Pérez Benedicto
Ingeniería

INFORME SOBRE

ESTADO ACTUAL DE LA ESTRUCTURA DEL MERCADO CENTRAL DE LANUZA (ZARAGOZA)

PETICIONARIO:	MERCASA
EMPLAZAMIENTO:	MERCADO CENTRAL DE ZARAGOZA AVDA. CÉSAR AUGUSTO -ZARAGOZA
AUTORES:	JOSÉ ÁNGEL PÉREZ BENEDICTO DR., Ingeniero CIVIL, Ingeniero de Edificación Profesor Titular de Estructuras enla EUPLA MIGUEL ANGEL MORALES ARRIBAS Ingeniero de Caminos
FECHA:	ABRIL DE 2017

INDICE

1. ANTECEDENTES 5
2. OBJETO 5
3. PETICIONARIO 5
4. AUTORES DEL ESTUDIO 5
5. EMPLAZAMIENTO 6
6. TRABAJOS A REALIZAR 6
7. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE 7
7.1. Estructura sobre planta baja 7
7.2. Estructura de sótano 12
7.3. Cimentación 14
7.4. Fachadas 16
8. INSPECCIONES REALIZADAS 18
8.1. Nave central 19
8.2. Naves laterales 24
8.3. Forjado de sótano 25
8.4. Pilares de sótano 27
8.5. Cimentación 28
8.6. Pruebas de estanqueidad en canalones y bajantes 29
9. PATOLOGÍAS DETECTADAS 30
9.1. Pilares de fundición 31
9.2. Muro perimetral de sótano 39
9.3. Anclaje de la estructura al muro testero Norte 40
9.4. Oxidación de elementos metálicos 42
10. COMPROBACIÓN ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO EN SU ESTADO ACTUAL 43
10.1. Estructura sobre planta baja 43
10.2. Estructura de sótano 45
11. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DETECTADOS 46
11.1. Estructura sobre planta baja 46
11.2. Forjado de sótano 54
11.3. Comprobación estructural de las medidas adoptadas 55
12. CONCLUSIÓN 57

Anejo nº 1. Informe de Ensaya. Estudio técnico sobre el estado de la estructura del Mercado Central de Zaragoza.

Anejo nº 2. Estudio geotécnico. Estado actual cimentación Mercado Central de Zaragoza

Anejo nº 3. Planos

1. ANTECEDENTES

El Mercado Central de Lanuza, de la ciudad de Zaragoza fue diseñado por el arquitecto Félix Navarro en 1895 e inaugurado en 1903. El edificio se inscribe entre los que corresponden a una fase premodernista conteniendo huellas de estilos históricos artísticos.

El edificio tiene dos plantas, sótano y planta de mercado. Ésta es de estructura basilical de tres naves, separadas por columnas metálicas que tienen el fuste anillado y capitel cúbico de tradición granadina. Se alza sobre una plataforma con escalinatas en los testeros y en el centro de las líneas laterales. Su elemento estructural básico, el hierro, fue fundido en los talleres zaragozanos de Pellicer y Juan.

En febrero de 2017, el Ayuntamiento de Zaragoza, a través de Mercazaragoza, encarga a las empresas Pérez Benedicto Ingenieria, S.L. y Laboratorio de Ensayos Técnicos, S.A. (Ensaya), un estudio de las patologías de la estructura del Mercado Central, así como de las propuestas de reparación y predimensionamiento de soluciones a adoptar, como paso previo al desarrollo de los Proyectos Técnicos para acometer la Reforma Integral del Mercado Central.

2. OBJETO

El presente documento tiene por objeto realizar un análisis del estado actual del Mercado Central de Lanuza, en cuanto a sus elementos estructurales y cimentación con el fin de detectar posibles patologías, aportando en ese caso propuestas de actuaciones a recoger en los trabajos futuros de reforma integral del Mercado.

3. PETICIONARIO

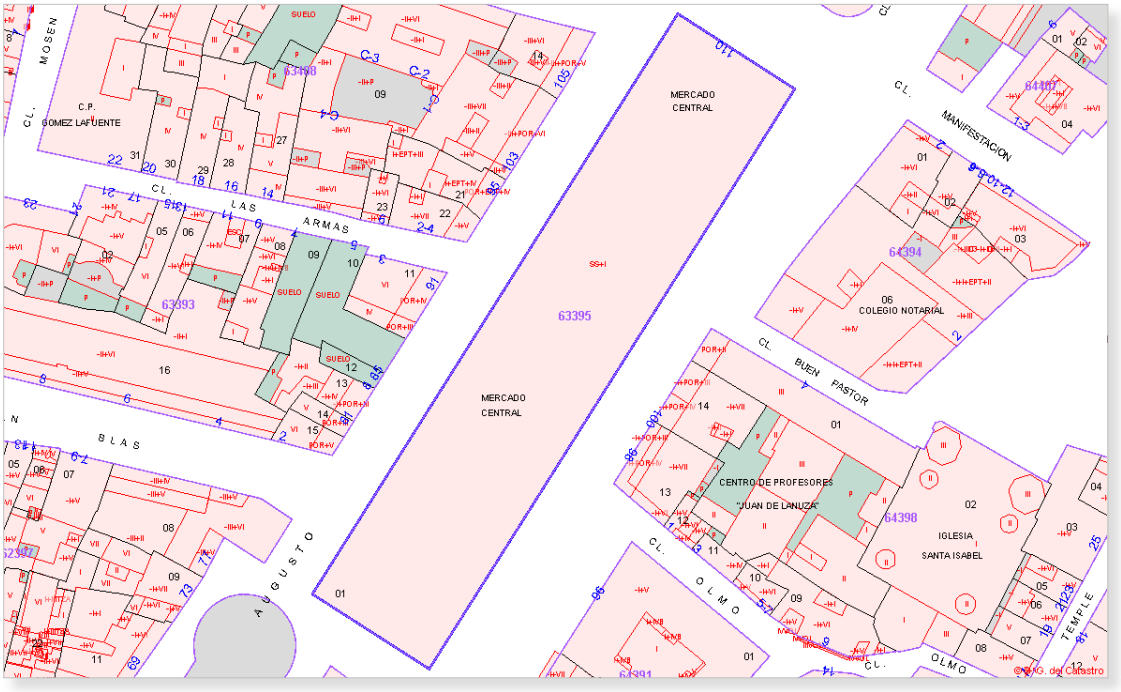
MERCAZARAGOZA, S.A. Ctra. Cogullada, 65. 50014 Zaragoza. España

4. AUTORES DEL ESTUDIO

El presente documento se redacta por D. José Ángel Pérez Benedicto, Dr., Ingeniero Civil, Ingeniero de Edificación, Arquitecto Técnico y Profesor titular de Estructuras de Edificación de la EUPLA, con domicilio en Paseo Gran Vía nº 11 de Zaragoza y D. Miguel Ángel Morales Arribas, Ingeniero de Caminos Canales y Puertos y Profesor titular de Estructuras de Edificación de la EUPLA, con domicilio en Paseo Gran Vía nº 11 de Zaragoza.

5. EMPLAZAMIENTO

El Mercado Central se sitúa en la Avda. César Augusto, nº 110 de Zaragoza.



6. TRABAJOS A REALIZAR

TRABAJOS PREVIOS

- Desplome de los pilares de fundición.
- Desplazamientos de la estructura.
- Desplome de muro perimetral de semisótano y verificación del terreno de apoyo de los mismos.
- Estado de la estructura metálica, tanto de pilares, vigas como forjados comprobando: Toma de datos de la geometría de los elementos que conforman las cerchas y tirantes. Se deberá verificar la corrosión, fisuras, y aquellos defectos que puedan afectar a la seguridad del edificio. El trabajo se deberá realizar mediante catas para aquellos elementos que queden embebidos en cerramientos.
- Estado de la estructura del techo del semisótano y de sus muros perimetrales.
- Estudio del desprendimiento de la cercha metálica en el encuentro con el muro de cerramiento de ladrillo en la fachada Norte.

- Pérdidas de la red de vertido, desde las conexiones verticales de pluviales a la red horizontal, que pudieran provocar asentamientos de los muros perimetrales.

TRABAJOS

- Comprobación de la seguridad a cálculo de los elementos de la estructura existente.
- Planteamiento de la necesidad de refuerzos y/o reparaciones.
- Solución estructural, solución constructiva y predimensionamiento para el refuerzo de pilares y, en su caso, forjados y/o coronación de muros.

7. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

7.1. Estructura sobre planta baja

La estructura sobre planta baja del Mercado Central está formada por una nave central de 13,05 m entre ejes de pilares y dos naves laterales de 5,90 m. La altura máxima de la nave central sobre la planta baja del edificio es de 12,37 m y en las naves laterales la altura máxima es de 7,65 m.

El edificio está conformado mediante pórticos paralelos separados aproximadamente 6,0 m entre sí. El número de pórticos es de 20 más 2 pórticos de fachada conformados con una tipología estructural distinta (muros testeros).

Los pórticos de la nave central, están formados por pilares de fundición de fuste circular de 19 cm de diámetro y 6,03 m de altura separados 13,05 m entre ejes. Los pilares soportan una estructura de acero con tipología de arco: un cordón superior de directriz recta a dos aguas recibe las cargas de la cubierta y las traslada a través de montantes verticales a un cordón inferior con directriz circular de radio 5,80 m aproximadamente, que a su vez traslada las cargas a los pilares. Los arcos están atirantados inferiormente mediante doble cable de acero.

Pilar de nave central en su parte inferior y en su parte superior

Arco de la nave central

En las naves laterales, los pórticos están compuestos por un cordón superior aguas afuera, un cordón inferior horizontal, montante y diagonal. Estas cerchas laterales apoyan sobre pilares de

fachada de fundición de las mismas características y dimensiones que los pilares de la nave central.

Cercha de cubierta de naves laterales (izquierda)

Entre pórticos consecutivos se dispone el siguiente sistema de arriostramiento:

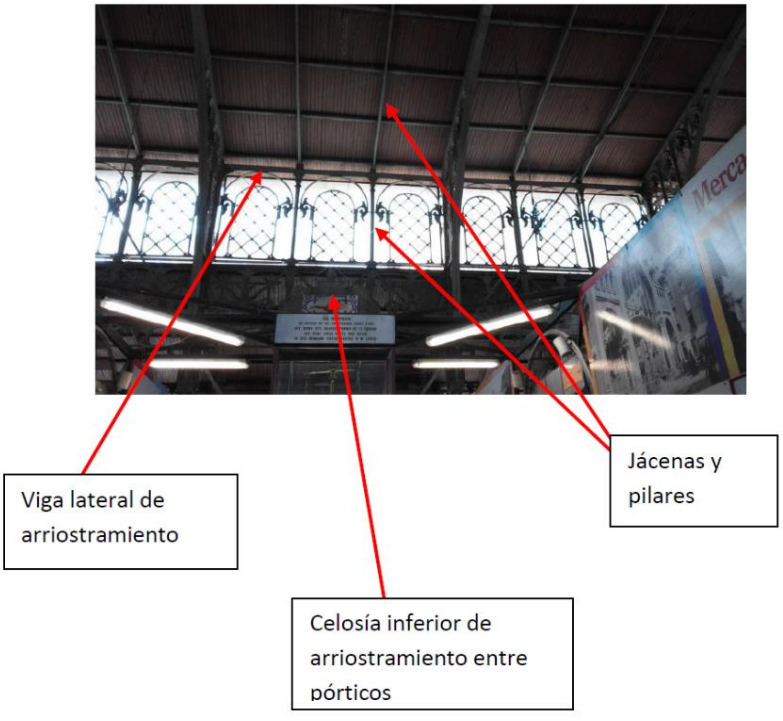
Nave central:

Lateralmente, vigas inferiores en celosía tipo Long (cruces de San Andrés) de 2,0 m de canto y 6,0 m de longitud con montantes separados 2,0 m y diagonales.

Celosía de arriostramiento entre pórticos de nave central

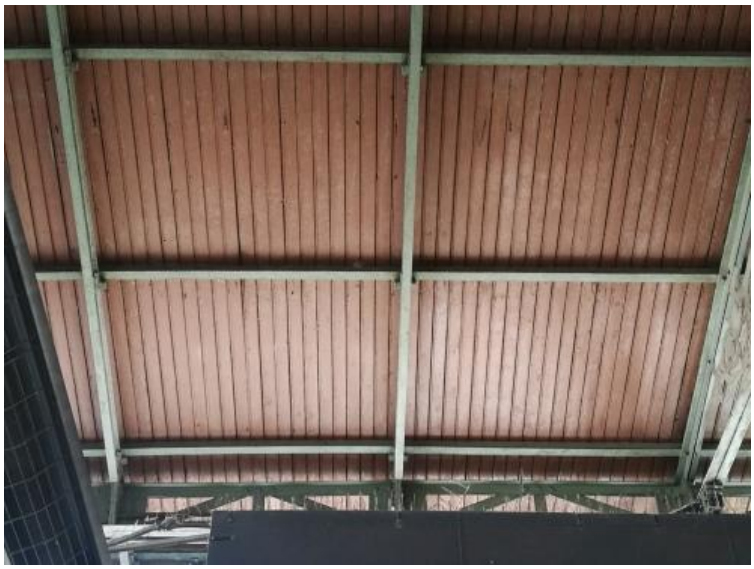
En clave, viga en celosía tipo Pratt, de 0,55 m de canto.

La crujía de 6,0 m se divide en 3 partes iguales mediante estructuras auxiliares de jácenas que apoyan en la celosía de arriostramiento entre pórticos a través de pilares. En el encuentro superior entre las jácenas y pilares, se dispone una viga lateral que contribuye al arriostramiento entre pórticos consecutivos.



Naves laterales:

En su parte exterior, las cerchas de las naves laterales se encuentran arriostradas por una celosía Pratt de 25 cm de canto.



Viga lateral exterior de arriostramiento de cerchas de naves laterales

De igual manera que en la nave central, la distancia entre pórticos consecutivos, de 6,0 m aproximadamente, se divide en tres partes iguales mediante jácenas auxiliares unidas a la riostra exterior que se acaba de mencionar y a la celosía Long que arriostra la nave central.

Se completa la estructura sobre planta baja con correas longitudinales dispuestas cada 1,50 m aproximadamente, tanto en la nave central como en las naves laterales.

7.2. Estructura de sótano

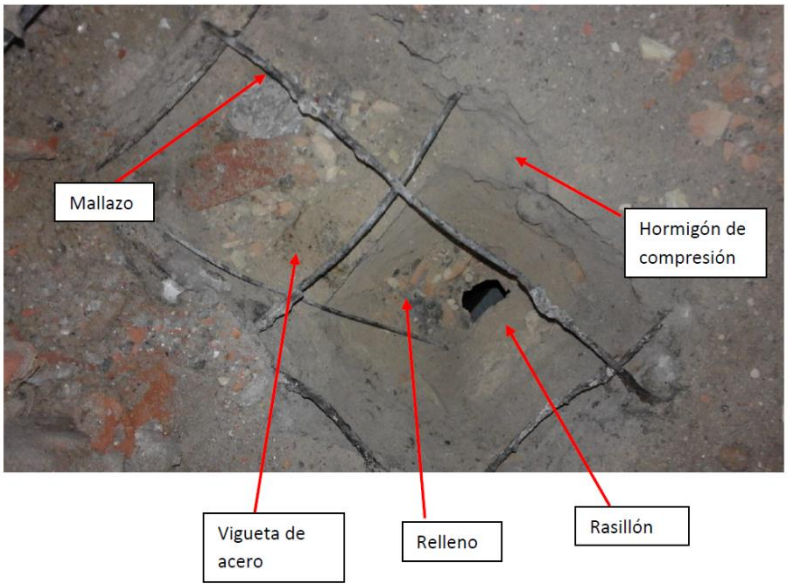
El forjado de techo del sótano es unidireccional en sentido longitudinal al edificio (salvo en las zonas de escaleras de acceso por fachadas Norte y Sur, donde se encuentra en sentido transversal).

En la zona de escaleras de acceso por fachas Norte y Sur el forjado es transversal

Está formado por viguetas de acero de sección en doble T separadas entre si 0,60 m que apoyan sobre las jácenas transversales cuya posición coincide con la de los pórticos sobre planta baja descritos en el apartado 7.1.

Viguetas de forjado apoyadas sobre jácenas

El espacio entre viguetas está cubierto mediante bovedilla de rasillón recubierta por un relleno heterogéneo, sobre el que se dispone una capa de hormigón ligeramente armado cubriendo las viguetas sin conexión con ellas.



Sobre el forjado se dispone el pavimento de planta baja del mercado, formado por relleno heterogéneo y baldosa de encachado.

Las jácenas sobre las que apoyan las viguetas están formadas por 3 vigas de acero en doble T separadas entre si 0,20 m y unidas mediante un bulón transversal. El eje de la viga central del grupo de tres coincide con las alineaciones de los pórticos del edificio.

Jácena en la zona de nave lateral

Las jácenas recogen las cargas del forjado y las transmiten a la cimentación por medio de pilares de piedra cuadrangulares de 0,90 x 0,90 m cuyos ejes están separados 5,68 m en las naves laterales.

Pilar pétreo de 0,90 x 0,90 m de sótano en zona de nave lateral.

En la zona de la nave central, la luz de 13,05 m se ha dividido en tres vanos intercalando dos pilares de fundición, quedando una luz central de 4,00 m y dos laterales de 4,53 m. Todas las jácenas son biapoyadas.

7.3. Cimentación

En planos del Proyecto original del Mercado, se representa una prolongación de los pilares en el subsuelo, empotrándolos hasta supuestamente hasta alcanzar el nivel de gravas.

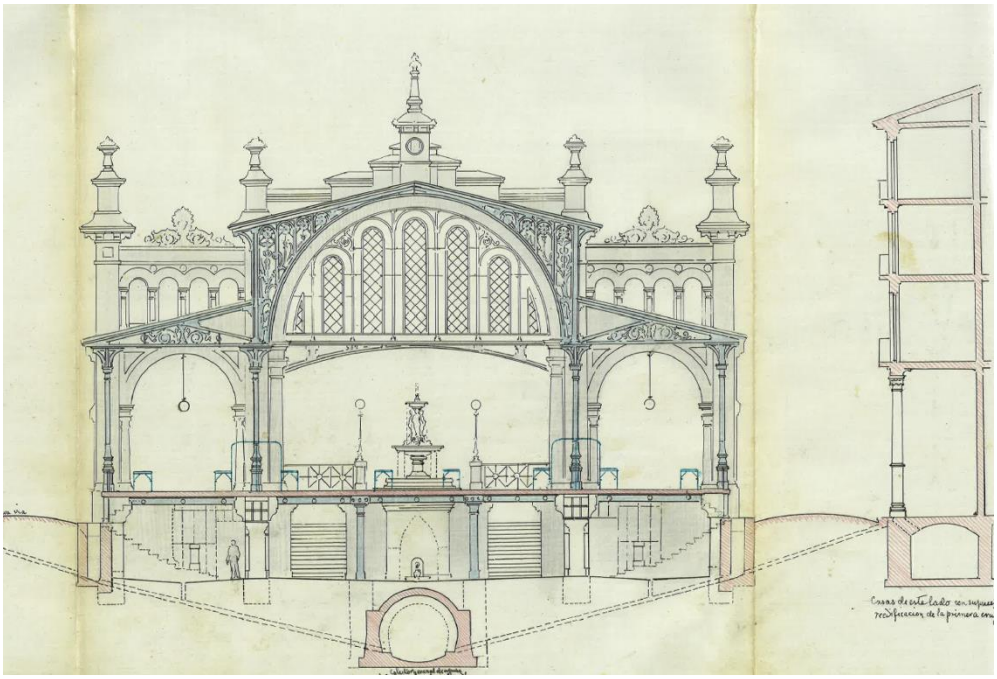


Imagen de plano original donde se ve la prolongación recta de los pilares

En la campaña de investigación realizada por Ensaya, se han llevado a cabo perforaciones con máquina de extracción de testigos junto a uno de los pilares de las naves laterales y junto a uno de los pilares de la nave central (aquellos que toman las cargas solamente del forjado y no de la estructura sobre planta baja) con objeto de detectar posibles cimentaciones. También se ha perforado junto al muro perimetral de sótano. En esta prueba inicial no se detectaron indicios de zapatas de hormigón ni para los pilares ni para el muro perimetral.

No obstante, aunque no se planteó inicialmente la realización de catas para interferir lo menos posible en la actividad del mercado, se optó por llevarlas a cabo para tener una mayor seguridad en cuanto a la existencia o no de zapatas de cimentación.

En las catas se ha detectado cimentación de ladrillo hasta una cota por debajo de -1,60 m respecto del nivel del suelo de sótano. Bajo los pilares pétreos de las naves laterales, las dimensiones de la zapata son de 1,05 x 1,05 m y bajo los pilares de fundición que parten la luz de la nave central, las zapatas serían de 0,95 x 0,95 m. En ambos casos, la cimentación es de ladrillo.

Imagen de zapata de ladrillo bajo pilar de piedra de naves laterales, donde se observa que tiene una anchura ligeramente superior al pilar.

Los muros perimetrales de sótano son de ladrillo y se empotran directamente en el terreno. Dado que se han producido desplomes en el mismo sentido tanto en el muro perimetral como en los pilares de fachada, se deduce que existe algún tipo de trabazón entre el muro y las zapatas de ladrillo de los pilares de piedra.

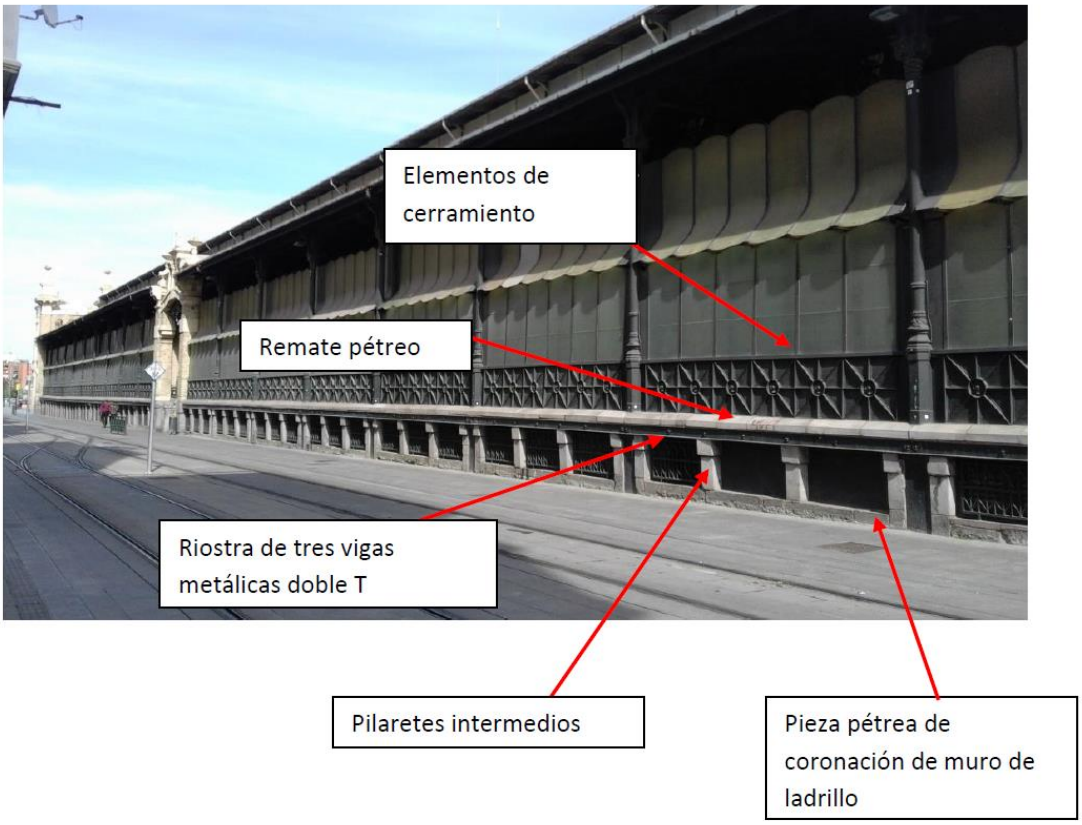
Muro perimetral de sótano, de ladrillo (al fondo).

7.4. Fachadas

- Fachadas laterales

Los pilares de fundición de fachada apoyan sobre pilastras pétreas de 0,90 x 0,90 m. Entre cada dos pilastras de pórticos sucesivos se desarrolla un muro de ladrillo que hace de contención de tierras.

El muro de ladrillo se corona con una pieza pétrea sobre la que apoyan pilaretes también de piedra (dos intermedios entre pórticos consecutivos), que sustentan una viga riostra formada por tres secciones doble T de acero unidas con bulones. Las riostras se encuentran biapoyadas en cada vano consituido por cada pórtico. Sobre las riostras apoyan los pilares de fundición de fachada y una pieza pétrea longitudinal recoge los elementos del cerramiento.



- <u>Fachadas frontales</u>

Las fachadas frontales están construidas con ladrillo, con un espesor total de 1,80 m, con un gran arco central soportado por estructura metálica y dos arcos menores laterales.

En la pared de ladrillo de las fachadas se empotran las celosías tipo Long (cruces de San Andrés) que sirven de arriostramiento inferior a los pórticos de la nave central, descritas en apartados anteriores.

Fachada Norte del Mercado Central de Lanuza

8. INSPECCIONES REALIZADAS

A lo largo de los meses de febrero, marzo y abril se han venido realizando labores de inspección del estado actual de la estructura por personal de las empresas Pérez Benedicto Ingeniería, S.L. y Laboratorio de Ensayos Técnicos, S.A. (Ensaya) con el fin de identificar posibles patologías del edificio.

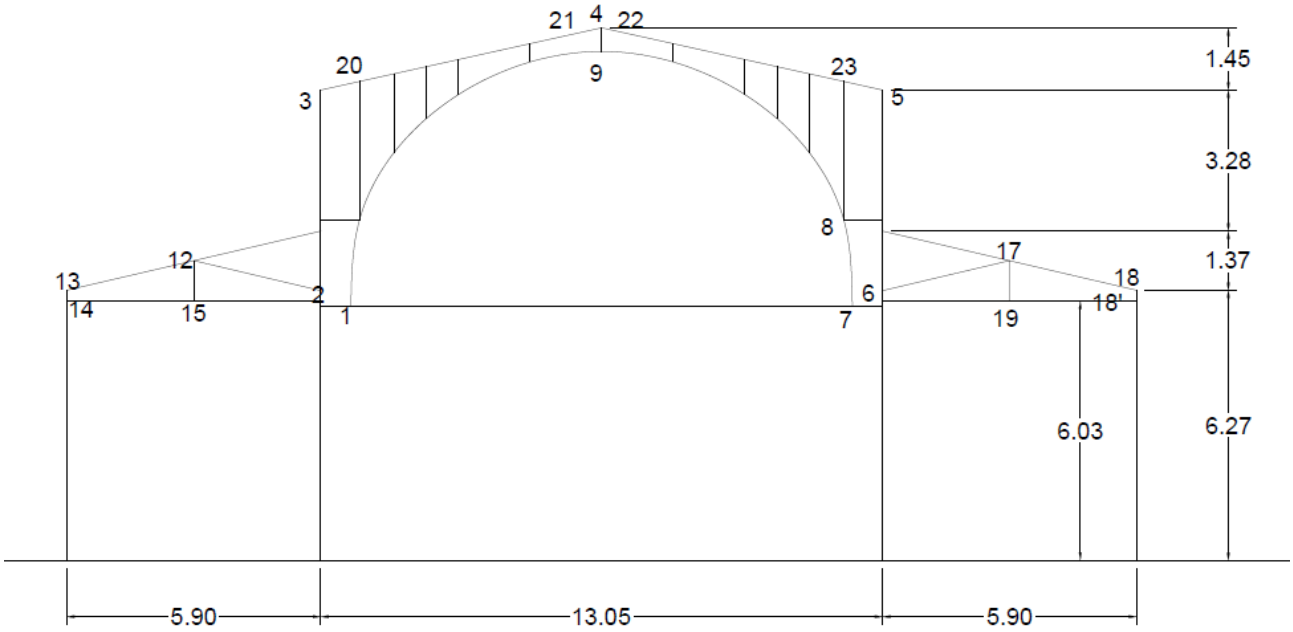
Los trabajos llevados a cabo han consistido fundamentalmente en:

- Conocimiento del tipo de elementos estructurales que componen el edificio, al objeto de poder realizar un modelo del comportamiento estructural.
- Verificación de la geometría del edificio.
- Identificación de anomalías estructurales (desplomes de pilares, muros de fachada, etc.) a fin de conocer posibles patologías en el comportamiento estructural.
- Identificación del estado de conservación de los elementos estructurales.
- Comprobación estructural.
- Reconocimiento del terreno y estructura de cimentación.
- Comprobación de la estanqueidad de la red aérea de saneamiento.

