965). "Soluciones arquitectónicas en hormigón pretensado". Texto de la conferencia organizada por la Asociación Española del Hormigón Pretensado en el Instituto Eduardo Torroja. (25 de noviembre). *Hormigón y acero* 79, abril-junio (1966), pp. 29-39.
- FISAC, Miguel (1967). "Breves reflexiones de Miguel Fisac". *Arquitectura*, 99.
- FISAC, Miguel (1967). Hydrographisches Forschungszentrum. BAUMEISTER, junio.
- FISAC, Miguel (1969). "Colegio de la Asunción". *Arquitectura*, n° 127, pp3-6.
- FISAC, Miguel (1969). "Edificio de oficinas en Madrid, edificio IBM". *Arquitectura*, n° 127, pp9-10.
- FISAC, Miguel (1969). "El hormigón pretensado". *Arquitectura*, n° 127, pp2.
- FISAC, Miguel (1970). "Vigas huecas pretensadas". *Hormigón y Acero*, n° 94/95, pp296.
- FISAC, Miguel (1982). "Building design and construction from an architect's point of view". Presentacion del 9º Congreso de la FIP Estocolmo.
- FISAC, Miguel (1982). *Mi estética es mi ética*. Ciudad Real: Museo, D.L.
- FISAC, Miguel (1983). "Restauración de la torre del Convento de la Asunción de Calatrava, Almagro". *Informes de la Construcción* n°347, pp 23-26.
- FISAC, Miguel (1997). "Durable-traccionable". *Tectónica*, n°5, pp2.
- FULLAONDO, Juan Daniel (1969). *Nueva Forma*, 41. junio, pp. 33-39.
- GUYON, Y. *Hormigón pretensado; estudio teórico y experimental*. DOSSAT SA.
- HUMANES, A. (1996). Fisac: Obra en Madrid [exhibition review]. *Arquitectura*, no.308, 107-108.
- JOVER J.L. y GARCIA TOLEDANO (1984). "Miguel Fisac" video. Colección Autorretrato. TRVE, Madrid.
- MONTANER, Jesús y otros (1997). Vigas-hueso. "Sustitución de la estructura de cubierta de la nave de ensayos del Centro de Estudios Hidrográficos de Madrid". Revista de la Asociación Técnica Española de Pretensado, *Hormigón y Acero*, 204. 2º trimestre, pp. 85-98.
- MORALES SARO, Mari Cruz (1979). *La arquitectura de Miguel Fisac*. Colegio de Arquitectos de Ciudad Real.
- MORELL, Alberto (2006). *Miguel Fisac-El espacio dinámico*. Colegio de Arquitectos de Castilla La Mancha, demarcación de Guadalajara.
- PAEZ, Alfredo (1989). *El hormigón pretensado en ingeniería y en arquitectura*. Editorial Bellisco.
- PEIRO, Vicente (1967). "Hacia nuevos horizontes". T.A. pp-33-35.
- TENREIRO, Oscar (2000). *August Komendant, 18 años con el arquitecto Louis I Kahn*. Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia.
- TORROJA CAVANILLAS, Jose Antonio (1970). "Estructuras especiales de hormigón pretensado construidas en España entre 1966-70". Revista de la Asociación Técnica Española de Pretensado, *Hormigón y Acero*, 96, pp. 91-97.
- TORROJA CAVANILLAS, Jose Antonio (2002). "El genio y el ingenio en la obra de Eduardo Torroja" (pp. 79 – 93) Libro: "La Vigencia de un Legado – Eduardo Torroja ". Vicerrectorado de Cultura. Universidad Politécnica de Valencia.
- TORROJA, Eduardo (1954). *Razón y ser de los tipos estructurales*. Itcc, Madrid.
- TORROJA, Eduardo (1958). *Las Estructuras de Eduardo Torroja*. FW Dodge Corporation, New York.
- VV.AA. (1970). *Hormigón Pretensado, realizaciones españolas*. ATEP, Asociación Técnica Española del Pretensado.
- VV.AA. (1970). *Procedimientos Barredo SA*. ATEP, Asociación Técnica Española del Pretensado.
- VV.AA. (1974). *Hormigón Pretensado, realizaciones españolas II*. ATEP, Asociación Técnica Española del Pretensado.
- VV.AA. (1978). *Hormigón Pretensado, realizaciones españolas III*. ATEP, Asociación Técnica Española del Pretensado.
- VV.AA. (1989). *Miguel Fisac .Almería : Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Oriental, (Documentos de arquitectura ; 10)*
- VV.AA. (1997). *Fisac. Monografías de Arquitectos*. Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España.
- VV.AA. (2003). *AV monografías*, no.101.
- VV.AA. (2003). *Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, La casa del agua, 40 años a orillas del Manzanares*. Ministerio de Fomento y Ministerio de Medio Ambiente.