En los siguientes apartados se detallan los aspectos relevantes de cada parte de la estructura.

8.1. Nave central

Se han establecido unas bases junto al muro testero de la fachada Norte, en el interior del edificio, para comprobar la geometría completa del pórtico nº1 (el más próximo a dicha fachada). Fruto de esta comprobación, se ha establecido la geometría que se indica en la siguiente figura en el modelo estructural que se ha empleado para realizar las comprobaciones estructurales.



Identificación de los puntos obtenidos y dimensiones geométricas de la nave central y de las naves laterales

Además, por parte de Ensaya se ha realizado una comprobación visual y geométrica, usando plataforma elevadora, de los perfiles metálicos que constituyen los distintos elementos estructurales.

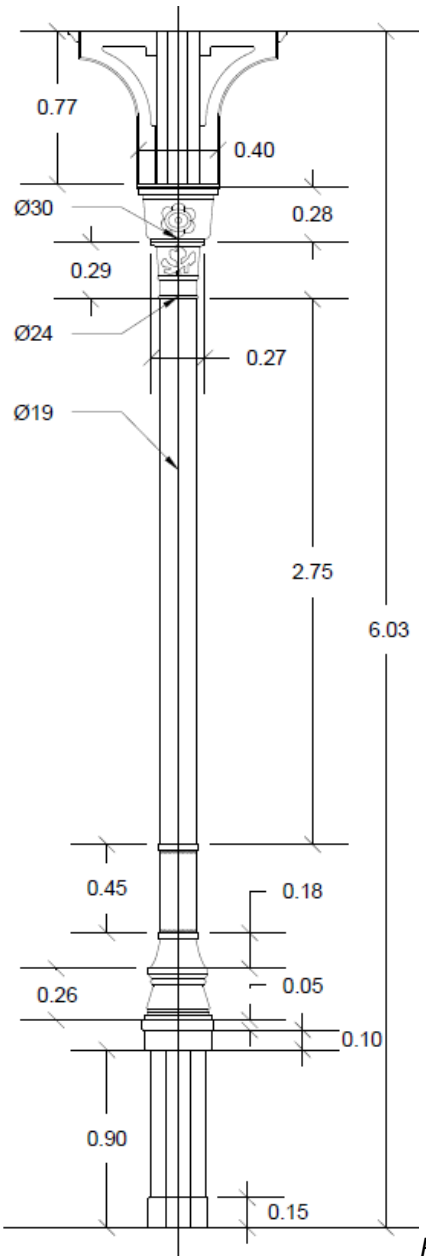
Los pilares de la nave central tienen una sección compuesta por una base octagonal, una transición a sección cilindrica, fuste cilíndrico de 19 cm de diámetro y capitel.

Tal como se indica en el informe de Ensaya, el material empleado en los pilares es la fundición gris, con un porcentaje de grafito estimado en más del 85%. La resistencia a tracción se ha estimado correlacionándola con la dureza Brinell obtenida en ensayos realizados, según el Anexo B (Información adicional sobre la relación entre la dureza y la resistencia a tracción) de la norma de ensayo EN 1561:1997 “Fundición. Fundición gris”. En la Memoria del Informe de Ensaya “Estudio Técnico sobre el Estado de la Estructura del Mercado Central de Zaragoza”, que se

adjunta en el Anejo nº 1, se estima la resistencia a tracción de la fundición gris de los pilares en 150 MPa.

Se han realizado determinaciones directas de espesor en cuatro (4) pilares, mediante perforación de los mismos. Los resultados obtenidos son muy variables: 16, 17, 21 y 30 mm. Para las comprobaciones estructurales se ha tomado el menor de los valores.

El estado de conservación de los pilares es bueno en general, aunque se encuentran algunas zonas, en la parte inferior, con alto grado de oxidación, que habrá que tratar.

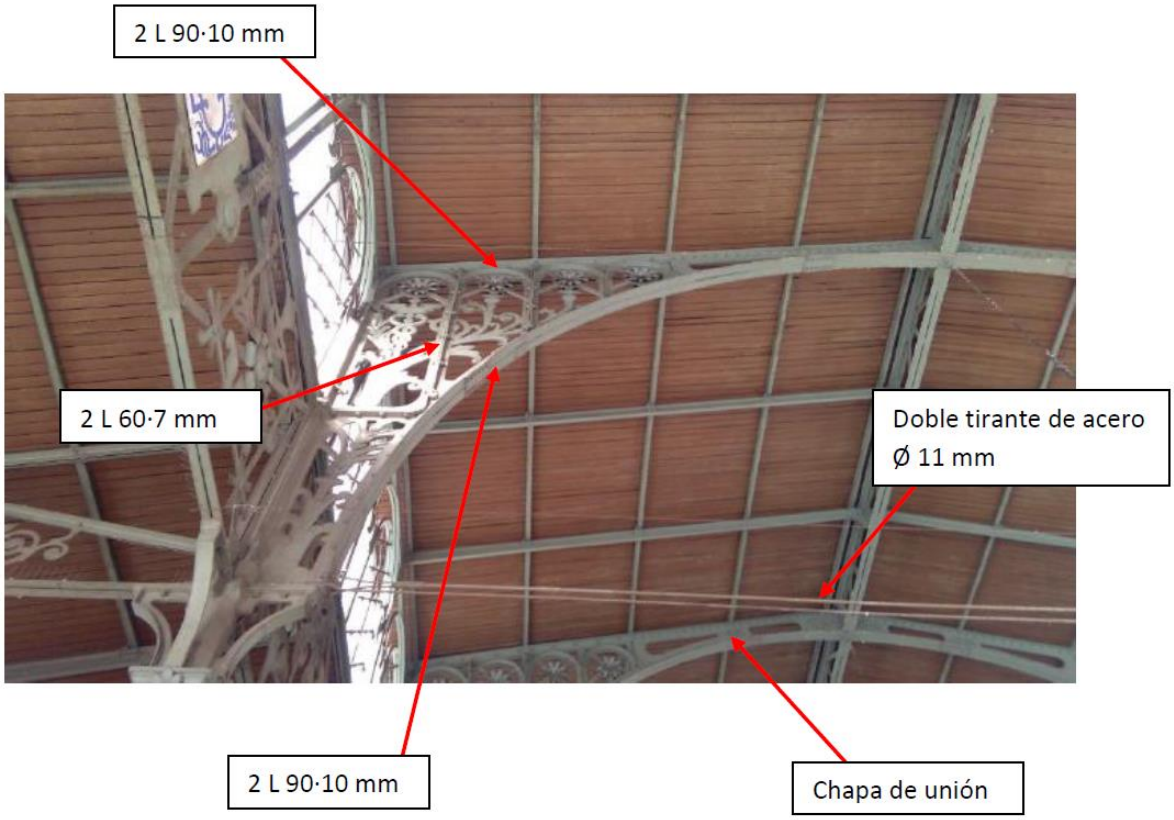


Pilares de planta baja, tanto en nave central como laterales

Parte inferior con oxidación en algunos pilares

La luz central del edificio, de 13,05 m, se salva mediante un arco compuesto por un cordón superior de directriz recta a dos aguas que recibe las cargas de la cubierta y las traslada a través de montantes verticales y chapa perforada a un cordón inferior con directriz circular de radio 5,80 m aproximadamente, que a su vez traslada las cargas a los pilares. Los arcos están atirantados inferiormente mediante doble cable de acero de 11 mm de diámetro.

Tanto el cordón superior como el inferior están constituidos con dos (2) perfiles angulares L90 de 10 mm de espesor unidos entre si formando una T. Los montantes están formados por dos (2) perfiles angulares L60 de 7 mm de espesor unidos entre si en forma de T. No se ha medido la chapa que une el cordón superior e inferior en la zona central del arco, pero por coherencia con el espesor de otras chapas medidas en otras partes de la estructura, se supone 12 mm.



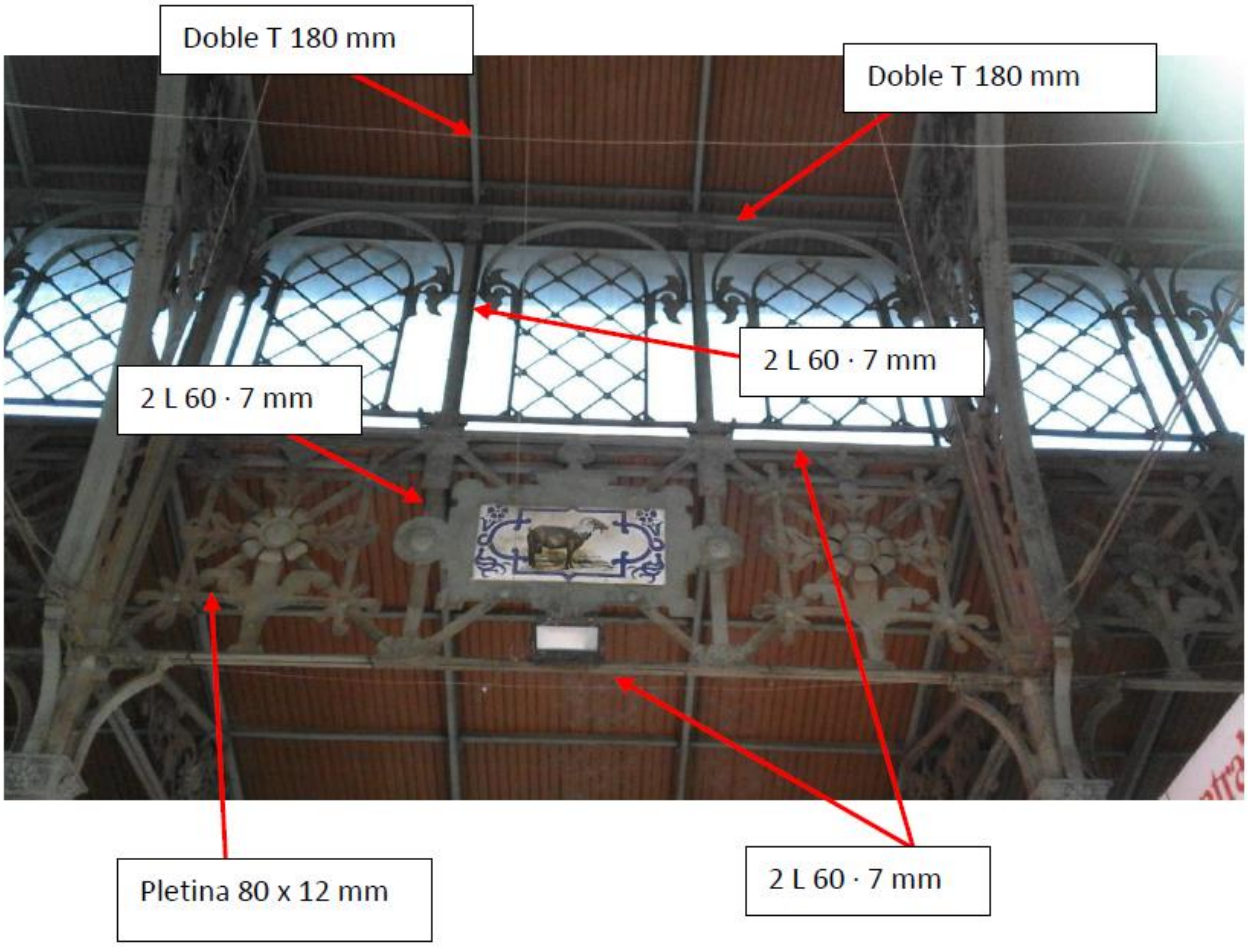
De los análisis metalográficos realizados por Ensaya, incluidos en el informe adjunto en el Anejo nº 1, se desprende que el material empleado en la estructura metálica a excepción de los pilares, es un tipo de hierro denominado “hierro pudelado”, acero con un bajo contenido en carbono. A efectos de cálculo, este acero podría asimilarse a un S 235, con 235 MPa de límite elástico.

Como viga de arriostramiento, se disponen lateralmente, vigas en celosía tipo Long (cruces de San Andrés) de 2,0 m de canto y 6,0 m de longitud con montantes separados 2,0 m y diagonales.

El cordón superior y el cordón inferior están formados con dos (2) perfiles angulares L60 de 7 mm de espesor formando una T. Los montantes verticales son también dos (2) perfiles angulares L60 de 7 mm de espesor en forma de T y las diagonales son pletinas de 80 mm de ancho y 12 mm de espesor.

Sobre esta celosía de arriostramiento lateral apoyan unos pilaretes a 1/3 de la luz (coincidiendo con la posición de los montantes verticales) que recogen unas jácenas auxiliares. Estos pilares están compuestos de la misma manera que los montantes verticales descritos. Según se indica en la Memoria del informe de inspección de Ensaya recogido en el Anejo nº 1, las jácenas son

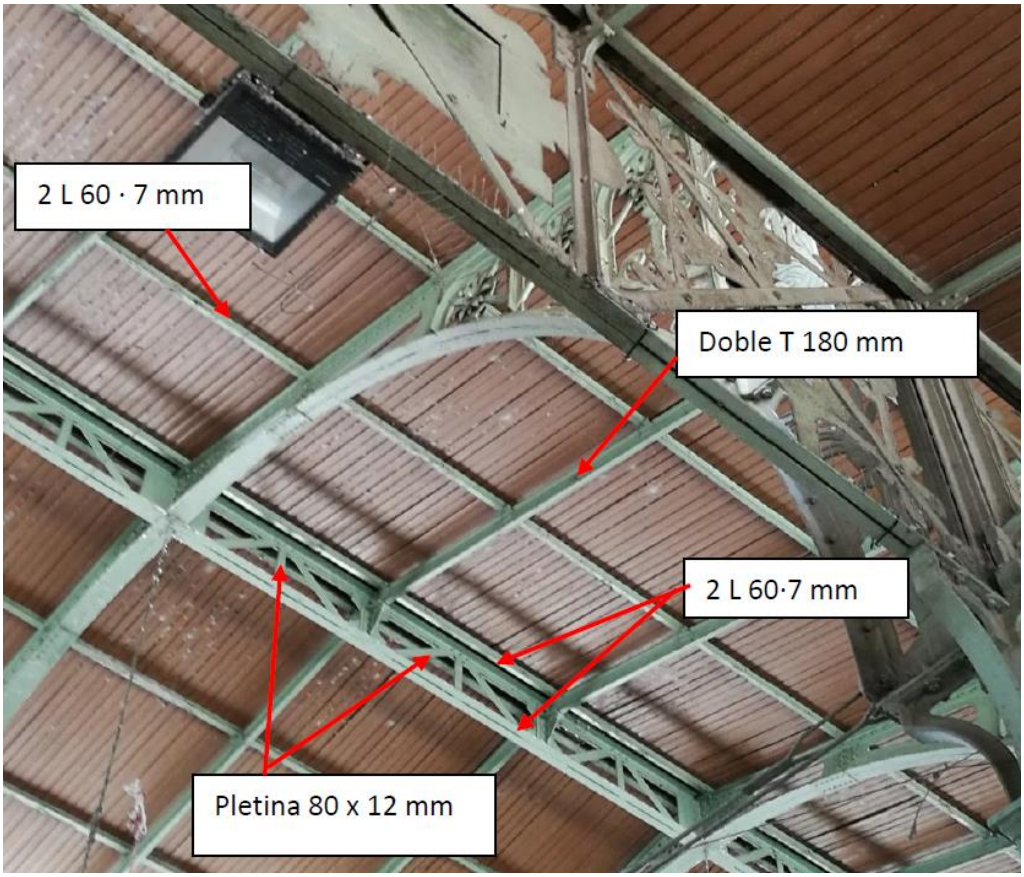
perfiles en doble T de 180 mm de canto, ancho de alas de 57 mm. El espesor de alas es de 11,5 mm y el espesor del alma es 8,5 mm.



En el encuentro superior entre las jácenas y pilares, se dispone una viga lateral, doble T de 180 mm de canto y las mismas dimensiones que las jácenas descritas, que contribuye al arriostramiento entre pórticos consecutivos.

En la coronación del arco existe otra viga longitudinal de arriostramiento en celosía tipo Pratt, de 0,55 m de canto, a la que no se ha podido acceder directamente, pero en la que se aprecia visualmente (por semejanza con otros elementos medidos): el cordón superior está formado por dos (2) perfiles angulares L60 de 7 mm de espesor, los montantes y diagonales son pletinas de 80 mm de ancho y 12 mm de espesor.

Las correas longitudinales sobre las que apoya la cubierta están compuestas con dos (2) perfiles angulares L60 de 7 mm de espesor, soldados formando un tubo. Están separadas una distancia aproximada de 1,50 m.



En general, el estado de conservación de la estructura metálica sobre planta baja en la nave central es bueno, sin que se observen zonas con oxidación patente a excepción de la parte inferior de algunos pilares, como se ha mencionado.

8.2. Naves laterales

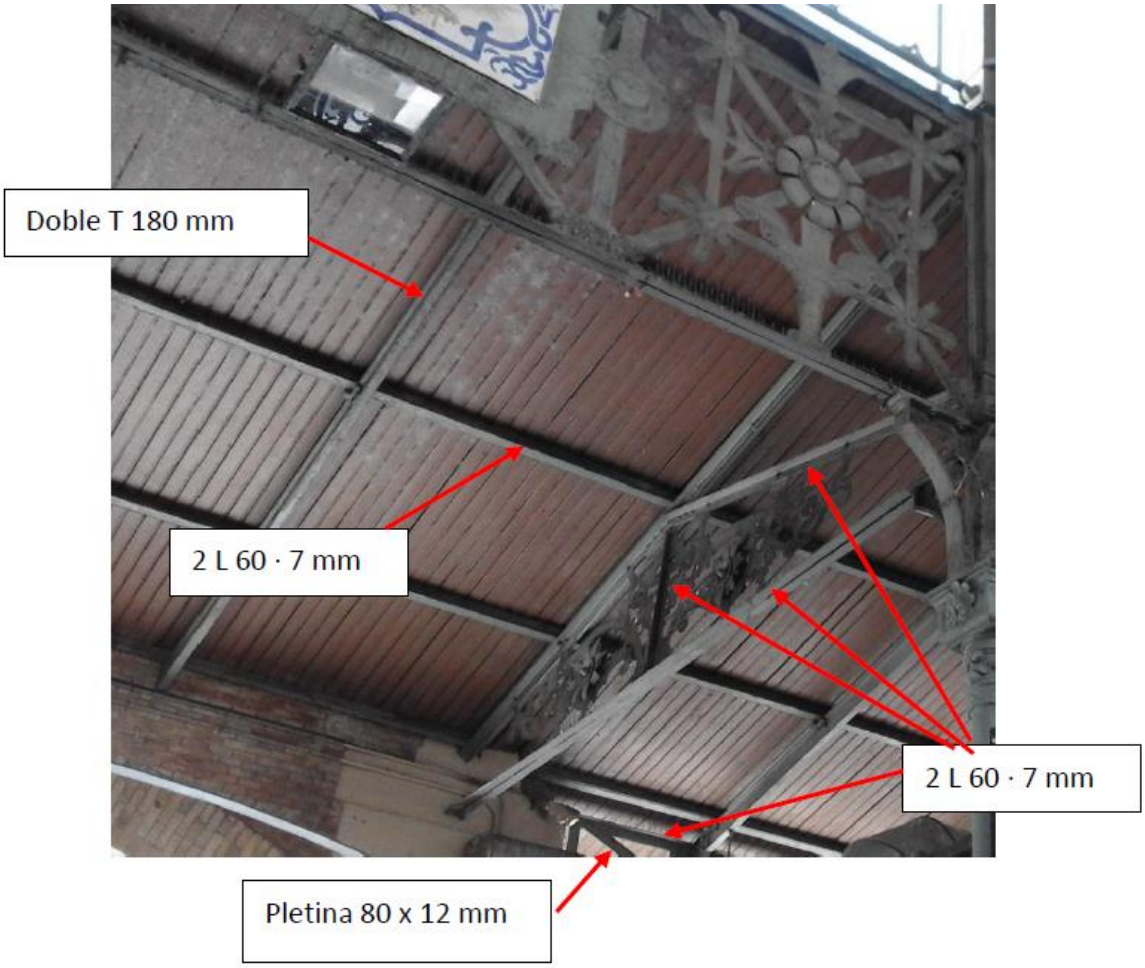
En las naves laterales, de 5,90 m de luz, los pórticos están compuestos por un cordón superior aguas afuera, un cordón inferior horizontal, montante y diagonal, formados por dos (2) perfiles angulares L60 de 7 mm de espesor. Estas cerchas laterales apoyan sobre pilares de fachada de fundición de las mismas características y dimensiones que los pilares de la nave central. En estos pilares es donde se han encontrado las patologías más significativas en cuanto a la estructura sobre planta baja se refiere, tal como se detalla en apartados posteriores.

Del mismo modo que en la nave central, la luz de la crujía (6,0 m aproximadamente) está dividida en tres partes iguales por medio de jácenas auxiliares doble T de 180 mm de canto, ancho de alas de 57 mm. El espesor de alas es de 11,5 mm y el espesor del alma es 8,5 mm.

En la parte exterior de las cerchas de las naves laterales, junto a las fachadas, se dispone una viga lateral de arriostramiento, celosía Pratt de 25 cm de canto. El cordón superior e inferior están

formado por dos (2) perfiles angulares L60 de 7 mm de espesor y los montantes y diagonales son pletinas de 80 mm de ancho y 12 mm de espesor.

Por ultimo, las correas longitudinales sobre las que apoya la cubierta están separadas aproximadamente 1,50 m y son tubos formados por dos (2) angulares L60 de 7 mm de espesor, iguales a los de la nave central.



En general, el estado de conservación de la estructura metálica sobre planta baja en las naves laterales es bueno.

8.3. Forjado de sótano

Se ha realizado una inspección del forjado de techo de sótano en siete (7) puntos distintos por su parte inferior, desde el sótano, con el fin de constatar la tipología de la estructura y el grado de conservación. Además se ha realizado una inspección por la parte superior desde la planta de sótano, desmontando el pavimento en uno de los puestos actualmente sin uso, ocupado en otro tiempo por una pescadería (puesto 59).

De esta inspección se extrae la siguiente información:

Se trata de un forjado unidireccional en sentido longitudinal al edificio (Norte – Sur), de viguetas metálicas separadas 0,60 m entre ejes y bovedilla de rasilla cerámica. El entrevigado contiene un relleno no clasificable. Por encima de las cabezas de las viguetas hay un relleno de hormigón de unos 5 cm de espesor ligeramente armado con una malla metálica en dos direcciones.

Las viguetas del forjado son de acero asimilable a S235, tienen, según la Memoria del estudio realizado por Ensaya (Anejo nº 1), una sección en T de 180 mm de canto, ancho de alas de 57 mm. El espesor de alas es de 11,5 mm y el espesor del alma es 8,5 mm. Por la parte inferior, en las zonas no cubiertas por falso techo, la rasilla cerámica está protegida por una capa de yeso, así como el ala inferior de las viguetas de acero, para protección frente al fuego.

En estas zonas, se desconoce el grado de conservación del acero. Sin embargo en otras zonas cubiertas por falsos techos o en la zona donde se sitúa el depósito de agua contraincendios (en la esquina sureste del edificio), hay viguetas con un importante grado de oxidación.

Detalles de oxidación detectada en viguetas de forjado

Las viguetas apoyan de manera simple en jácenas situadas perpendicularmente (Este – Oeste). Las jácenas están compuestas por tres vigas de acero asimilable a S235, de sección doble T, de 260 mm de canto y 105 mm de anchura de alas. El espesor del alma es de 12 mm y el espesor de las alas es de 15 mm. Se encuentran unidas entre si mediante bulones.

También son biapoyadas, tanto en los vanos extremos (naves laterales), de 5,90 m de luz como, supuestamente dado que no se ha podido inspeccionar el apoyo, en los tres vanos en que se divide la nave central de 13,05 m (dos laterales de 4,53 m y uno central de 4,0 m). Esta división del vano central se lleva a cabo con pilares intermedios que se encuentran solo a nivel de sótano. No tienen continuidad sobre planta baja.

No obstante, como se ha indicado, se ha inspeccionado el apoyo de las jácenas en los pilares de las naves laterales y de fachada, pero no se ha podido inspeccionar el apoyo en los pilares que dividen la luz de la nave central.

Perimetralmente existe una viga de zuncho en fachada a la misma altura que las viguetas del forjado, formada por 3 vigas doble T, iguales a aquéllas, unidas por un bulón.

8.4. Pilares de sótano

Tanto los pilares de fachada como los de las naves laterales, descritos en la planta baja, transmiten la carga a la cimentación a través de pilares de piedra situados en el sótano, de dimensiones 0,90 x 0,90 m, que se encuentran visibles en algunos casos y que han podido ser inspeccionados y medidos.

Existen otros pilares en planta sótano (dos intercalados entre los pilares de piedra de las naves laterales) que dividen la luz de la nave central en tres vanos. Estos pilares no tienen continuidad desde la planta baja hacia la cubierta. No se encuentran visibles, sino cubiertos por paneles de forma cuadrada de 0,60 x 0,60 m apoyados sobre un pequeño zócalo de que sobresale 5 cm más (0,65 x 0,65 m). Por fotografías antiguas, se deduce que los pilares son circulares, probablemente del mismo material de fundición empleado en los pilares de planta baja.

Tal como se ha comentado en apartados anteriores, los pilares de piedra tienen una cimentación de ladrillo de 1,05 x 1,05 m y los pilares de fundición de 0,95 x 0,95 m.

8.5. Cimentación

La campaña de investigación geotécnica realizada por Ensaya se incluye en el Anejo nº 2 “Estudio Geotécnico. Estado actual cimentación Mercado Central de Zaragoza”. Se ha realizado un sondeo mecánico en el exterior del edificio, en la esquina Noroeste, en el primer peldaño de la escalera de acceso. En el sondeo se realizaron cuatro (4) ensayos de penetración dinámica SPT. Con las muestras obtenidas del sondeo se realizaron ensayos de laboratorio:

- Granulometría por tamizado
- Límites de Atterberg
- Agresividad de suelos

En el interior del edificio se han realizado tres (3) testigos a nivel de planta sótano. Dos de ellos junto a un pilar de nave lateral Oeste en la sala de máquinas de climatización y otro junto al muro Oeste dentro del cuarto de la maquinaria del ascensor. En los taladros de los testigos se realizaron ensayos de penetración manual.

El objetivo de la campaña era, además de la identificación geotécnica del terreno de apoyo de la cimentación, detectar la existencia o no de zapatas de cimentación de los pilares y del muro perimetral de sótano. En estas pruebas iniciales no se detectaron indicios de zapatas de hormigón ni para los pilares ni para el muro perimetral.

No obstante, aunque no se planteó inicialmente la realización de catas para interferir lo menos posible en la actividad del mercado, se optó por llevarlas a cabo para tener una mayor seguridad en cuanto a la existencia o no de zapatas de cimentación.

En las catas se ha detectado cimentación de ladrillo hasta una cota por debajo de -1,60 m respecto del nivel del suelo de sótano. Bajo los pilares pétreos de las naves laterales, las dimensiones de la zapata son de 1,05 x 1,05 m y bajo los pilares de fundición que parten la luz de la nave central, las zapatas serían de 0,95 x 0,95 m. En ambos casos, la cimentación es de ladrillo.

Los muros perimetrales de sótano son de ladrillo y se empotran directamente en el terreno. Dado que se han producido desplomes en el mismo sentido tanto en el muro perimetral como en los pilares de fachada, se deduce que existe algún tipo de trabazón entre el muro y las zapatas de ladrillo de los pilares de piedra.

En cuanto a la caracterización geotécnica de los materiales, se han detectado dos niveles con materiales diferenciados:

- Un nivel superior de rellenos de origen antrópico, con espesores máximos entre 3,0 y 3,6 m, de gran heterogeneidad y bajo grado de consolidación.
- Bajo ese nivel se encuentra el terreno natural, gravas de terraza cuaternaria, hasta la máxima profundidad inspeccionada (12 m). Se trata de gravas con intercalaciones esporádicas de arenas y limos, que podrían clasificarse según USCS como GM-GC y GW-GM (gravas limoarcillosas y gravas bien graduadas con finos limosos). Presentan en general una compacidad alta o muy alta y constituyen un apoyo adecuado para cimentaciones directas. La presión admisible estimada para estas gravas cuaternarias a un nivel de -1,6 m bajo el suelo del sótano es de 8,6 kg/cm^2. Sobre estos materiales apoyarían las cimentaciones de los pilares y el muro perimetral. Las tensiones transmitidas y los asientos esperados son admisibles.

8.6. Pruebas de estanqueidad en canalones y bajantes

Se han realizado pruebas de estanqueidad en los canalones y bajantes de la cubierta del Mercado Central. La cubierta es inclinada a dos alturas, estando la nave central elevada respecto a las naves laterales. La evacuación de agua se realiza a dos aguas. El material exterior de cubierta es chapa galvanizada. Interiormente se disponen listones de madera. Se desconoce la existencia de aislamiento intermedio.

La nave central evacúa mediante canalones de chapa galvanizada, con tramos unidos mediante remachado y bajantes de PVC de 90 mm de diámetro a cada una de las naves laterales. Existe una bajante a cada lado por cada uno de los pórticos de la estructura.

Las naves laterales evacúan mediante canalones de chapa galvanizada, similares a las anteriores y bajantes de PVC de 200 mm de diámetro a la red de saneamiento del mercado. Existen ocho bajantes por cada lado.

Las pruebas de estanqueidad se han realizado mediante riego continuo, simulando una situación de lluvia sobre la superficie de la cubierta inclinada.

En las observaciones previas se ha detectado que la limpieza de los canalones es deficiente y el grado de conservación aceptable, a excepción de la fachada Oeste, donde hay oxidación importante en las uniones.

Durante las pruebas de estanqueidad se observa goteo en las uniones de algunos tramos de canal y en las uniones de la canal con las bajantes. En las bajantes no se observan pérdidas de agua.

Imagen de las pruebas de riego continuo realizadas

9. PATOLOGÍAS DETECTADAS

En la campaña de inspecciones realizada, además de la identificación de los elementos estructurales que permitan hacer un modelo estructural para la comprobación del edificio, se pretendía detectar patologías existentes con el fin de proponer medidas correctoras a recoger en el futuro proyecto de reforma integral del Mercado. A continuación se relacionan las principales patologías detectadas.

9.1. Pilares de fundición

En la reforma de edificios industriales y en la rehabilitación de edificios de finales del siglo XIX, resulta habitual que nos encontremos con columnas de fundición ornamentales, con capiteles acartelados sobre los que apoyan las vigas, que por su alto valor histórico y patrimonial se deben de mantener.

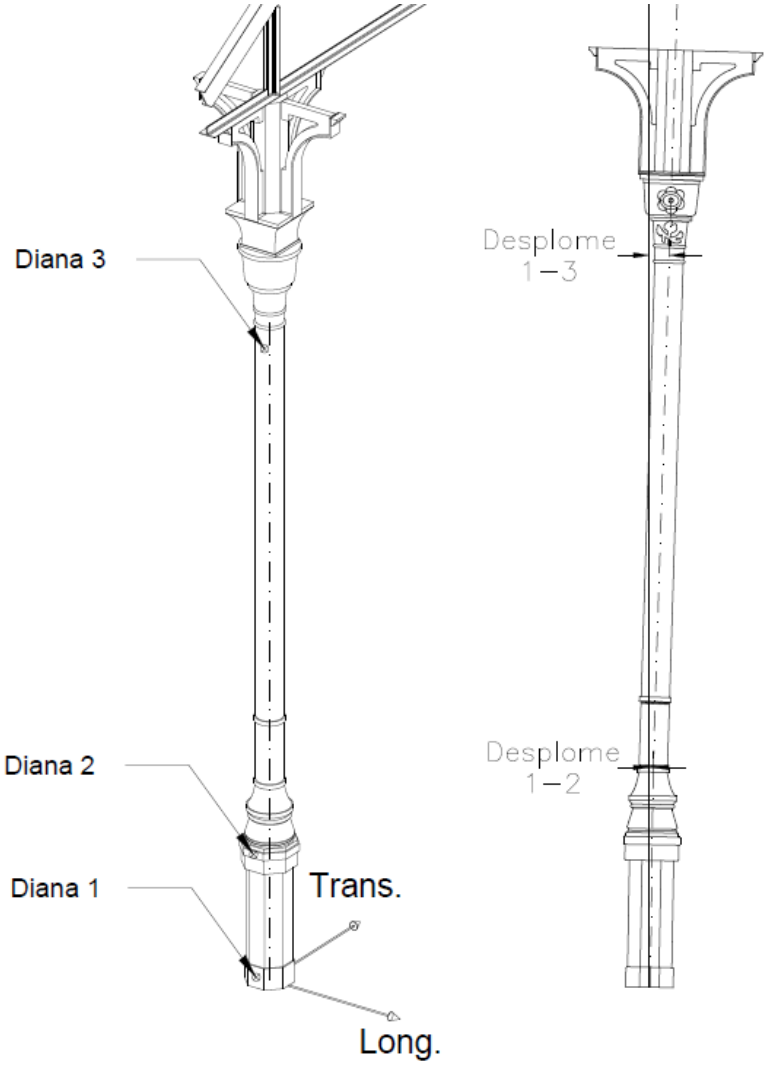
La fundición gris tiene un contenido en carbono entre 2.5 y 4.0 %, mientras que en los aceros de los actuales perfiles estructurales el contenido en carbono varía de un 0.20% a un 0.24%, es decir que las primeras tienen un contenido en carbono 10 veces superior, lo que las hace más frágiles.

Las columnas de fundición, a nivel de esfuerzos, están concebidas para trabajar a compresión. Las vigas apoyan sobre la cartela mediante un “apoyo simple”, donde no hay transmisión de momentos. No se trata de un pórtico propiamente dicho, sino de vigas continuas sobre apoyos (columnas).

Por tanto, el cálculo no contempla el estudio en flexocompresión o compresión compuesta, sino únicamente en compresión simple, considerando el efecto del pandeo.

En las inspecciones realizadas en el edificio del Mercado Central, se han medido los desplomes de los pilares de la fachada Oeste (aquella en que a simple vista se observan mayores movimientos en los pilares) y de ocho pilares interiores de planta baja. También se han medido los desplomes del muro perimetral en ambas fachadas.

En los pilares de fachada se han constatado importantes desplazamientos horizontales tanto en el eje longitudinal como transversal tanto a nivel de la pieza de unión de la basa de fundición y la columna cilíndrica como en la cabeza de ésta. En el Anejo nº 3. “Planos”, se reseñan los valores medidos.



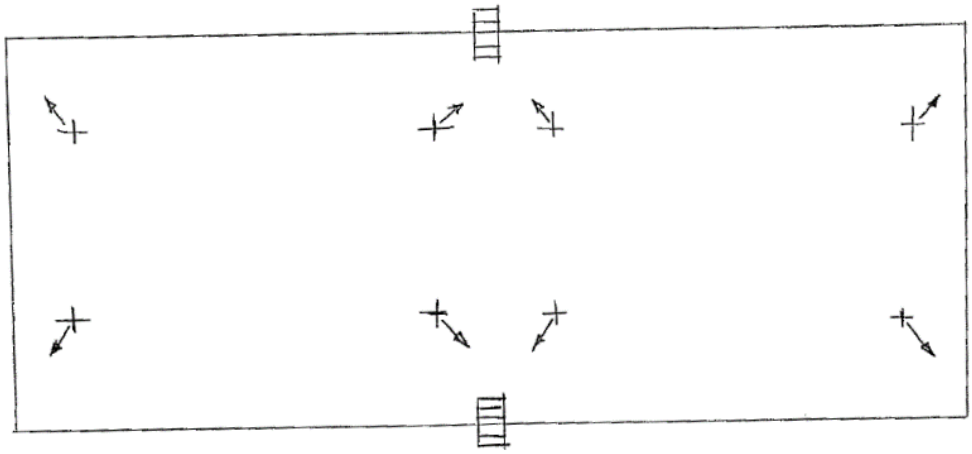
Puntos referenciados

Los valores máximos de los desplazamientos se obtienen en los pilares más próximos a la fachada Norte del edificio. En concreto en el pilar nº 1, los desplazamientos longitudinales relativos al eje en la base son de 11 mm (N -> S) en el punto 2 y de 72 mm (N -> S) en el punto 3. Los desplazamientos transversales en el mismo pilar son 19 mm (O -> E) en el punto 2 y 50 mm (O -> E) en el punto 3.

DESPLOMES EN FACHADA OESTE (medido en mm)				
Nº de Pilar	Desplome 1-2 (mm)		Desplome 1-3 (mm)	
	Long.	Trans.	Long.	Trans.
1	11	19	72	59
2	8	-3	56	28
3	5	-19	42	35
4	3	13	26	38
5	10	10	44	42
6	-2	-16	23	26
7	6	11	17	32
8	4	-18	14	46
9	-3	-2	-6	34
Puerta	-	-	-	-
10	-11	-3	27	-1
11	-7	3	11	0
12	-6	5	17	3
13	-12	0	9	3
14	-7	5	13	17
15	-6	-3	8	-1
16	-7	2	-3	-3
17	2	4	-6	7
18	7	8	-9	-8

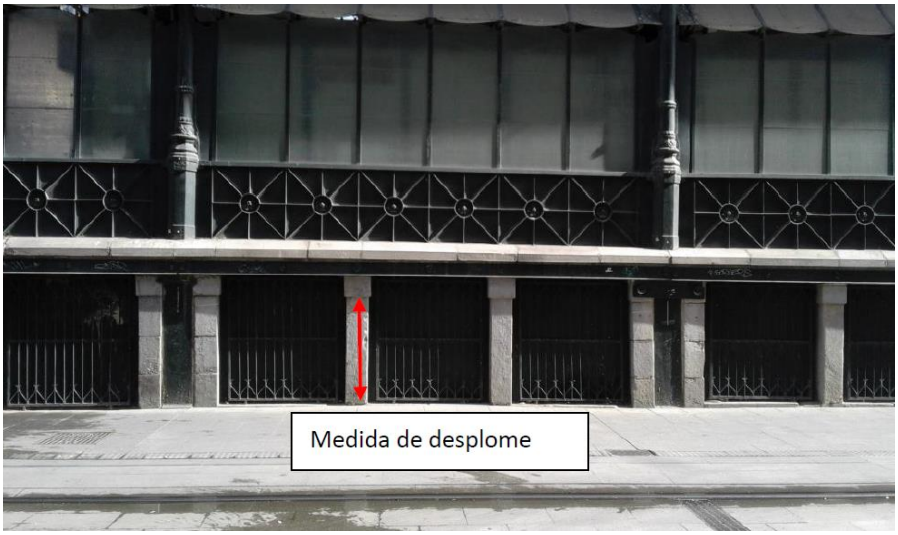
Valores referenciados en el informe de Ensaya

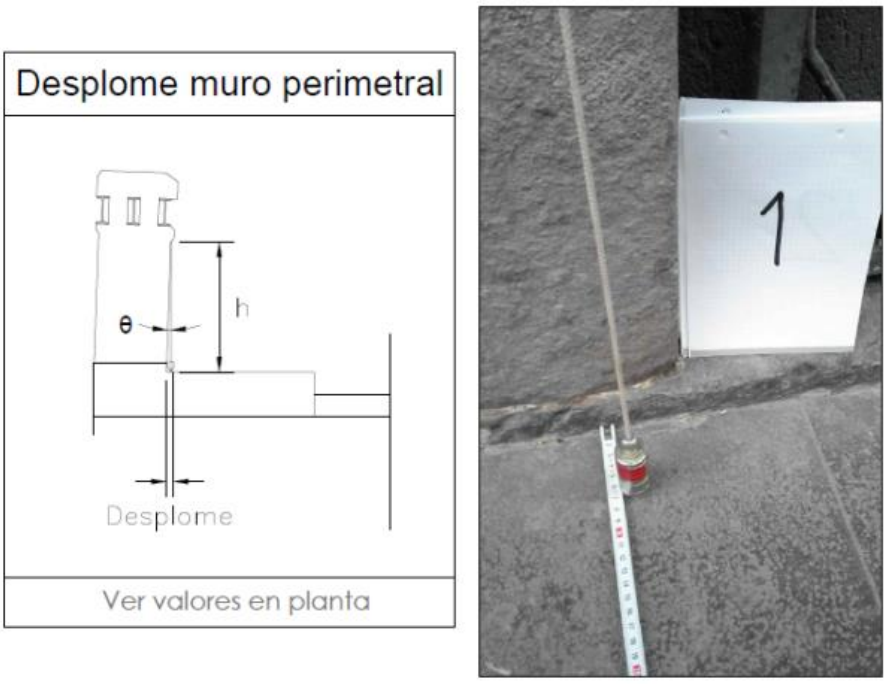
En los pilares interiores se han constatado desplazamientos en sentido radial, tal como se refleja en el siguiente croquis explicativo.



Esquema de desplazamientos de pilares interiores extremos de las naves

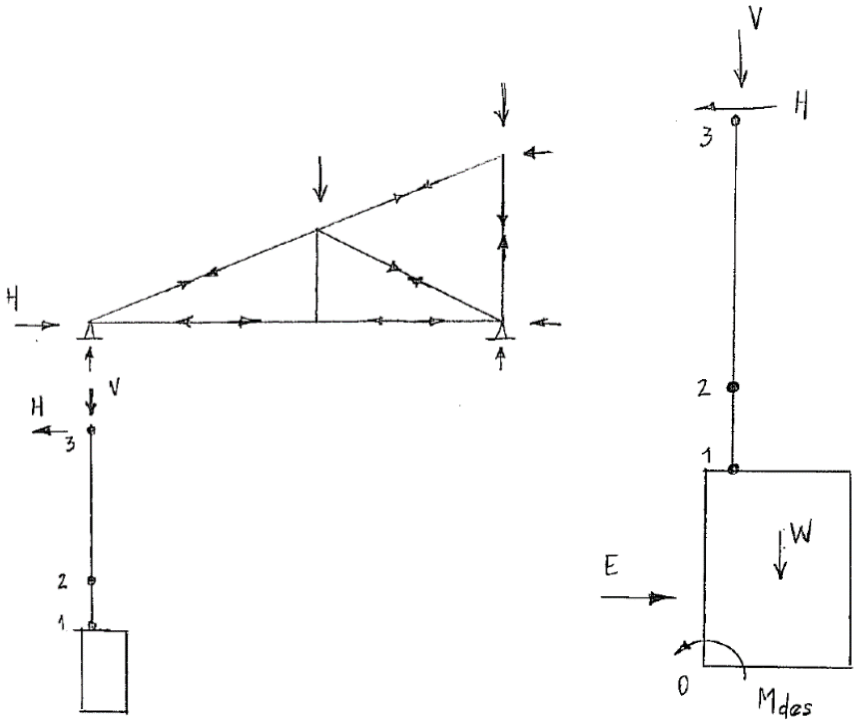
En el muro perimetral, se ha medido desde el exterior del edificio a nivel de calle el desplome de los pilaretes intermedios por debajo del nivel de la viga metálica de zuncho en fachadas Oeste y Este, obteniendose valores de desplome hacia el exterior del edificio con un valor máximo de 40 mm.



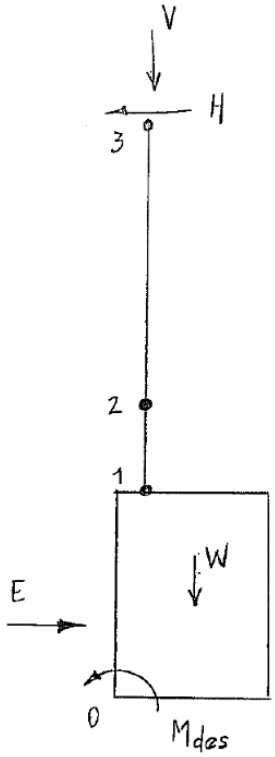


Toma de medidas de desplomes de muro perimetral

En nuestra opinión los desplomes transversales del muro perimetral son debidos a cargas horizontales sobre los pilares o cargas excéntricas sobre la cimentación, generando momentos desestabilizadores que no son compensados con una reacción suficiente del terreno adyacente. Las acciones horizontales pueden ser generadas por cargas verticales de origen permanente o por factores climáticos (viento o nieve) o pueden ser directamente horizontales generadas por acciones de viento.



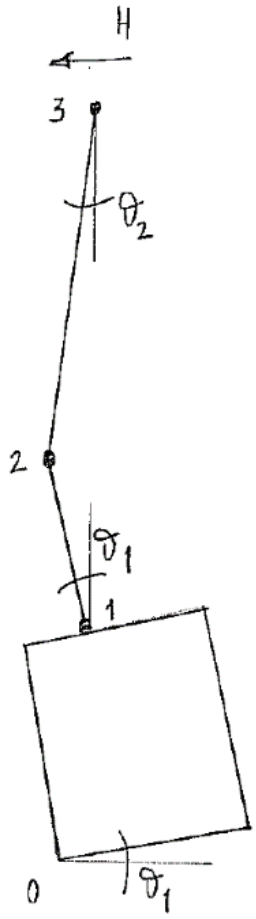
Esquema de hipótesis de origen de desplomes en muro perimetral y pilares de fachada



Esquema de fuerzas sobre el pilar y su cimiento generado por las acciones en cabeza de pilar

Si el momento generado por las fuerzas estabilizadoras (acciones verticales, peso del cimiento y reacción del terreno) es inferior que el generado por las fuerzas desestabilizadoras (acciones horizontales sobre el pilar) se produce un giro del cimiento, explicando así los desplomes hacia el exterior del edificio del muro perimetral que se ha constatado en las inspecciones realizadas.

En general, en los pilares con mayores deformaciones transversales se ha producido un desplome hacia fuera del edificio en el primer tramo (basa del pilar, entre los puntos 1 y 2) y un desplome hacia dentro en el segundo tramo (fuste, entre los puntos 2 y 3).



Esquema de la deformación producida en los pilares de fachada en sentido transversal

En las inspecciones realizadas se ha visto un elemento en la cabeza de la cimentación de algunos pilares que tiene correspondencia entre pilares de las fachadas opuestas.

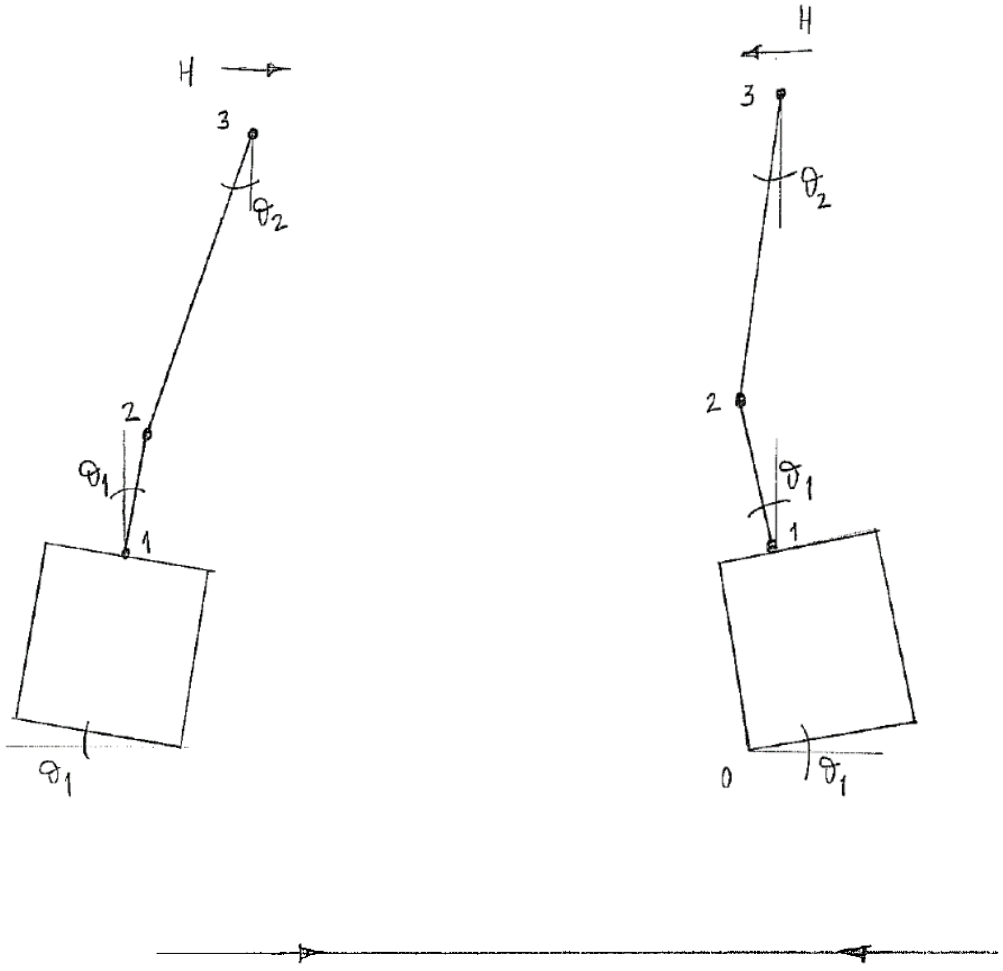
Detalle del anclaje indicado

Creemos que dichos elementos, al tener correspondencia en los pilares que ocupan el mismo número de orden en las fachadas opuestas (Oeste y Este) y encontrarse solamente en aquella zona de pilares donde se han experimentado mayores desplazamientos transversales (mitad Norte del edificio), corresponden a anclajes de algún tirante que se debió colocar posteriormente a

la construcción del edificio, probablemente como medida correctora de estos desplazamientos. No se ha podido contrastar este extremo visualmente.

Creemos que la medida de atirantar acciones horizontales es más eficaz en puntos altos, a la altura de las cerchas de las naves laterales puesto que el momento estabilizador que se genera es mayor. Sobre este aspecto volveremos a tratar en apartados posteriores.

En cuanto a los desplomes longitudinales de los pilares de fachada, según los datos tomados por Ensaya, en la mitad Norte del edificio se producen en sentido Norte -> Sur y en la mitad Sur en sentido Sur -> Norte, según el esquema adjunto.

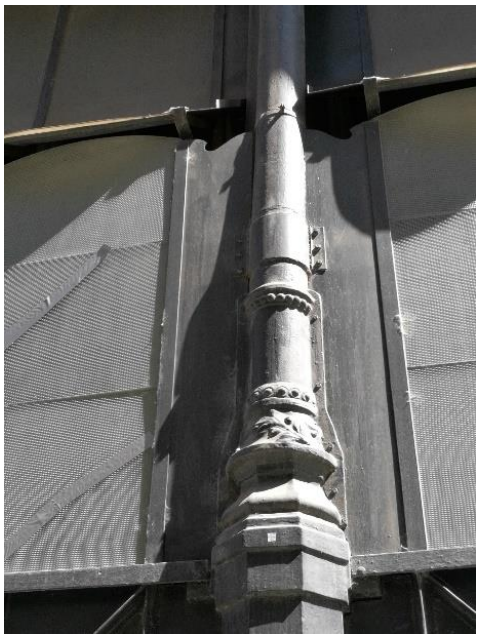


Esquema de los desplazamientos longitudinales medidos en pilares de fachada Oeste

En base a esto, se puede pensar en un origen térmico potenciado por la acción de viento para estos desplazamientos. Consideramos que las naves laterales no tienen un suficiente

arriostramiento longitudinalmente y esto tiene efectos sobre los desplazamientos horizontales y sobre la aptitud frente a pandeo. Por tanto, para aumentar la seguridad en este sentido conviene arriostrar porticos sucesivos, como comentaremos más adelante.

Por último, en las inspecciones de Ensaya se han detectado tres (3) pilares de fachada con el fuste agrietado, todos ellos en la fachada Oeste. Son los que ocupan el número de orden nº 6, 9 y 15, con origen en fachada Norte. Dos de ellos, el 6 y el 9, ya han sido objeto de reparaciones anteriores, mientras que sobre el número 15 no se ha actuado. En este informe se propondrá alguna medida para aumentar la seguridad de los pilares de fachada frente a este tipo de rotura.



Pilares rotos: sobre el de la izquierda se ha actuado y sobre el de la derecha no se ha actuado

9.2. Muro perimetral de sótano

Como se ha indicado en el apartado anterior, se ha constatado el desplome del muro perimetral del sótano hacia el exterior del edificio, tanto en la fachada Oeste como en la Este. Pensamos que el origen de este desplazamiento se encuentra en fuerzas horizontales sobre los pilares, que proceden bien de fuerzas horizontales de viento o fuerzas verticales gravitatorias o climáticas, que producen momentos volcadores no compensados por la reacción del terreno adyacente. Debe existir trabazón entra la cimentación de los pilares por debajo del nivel de sótano y el muro perimetral, trasladándose estos momentos a lo largo del muro.

Las posibles causas de la falta de reacción del terreno pueden ser:

- Falta de tierras en el trasdós del muro, consecuencia de la existencia de una galería de instalaciones, eliminando el empuje pasivo de las tierras que podrían estabilizar el giro del muro.
- Filtraciones de agua de la propia red de saneamiento del edificio, o bien del agua de lluvia a través del encuentro de la acera exterior y la galería de instalaciones, lo que puede provocar una alteración de la capacidad portante del terreno a la cota de apoyo de la cimentación del muro en esa zona. En las pruebas de estanqueidad realizadas no se han observado pérdidas de agua en las bajantes de la cubierta. No se ha comprobado la estanqueidad de la red de evacuación enterrada, pero al parecer el Mercado vierte a un colector central que evacúa hacia el Norte, ya fuera del edificio, por lo que no sería probable que pérdidas en esta red interior afectase a la capacidad portante del terreno perimetral.

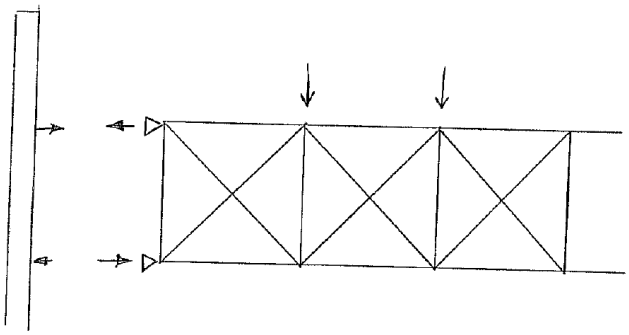
9.3. Anclaje de la estructura al muro testero Norte

En el anclaje de la estructura metálica del edificio a los muros testeros de fachada, se ha detectado el arrancamiento de los mismos, en algunos puntos, especialmente en la esquina Noroeste.

En esta imagen se observa la rotura del anclaje de la riostra longitudinal de la nave central con el muro testero en la esquina Noroeste

En otras esta otra imagen de la esquina Suroeste se aprecia un pequeño movimiento en el anclaje del cordón inferior

Esta patología puede tener un origen térmico, pero también puede estar provocada por fuerzas verticales, tal como se expresa en el siguiente esquema:



Cargas verticales generarían reacciones horizontales en el encuentro con el muro que podrían producir arrancamientos

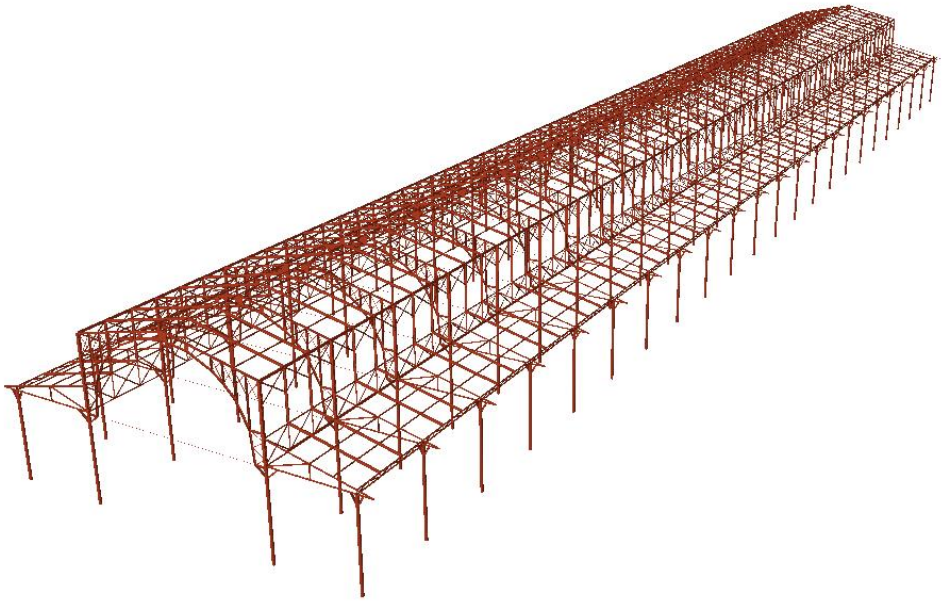
9.4. Oxidación de elementos metálicos

Se han encontrado algunos elementos con un elevado grado de oxidación, fundamentalmente en la base de los pilares de fundición de planta baja y en las viguetas de forjado de techo de sótano, tal como se ha mencionado en apartados anteriores.