Patentes

Patentes Fisac

0109367		UNA PIEZA HUECA DE HORMIGON PARA CUBIERTAS DE CONSTRUCCIONES
0118812		PANTALLA SOPORTE PARA TUBO DE LUZ
0148811	E04B	ELEMENTO HUECO PARA FORMACION DE VIGAS POSTESADAS
0280183	F21V7/12	APARATO DE LUZ FLUORESCENTE
0280184	F21V7/12	SOPORTE PARA DOS LAMPARAS FLUORESCENTES
0304812		UN SISTEMA PARA ESTRUCTURAR EDIFICACIONES MEDIANTE EL EMPLEO DE PREFABRICADOS HUECOS DE HORMIGON PRETENSADO Y POSTESADOS
0316297		SISTEMA PARA CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES MEDIANTE ELEMENTOS PREFABRICADOS CON FUNCIONES ARQUITECTONICAS Y RESISTENTES CONJUNTAS
0351077	E04B7/12	SISTEMA DE CONSTRUCCION DE CUBIERTAS, CON LUZ CENTRAL CON FUNCIONES DE CUBRICION, RESISTENCIA, DESAGUE Y AISLAMIENTO A PARTIR DE UN ELEMENTO ESPECIAL PARA LA REALIZACION DE DICHO SISTEMA
0353168	F21P3/00	SISTEMA DE CONSTRUCCION DE CUBIERTAS CON LUZ CENTRAL CON FUNCIONES DE CUBRICION, RESISTENCIA, DESAGUE Y AISLAMIENTO A PARTIR DE UN ELEMENTO ESPECIAL PARA LA REALIZACION DE DICHO SISTEMA
0373829	E04H1/06	SISTEMA DE CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES MEDIANTE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGON
0382096	E04G9/02	SISTEMA DE ENCOFRADOS FLEXIBLES PARA HORMIGON
0421044	E04G9/02	SISTEMA DE ENCOFRADOS FLEXIBLES PARA HORMIGON
1017527	F21S1/10	FAROLA DE INTEMPERIE
1054703	A47B21/00	CARCASA MODULAR INFORMATICA
	A47B17/00	
2148024	E04B1/16	PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS Y SIMILARES (ARQUITECTURA VERTIDA)
	E04B1/00	
	E04H1/00	
8600112	B28B11/08	SISTEMA DE FABRICACION DE ELEMENTOS DE FACHADA PARA LA CONSTRUCCION

Patentes Vicente Peiró

0263674	E04C5/00	PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE ELEMENTOS HUECOS DE HORMIGÓN PRETENSADO
0263675	E04B	SISTEMA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS POR MEDIO DE PANELES HUECOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN PRETENSADO
0263676	E04B	SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN DE PISOS Y CUBIERTAS POR MEDIO DE ELEMENTOS TUBULARES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN PRETENSADO
0264511	B29D	SISTEMA DE ARMAZONES DE CONTRAMOLDE EXTENSIBLES, CON PIEZAS ARTICULADAS O SOLAPADAS PARA MOLDEADO DE ELEMENTOS HUECOS
0267623	B22C	SISTEMA DE ARMAZONES DE CONTRAMOLDE EXTENSIBLES, CON PIEZAS ARTICULADAS O SOLAPADAS PARA MOLDEADO DE ELEMENTOS HUECOS
0274511	E04G	NUCLEO CONTRAIBLE DE ENCOFRADO Y MOLDEADO
0278250	E04B	SISTEMA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS POR MEDIO DE PANELES HUECOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN PRETENSADO
0296407	B21	PERFECCIONAMIENTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE FORJADOS RETICULARES
	B23	
0296408	B21	PERFECCIONAMIENTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE FORJADOS RETICULARES
	B23	
	F	
0365659	E04C	SISTEMA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS POR MEDIO DE PANELES HUECOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN PRETENSADO
0410797	B28B7/20	PERFECCIONAMIENTOS EN EL SISTEMA DE ENCOFRADO DE PIEZAS TUBULARES DE HORMIGÓN