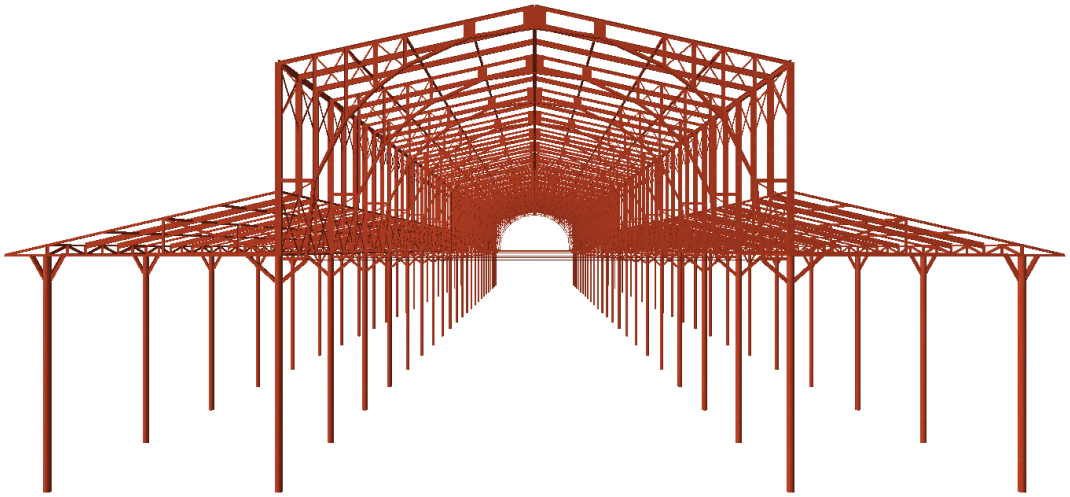
10. COMPROBACIÓN ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO EN SU ESTADO ACTUAL

Con los datos obtenidos de las inspecciones realizadas en cuanto a la geometría y dimensiones de los elementos estructurales y a las características de los materiales utilizados, se ha elaborado un modelo de cálculo de comprobación de validez de la estructura.

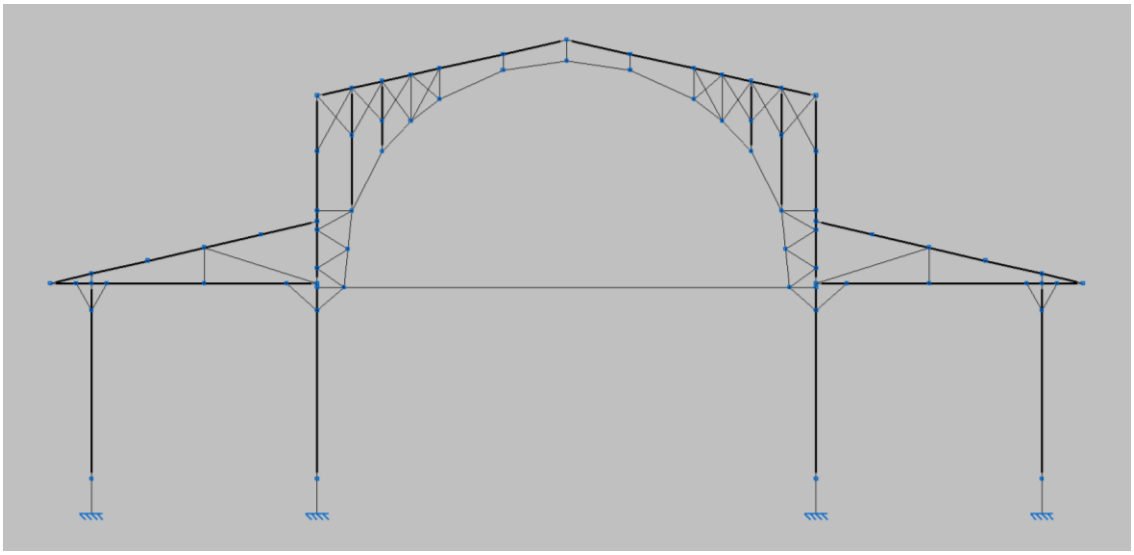
10.1. Estructura sobre planta baja



Vista 3D del modelo analizado.

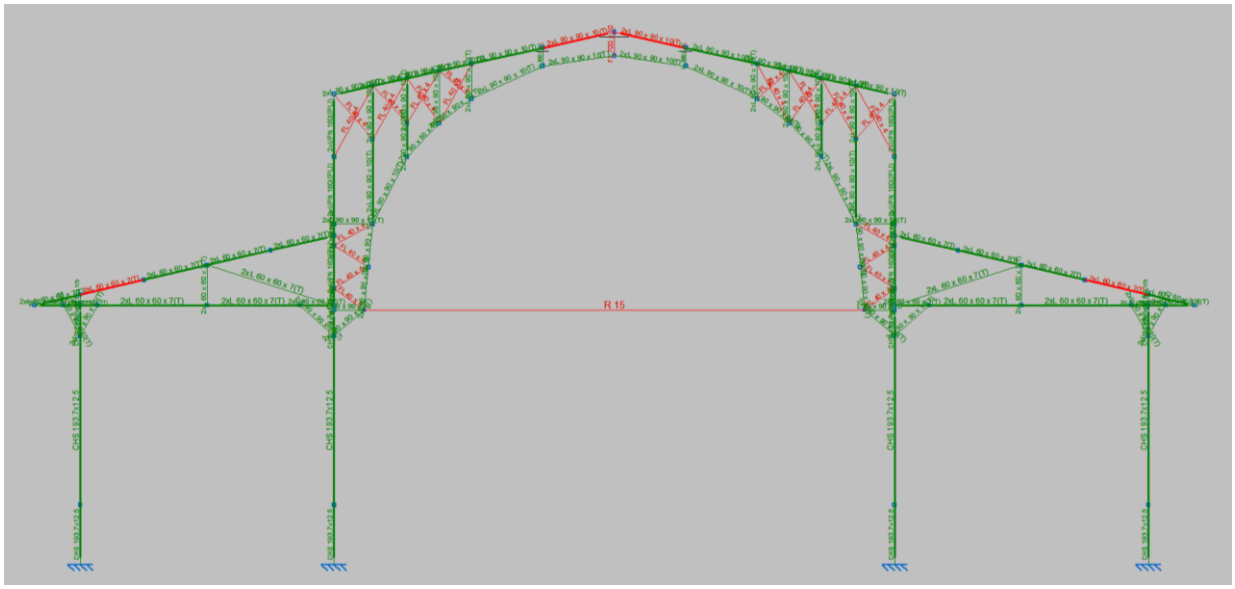


Corresponde a una imagen frontal del modelo analizado.



Esquema del pórtico tipo analizado.

Del análisis realizado de estructura de acuerdo al CTE, se ha podido comprobar como alguna de las barras de los pórticos presenta tensiones de compresión superiores a las admisibles en regimen elástico y con valores inferiores a los de rotura tal y como refleja la imagen que sigue:



En color se muestran las barras con tensiones superiores a las admisibles.

10.2. Estructura de sótano

Para verificar la estructura del forjado de techo de sótano se han considerado junto con el peso propio de la estructura, las cargas del pavimento y las sobrecargas de uso de acuerdo al CTE.

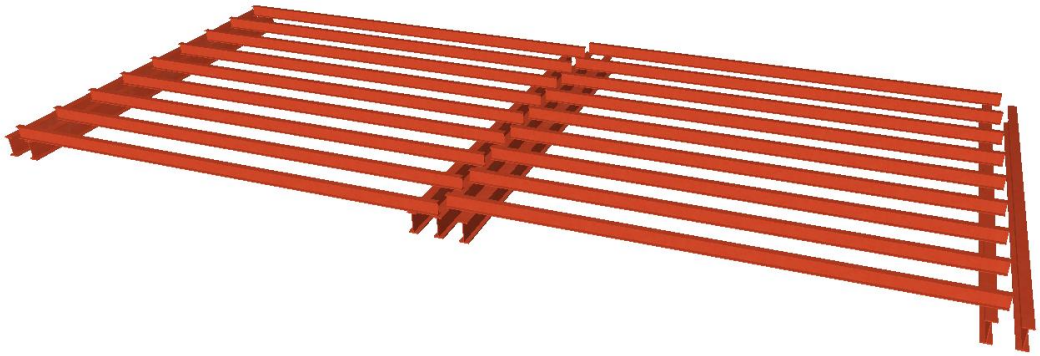
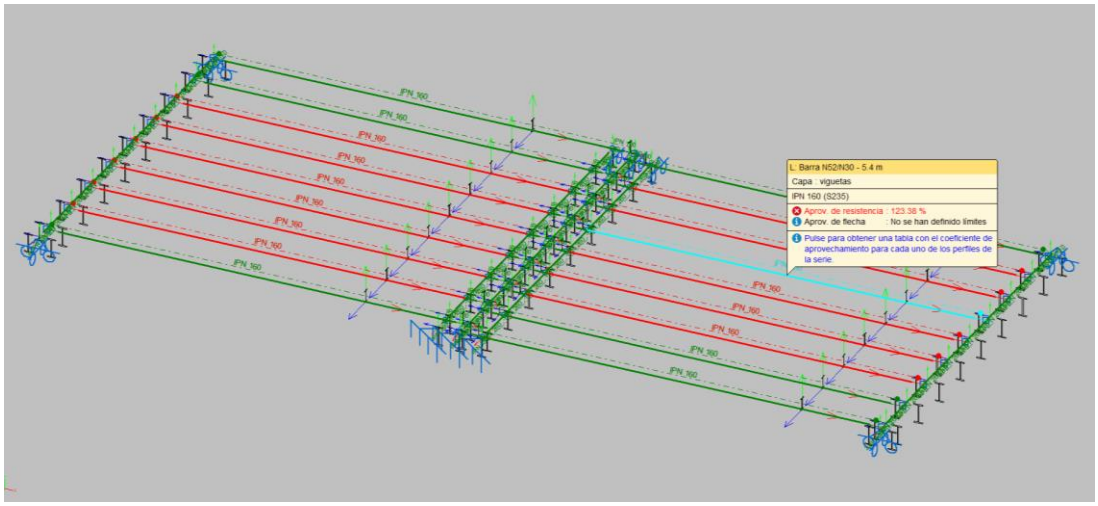


Imagen 1: Esquema del modelo de estructura de forjado analizado.



En color rojo se muestran los perfiles con tensiones superiores a las admisibles.

11. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DETECTADOS

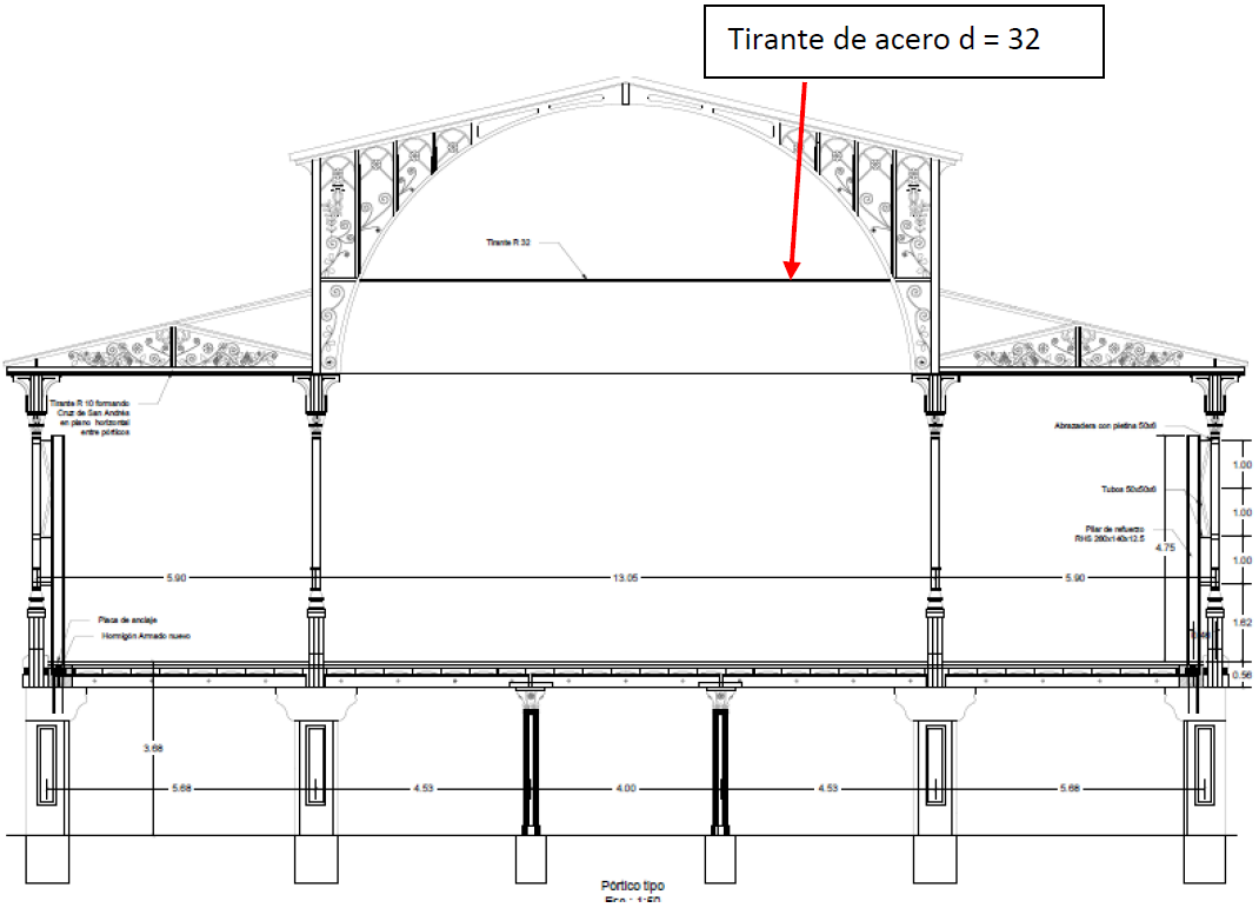
11.1. Estructura sobre planta baja

Del análisis de las patologías analizadas en las inspecciones realizadas y los resultados obtenidos del modelo de cálculo empleado, entendemos que las acciones correctoras deben perseguir los siguientes objetivos:

- Reducir las compresiones en algunos elementos de la estructura: cordón superior del arco central y cordón superior de las cerchas de las naves laterales.
- Reducir la componente horizontal de fuerza que le llega a la cabeza de los pilares de fachada en dirección perpendicular a la fachada (en el plano del pórtico).
- Asegurar los pilares de fachada que se encuentran ya agrietados y dotarles de cierta inercia que permita trabajar de manera más segura frente a acciones horizontales, reduciendo además las posibilidades de pandeo.
- Aumentar el arriostramiento longitudinal entre pórticos en las naves laterales.
- Reparar aquellas partes de la estructura con oxidación evidente.

Para conseguir tales fines, se proponen las siguientes medidas, a desarrollar en la fase de Proyecto de reforma integral del Mercado:

a) Añadir un tirante en el arco de la nave central a la altura de la intersección con el cordón superior de las naves laterales.

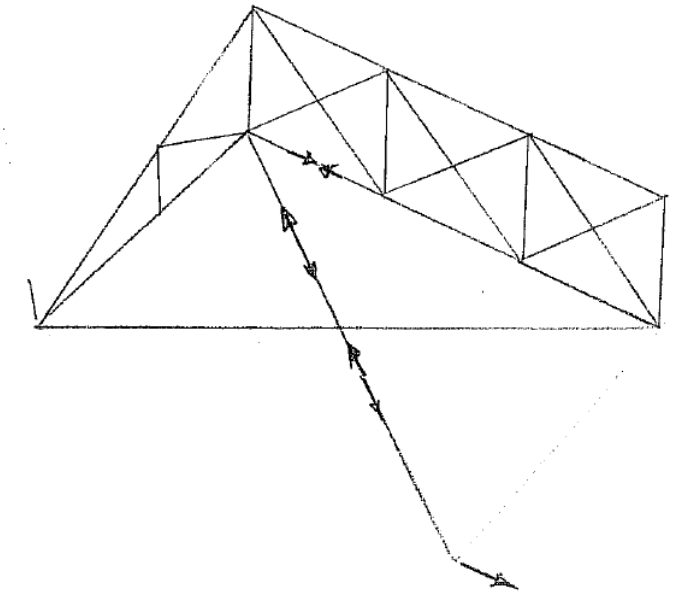


Tirante superior en el arco central

Este tirante reduce el nivel de compresiones en el cordón superior del arco central, en el cordón superior de la cercha de las naves laterales y también reduce la componente horizontal de la fuerza que el arco central transmite a las naves laterales y por tanto de la fuerza horizontal que llega a los pilares de fachada

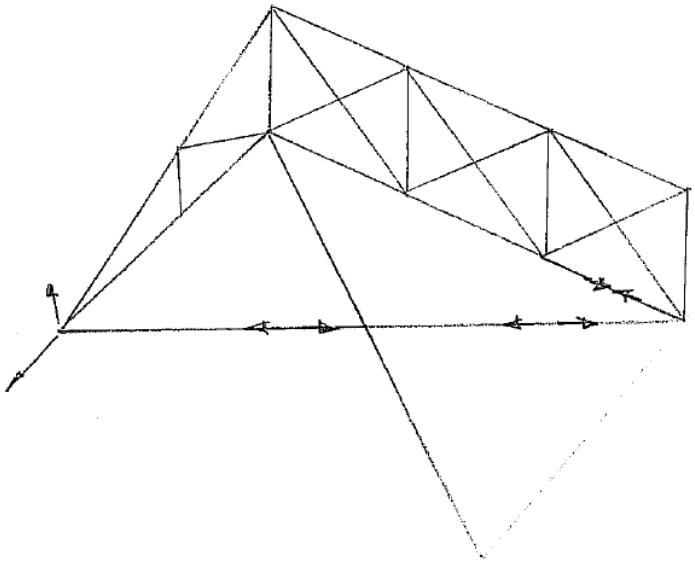
b) Añadir cruces de San Andrés horizontales en las naves laterales formadas por tirantes de acero de 10 mm de diámetro al nivel del cordón inferior de las cerchas.

Con esta medida se consigue solidarizar el trabajo entre pórticos consecutivos en las naves laterales, en colaboración con las vigas laterales de arriostramiento longitudinal de la nave central, disminuyendo los despazamientos longitudinales frente a acciones en este sentido y aumentando la seguridad a pandeo de los pilares de fachada en el plano perpendicular al de los pórticos.

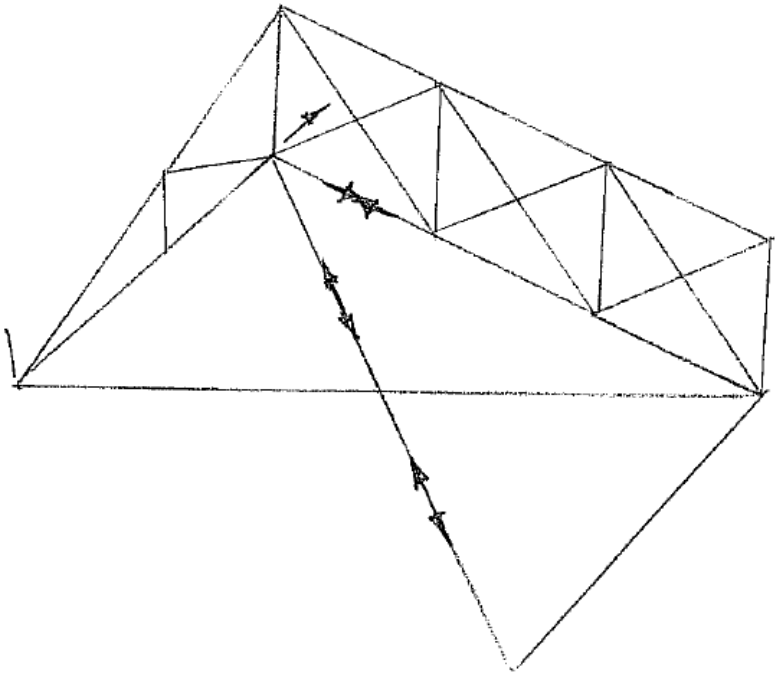


Esquema de funcionamiento de los tirantes frente a acciones horizontales en sentido longitudinal al edificio.

Además, también se consigue la colaboración de las riostras longitudinales de la nave central trabajando frente a acciones horizontales en sentido perpendicular al edificio.

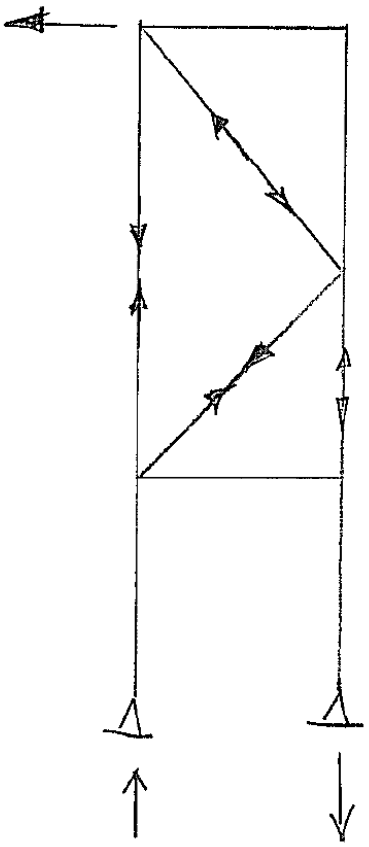


Esquema de funcionamiento de los tirantes frente a acciones horizontales perpendiculares saliendo del edificio



Esquema de funcionamiento de los tirantes frente a acciones horizontales perpendiculares entrando al edificio

c) Colocación de un elemento adicional a los pilares de fachada que proporcionen inercia en el plano del pórtico (perpendicular al plano de fachada).
   Con esta medida se trata de alguna manera de crear una celosía, generando un esquema de barras trabajando fundamentalmente a esfuerzo axil frente a acciones horizontales. Para ello es necesario disponer un pilar paralelo al pilar de fundición existente y unirlos por medio de una serie de diagonales que consigan trasladar las cargas entre ambos por medio de compresiones y tracciones.



Esquema del funcionamiento pretendido con esta medida

En las uniones con el pilar de fundición existente ha de descartarse la soldadura.

En general, la soldabilidad de cualquier fundición presenta dos problemas principales: por un lado la aparición de grietas debido a la casi nula plasticidad del material y a la relación entre sus propiedades físico-químicas y sus propiedades mecánicas. La presencia del grafito en forma laminar constituye un factor que favorece el desarrollo del agrietamiento.

Y por otro lado, la formación de cementita Fe3C (fundición blanca) en la zona fundida, así como en la zona de influencia térmica. Esta formación se produce al quemarse el silicio durante el proceso de soldadura y a la rápida velocidad de enfriamiento del área afectada, un fenómeno conocido como grafitización.

Otros problemas secundarios en la soldabilidad de los hierros fundidos son:

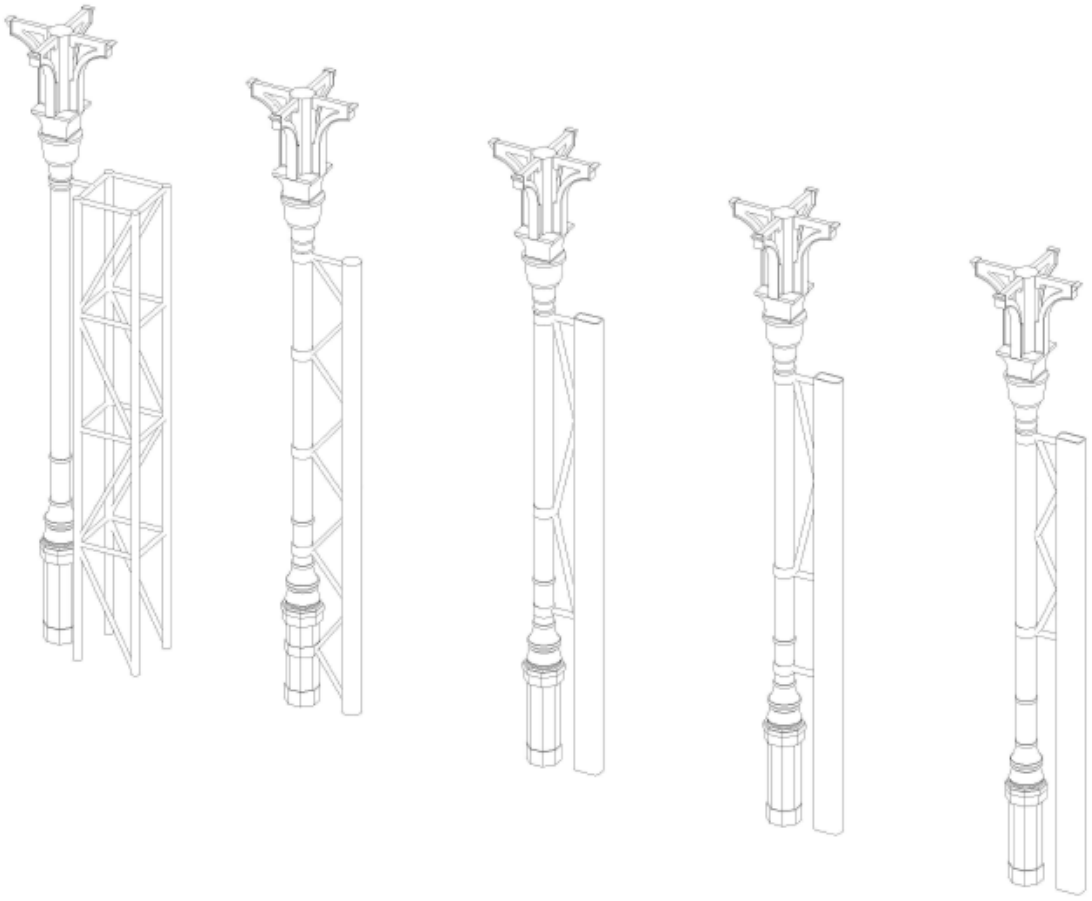
- Formación de poros en la zona fundida por el alto contenido en carbono.
- Falta de adherencia de la soldadura por la presencia de una película refractaria de óxidos de silicio y manganeso producidos durante el proceso de soldadura.

- Dificultad de soldadura en ciertas posiciones, debido a la alta fluidez de los hierros fundidos durante su fabricación.

Se propone colocar pilares de celosia metálica, de acero conformado S-275-JR, interpuestos por el interior de la fachada entre ésta y los puestos del mercado. La unión de las diagonales con el pilar de fundición de produce mediante abrazaderas, que permiten además estabilizar las roturas detectadas en algunos pilares e impedir la aparición de nuevos casos.

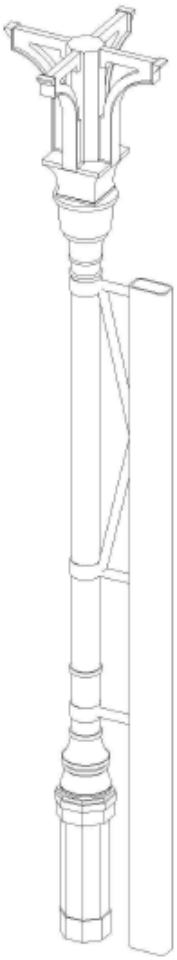
Con esta propuesta de actuación no se altera ni afecta la edificación existente.

Se han planteado diferentes alternativas para conseguir este objetivo:



Diferentes alternativas estudiadas para el refuerzo de pilares de fachada

Nos hemos decantando por la solución que aparece en segundo lugar por la derecha en la imagen anterior por ser, dentro de las que tienen un funcionamiento aceptable, aquella con menor impacto visual.



Solución propuesta definitivamente

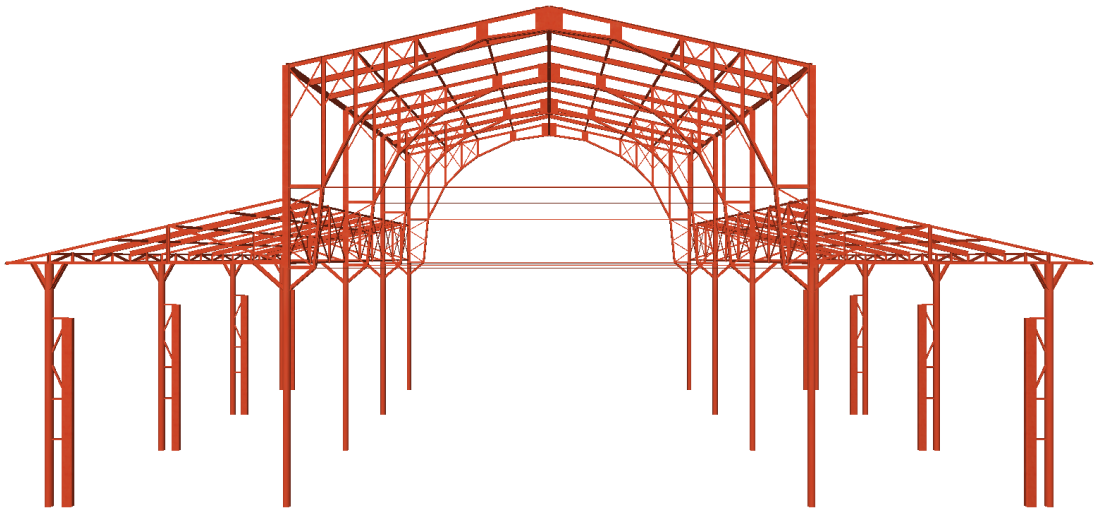
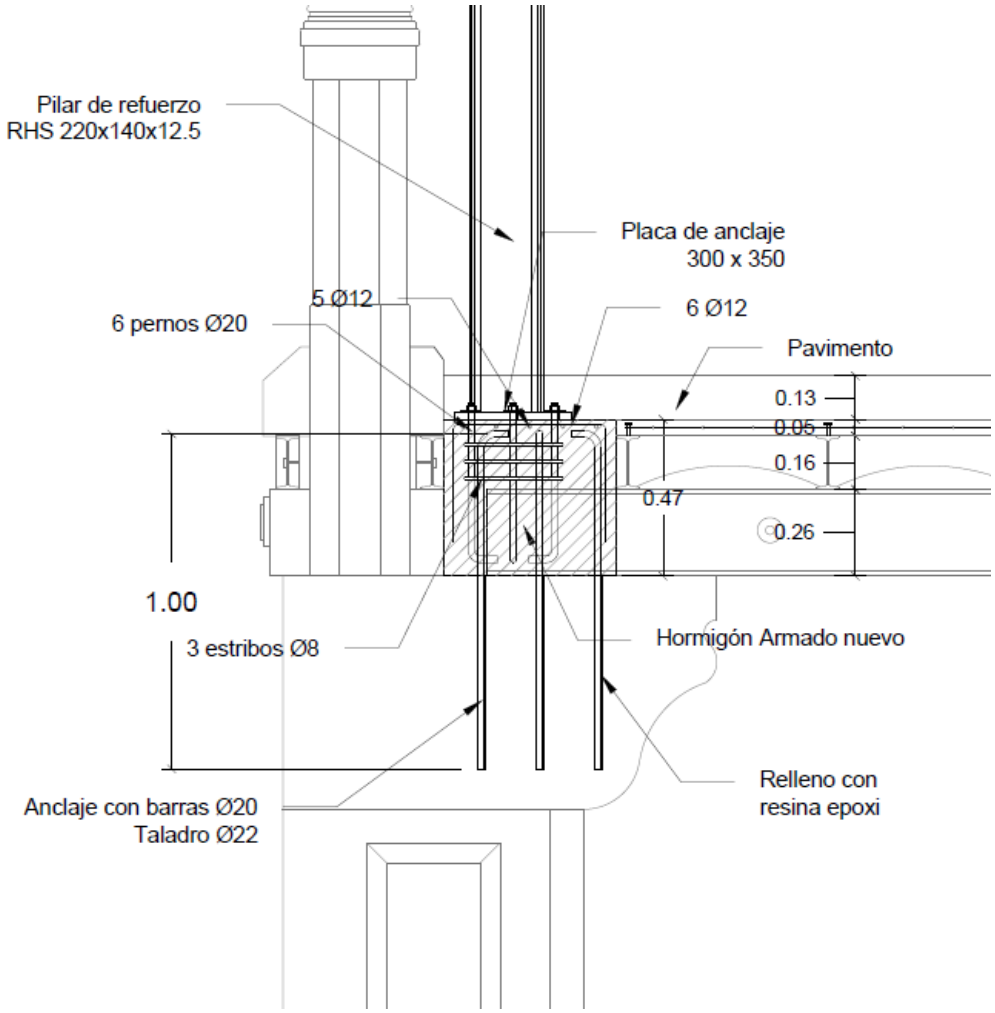


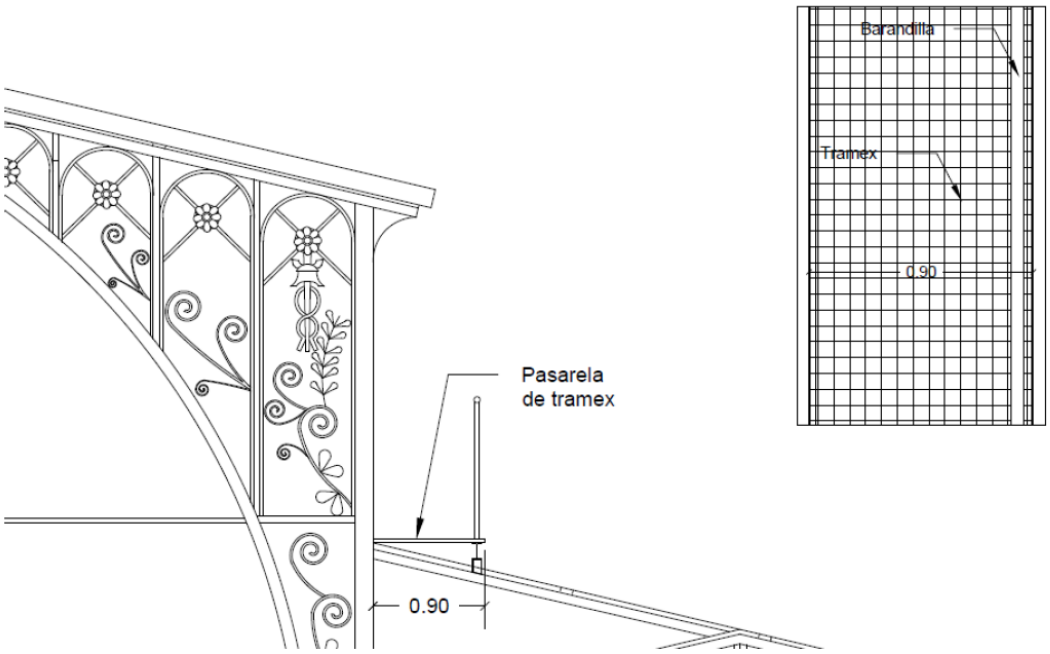
Imagen de las medidas planteadas para la estructura sobre planta baja

La sección del pilar añadido es un tubo rectangular de dimensiones 220 mm x 140 mm y 12,5 mm de espesor y las diagonales son tubos cuadrados de 50 mm y 6 mm de espesor.
La separación entre caras de pilar existente y nuevo pilar es de 15 cm.
La unión del nuevo elemento creado a la cimentación del pilar de piedra de sótano sobre el que apoya el pilar de fundición se lleva a cabo anclando en una pequeña base de hormigón bajo solado que a su vez se ancla en el pilar de piedra.



Sección que muestra la fijación del nuevo pilar de refuerzo

d) Para los arrancamientos de las riostras longitudinales producidos en los muros testeros, no se plantean medidas no englobadas en las anteriores, salvo la reparación de la zona afectada.
e) Colocar unas pequeñas pasarelas de tramex en cubierta de 0,90 m de ancho para tareas de mantenimiento.



Pasarela sobre cubierta para mantenimiento en ambos lados

f) Por último, se plantea una medida muy básica como es recoger en el futuro Proyecto de reforma integral del Mercado la reparación de aquellas partes de la estructura donde se evidencia la presencia de oxidación, que en el caso de la estructura sobre planta baja es fundamentalmente en la base de los pilares.

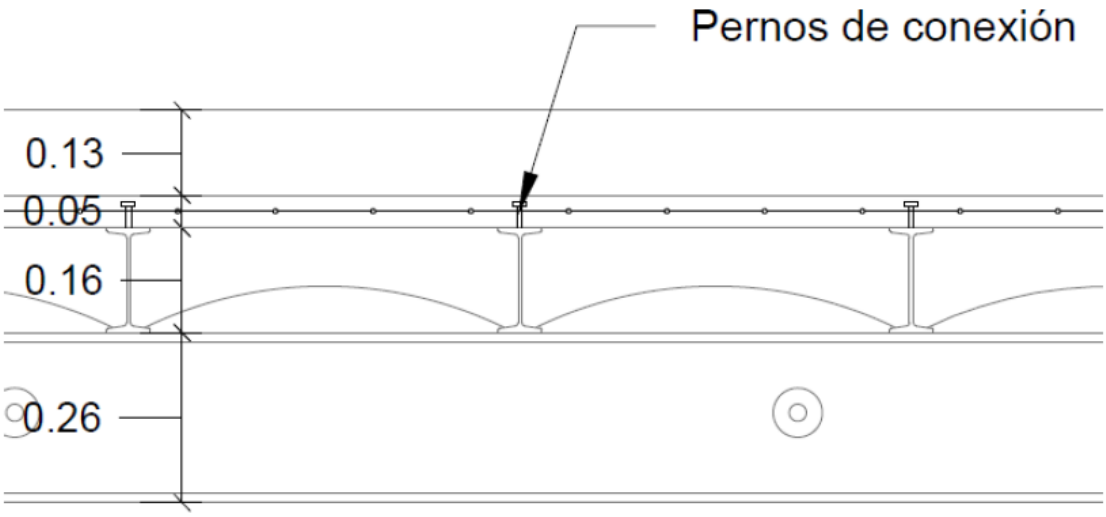
11.2. Forjado de sótano

En el caso del forjado del techo de sótano el objetivo es reforzar el forjado existente, proporcionando incercia al trabajo de flexión, tratando de afectar lo menos posible al forjado existente y que esta actuación tenga la menor repercusión posible en el coste y el plazo de la reforma integral.

Para ello se propone lo siguiente:

a) Desmontar desde la planta baja del edificio (cara superior del forjado) el solado existente y la capa de hormigón sobre las viguetas que no tiene actualmente conexión con las mismas, sin afectar al relleno del entrevigado ni al rasillón que soporta dicho relleno. Hecho esto se soldarán pernos de conexión en el ala superior de las viguetas doble T existentes y posteriormente se hormigonará una capa de hormigón armado sobre toda la superficie del forjado, creando así una sección mixta.

En fase de obra y una vez se tenga acceso a la cara alta de todas las viguetas del forjado se deberán de realizar una revision al objeto de verificar el posible grado de oxidación y valorar la necesidad de sustitución de alguna de las viguetas si fuera necesario.



Detalle de solución propuesta para forjado

b) Recoger en el proyecto de reforma integral la reparación de todas aquellas zonas oxidadas que se encuentren accesibles.

11.3. Comprobación estructural de las medidas adoptadas

Una vez tomadas las medidas descritas se ha modificado el modelo de cálculo, para comprobar el correcto funcionamiento de las mismas.

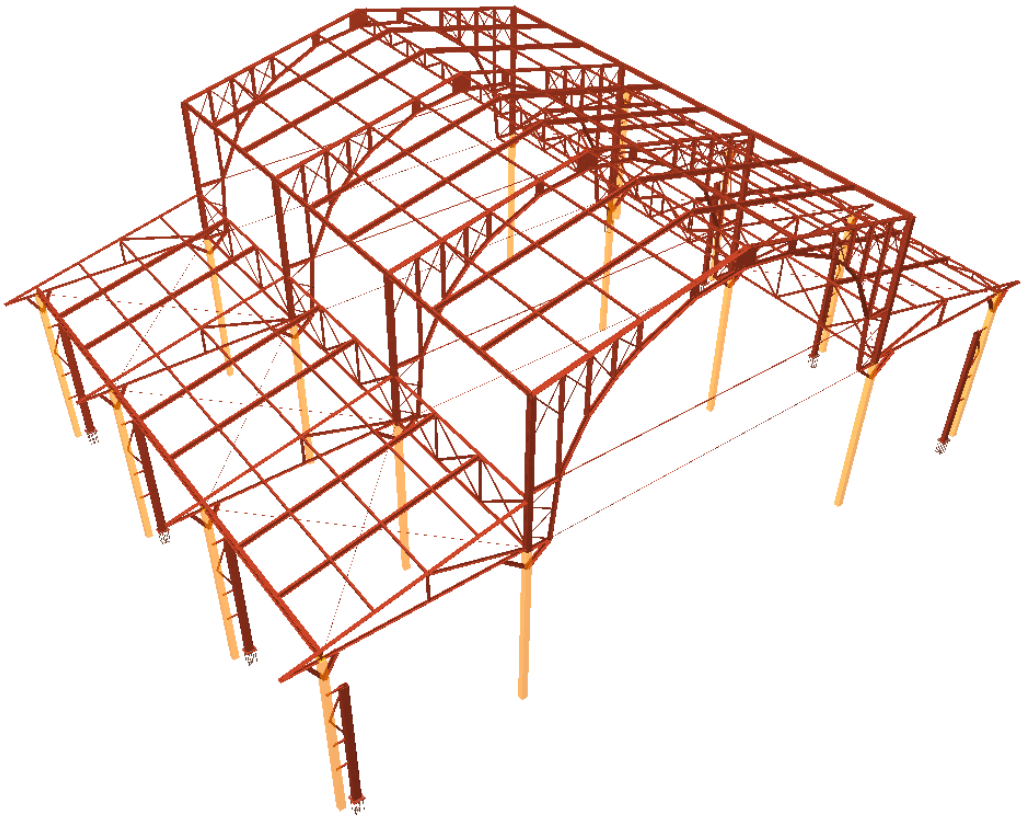


Imagen del modelo estructural

12. CONCLUSIÓN

El Mercado Central de Lanuza, de la ciudad de Zaragoza fue diseñado por el arquitecto Félix Navarro en 1895 e inaugurado en 1903.

El edificio tiene dos plantas, sótano y planta de mercado. Ésta es de estructura basilical de tres naves, separadas por columnas metálicas que tienen el fuste anillado y capitel cúbico de tradición granadina. Se alza sobre una plataforma con escalinatas en los testeros y en el centro de las líneas laterales.

En febrero de 2017, el Ayuntamiento de Zaragoza, a través de Mercazaragoza, encarga a las empresas Pérez Benedicto Ingenieria, S.L. y Laboratorio de Ensayos Técnicos, S.A. (Ensaya), un estudio de las patologías de la estructura del Mercado Central, así como de las propuestas de reparación y predimensionamiento de soluciones a adoptar, como paso previo al desarrollo de los Proyectos Técnicos para acometer la Reforma Integral del Mercado Central.

A lo largo de los meses de febrero, marzo y abril se han venido realizando labores de inspección del estado actual de la estructura por personal de las empresas encargadas.

Los trabajos llevados a cabo han consistido fundamentalmente en:

- Conocimiento del tipo de elementos estructurales que componen el edificio, al objeto de poder realizar un modelo del comportamiento estructural.
- Verificación de la geometría del edificio.
- Identificación de anomalías estructurales (desplomes de pilares, muros de fachada, etc.) a fin de conocer posibles patologías en el comportamiento estructural.
- Identificación del estado de conservación de los elementos estructurales.
- Comprobación estructural.
- Reconocimiento del terreno y estructura de cimentación.
- Comprobación de la estanqueidad de la red aérea de saneamiento.

De las inspecciones realizadas se extraen las siguientes conclusiones:

La estructura sobre planta baja está compuesta por elementos lineales de acero asimilable a S 235, excepto en los pilares, tanto de nave central como de fachada, cuyo material es fundición gris con una resistencia estimada de 150 MPa.

En general, su grado de conservación es aceptable, salvo en algunas zonas en la base de pilares donde se ha apreciado un alto grado de oxidación.

En el muro perimetral de sótano se ha producido un desplome hacia el exterior del edificio en ambas fachadas, observado a nivel de calle.

Los pilares de fachada tienen desplomes y deformaciones transversalmente al edificio ocasionadas por acompañamiento de la base del pilar a un movimiento del mismo sentido que el del muro de sótano. Las deformaciones más importantes se encuentran en la mitad Norte de la fachada Oeste. Alguno de esos pilares tiene zonas agrietadas, incluso con reparaciones practicadas en algún momento, colocando abrazaderas sobre zonas con roturas.

El origen de tales movimientos lo encontramos en fuerzas horizontales transversales al edifcio en cabeza de pilar y posibles cargas verticales excéntricas.

Para reducir dichas cargas horizontales y su efecto sobre los pilares de fundición de las fachadas se propone por un lado colocar un tirante de acero adicional de unos 32 mm de diámetro en el arco central a la altura de la intersección con el cordón superior de las cerchas de las naves laterales. Por otro lado, se propone crear una estructura de celosía en los pilares de fachada, añadiendo un pilar de acero S 275 paralelo al existente por el interior del edificio y diagonales trabajando a compresión y tracción de modo que se consiga un elemento con inercia a flexion en su plano, con elementos trabajando a esfuerzo axil. La unión de las diagonales al pilar de fundición se realiza mediante abrazaderas, por los problemas que plantea la soldadura. Con esta solución creemos que no se altera la edificación existente, se proporciona capacidad de flexion en el plano del pórtico, se reducen los efectos del pandeo y se estabilizan elementos fisurados en los pilares de fundición existentes.

También tienen los pilares de fachada desplomes longitudinalmente al edificio en sentidos opuestos en la mitad Norte del edificio y en la mitad Sur.

El origen de tales movimientos en nuestra opinión se debe a efectos térmicos incrementados por la acción del viento y se producen por el escaso arriostramiento que tienen las naves laterales.

Como medida correctora se propone colocar cruces de San Andrés horizontales formadas por tirantes de acero de 10 mm de diámetro entre pórticos consecutivos, generando un arriostramiento entre ellos, de manera que el trabajo sea más solidario haciendo colaborar también a las celosías de arriostramiento longitudinal de la nave central. Esta medida contribuye además a reducir los efectos del pandeo en el plano perpendicular al portico.

En el encuentro de las celosías de arriostramiento longitudinal de la nave central y los muros testeros se han localizado dos zonas con arrancamiento de la pared de ladrillo. Esta patología es,

con toda probabilidad, de origen térmico y no se plantea una medida correctora específica aparte de la reparación de las zonas afectadas. Será también necesario contemplar en el Proyecto de reforma integral la reparación de las bases de pilares oxidadas.

El forjado de techo de sótano se ha inspeccionado en las zonas vistas por su cara inferior, desde el sótano, y en algún punto por la cara superior, retirando el solado en uno de los puestos que en la actualidad está sin uso. Se trata de un forjado unidireccional en sentido longitudinal al edificio formado por vigueta de acero de sección doble T con separación de 0,60 m entre si. El entrevigado se salva con rasillón cerámico recubierto con un relleno indeterminado. Sobre las viguetas hay una capa de unos 5 cm de hormigón ligeramente armado sin conexión con las viguetas. En algunas zonas, las viguetas de acero tienen un alto grado de oxidación. Las viguetas tienen un apoyo simple sobre jácenas transversales, formadas también con vigas de acero de sección doble T. De la comprobación de la seguridad estructural del forjado de acuerdo con el CTE se desprende la necesidad de proceder al refuerzo del mismo. Al objeto de que la actuación a llevar a cabo tenga la menor influencia posible en el coste y en el plazo de la reforma integral, se plantea descubrir el solado y la capa de hormigón sobre viguetas, que actualmente no está conectada con ellas, y sin retirar el relleno del entrevigado, soldar unos pernos metálicos de conexión en las alas superiores de las viguetas para hormigonar posteriormente sobre ellas una capa de hormigón armado, generando una sección mixta.

Por otro lado en el Proyecto de reforma integral será necesario prever la necesidad de reparar las zonas con oxidaciones visibles desde el sótano.

Otra de las inspecciones realizadas ha sido la estanqueidad de la red aérea de saneamiento, comprobándose que en general las canales de cubierta se encuentran con un grado de limpieza deficiente, oxidación en algunas uniones de canales y pérdidas en la conexion con las bajantes de PVC. En las bajantes, en general no se detectan fugas de agua. En este sentido, se recomienda contemplar en el Proyecto de reforma integral alguna pasarela de acceso a la cubierta por el exterior para realizar tareas de mantenimiento.

Por ultimo, se ha realizado una campaña de reconocimiento del terreno y estructura de cimentación a través de un sondeo en el exterior del edificio, tres testigos en el sótano junto a pilares y dos catas junto a pilares.

De dicha campaña se concluye que en el entorno existe un nivel superficial de relleno antrópico de baja consistencia y un nivel inferior de gravas cuaternarias de compacidad alta o muy alta, sobre el que está cimentado el edificio, por medio de zapatas cuadradas de ladrillo, de 1,05 x 1,05 m

para los pilares con continuidad en planta baja y de 0,95 x 0,95 m para los pilares de sótano exclusivamente. No se ha encontrado cimentación para el muro perimetral del sótano, que es un muro de ladrillo directamente apoyado sobre las gravas. La tensión admisible del terreno al nivel de cimentación se estima en 8,6 kg /cm^2, superior a las tensiones que transmite la estructura y los asientos estimados también se consideran admisibles. Por lo que la estructura de cimentación del edificio es adecuada sin necesidad de actuaciones para la nueva propuesta de reforma.

Con todo lo anterior se consideran cubiertos los objetivos planteados inicialmente de conocer el estado actual del edificio, determinando las patologías existentes y planteando las medidas correctoras a recoger en el futuro Proyecto de reforma integral del Mercado Central.

Zaragoza, abril de 2017
Los ingenieros autores del Informe

Miguel Ángel Morales Arribas
Ingeniero de Caminos

José Ángel Pérez Benedicto
Dr., Ingeniero Civil

Anejo nº 1. Informe de Ensaya. Estudio técnico sobre el estado de la estructura del Mercado Central de Zaragoza.

ESTUDIO TÉCNICO
SOBRE EL ESTADO DE LA ESTRUCTURA
DEL MERCADO CENTRAL DE
ZARAGOZA

Cuarte de Huerva (Zaragoza), marzo de 2007

Este Informe es propiedad intelectual de LABORATORIO DE ENSAYOS TÉCNICOS.
No podrá ser reproducido parcialmente de forma que su contenido pueda cambiar el sentido de lo que se expone.

ÍNDICE

1.- INTRODUCIÓN.

2.- TRABAJOS REALIZADOS.

- **2.1.- Inspección visual de la estructura.**
- **2.2.- Estructura.**
  - **2.2.1.- Cimientos**
  - **2.2.2.- Pilares**
  - **2.2.3.- Forjado techo sótano**
  - **2.2.4.- Estructura de la cubierta**
  - **2.2.5.- Materiales**

3.- MOVIMIENTO DE PILARES LATERALES

4.- PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD EN CANALONES Y BAJANTES.

- **4.1.- Introducción.**
- **4.2.- Objeto.**
- **4.3.- Metodología.**
- **4.4.- Prueba de estanqueidad.**
- **4.5.- Conclusiones.**

ANEJOS

ANEJO I.- **Situación puntos de investigación.**
ANEJO II.- **Fichas de inspección.**
ANEJO III.- **Ensayos de tracción.**
ANEJO IV.- **Coordenadas topográficas Pilares. Año 2.017.**
ANEJO V.- **Coordenadas topográficas Pilares. Año 2.007.**

1.- INTRODUCCIÓN

El peticionario, Mercazaragoza, nos encarga la realización de un estudio técnico sobre el estado actual de la estructura del edificio del Mercado Central de Zaragoza, ubicado en la Avenida César Augusto de Zaragoza.

Fundamentalmente se trata de realizar un análisis para conocer la estructura, la manera en la que está construida, la calidad de los materiales, las dimensiones de los elementos estructurales, sobre todo todos los perfiles que la componen, las columnas o pilares que soportan el forjado del techo de la planta sótano o suelo de la planta baja y las cerchas, vigas y correas que soportan la cubierta.

Para determinar el estado de la nave se han realizado los trabajos que se describen en el siguiente capítulo.

También tomamos información de dos informes anteriores realizados por ENSAYA, para el Ayuntamiento de Zaragoza y para el ingeniero Don Luis Dehesa, en los años 2.006 y 2.007.

2.- TRABAJOS REALIZADOS

2.1.- Inspección visual de la estructura

Entre los días 27 de febrero y 10 de marzo del presente año, se han realizado una serie de visitas de inspección al citado edificio que se inscribe entre los que corresponden a una fase premodernista en la que todavía se acusan huellas de estilos artísticos históricos. Su arquitecto, Félix Navarro, lo diseña en 1895 y fue inaugurado en 1903.

En su construcción se utilizó la misma técnica del armado metálico que en la torre Eiffel. El edificio tiene dos plantas (sótano y planta del mercado), la superior es de estructura basilical de tres naves, separadas por columnas metálicas que tienen el fuste anillado y capitel cúbico de tradición granadina. Se alza sobre una plataforma con escalinatas en los testeros y en el centro de las líneas laterales. Su elemento estructural básico, el hierro, fue fundido en los talleres zaragozanos Pellicer y Juan.

Estructuralmente, el edificio se resuelve mediante pórticos transversales al edificio de tres vanos, el central de 13,10 m de luz, resuelto mediante un gran arco y dos laterales de 5,90 m resueltos mediante cerchas de doble vertiente, que no están trianguladas.

Los pórticos se arriostran en su plano perpendicular mediante cerchas rectangulares también de acero.

La estructura objeto de estudio está compuesta por pilares de fundición, provistos de capitel. Sobre los pilares, unas estructuras metálicas en forma de “U” sirven de apoyo para las jácenas. Estos pilares son circulares y la sección es variable, siendo en la base de mayor diámetro que en la zona de capitel.

Como ya indicamos en informes anteriores la estructura del Mercado Central está construida en 1.903, por lo que entonces no existían una perfilería normalizada tipo IPN. Se ha investigado la documentación que existía en aquella época, encontrándose que los perfiles empleados, coinciden aproximadamente con los descritos en el Prontuario de Altos Hornos de Vizcaya, publicado en 1.913 (3ª Edición), aunque no son exactamente los mismos.

En el Anejo nº2, se dan con detalle las fichas de todos los elementos inspeccionados y que han servido para dar las dimensiones de todos los componentes que forman la estructura principal.