Patentes Barredo

0136691	B66D	APARATO TRANSPORTADOR PARA COLOCAR VIGAS, ESPECIALMENTE DE GRAN TAMAÑO
0228889	B66C	DISPOSITIVO DE SEGURIDAD PARA GANCHOS DE ELEVACION
0238829	B65H	CUÑA PERFECCIONADA PARA FIJACION DE HACES DE BARRAS O CABLES TRENZADOS SOMETIDOS A TRACCION
0243115	E04C5/12	CUÑA PERFECCIONADA PARA LA FIJACION DE BARRAS O CABLES TRENZADOS A TRACCION
0267770	B28B	SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN EN HORMIGÓN POSTESADO, DE ELEMENTOS CONSTITUIDOS CON PIEZAS PREFABRICADAS
0271380	F16L	PERFECCIONAMIENTOS EN LOS ACOPLAMIENTOS DE TRAMOS PREFABRICADOS EN CONDUCCIONES
0286382	B62D9/02	DISPOSITIVO DE AUTOMIZADO DE RUEDAS, PORTANTES PARA VEHICULOS DE TRANSPORTE GUIADO NO CONVENCIONALES
0303595	E04G	PERFECCIONAMIENTOS EN LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN PRETENSADO
0303596	E04B	PERFECCIONAMIENTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE ENTREPISOS MEDIANTE PLACAS PREFABRICADAS
	E04H	
0304008	E04G	CIMBRA TELESCÓPICA AUTOLANZABLE
0304810	E04B	PERFECCIONAMIENTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE ENTREPISOS MEDIANTE PLACAS PREFABRICADAS
0305228		PERFECCIONAMIENTOS EN LA FABRICACION DE ELEMENTOS DE HORMIGON PRETENSADO
0326999		APARATO DE EXPANSION MECANICO POR GATO DE ACCION PERMANENTE DE MULTIPLES APLICACIONES
0327000		SISTEMA DE EXPANSION MECANICO POR GATO DE ACCION PERMANENTE PARA MULTIPLES APLICACIONES
0327001		SISTEMA DE EXPANSION POR GATO MECANICO DE ACCION PERMANENTE DE MULTIPLES APLICACIONES
0345773	F16G11/12	PERFECCIONAMIENTOS EN EL SISTEMA DE FIJACION DE CABLES Y BARRAS SOMETIDAS A TRACCION
0361918	F04B19/20	PERFECCIONAMIENTOS EN LAS BOMBAS HIDRAULICAS DE DOS EMBOLOS,PARA ALTAS PRESIONES
0361919	G05D7/03	VARIADOR DE CAUDAL PARA BOMBAS HIDRAULICAS ALTERNATIVAS
0399570	E04C5/12	PERFECCIONAMIENTOS EN LOS SISTEMAS DE AMARRE AL GATO DE TRACCION DE ARMADURAS A POSTENSAR
8307158	B28B21/64	PERFECCIONAMIENTOS EN LOS SISTEMAS DE FRENO EN LOS PROCESOS DE ENROLLADO CONTINUO DE TUBERIAS DE HORMIGON CON ACERO PRETENSADO
8308954	E01B25/00	SISTEMA DE CAMBIO Y CRUZAMIENTO DE VIAS PARA VEHICULOS DE TRANSPORTE GUIADO

PATROCINAN

Fundación COAM
Col·legi d'Arquitectes de Catalunya
Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia
Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
Demarcación Galicia
Fundación Luis Seoane

COLABORAN

Colegio Oficial de Arquitectos de Castilla y León Este
Colegio Oficial de Arquitectos de Cádiz
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Coruña
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid
Escola d'Arquitectura del Vallés.
Universidad Politécnica de Cataluña

EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN

Dirección
Fermin González Blanco. Arquitecto

Coruña
Fermin González Blanco (dirección)
J.M. Salas (arquitecto)
Rafael Barredo. Ingeniero de Caminos
Luis Miguel Fernández López. Estudiante ETSAC
Manuel Muñoz. Estudiante ETSAC (delineación)

Barcelona
Anna Rovira Vergés. Arquitecta (dirección)
Josep Maria Casals. Ingeniero Industrial
Fernando Marzá. Arquitecto
Estudiantes TAP 3 de la Escola d'Arquitectura del Vallés
(maquetas)

Madrid
Mauro Doncel y Maitane Díaz. Arquitectos (dirección)
Luis Albajar y Jose Luis Lleyda. Ingenieros de Caminos.
Técnicos del Instituto Eduardo Torroja
Proyecto AAGRAFA. ETSAM

Valladolid
Daniel Villalobos. Arquitecto (dirección)
Marga González Calvo. Estudiante ETSAV (delineación)