A continuación se detalla cada uno de los elementos de la estructura:

2.2.- Estructura

2.2.1.- Cimientos

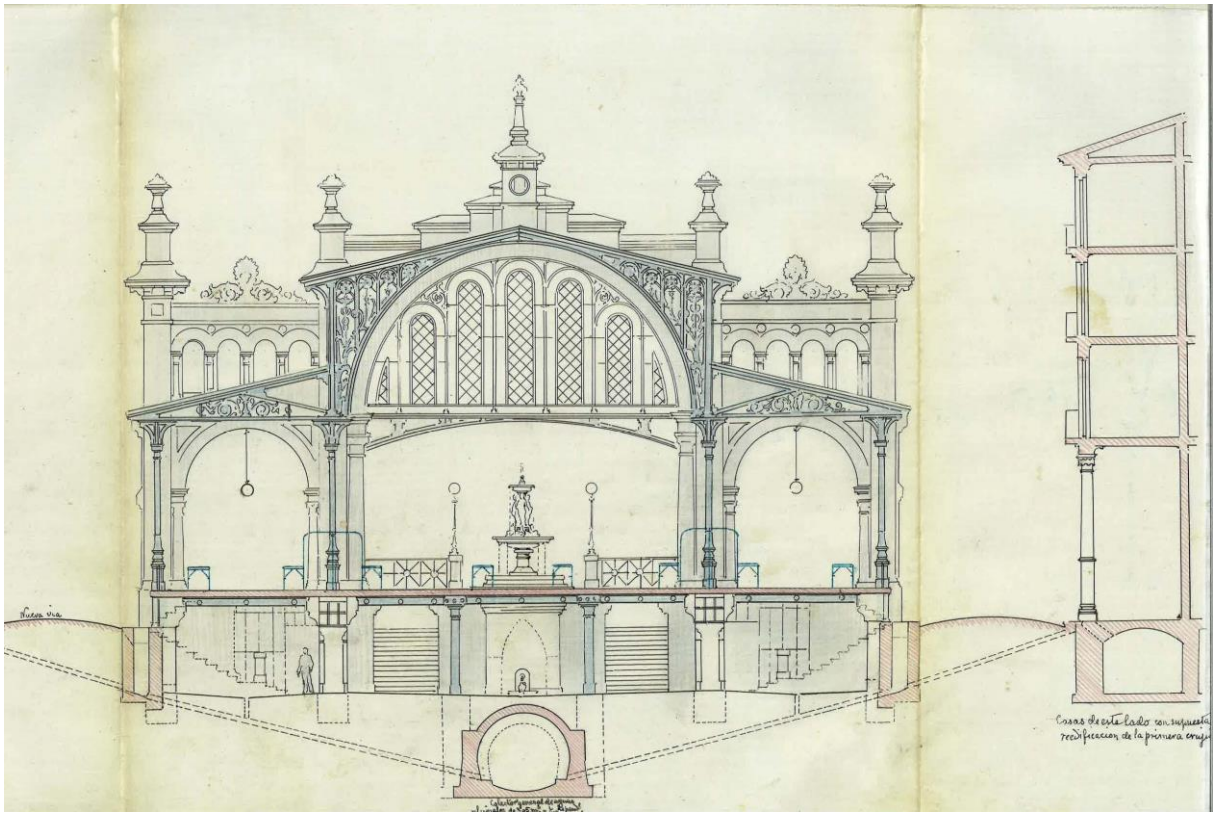
Se han realizado varios testigos de hormigón para ver las dimensiones de las zapatas tanto en muro, en la zona interior del edificio, como en un pilar de la planta sótano. En principio se realizaron los testigos buscando las hipotéticas zapatas que pudieran trasmitir presiones moderadas al terreno, no encontrando más que una solera de unos 20 cm. En estos agujeros se hincaron barras, por si pudiera existir una zapata a menor cota, no encontrándose ninguna capa de hormigón en toda la longitud de la barra (aproximadamente 1,50 metros).

Estos mismos testigos se han realizado en los laterales de las bases de los pilares, lo más cercanos posibles, y tampoco se ha encontrado zapata que sobresalga a los pilares, por lo que todo apunta a que la zapata tiene las dimensiones de los pilares, con el recrecido de piedra existente en el sótano, es decir de unos 90 centímetros de ancho.

La misma operación se ha realizado en los muros y no se ha encontrado, al menos en la parte interior, en el edificio, ningún hormigón que parezca que pueda representar la zapata de muro.

Por las fotografías antiguas existentes de la construcción, parece que no existían cimientos más allá del empotramiento de los elementos constructivos, es decir de la anchura del propio muro y del propio pilar.

Los planos de sección, tampoco indican un recrecido de los apoyos en forma de zapata tradicional.



No obstante y para mayor seguridad, y tras solicitar permiso a MERCAZARAGOZA, los días 7 y 11 de abril, se contrató con la empresa Construcciones Montañés, S.L. para realizar unas calicatas manuales en los pilares donde anteriormente habíamos extraído los testigos de hormigón.

Primero se realizó una cata en el pilar de cuarto de instalaciones, en la alineación más cercana al muro oeste (lado tranvía). Se excavó hasta 1,65 metros y clavando una barra de acero, se comprobó que no existía tampoco zapata a mayor profundidad. Si que se observó que en el empotramiento bajo solera, había un recrecido, lo que se puede cifrar la sección del cimiento entre 1,05 x 1,05 y 1,10 x 1,10 metros.

Posteriormente, se realizó otra cata en el pilar de cuarto donde se guardan las “traspaletas”, en las alineaciones centrales, es decir los pilares que no soportan más que el forjado del techo de la planta sótano. Se excavó, también hasta 1,65 metros y en este caso se observaron muros de ladrillos a mayor profundidad trabados con la cimentación del propio pilar. Esto debe corresponder con la sección original indicada anteriormente, donde el pilar y la obra del colector, tienen una conexión a nivel de cimentación.

2.2.2.- Pilares

Pilares Sótano

Los pilares de la planta sótano en estos momentos no son accesibles y no se han podido observar, con excepción de los pilares de las escaleras laterales.

No obstante por fotografías antiguas, todos los pilares que sujetan el forjado y no tienen continuación en la planta baja son circulares e idénticos. Los pilares de separación de naves y que si tienen continuidad en planta baja son rectangulares y también idénticos

Pilares Planta Baja

Los pilares de la planta baja, son idénticos en cuanto a dimensiones de su fuste, pudiendo cifrarse en pilares circulares de diámetro 19 centímetros.

No se han podido medir los espesores de la pared del pilar con el medidor Krautkrammer, al no poder tarar el cero, por lo que se han perforado, midiendo directamente el espesor. Pues bien, los espesores obtenidos en las 4 inspecciones realizadas han dado valores distintos siendo de entre 16 y 30 milímetros (16; 17; 21 y 30 mm).

Los pilares interiores, de las alineaciones que separan la nave central de las laterales, son todos idénticos, a excepción de los pilares 10 y 11 de ambas alineaciones, la este y la oeste. Estos pilares están en las zonas de las entradas y escaleras laterales.

Todos los pilares tienen un fuste igual, de unos 2,50 metros, como hemos indicado de diámetro 19 cm y espesor variable (mínimo observado 16 mm). Las diferencias entre los pilares de la zona de escaleras y el resto está en la decoración, capiteles más amplios y en la base, de forma octogonal (aproximadamente con un circulo inscrito de 35 cm), con más o menos refuerzos.

Los pilares en las alienaciones de fachadas, apoyan sobre otros rectangulares del sótano y son los que aparentemente han tenido mayores patologías observándose claramente como

han perdido la verticalidad de manera muy importante. En un anejo del presente informe, se dan las cotas topográficas y la variación con respecto a las mediciones realizadas en el año 2.007.

Es muy importante reseñar que en estos momentos hay un nuevo pilar con patologías importantes, no detectadas en el año 2.007. Este es el pilar de la alineación lateral oeste número 15, comenzando en el nº1 desde el lado norte.

Pilar fracturado. Nº15 Lado Oeste

Fractura aparentemente en todo el contorno

2.2.3.- Forjado techo sótano.

Vigas.-

Las vigas que soportan el forjado son transversales al edificio, y de las inspecciones realizadas pueden considerarse las siguientes dimensiones:

- Tres vigas de doble T con las siguientes características:
  - Separación entre ellas 60 cm, cosidas por un bulón cada metro.
  - Canto total: 260 mm.
  - Espesor del alma: 12 mm.
  - Anchura del ala: 105 mm.
  - Espesor del Ala: 15 mm.

Con estos datos la Inercia de cada uno de los perfiles que forman la viga será:

$$Ix = 2\cdot[1/12\cdot10,5\cdot1,50^3+10,5\cdot1,50\cdot(13,0-0,75)^2]+1/12\cdot1,2\cdot(26,0-2\cdot1,50)^3= 5.949,6\ cm^4$$

Viguetas.-

Las viguetas son paralelas a la dirección principal del edificio, se sitúan cada 60 centímetros y de las inspecciones realizadas pueden considerarse las siguientes dimensiones:

- Viguetas de doble T con las siguientes características:
  - Canto total: 180 mm.
  - Espesor del alma: 8,5 mm.
  - Anchura del ala: 57 mm.
  - Espesor del Ala: 11,5 mm.

Con estos datos la Inercia del perfil de la vigueta es

$Ix = 2\cdot[1/12\cdot 5,7\cdot 1,15^3+5,7\cdot 1,15\cdot(9,0-0,575)^2]+1/12\cdot 0,85\cdot(18,0-2\cdot 1,15)^3 = 1.206,1\ cm^4$

Zunchos de borde.-

Sujetan las paredes laterales de la fachada del edificio y esta formado por tres vigas idénticas a las que forman las viguetas. Con las dimensiones anteriormente indicadas y un canto total de 18 centímetros.

Cargas existentes.-

En el año 2.007 se realizaron dos catas para conocer la sección y por lo tanto el peso que debería soportar la estructura del techo del sótano. Una cata se realizó en el centro del edificio y otra frente a la puerta sur. Se encontró solado, mortero, hormigones de distintos tipos … Con los espesores de cada material se obtuvo un peso medio por metro cuadrado estimado en 4,5 kN/m^2, que podría ser la carga permanente existente.

No obstante para mayor seguridad y ver estado de la estructura en algún puesto de los considerados más agresivos, se hizo una cata en una pescadería, en estos momentos vacía, concretamente el puesto 59, pudiéndose observar en este puesto un recrecido de unos 40 centímetros, lo que evidentemente supone una carga muchísimo mayor.

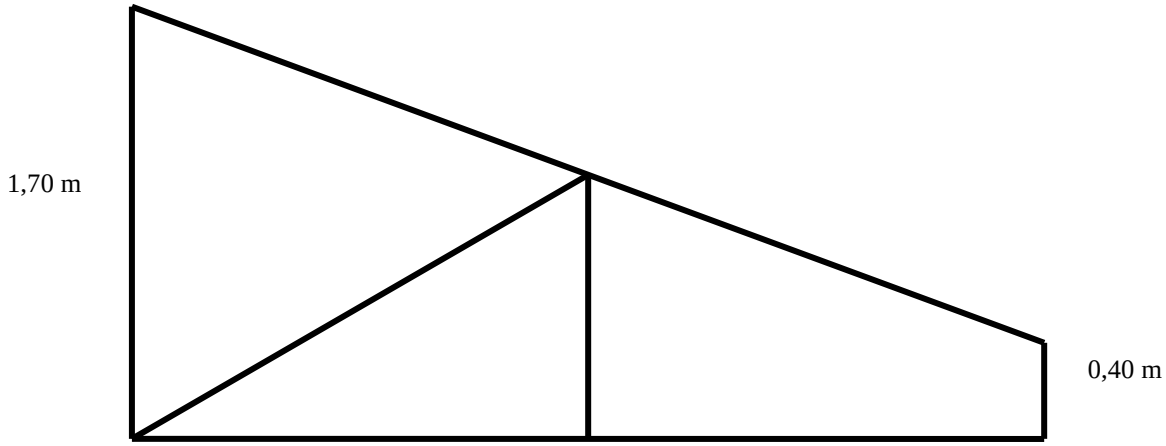
Aquí también se pudo observar los espesores de las distintas capas y un grado de oxidación importante en la vigueta metálica existente en la cata realizada.

2.2.4.- <u>Estructura de cubierta</u>.

Naves Laterales.

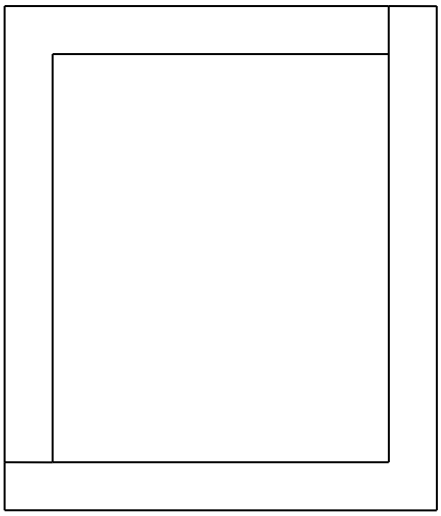
Las naves laterales de 5,90 metros de luz tienen dos tipos de vigas transversales para la sujeción de la cubierta, entre los pilares existen unas cerchas y entre cada tramo de pilares existen dos vigas, paralelas a estas cerchas y equidistantes. De esta manera entre cada dos cerchas hay dos vigas de doble T paralelas.

Las cerchas están formadas en todos sus elementos por 2 perfiles en L unidos . Estos perfiles con de 60 mm y un espesor de 7 mm, excepto en la unión con la zona de pilar de 1,70 metros de altura y la vertical central que es tan solo un perfil en L.



Las vigas situadas entre cerchas de pilares, son del mismo tipo que las dobles T que forman las viguetas del forjado del sótano de canto 180 mm.

Las correas longitudinales, no se han podido analizar perfectamente. En principio parecen perfiles huecos rectangulares de 60x60, que probablemente tendrán espesor similar. En algún caso, parece observarse una hendidura, que podría indicar que se trata dos angulares similares a los anteriores enfrentados y también alguna unión atornillada entre ellos.



Estas naves se cierran con dos celosías, una de unos 40 centímetros de canto, con dos perfiles en L idénticos a los anteriores en el cordón inferior y superior y pletinas que las unen de manera consecuente, verticales e inclinadas, uniendo los nudos, en este caso existe una pletina vertical cada vez que sale una viga o cercha transversal estructural y otra en el medio.

La otra celosía, la interior es de aproximadamente 1,70 metros de canto y también está formada en la viga superior e inferior con dos perfiles en L de 60 mm y 7 mm de espesor. Existen unos perfiles verticales (en este caso una única L de 60) que unen los cordones inferior y superior, cada vez que surge una viga o cercha principal. Al mismo tiempo, también existe conexión de las vigas superior e inferior en los mismos puntos con unas pletinas en x, y además existen otros elementos metálicos pero con carácter meramente ornamental.

Nave Central.

La nave central de 13,10 metros de luz, se soluciona con un arco de grandes dimensiones. La organización es similar a la de las naves laterales. Existe la gran cercha de medio arco entre pilares y entre cada dos cerchas, es decir en la zona sin pilares, existen otras dos vigas, paralelas a las anteriores y equidistantes, que tienen la misma disposición que las de las naves laterales, aunque en este caso tengan algo más de luz. Se trata de vigas de 180 milímetros de canto y coinciden, también en esta nave, con las viguetas doble T que forman el forjado del techo del sótano.

En este caso también se solucionan las cerchas con 2 vigas en L, aunque aquí son de 90 milímetros y 10 mm de espesor, tanto en la parte recta superior, como en todo el arco inferior. Las uniones entre ambas vigas se hacen también con doble L pero en este caso de 60 mm (como las principales de las vigas laterales). La viga superior y la inferior arqueada, se conectan con vigas verticales de doble L de 60, como hemos indicado, en la primera mitad exterior, entre las dos correas exteriores y en medio de ellas, como se puede ver en la fotografía siguiente y en la mitad interior de las dos correas centrales, se unen con chapas perforadas. En la foto se ve perfectamente la disposición.

Esta nave se cierra lateralmente con dos celosías, una ya explicada anteriormente de 1,70 metros de canto y otra superior de algo más de altura (no medida) y que aprovecha los perfiles metálicos para formar unos arcos y ventanales.

Por otra parte en la cumbrera se dispone la misma cerca de unos 40 centímetros de canto con dos perfiles en L de 60 paralelos uno superior y otro inferior y pletinas que las unen de manera consecuente, verticales e inclinadas, uniendo los nudos. En este caso existe una pletina vertical cada vez que sale una viga o cercha transversal estructural y otra en el medio como en el cierre exterior de las naves laterales.

Las correas son idénticas también a las de las vigas laterales, doble L de 60 mm, pero enfrentadas creando una viga cuadrada hueca. Tienen idéntica luz aunque recibe un poco más de carga.

2.2.5.- Materiales estructurales

Ante la duda del tipo de acero se realizó un análisis metalográfico.

Según el análisis metalográfico, en ambas muestras se presenta una estructura característica de un tipo de hierro denominado “hierro pudelado”. Se trata de un acero con contenido muy bajo en carbono.

La metalografía de este acero presenta una matriz de ferrita formada por granos equiaxiales. Se observan igualmente la presencia de unas fibras de color oscuro de diferentes tamaños que coinciden con la dirección de laminación de este producto. Estas fibras se corresponden con impurezas propias de un afino de acero de baja calidad. Su carácter cerámico hace que después de la temperatura a la que se ha realizado la deformación en caliente, no puede recristalizar como lo han hecho los granos de ferrita.

De los ensayos de tracción realizados, que adjuntamos en el anejo nº3, a efectos de cálculo el acero puede asemejarse a un S 235.

En las dos probetas ensayadas de han obtenido valores muy similares:

- Límite elástico entre 276 y 279 Mpa.
- Carga de rotura de entre 341 y 352 Mpa.

En vista de los valores obtenidos de límite elástico y según la UNE CEN ISO/TR 15608 este acero podría incluirse en el grupo 1.1, aceros con límite elástico mínimo especificado Re<=275 N/mm², pero al ser menor la carga de rotura de la exigida, si analizamos todos los resultados con las características indicadas para los aceros incluidos en la UNE EN 10025-2, el acero actual con valores más próximos a los resultantes, sería un S235.

En cuanto a los pilares, vamos a repasar lo que indicamos en el año 2.007, donde se procedió al pulido y esmerilado de una pequeña parte de una de las columnas interiores del mercado central.

Se vió al microscopio que la estructura interna del material es de tipo fundición gris. Según la norma UNE-EN ISO 945 *"Fundición. Designación de la microestructura del grafito",* se puede clasificar la fundición gris de tipo I, A, 4-5 atendiendo a la forma, distribución y tamaño del grafito respectivamente. El porcentaje de grafito presente en la fundición se estima en más de un 85%.

Posteriormente, se atacó con una disolución de nital la zona examinada con el fin de comprobar la matriz de la fundición. Se comprobó que es principalmente perlítica (resistencia al desgaste elevada) con inclusiones de sulfuro de manganeso.

Debido a lo complicado que es tomar una muestra de la zona circular de los pilares, se optó por realizar un ensayo de dureza Brinell según la norma UNE EN ISO 6506-1:2000. Consiste en realizar dos indentaciones en el material y, a partir del diámetro de la huella, estimar la dureza del material.

Los valores obtenidos fueron los siguientes:

	Dureza Brinell HB		
	Valores		**Media**
Muestra	131	127	**129**

En el ANEXO B (Información adicional sobre la relación entre la dureza y la resistencia a tracción) de la norma de ensayo EN 1561:1997 *" Fundición. Fundición gris"* , se puede realizar una estimación de la resistencia a tracción de la fundición gris a partir de la siguiente fórmula empírica considerando algunas aproximaciones.

$$HB = RH \cdot (A + (B \cdot R_m))$$

Donde:

- HB es la dureza Brinell.
- Rm la resistencia a tracción.
- RH es el factor dureza relativa, parámetro que varía entre 0,8 y 1,2.
- A y B son constantes con valores de 100 y 0,44 respectivamente.

En particular, para este caso y de acuerdo a los valores de dureza obtenidos, se estima que la resistencia a tracción de la muestra podría tener valores de entre **17** y **140 N/mm^2**.

No obstante, la propia norma en las tablas 1 y 2 da una relación entre la dureza Brinell y la dureza a tracción, en este caso se podría considerar una resistencia a tracción de **150 N/mm^2**.

El estado actual del acero es muy variable, los elementos estructurales accesibles tienen en general un buen estado de conservación, pero existen zonas en las que se ha visto un grado importante de oxidación.

3.- MOVIMIENTO DE PILARES.

Se han realizado unas mediciones topográficas de todos los pilares de la fachada oeste del edificio. Los puntos que se han tomado son los de las dianas centrales, tanto en la zona más cercana a la base, como en la más cercana al capitel.

Estas coordenadas sería conveniente analizarlas en correspondencia con las mediciones que se obtuvieron en su día en los trabajos de construcción del tranvía de Zaragoza, ya que las dianas corresponden a esas mediciones.

Las mediciones que en su día, año 2.007 toma ENSAYA, fueron realizadas por otro topógrafo y no hemos podido contactar para poder asegurar los puntos de medida exactos. No obstante por los valores que hemos analizado, parece que las variaciones que hemos medido entre ambas épocas no son muy importantes.

En el anejo número IV aparecen las mediciones realizadas en la actualidad y en el anejo número V las indicadas en el año 2.007.

4.- PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD EN CANALONES Y BAJANTES.

4.1.- Introducción

Entre los días 8 y 9 de marzo de 2017 se han realizado pruebas de estanqueidad en los canalones y bajantes de cubierta en el Mercado Central de Zaragoza.

El Mercado Central presenta una cubierta inclinada de chapa galvanizada a dos alturas, estando la cubierta de la nave central elevada respecto a las de las naves laterales. La evacuación se realiza a dos aguas.

La nave central evacua mediante canalones de chapa galvanizada, con tramos unidos mediante remachado, y bajantes de PVC de Ø 90 mm a cada una de las naves laterales. Existe una bajante a cada lado por cada uno de los pórticos de la estructura metálica.

Las naves laterales evacuan mediante canalones de chapa galvanizada, similares a los anteriores y bajantes de PVC de Ø 200 mm a la red de saneamiento del mercado. Existen ocho bajantes por cada lado.

Vista general de la cubierta

4.2.- Objeto

El objeto de las pruebas de estanqueidad es comprobar que tanto los canalones como las bajantes evacuan correctamente el agua de la cubierta procedente de lluvia.

4.3.- Metodología

Las pruebas se realizan conforme al procedimiento operativo identificado como Documento Reconocido DRC 05/09 y redactado por el Instituto Valenciano de la Edificación, siguiendo las recomendaciones del LACE (Laboratorio para la calidad de la edificación del Gobierno de Aragón).

Las pruebas de estanqueidad se han realizado mediante la modalidad de riego continuo. Mediante este sistema se simula situación de lluvia sobre la superficie de la cubierta inclinada, para ello se utilizan dispositivos de riego por aspersión con los que se rocía homogénea e ininterrumpidamente la cubierta durante el tiempo de prueba necesario.

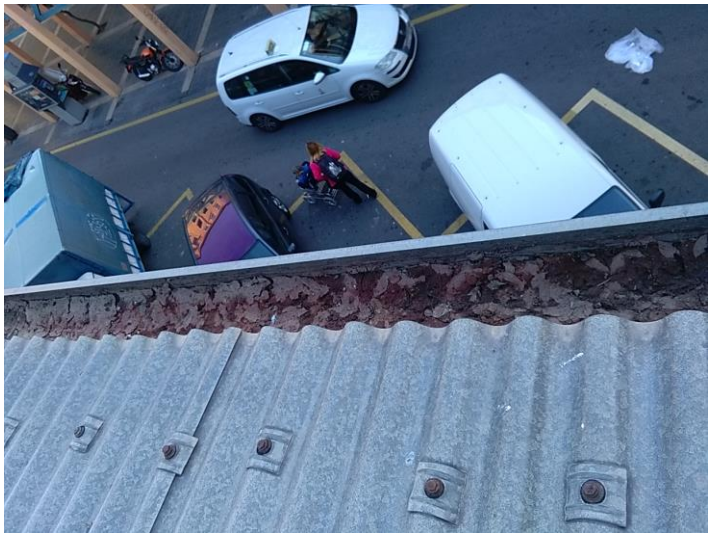
La duración de la prueba será la suficiente para comprobar visualmente el funcionamiento de la totalidad de los canalones y bajantes que evacuan el agua de la cubierta.

4.4.- Pruebas de estanqueidad

Método de prueba según DRC 05/09:	RIEGO CONTINUO
Fecha de prueba	09/03/2017
Tiempo de duración de la prueba:	~ 9 h.
Tipo de cubierta:	Cubierta inclinada a dos aguas de chapa galvanizada
Identificación de las cubiertas ensayadas:	Cubierta nave central y cubiertas de naves laterales
Inspecciones	
Inspección previa:	Se observa lo siguiente: • Los canalones de las dos naves laterales se encuentran, en general, bastante sucios, incluso colmatados en algunos puntos, con vegetación en los extremos de los mismos. • En los canalones superiores de la nave central esto no es tan acusado. Sí que presentan bastantes restos de excrementos de palomas en las zonas próximas de las fachadas. • Se observa oxidación puntual y poco significativa, por lo general, excepto en el lado del tranvía donde sí que hay corrosión importante, incluso perforación, en los empalmes entre el canalón y algunas bajantes. • En las pletinas que sujetan los canalones a la estructura se observa oxidación superficial.
Prueba estanqueidad	• Se produce goteo de agua en todas las uniones entre tramos de los canalones laterales y en los empalmes entre el canalón y algunas bajantes del lado del tranvía que están muy deteriorados, concretamente los de la esquina que da a San Blas, mojándose la acera. • En los canalones de la nave central también se produce goteo pero e forma mucho más puntual. • En las bajantes de PVC, donde se observan, no se producen pérdidas de agua.
Observaciones:	Tras la prueba de estanqueidad se observa que el agua se queda acumulada en algunos puntos de los canalones laterales.

Uniones deficientes en los empalmes

Vegetación en la zona sur



Depósitos en general en canalón nave lateral por falta de mantenimiento

4.5.- Conclusiones de las pruebas

- Los canalones, especialmente los de las naves laterales, se encuentran en un mal estado de mantenimiento, estando incluso colmatados de finos y vegetación en algunos puntos, lo cual impide una correcta evacuación el agua y favorece su deterioro.

- Se produce pérdida de agua por los empalmes de los diferentes tramos de canalón por un mal sellado de los mismos.

- En las bajantes no se observan deterioros significativos ni indicios que nos indiquen una pérdida de agua por las mismas.

- Tampoco pensamos, por las catas, sondeos y demás investigaciones que haya pérdidas importante en la red de saneamiento enterrada.

5.- CONCLUSIONES

Con los datos indicados quedan reflejadas las características de los materiales y dimensiones estructurales.

La red de saneamiento necesita reparación a nivel de canalones y uniones con las bajantes.

La estructura metálica, tiene un grado de oxidación muy heterogéneo y hay que pensar que en la rehabilitación habrá muchas zonas que tendrán que ser convenientemente tratadas para su conservación.

Como ya es sabido, los pilares de las fachadas han tenido movimientos importantes que han producido patologías en estos, y en esta nueva inspección se ha podido ver un nuevo pilar fisurado.

Javier Prats Rivera
Ingeniero de caminos. Director

ANEXO I
SITUACIÓN DE INSPECCIONES REALIZADAS.

ANEXO II
FICHAS DE INSPECCIÓN.

ANEXO III
ENSAYOS DE TRACCIÓN DE ACERO.

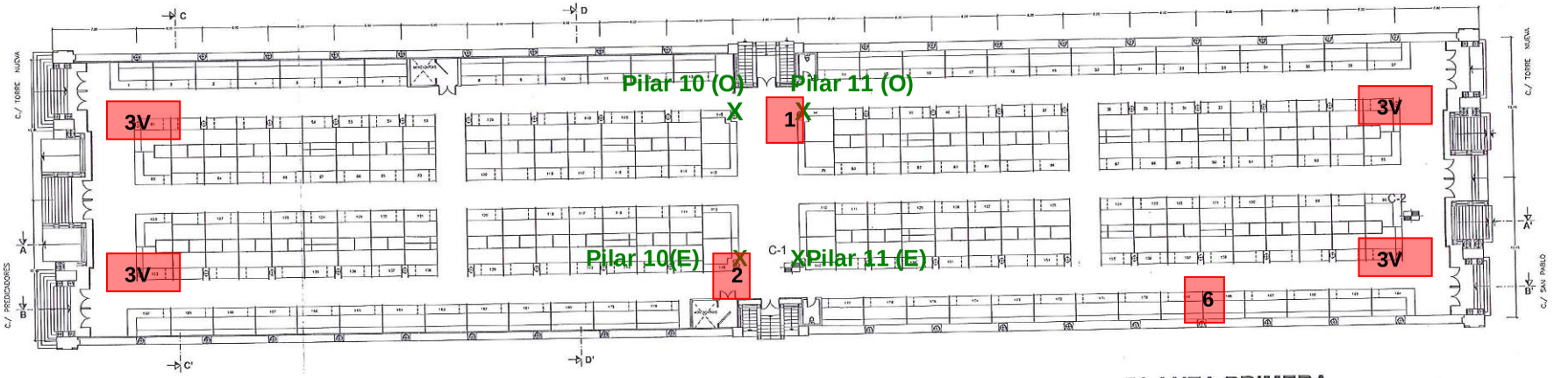
ANEXO IV
CORDENADAS TOPOGRÁFICAS DE PILARES.
2.017

ANEXO V
MOVIMIENTO DE PILARES.
2.007

ANEXO I
SITUACIÓN DE INSPECCIONES REALIZADAS.

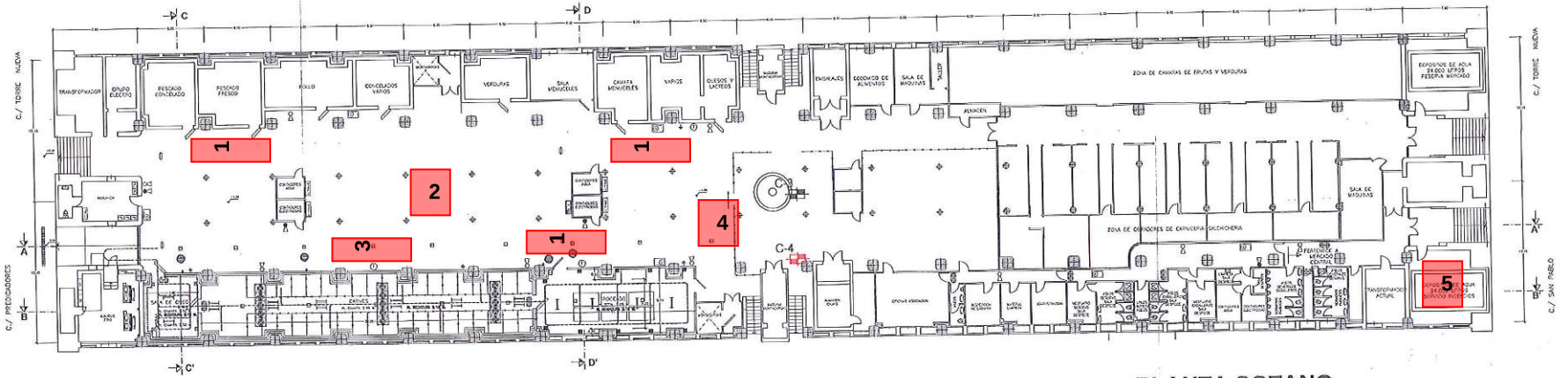
ENSAYA
Laboratorio de Ensayos Técnicos S.A.

PLANO SITUACIÓN INSPECCIONES



PLANTA PRIMERA

ESCALA 1/200



PLANTA SOTANO

ESCALA 1/200

ANEXO II
FICHAS DE INSPECCIÓN.

FICHAS DE INSPECCIÓN DEL ESTADO ACTUAL MERCADO CENTRAL. ZARAGOZA

Cuarte de Huerva (Zaragoza), febrero y marzo de 2017

Punto inspección (plano)	Punto 1
Fecha inspección:	27/02/2017
Situación:	Planta sótano, pasillo este longitudinal
Elementos y dimensiones inspeccionados	Jácenas transversales protegidas Viguetas Doble “T” ala 55 mm. Canto no determinado Separación entre 3 viguetas aprox. 1,20 m (a eje) Jácenas compuestas 3 Doble “T”. Anchura Ala inferior 105 mm. Espesor del ala 15 mm. Espsor alma: 12 mm Canto de la viga 260 mm Cosidas mediante bulón pasante (diámetro no se puede medir) situado a media alma
Observaciones:	

Imágenes: Adjunto

REPORTAJE FOTOGRÁFICO PUNTO INSPECCIÓN (PLANO): PUNTO 1

Situación: Planta sótano, pasillo este longitudinal

REPORTAJE FOTOGRÁFICO PUNTO INSPECCIÓN (PLANO): PUNTO 1

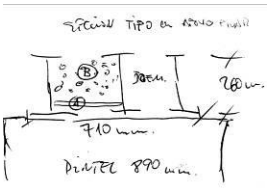
Situación: Planta sótano, pasillo este longitudinal

Punto inspección (plano)	Punto 2
Fecha inspección:	27/02/2017
Situación:	Planta sótano. Primer paso entre pasillos desde N
Elementos y dimensiones inspeccionados	Viguetas Doble T Canto total 160 mm Espesor del alma: 8,5 mm Anchura del ala 57 mm. Espesor del ala 11,5 mm Separación entre viguetas 1,20 m Aparentemente buena conservación (recubiertas con material posiblemente ignífugo). Entre vigueta abovedado con rasilla maciza.
Observaciones:	

Imágenes:

REPORTAJE FOTOGRÁFICO PUNTO INSPECCIÓN (PLANO): PUNTO 2

Situación: Planta sótano. Primer paso entre pasillos desde N

Punto inspección (plano)	Punto 3
Fecha inspección:	28/02/2017
Situación:	Pasillo izquierdo
Elementos y dimensiones inspeccionados	Sección cabeza dintel: 1,18 m x 1,18 m Sección base dintel: 0,89 m x 0,89 m Jácena: 3 IPE 260. Apoyada, rasante con pletina moldeada en el alma centrada. Cordón irregular (mucha pintura)  A: Baldosa cerámica invertida B: Hormigón pobre árido máx. 20 mm y rellenos de cascotes Viguetas con anchura del ala 57 mm Orientación de las jácenas del forjado, transversal a la dirección del pasillo. Entre 3 viguetas a eje 1,20 m (viguetas cada 60 cm) Longitud vigueta (entre jácenas) aprox. 5,4 metros
Observaciones:	
Imágenes:	

REPORTAJE FOTOGRÁFICO PUNTO INSPECCIÓN (PLANO): PUNTO 3

Situación: Pasillo izquierdo

REPORTAJE FOTOGRÁFICO PUNTO INSPECCIÓN (PLANO): PUNTO 3

Situación: Pasillo izquierdo

Punto inspección (plano)	Punto 4
Fecha inspección:	01/03/2017
Situación:	
Elementos y dimensiones inspeccionados	Se confirma sección de jácenas Se toma muestra de Doble T de canto 260 Se toma muestra de Doble T de canto 160 En todos los puntos verificados se confirman las mismas secciones
Observaciones:	En el lado de oficinas no se accede con plataforma

Imágenes:

REPORTAJE FOTOGRÁFICO PUNTO INSPECCIÓN (PLANO): PUNTO 4

Situación:

Punto inspección (plano)	Punto 5
Fecha inspección:	01/03/2017
Situación:	Vano puerta Norte
Elementos y dimensiones inspeccionados	Se confirman secciones Idéntica orientación Exfoliación en las alas inferiores de las vigas, del depósito abierto de incendios
Observaciones:	

Imágenes:

REPORTAJE FOTOGRÁFICO PUNTO INSPECCIÓN (PLANO): PUNTO 5

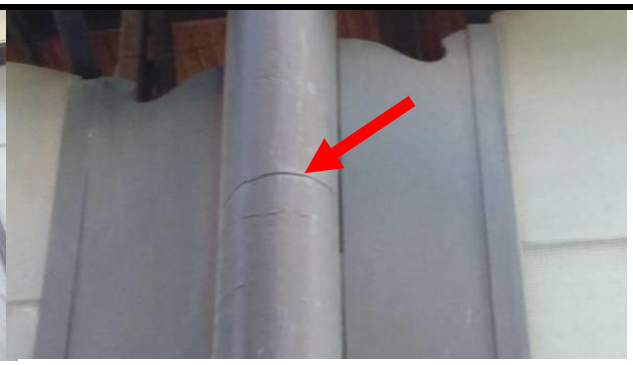
Situación: Vano puerta Norte

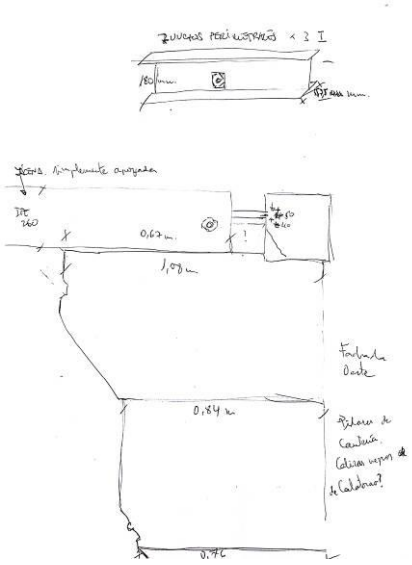
Punto inspección (plano)	Punto 6
Fecha inspección:	01/03/2017
Situación:	Planta primera, fachada Oeste
Elementos y dimensiones inspeccionados	15º pilar (desde Norte) rotura en el fuste. Grieta transversal, aparentemente de todo el perímetro.
Observaciones:	

Imágenes:

REPORTAJE FOTOGRÁFICO PUNTO INSPECCIÓN (PLANO): PUNTO 6

Situación: Planta primera, fachada Oeste



Punto inspección (plano)	--
Fecha inspección:	02/03/2017
Situación:	Planta sótano Fachada interior lado Oeste. Se descubre apoyo pilar en forjado sótano
Elementos y dimensiones inspeccionados	Según croquis adjunto: 
Observaciones:	

Imágenes:

REPORTAJE FOTOGRÁFICO

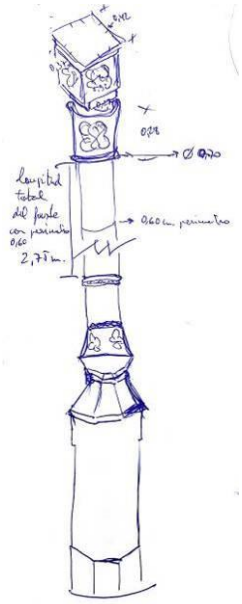
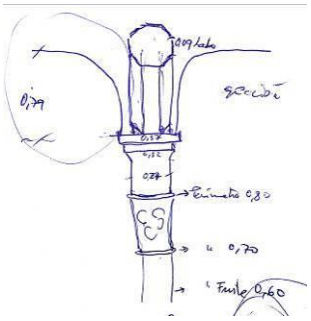
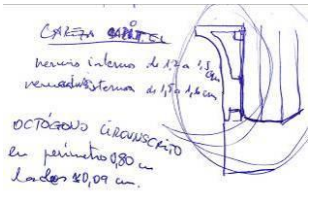
Situación: Planta sótano. Se descubre apoyo pilar en forjado sótano

Punto inspección (plano)	--
Fecha inspección:	02/03/2017
Situación:	Planta 1ª Pilares centrales lado Oeste
Elementos y dimensiones inspeccionados	Se inspeccionan visualmente todos los pilares: 1 OK 2 OK 3 OK 4 OK 5 OK 6 OK 7 OK 8 OK(exfoliación 1,5 mm en base) 9 OK 10 OK 11 OK 12 OK 13 OK 14 OK 15 OK 16 OK 17 OK 18 OK
Observaciones:	Pilares 9 y 10 sección distinta, coincidentes con puerta lateral

Imágenes:

REPORTAJE FOTOGRÁFICO

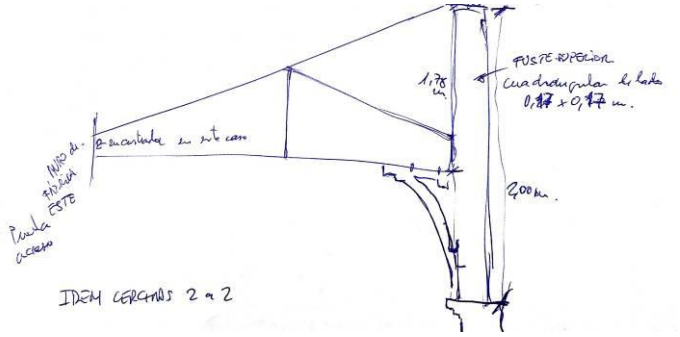
Situación: Planta 1ª Pilares centrales lado Oeste

Punto inspección (plano)	1
Fecha inspección:	03/03/2017
Situación:	Planta 1ª. Pilar tipo accesos laterales
Elementos y dimensiones inspeccionados	Dimensiones pilares según croquis:   
Observaciones:	

Imágenes:

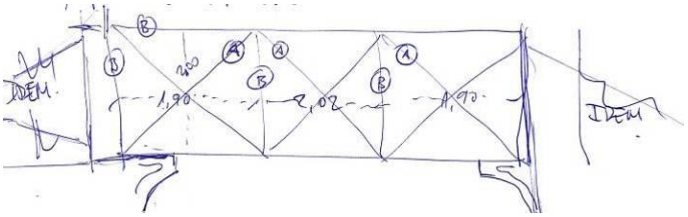
REPORTAJE FOTOGRÁFICO

Situación: Planta 1ª. Pilar tipo accesos laterales

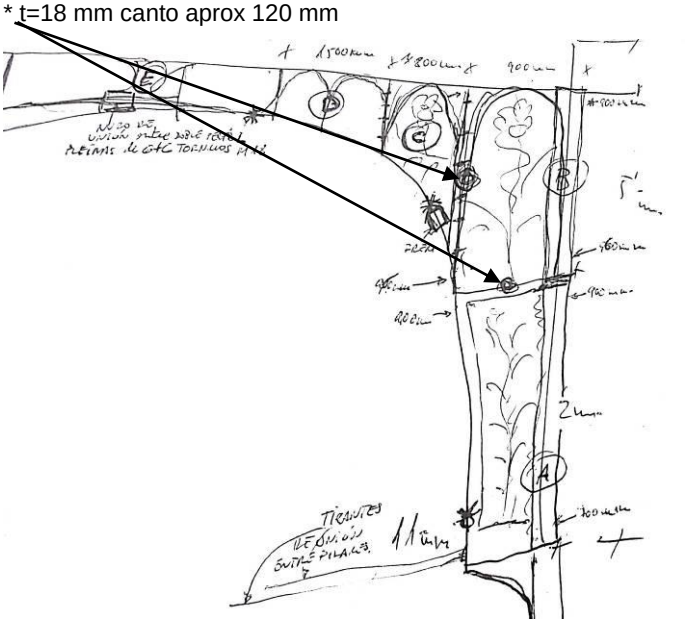
Punto inspección (plano)	1 (acceso lateral)
Fecha inspección:	03/03/2017
Situación:	Planta 1ª. Cercha correspondiente con pilar acceso lateral
Elementos y dimensiones inspeccionados	Conformada con perfilería en L60.7 Doble; roblonada en su formación y con tornillería M-12 para sujeción de la decoración. Diámetros exteriores de remache del roblón 30 mm. Vaso de tuerca 30. El tornillo puede ser M-18 ó M-20, en nº de 4 por cercha para sujeción con los nervios superiores del capitel. 
Imágenes:	

REPORTAJE FOTOGRÁFICO

Situación: Planta 1ª. Cercha correspondiente con pilar acceso lateral

Punto inspección (plano)	
Fecha inspección:	03/03/2017
Situación:	Planta 1ª. Correas centrales superiores entre pilares interiores lado este
Elementos y dimensiones inspeccionados	Conformadas con perfilería doble L55.7 roblonada  A: Pletina #80x12 roblonado B: 2 Perfiles en L de 60 mm y 7 mm de espesor Viguetas techo vertiente lado este Doble “T” 160 canto con anchura de ala de 5,6 mm.
Observaciones:	
Imágenes:	

Situación: Planta 1ª. Correas centrales superiores entre pilares interiores lado este

Punto inspección (plano)	1-Pilar 11. Planta 1ª
Fecha inspección:	07/03/2017
Situación:	Pilar 11 desde Norte, lado Este
Elementos y dimensiones inspeccionados	Doble perfil en L 90x90 t=10 mm atornillado con M-18 + (12 ud 1 tramo +aleta / 1 cada 270 mm aprox) * t=18 mm canto aprox 120 mm  A= Columna cuadrangular de 170x170 mm+ aleta 1ª del arco (todo una pieza). Abajo longitud 700 mm. Arriba longitud 900 mm B= Columna cuadrangular de 170x170 mm + aleta 2ª pieza del arco (Idem ≈960 mm) C= Tramo ≈ 800 mm D= Tramo de 2 arcos longitud 1500 mm Todo atado con doble perfil en 90x90 t=10 mm Atornillado el conjunto (perfil + estructura con decoración) cada 270 mm M18 vaso 34 hasta pieza E, atada con tornillería cada 150 mm aproximadamente.
Observaciones:	

Imágenes:

REPORTAJE FOTOGRÁFICO. PUNTO INSPECCIÓN (PLANO): 1-PILAR 11. PLANTA 1ª

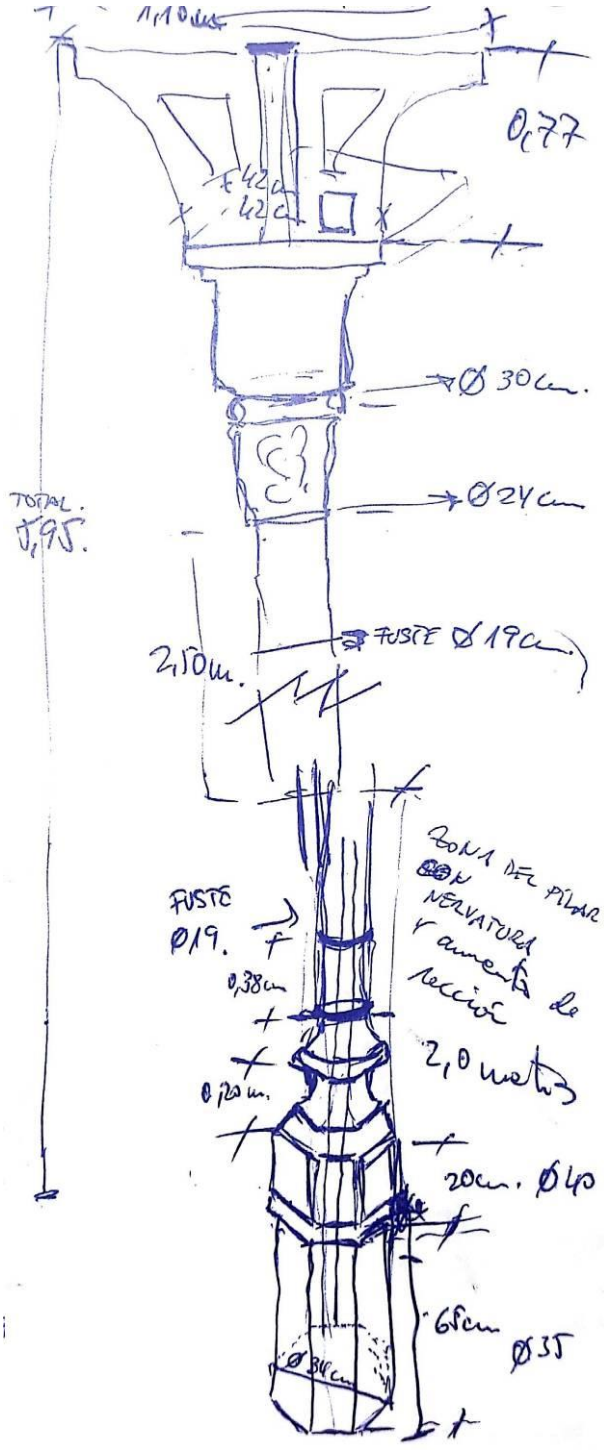
Situación: Pilar 11 desde Norte, lado Este

Punto inspección (plano)	2-pilar 10. Planta 1ª
Fecha inspección:	07/03/2017
Situación:	Pilar 10 desde Norte, lado Oeste
Elementos y dimensiones inspeccionados	Homólogo al pilar 11 lado Este A= Idem medidas, salvo espesor área decorada: 25 mm nervio exterior. 18 mm nervio adosado a sección pilar B= Idem C= Idem D= Idem E = Idem Tirantes de unión entre pilares simétricos: 1 de diam. 20 mm 1 de diam. 15 mm aprox.
Observaciones:	Pilar 10 lado Oeste: Idem medidas que pilares: -10 este -11 este - 11 oeste

Imágenes:

REPORTAJE FOTOGRÁFICO. PUNTO INSPECCIÓN (PLANO): 2-PILAR 10. PLANTA 1ª

Situación: Pilar 10 desde Norte, lado Oeste

Punto inspección (plano)	3V
Fecha inspección:	08/03/2017
Situación:	Planta 1ª. Pilar tipo central, lado oeste.
Elementos y dimensiones inspeccionados	Dimensiones pilares según croquis: 
Observaciones:	1ª base de pilar de sección octogonal inscrita en Ø35mm 2ª base de pilar de sección octogonal inscrita en Ø40mm

Imágenes:

REPORTAJE FOTOGRÁFICO. PUNTO INSPECCIÓN (PLANO): 3V

Situación: Planta 1ª. Pilar tipo central, lado oeste

Punto inspección (plano)	Pilar 10 (E) / Pilar 11 (E)/ Pilar 10 (O) / Pilar 11 (O/
Fecha inspección:	10/03/2017
Situación:	Pilares centrales
Elementos y dimensiones inspeccionados	Pilar n.º 10. Lado este Espesor de 30mm Pilar n.º 10. Lado oeste Espesor de 17mm Pilar n.º 11. Lado este Espesor de 21mm Pilar n.º 11. Lado oeste Espesor de 16mm
Observaciones:	

Imágenes:

ANEXO III
ENSAYOS DE TRACCIÓN DE ACERO.

ENSAYA
Laboratorio de Ensayos Técnicos S.A.

INFORME DE TRACCIÓN EN MATERIAL METÁLICO

Muestra:

Material	Referencia muestras	Ref. ENSAYA	Fecha de toma
Acero al carbono	IPE260	17M093-1	01/03/2017
	IPE160	17M093-2	

Ensayos a realizar:

Muestra	Tracción		
17M093-1	x		
17M093-2	x		
Apartado	A.1		

A1. Ensayo de tracción

Normativa aplicada: UNE-EN ISO 6892-1. Materiales metálicos. Ensayos de tracción. Método de ensayo a temperatura ambiente.

Tipo de probeta: Cilíndrica

Alcance: Material base

Equipo utilizado: Prensa de tracción - compresión M0213H.

Fecha de realización: 16/03/2017

Resultado:

Muestra	Diámetro	Sección	Rotura		Límite elástico		Alargamiento
	mm	mm²	Kp	MPa	Kp	MPa	%
17M093-1	8,0	50,3	1.747	341	1.418	276	23,0
17M093-2	6,0	28,3	1.017	352	805	279	28,0

Observaciones: El límite elástico se calcula al 0,2 % de la extensión no proporcional.

En vista de los valores obtenidos y según la UNE CEN ISO/TR 15608 este acero podría incluirse en el grupo 1.1, aceros con límite elástico mínimo especificado Re<=275 N/mm².

Comparando los resultados con las características indicadas para los aceros incluidos en la UNE EN 10025-2, el acero actual con valores más próximos a los resultantes, sería un S235.

Sería interesante la realización de una metalografía para comparar la estructura interna del metal.

Zaragoza, a 23 de marzo de 2017

Jefe de Laboratorio de Metales

Fdo. A. Isabel Yarza Ortiz
Ingeniero Técnico Industrial

V°B° de la Directora de Laboratorio

Fdo. Mª Cinta Tabliega Matute
Lcda. CC. Químicas

Los resultados contenidos en este informe solo se refieren a la muestra ensayada
ENSAYA está inscrita en el registro general del CTE con el nº ARA - L - 005 para los grupos de ensayo GT, VS, PS, EH, EA, EFA
Los datos contenidos en el presente informe son confidenciales. Prohibida su reproducción parcial sin consentimiento escrito de ENSAYA

Pol. Industrial Valdeconsejo - C/ Aneto, parcela nº 8 - A - T 976 566 875 - F 976 566 612 - 50410 Cuarte de Huerva (Zaragoza) - www.ensaya.es - ensaya@ensaya.es

ENSAYA
Laboratorio de Ensayos Técnicos S.A.

INFORME DE ANÁLISIS METALOGRÁFICO

Muestra:

Material	Referencia muestras	Ref. ENSAYA	Fecha de toma
Acero al carbono	IPE260	17M093-1	01/03/2017
	IPE160	17M093-2	

Ensayos a realizar:

Muestra	Análisi metalográfico		
17M093-1	x		
17M093-2	x		
Apartado	A.1		

A1. Análisis metalográfico

Alcance: Sección transversal de cuerpo de tornillo
Corrosivo empleado: Nital: A.1. s/ ISO/TR 16060
Equipo utilizado: Tronzadora Labotom 3, Struers. Pulidora metalográfica Tegrapol 11, Struers. Microscopio AXIOVERT 40 MAT, Carl Zeiss
Fecha de realización: 24/03/2017
Fotografía: Ver Anexo A.1. Fotografías
Resultado: **Según el análisis metalográfico, en ambas muestras se presenta una estructura característica de un tipo de hierro denominado "hierro pudelado". Se trata de un acero con contenido muy bajo en carbono.**

La metalografía de este acero presenta una matriz de ferrita formada por granos equiaxiales. Se observan igualmente la presencia de unas fibras de color oscuro de diferentes tamaños que coinciden con la dirección de laminación de este producto. Estas fibras se corresponden con impurezas propias de un afino de acero de baja calidad. Su carácter cerámico hace que después de la temperatura a la que se ha realizado la deformación en caliente, no puede recristalizar como lo han hecho los granos de ferrita.

Dada la disposición de las fibras, la estructura de este tipo de acero es tenaz.