EQUIPOS DE FOTOGRAFÍA Y AUDIOVISUAL

Dirección y coordinación
Alex del Río. Fotógrafo

Ayudante de fotografía
Alberto Peiteavel

Montaje del audiovisual
David Plaza

Postproducción de sonido
Dani Patiño

Edición y producción audiovisual
Fermin G. Blanco y Alex del Río

FUNDACIÓN CULTURAL COAM

Gerente
Alfonso Muñoz Cosme

Coordinación de exposiciones
Carmen García Jalón

EXPOSICIÓN

Comisario
Fermin González Blanco

Montaje
Efrén Doncel
Mauro Doncel
Maitane Díaz
Pilar Malo

CATÁLOGO

Edición a cargo de
Fermin González Blanco

Coordinación editorial
Cayetana de la Quadra-Salcedo

Diseño
gráfica futura

Ilustración de portada
Mauro Doncel

Impresión
artes gráficas palermo, s.l.

ISBN

Depósito legal

AGRADECIMIENTOS

Coruña
Felipe Peña (COAG)
Alfredo Cascallana
Antonio González Mejide (COICCP-Coruña)
Plácido Lizancos (ETSAC)
J.M. Salas
Manuel Alvarez Losada
Padres Laredo y Garcia de Dios (Jesuitas Coruña)
Mayra Sanjuán e Inma Doval (Biblioteca ETSAC)
Carolina Queipo
Ana Riveiro
Silvia Longueira

Barcelona
Jordi y Pere Arumí
Construccions Agustí Sala Canal S.L.
Nuria Colomer
José Luis López
Joan Nogué Llorà
Enrique Aparicio
Antonio Casacuberta
Familia Tañá (Dolors e Ignasi)
Sergio Mor
Fernando Marzá (COAC)
Jaume Orpinel
Manel Parés
Gemma Ferré
Isabel Vilaseca
Lluís Tobera. Arquitecto

Valladolid
Jose Luis Villa (COACyLE)
César Valle
Marta Escribano
Leopoldo Uriá (ESTAV)

Ciudad Real
Diego Clemente (Museo Comarcal Daimiel)
Ricardo Sánchez Lampreave

Madrid
Aida González Llavona
Enrique Mendiluce (CEDEX)
Edelmiro Rúa (COICCP)
José Antonio Torroja
Juan Monje (Instituto Torroja)
Ignacio Oteiza
Mónica Alberola
José María Churtichaga
José Fernando del Tiempo
Ana María Badell
Miguel y Taziana Fisac Badell
Madre Elisa (Asunción Cuesta Blanca)
Padres Jose Luis y Angel Camino (Parroquia de Sta. Ana)
Darío Fernandez (Hotel Meliá Fénix)
José Ramón Azpiazu
José Manuel Peña (Tecpres)
Víctor Atienza
José Castillo
Jose Vicente Barrera
Familia Alonso Tejada
García Cabrerizo

Mallorca
Manuel Tarilonte (Euro hotel Golf Costa de Los Pinos)

Cádiz-Jerez
María Díaz y Ginés Román (Bodegas Garvey)
Antonio Cantalejo
Miguel Ordóñez Ruiz
Julio Malo (COACádiz)
Fernando Visedo
Tomás Carranza



Razón y ser de los tipos

Miguel Fisac Huesos varios

Los que Miguel Fisac llamó "huesos", es decir vigas de hormigón pretensado de secciones huecas con formas similares a estructuras óseas, es el objeto principal de este estudio. El resultado se traduce en una gran labor de documentación y en el estudio minucioso de los procesos y patentes que hicieron posible la creación de estas formas, poniendo de relieve la estrechísima relación del arquitecto con la ingeniería del momento. De este modo, junto con la figura de Miguel Fisac, resurgen del olvido dos nombres de importancia vital en esta historia: Ricardo Barredo y Vicente Peiró, el primero procedente de la ingeniería civil con sus patentes para postensado y el segundo un gran prefabricador de forjados y paneles de fachada a quién se deben sorprendentes inventos en el campo del encofrado de piezas huecas.

ea! ediciones de
arquitectura

Patrocinadores

FUNDACIÓN COAM



Col·legi d'Arquitectes de Catalunya



FUNDACIÓN LUIS SEOANE

Colaboradores

Colegio Oficial de Arquitectos de Castilla y León Este • Colegio Oficial de Arquitectos de Cádiz • Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Coruña • Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid • Escola d'Arquitectura del Vallés.
Universidad Politécnica de Cataluña