Jefe de Laboratorio de Metales

Fdo. A. Isabel Yarza Ortiz
Ingeniero Técnico Industrial

Zaragoza, a 23 de marzo de 2017
V°B° de la Directora de Laboratorio

Fdo. Mª Cinta Tabliega Matute
Lcda. CC. Químicas

Los resultados contenidos en este informe solo se refieren a la muestra ensayada
ENSAYA está inscrita en el registro general del CTE con el nº ARA - L - 005 para los grupos de ensayo GT, VS, PS, EH, EA, EFA
Los datos contenidos en el presente informe son confidenciales. Prohibida su reproducción parcial sin consentimiento escrito de ENSAYA

Pol. Industrial Valdeconsejo - C/ Aneto, parcela nº 8 - A - T 976 566 875 - F 976 566 612 - 50410 Cuarte de Huerva (Zaragoza) - www.ensaya.es - ensaya@ensaya.es

Pol. Industrial Valdeconsejo - C/ Aneto, parcela nº 8 - A - T 976 566 875 - F 976 566 612 - 50410 Cuarte de Huerva (Zaragoza) - www.ensaya.es - ensaya@ensaya.es

ANEXO A.1

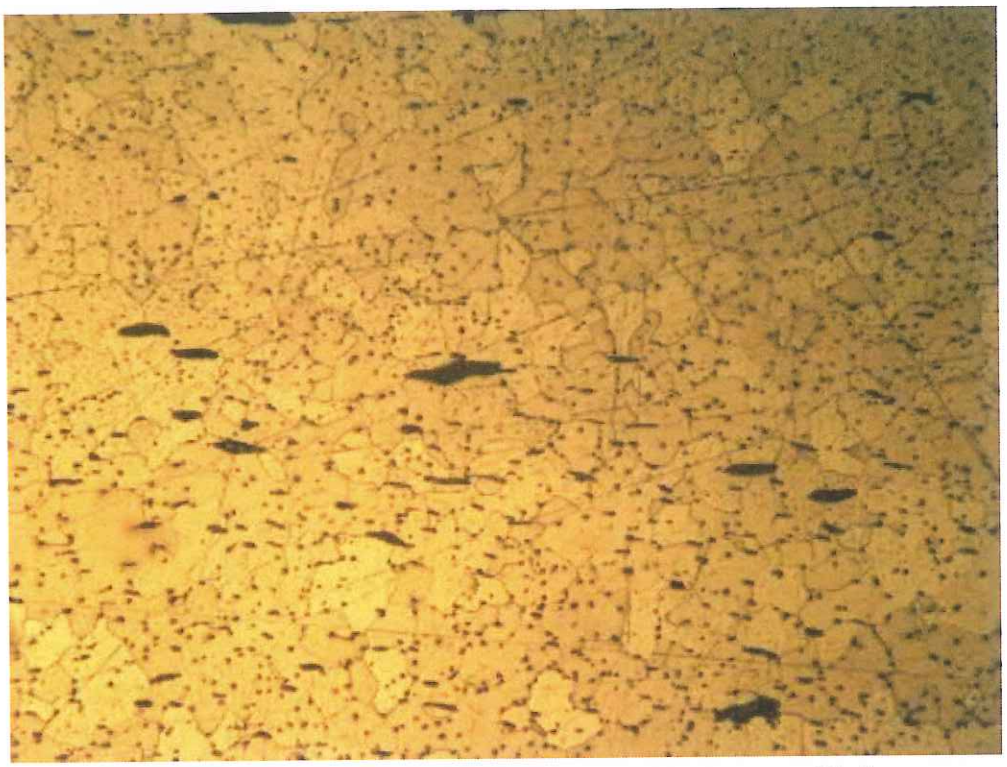
Micrografía 1. Muestra 17M093-1. X100 Aumentos. Sin ataque

Micrografía 2. Muestra 17M093-1. X100 Aumentos. Sin ataque

Los resultados contenidos en este informe solo se refieren a la muestra ensayada
ENSAYA está inscrita en el registro general del CTE con el nº ARA - L - 005 para los grupos de ensayo GT, VS, PS, EH, EA, EFA
Los datos contenidos en el presente informe son confidenciales. Prohibida su reproducción parcial sin consentimiento escrito de ENSAYA

Pol. Industrial Valdeconsejo - C/ Aneto, parcela nº 8 - A - T 976 566 875 - F 976 566 612 - 50410 Cuarte de Huerva (Zaragoza) - www.ensaya.es - ensaya@ensaya.es

ANEXO A.1



Micrografía 3. Muestra 17M093-1. X100 Aumentos. Ataque con Nital

Micrografía 4. Muestra 17M093-1. X100 Aumentos. Ataque con Nital

Los resultados contenidos en este informe solo se refieren a la muestra ensayada
ENSAYA está inscrita en el registro general del CTE con el nº ARA - L - 005 para los grupos de ensayo GT, VS, PS, EH, EA, EFA
Los datos contenidos en el presente informe son confidenciales. Prohibida su reproducción parcial sin consentimiento escrito de ENSAYA

ANEXO A.1

Micrografía 5. Muestra 17M093-2. X100 Aumentos. Sin ataque

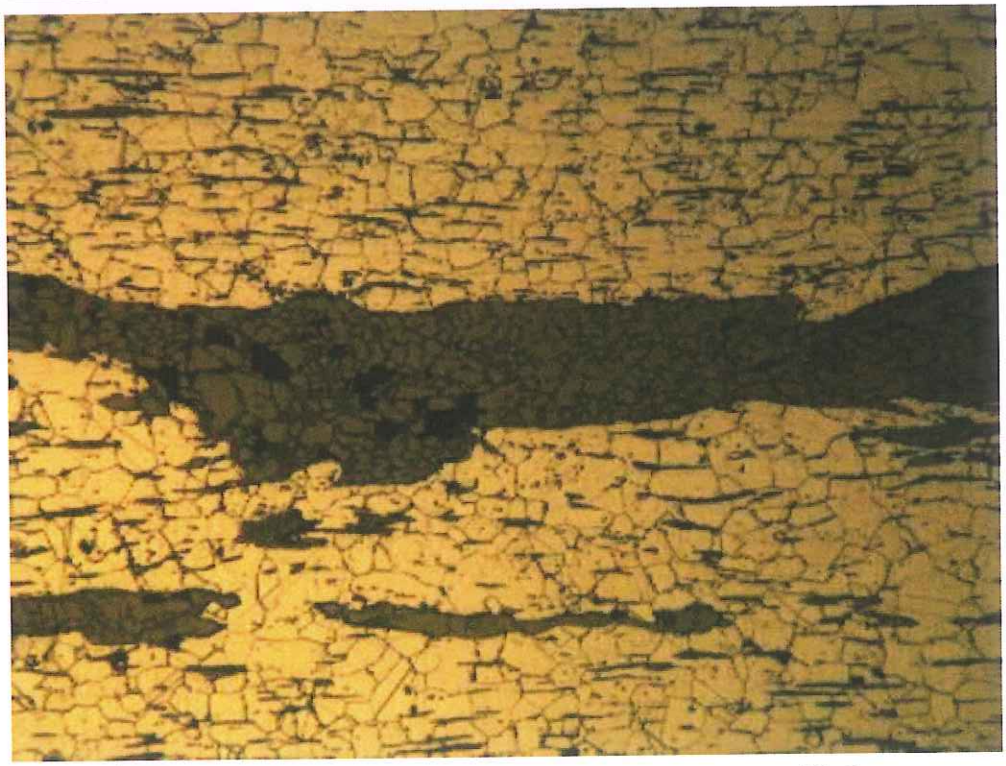
Micrografía 6. Muestra 17M093-2. X100 Aumentos. Sin ataque

Pol. Industrial Valdeconsejo - C/ Aneto, parcela nº 8 - A - T 976 566 875 - F 976 566 612 - 50410 Cuarte de Huerva (Zaragoza) - www.ensaya.es - ensaya@ensaya.es

Los resultados contenidos en este informe solo se refieren a la muestra ensayada
ENSAYA está inscrita en el registro general del CTE con el nº ARA - L - 005 para los grupos de ensayo GT, VS, PS, EH, EA, EFA
Los datos contenidos en el presente informe son confidenciales. Prohibida su reproducción parcial sin consentimiento escrito de ENSAYA

ANEXO A.1

Micrografía 7. Muestra 17M093-2. X100 Aumentos. Ataque con Nital



Micrografía 8. Muestra 17M093-2. X100 Aumentos. Ataque con Nital

Pol. Industrial Valdeconsejo - C/ Aneto, parcela nº 8 - A - T 976 566 875 - F 976 566 612 - 50410 Cuarte de Huerva (Zaragoza) - www.ensaya.es - ensaya@ensaya.es

Los resultados contenidos en este informe solo se refieren a la muestra ensayada
ENSAYA está inscrita en el registro general del CTE con el nº ARA - L - 005 para los grupos de ensayo GT, VS, PS, EH, EA, EFA
Los datos contenidos en el presente informe son confidenciales. Prohibida su reproducción parcial sin consentimiento escrito de ENSAYA

Tabla 1 – Características de tracción de la fundición gris medidas en probetas mecanizadas a partir de muestras de fundición

Designación del material		Espesor determinante de la pared t mm		Resistencia a la tracción [a] R_m Valores obligatorios sobre muestras MPa mín.
Simbólica	Numérica	>	≤	
EN-GJL-100	5.1100	5	40	**100**
EN-GJL-150	5.1200	2,5[b]	50	**150**
		50	100	130
		100	200	110
EN-GJL-200	5.1300	2,5[b]	50	**200**
		50	100	180
		100	200	160
EN-GJL-250	5.1301	5[b]	50	**250**
		50	100	220
		100	200	200
EN-GJL-300	5.1302	10[b]	50	**300**
		50	100	260
		100	200	240
EN-GJL-350	5.1303	10[b]	50	**350**
		50	100	310
		100	200	280

NOTA 1 La designación no depende del tipo de muestra.

NOTA 2 Para una capacidad de amortiguación alta y una conductividad térmica elevada, el material más aconsejable es el EN-GJL-100 (5.1100).

NOTA 3 Los números en negrita indican la resistencia a la tracción mínima que se toma como base para la designación de material. Los valores se relacionan con un diámetro de una muestra en bruto de colada correspondiente al rango aplicable de espesor determinante de pared, conforme a la tabla 3.

NOTA 4 Para espesores determinantes de pared superiores a 200 mm, el fabricante y el comprador deben acordar previamente el tipo y el tamaño de la pieza moldeada y los valores mínimos a obtener.

[a] Si se ha establecido la resistencia a la tracción como propiedad característica, el tipo de muestra se debería establecer también en el pedido (véase el apartado 8.2). Si no se ha establecido en el pedido, el tipo de muestra se deja a criterio del fabricante.

[b] Este valor se incluye como límite inferior del intervalo de espesor determinante de pared.

7.3 Características de dureza

Los valores de la dureza Brinell de las seis fundiciones grises definidas por la dureza, determinados según se indica en el apartado 9.2, deben lo indicado en la tabla 2. Esta clasificación es aplicable principalmente cuando es importante la maquinabilidad o la resistencia al desgaste.

Si se hace el pedido de una pieza en base a su dureza, el espesor determinante de pared y la zona de ensayo se deben establecer por acuerdo al hacer el pedido.

Los valores mínimo y máximo de la dureza de Brinell para los espesores determinantes de pared especificados por el comprador deben ser obligatorios para las piezas cubiertas por el pedido.

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA

NOTA Para espesores determinantes de pared t > 100 mm, los tipos de fundición no se clasifican por dureza.

Cuando no sea posible utilizar el método de la dureza Brinell conforme a la Norma EN ISO 6506-1, se pueden utilizar métodos de ensayo alternativos, que deben tener valores correlacionados con los de dureza Brinell.

Tabla 2 – Dureza Brinell de las piezas moldeadas en fundición gris

Designación del material		**Espesor determinante de pared** *t* mm		**Dureza Brinell** [a,b] **HBW**	
Simbólica	Numérica	>	≤	Mín.	Máx.
EN-GJL-HB155	5.1101	2,5[c]	50	–	**155**
EN-GJL-HB175	5.1201	2,5[c]	50	115	**175**
		50	100	105	165
EN-GJL-HB195	5.1304	5[c]	50	135	**195**
		50	100	125	185
EN-GJL-HB215	5.1305	5[c]	50	155	**215**
		50	100	145	205
EN-GJL-HB235	5.1306	10[c]	50	175	**235**
		50	100	160	220
EN-GJL-HB255	5.1307	20[c]	50	195	**255**
		50	100	180	240

NOTA 1 La información sobre la relación entre la dureza Brinell y la resistencia a la tracción se da en el anexo C, y sobre la relación entre la dureza Brinell y el espesor de pared en el anexo E.

NOTA 2 Los números en negrita indican la dureza Brinell máxima que se toma como base para la designación del tipo de material.

[a] Para cada tipo, la dureza Brinell disminuye si aumenta el espesor de pared.

[b] Por acuerdo entre fabricante y comprador, se puede adoptar un intervalo más estrecho de durezas en localizaciones específicas de la pieza, siempre que ésta no sea inferior a 40 HBW. La producción en grandes series puede ser un ejemplo de esta circunstancia.

[c] Este valor está incluido como límite inferior del intervalo de espesor de pared determinante.

7.4 Estructura del grafito

Si la estructura del grafito se acuerda previamente, su determinación debe realizarse conforme al apartado 9.3.

8 TOMA DE MUESTRAS

8.1 Generalidades

Las piezas y las muestras que las representan deben ser del mismo material.

Se pueden utilizar diferentes tipos de muestras (muestras independientes, adjuntas a la pieza, incluidas en la pieza, extraídas de la pieza) en función de la masa y del espesor de la pared de la pieza.

Si es aplicable, se debe acordar entre el fabricante y el comprador qué tipo de muestra se utiliza. A menos que se acuerde lo contrario, esta elección se deja a criterio del fabricante.

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA

ANEXO IV
CORDENADAS TOPOGRÁFICAS DE PILARES.
2.017

DATUM
Topografia

INFORME:

LECTURA DE DIANAS EXIXTENTES EN LOS PILARES DE LA AVENIDA CESAR AUGUSTO EN EL MERCADO CENTRAL DE ZARAGOZA

Datum 98 S.L.• C.I.F.B50778950 • c/ Viñedo Viejo nº2, casa 13, local izada •50009 Zaragoza
☎ 976 56 56 26 • ✉ datum98@outlook.es.// fgarcia@datumtopografia.es
www.datumtopografia.es
Registro Mercantil de Zaragoza, Tomo 2351, Libro 0, Folio 182, Hoja Z-23820

DATUM
Topografia

TOMA DE DATOS.

La toma de datos se ha realizado con estación **Total Leica TCR-803 Plus**, haciendo lectura sobre las dianas existentes en los pilares del Mercado Central en el lado de la Av. de Cesar Augusto, numerados del 1 al 18, siendo el nº 1 el más próximo al Rio Ebro.

DIANAS OBSERVADAS.

Hay al menos dos tipos distintos de dianas reflectoras colocadas en estos Pilares, alguno de los pilares tiene 5 dianas y restos de haber habido otras colocadas.

Se han considerado las colocadas en la cara exterior y paralela a la avenida, ya que son más numerosas, están mejor conservadas y están en el sitio más lógico.

Estas que se han tomado son de la casa Leica.

EJE DE COORDENADAS.

El eje de coordenadas de las X es el que une los puntos de las dianas 1 de los Pilares 1 al 18 , eje longitudinal del Mercado y el de las Y , el transversal o de Pórticos.

ANEJOS.

Planta topográfica en formato dwg.
Fichero Excel de las diferencias observadas
Relación de coordenadas de los puntos tomados en campo
Reportaje fotográfico.

Datum 98 S.L.• C.I.F.B50778950 • c/ Viñedo Viejo nº2, casa 13, local izada •50009 Zaragoza
☎ 976 56 56 26 • ✉ datum98@outlook.es,// fgarcia@datumtopografia.es
www.datumtopografia.es
Registro Mercantil de Zaragoza, Tomo 2351, Libro 0, Folio 182, Hoja Z-23820

Nº DE PILAR	DIANA 1 X-	DIANA 1 Y	DIANA 2 X	DIANA2 Y	DIF. X	DIF. Y	DIANA 3 X	DIANA 3 Y	DIF. X(1)	DIF. Y(1)	DIF. X(2)	DIF. Y(2)
1	194.773	210.876	194.784	210.865	11	-11	194.845	210.995	72	119	61	130
2	200.779	210.880	200.787	210.847	8	-33	200.835	210.968	56	88	48	121
3	206.798	210.903	206.803	210.854	5	-49	206.840	210.998	42	95	37	144
4	212.789	210.979	212.792	210.962	3	-17	212.815	211.077	26	98	23	115
5	218.781	210.986	218.791	210.966	10	-20	218.825	211.088	44	102	34	122
6	224.790	210.903	224.788	210.857	-2	-46	224.813	210.989	23	86	25	132
7	230.780	210.923	230.786	210.904	6	-19	230.797	211.015	17	92	11	111
8	236.765	210.888	236.769	210.840	4	-48	236.779	210.994	14	106	10	154
9	242.775	210.928	242.772	210.896	-3	-32	242.769	211.022	-6	94	-3	126
PUERTA					0	0			0	0	0	0
10	260.771	210.948	260.760	210.915	-11	-33	260.798	211.007	27	59	38	92
11	266.776	210.941	266.769	210.914	-7	-27	266.787	211.001	11	60	18	87
12	272.771	210.938	272.765	210.913	-6	-25	272.788	211.001	17	63	23	88
13	278.761	210.922	278.749	210.892	-12	-30	278.770	210.985	9	63	21	93
14	284.756	210.922	284.749	210.897	-7	-25	284.769	210.999	13	77	20	102
15	290.770	210.900	290.764	210.867	-6	-33	290.778	210.959	8	59	14	92
16	296.747	210.900	296.740	210.872	-7	-28	296.744	210.957	-3	57	4	85
17	302.762	210.895	302.764	210.869	2	-26	302.756	210.962	-6	67	-8	93
18	308.771	210.876	308.778	210.854	7	-22	308.762	210.928	-9	52	-16	74

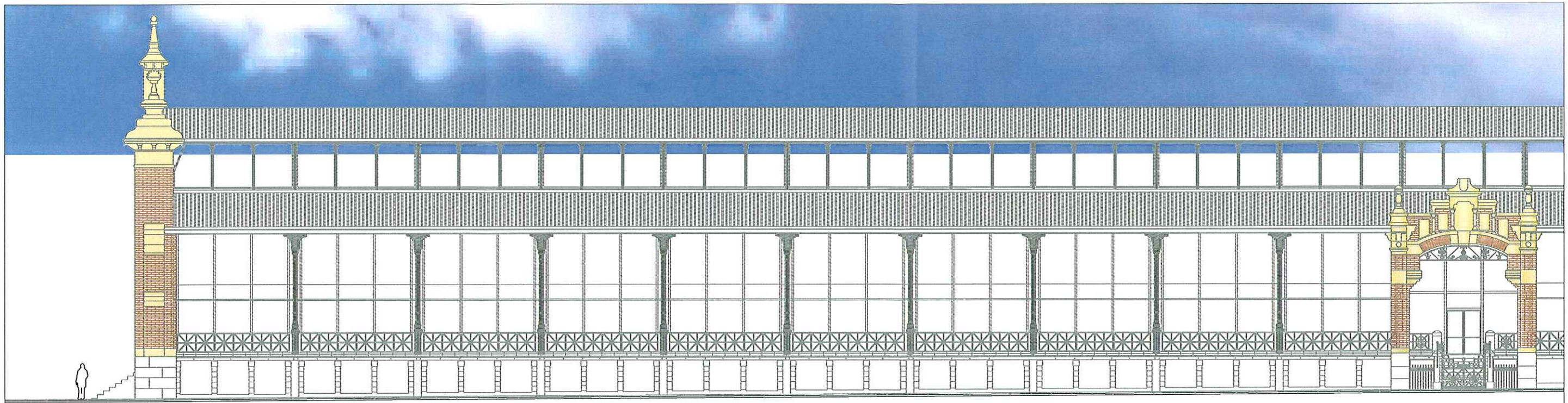
LISTADO DE PUNTOS

23/02/017

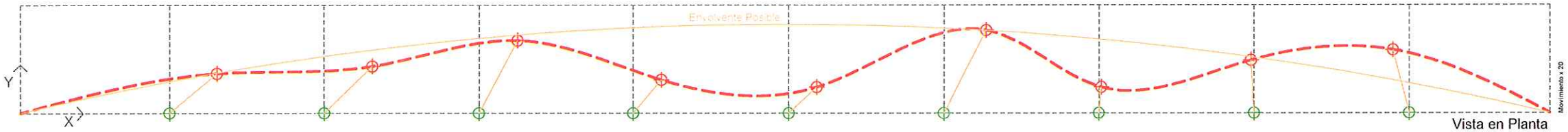
Numero	Nivel	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	Codigo
PILAR 1					
1	1	194.773	210.876	101.697	fachada
2	1	194.784	210.865	102.564	fachada
3	1	194.845	210.995	106.016	Fachada
PILAR 2					
4	1	200.779	210.880	101.646	fachada
5	1	200.787	210.847	102.518	fachada
6	1	200.835	210.968	105.955	Fachada
PILAR 3					
7	1	206.798	210.903	101.637	fachada
8	1	206.803	210.854	102.502	fachada
9	1	206.840	210.998	105.934	Fachada
PILAR 4					
10	1	212.789	210.979	101.694	fachada
11	1	212.792	210.962	102.544	fachada
12	1	212.815	211.077	105.925	Fachada
PILAR 5					
13	1	218.781	210.986	101.682	fachada
14	1	218.791	210.966	102.553	fachada
15	1	218.825	211.088	105.958	Fachada
PILAR 6					
16	1	224.790	210.903	101.677	fachada
17	1	224.788	210.857	102.553	fachada
18	1	224.813	210.989	105.957	Fachada
PILAR 7					
19	1	230.780	210.923	101.715	fachada
20	1	230.786	210.904	102.580	fachada
21	1	230.797	211.015	105.996	Fachada
PILAR 8					
22	1	236.765	210.888	101.700	fachada
23	1	236.769	210.840	102.583	fachada
24	1	236.779	210.994	105.993	Fachada
PILAR 9					
25	1	242.775	210.928	101.727	fachada
26	1	242.772	210.896	102.588	fachada
27	1	242.769	211.022	106.008	Fachada
PILAR 10					
28	1	260.771	210.948	101.716	base
29	1	260.760	210.915	102.579	base
30	1	260.798	211.007	105.865	Base
PILAR 11					
31	1	266.776	210.941	101.709	base
32	1	266.769	210.914	102.581	base
33	1	266.787	211.001	105.978	Base

PILAR 12					
34	1	272.771	210.938	101.708	base
35	1	272.765	210.913	102.576	base
36	1	272.788	211.001	105.996	Base
PILAR 13					
37	1	278.761	210.922	101.692	base
38	1	278.749	210.892	102.577	base
39	1	278.770	210.985	106.001	Base
PILAR 14					
40	1	284.756	210.922	101.715	base
41	1	284.749	210.897	102.582	base
42	1	284.769	210.999	106.056	Base
PILAR 15					
43	1	290.770	210.900	101.712	base
44	1	290.764	210.867	102.579	base
45	1	290.778	210.959	106.043	Base
PILAR 16					
46	1	296.747	210.900	101.703	fachada
47	1	296.740	210.872	102.574	fachada
48	1	296.744	210.957	106.021	Fachada
PILAR 17					
49	1	302.762	210.895	101.688	fachada
50	1	302.764	210.869	102.565	fachada
51	1	302.756	210.962	106.010	Fachada
PILAR 18					
52	1	308.771	210.876	101.706	fachada
53	1	308.778	210.854	102.574	fachada
54	1	308.762	210.928	105.889	fachada

ANEXO V
MOVIMIENTO DE PILARES.
2.007



Alzado a Avenida César Augusto



Vista en Planta

DESVIACIÓN DE LAS CABEZAS DE LOS PILARES

PILAR 1: Desviaciones: X = 46 mm; Y = 38 mm

PILAR 2: Desviaciones: X = 46 mm; Y = 45 mm

PILAR 3: Desviaciones: X = 37 mm; Y = 70 mm

PILAR 4: Desviaciones: X = 27 mm; Y = 32 mm

PILAR 5: Desviaciones: X = 27 mm; Y = 25 mm

PILAR 6: Desviaciones: X = 41 mm; Y = 80 mm

PILAR 7: Desviaciones: X = 2 mm; Y = 25 mm

PILAR 8: Desviaciones: X = -3 mm; Y = 51 mm

PILAR 9: Desviaciones: X = -16 mm; Y = 61 mm

MERCADO CENTRAL DE ZARAGOZA

Contenido:
MOVIMIENTO DE LAS CABEZAS DE LOS PILARES

Nº Obra: 06AH0949 Escala: 1/200

LABORATORIO DE ENSAYOS TECNICOS, S.A.

Juan F. NAVARRO CAMPOS, Arquitecto
Colegiado en el Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón, Nº 1.377

Anejo nº 2. Estudio geotécnico. Estado actual cimentación Mercado Central de Zaragoza

ESTUDIO GEOTÉCNICO

ESTADO ACTUAL CIMENTACIÓN MERCADO CENTRAL DE ZARAGOZA

MERCAZARAGOZA S.A.

Cuarte de Huerva (Zaragoza), Abril de 2017

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN
2.- MARCO GEOLÓGICO
3.- TRABAJOS REALIZADOS
3.1.- Prospección del terreno
3.2.- Ensayos del laboratorio
4.- CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL TERRENO
5.- ANÁLISIS GEOTÉCNICO
6.- CONCLUSIONES

APÉNDICES

APÉNDICE I .- CROQUIS DE SITUACIÓN DE TRABAJOS
APÉNDICE II .- COLUMNA DEL SONDEO. FOTOGRAFÍAS DEL TESTIGO
APÉNDICE III .- EXTRACCIÓN DE TESTIGOS
APÉNDICE IV .- ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA MANUAL
APÉNDICE V.- BOLETINES DE ENSAYOS DE LABORATORIO

1.- INTRODUCCIÓN

El presente informe se ha realizado a petición de MERCAZARAGOZA S.A. y trata de investigar las condiciones de cimentación del Mercado Central, situado en la avenida César Augusto de Zaragoza.

El objetivo que se pretende alcanzar con este estudio es determinar las características geológicas y geotécnicas de los materiales existentes en el subsuelo del Mercado y así obtener datos que permitan caracterizar el terreno soporte de la cimentación del edificio.

Para ello se diseñan unos trabajos de reconocimiento del terreno, que junto con los ensayos de laboratorio pertinentes, ayudarán a caracterizar los materiales que se sitúan bajo el actual edificio y así obtener una serie de conclusiones que permitan diagnosticar la validez y estado de la cimentación.

2.- MARCO GEOLÓGICO

El Mercado Central de Zaragoza se ubica sobre terrenos cuaternarios, concretamente sobre una de las terrazas aluviales del río Ebro.

Se trata de un depósito de terraza situado unos 10-15 metros por encima del cauce actual del río. Su potencia es significativa, alcanzando hasta varias decenas de metros.

Las terrazas aluviales están formadas fundamentalmente por gravas, compuestas a su vez por cantos y bolos subredondeados de naturaleza poligénica envueltos en matriz de naturaleza arenolimosa. Son frecuentes las intercalaciones de estas últimas litologías (arenas y limos) que adquieren morfologías lentejonares, con potencias variables hasta de orden métrico.

Al estar en un entorno urbano, es muy común la aparición de rellenos de origen antrópico que anteceden al terreno natural anteriormente descrito. Se han ido acumulando a lo largo de los años como consecuencia del desarrollo urbanístico de la ciudad.

Su naturaleza resulta muy heterogénea, habiendo observado en los trabajos de reconocimiento materiales granulares en cuya composición entran cantos rodados y fragmentos de residuos relacionados con la construcción: ladrillo, yeso, mortero, cal, etc…, envueltos en matriz limoarcillosa. También hay tramos donde predomina esta última fracción frente a la componente granular.

La potencia máxima de rellenos, según el sondeo efectuado, alcanzaría los cuatro metros. ENSAYA posee datos de trabajos realizados en las proximidades, constatando un espesor entre los 3-4 m.

Respecto a permeabilidad y características hidrogeológicas, puede concluirse que tanto los rellenos antrópicos (por presentar una estructura relativamente abierta) como las gravas aluviales presentan una permeabilidad relativamente elevada, en el orden de entre los 10^{-2} y 10^{-5} m/s.

Los materiales cuaternarios de terraza aluvial constituyen un acuífero libre de elevada permeabilidad producida por porosidad intergranular, mientras que el sustrato Terciario representa al infrayacente prácticamente impermeable. En nuestro caso, los suelos cuaternarios investigados pertenecen a un acuífero integrado dentro de la Masa de Agua Subterránea “Aluvial del Ebro: Zaragoza”, cuyo espesor se situaría en un rango entre 20 y 30 m.

Esta masa engloba un único acuífero libre de naturaleza detrítica en conexión hidraúlica con los cauces actuales, en este caso el río Ebro, con el nivel freático sometido a oscilaciones estacionales. En nuestro caso, el nivel freático se detectó a unos 11 m de profundidad, coincidiendo con el nivel actual del río Ebro, aproximadamente a cota 190. En épocas de avenidas, el nivel puede ascender sensiblemente, hasta cotas 192,5-193.

3.- TRABAJOS REALIZADOS

3.1.- Prospección del terreno

La campaña de trabajos de reconocimiento geotécnico ha consistido en la perforación de un sondeo mecánico en el exterior del edificio y en la realización de tres extracciones de testigo

en el interior, complementadas con la ejecución de dos ensayos de penetración dinámica manual y dos calicatas.

Su situación en planta se refleja en el croquis que se adjunta en el Apéndice I.

Sondeo mecánico

Entre los días 7 y 8 de Marzo del presente año, se realizó un sondeo mecánico junto a una de las esquinas del Mercado, concretamente la existente entre la Avenida César Augusto y la calle Manifestación (esquina noroccidental). El punto elegido se situó sobre el primer peldaño de la escalera de acceso al edificio, situado a cota aproximada 200,5 (clavo de la Red Topográfica Municipal situado en la confluencia de calle Predicadores con Avenida César Augusto).

Se llevó a cabo mediante una sonda rotativa TECOINSA, modelo TP-50-D montada sobre orugas. Se perforó en seco, empleando baterías sencillas de 113 y 98 mm de diámetro, teniendo que revestir las paredes del sondeo hasta los 10,8 m de profundidad. La profundidad final alcanzada fue de 12 m.

Antes del inicio se perforó el peldaño de la escalera con una testiguera tipo HILTI, procediendo seguidamente a implantar la máquina. Al final del sondeo, el testigo extraído sirvió para reponer el punto a su estado inicial.

Para obtener un orden de magnitud acerca de la capacidad portante del terreno, se realizaron varios ensayos estándar de penetración (S.P.T.), siguiendo la norma UNE EN ISO 22476-3.

Los resultados obtenidos fueron:

Sondeo	Profundidad (m)	Golpeo	Nspt
S-1	3,00-3,60	1-1-0-1	1
S-1	4,80-5,40	27-27-38-38	65
S-1	7,80-8,20	42-35-R	Rechazo
S-1	10,80-11,40	26-28-14-10	42

La columna litológica del sondeo junto con las fotografías del testigo, se adjunta en el Apéndice II.

Extracciones de testigo

Entre los días 7 y 14 de Marzo se llevaron a cabo hasta tres extracciones de testigo en el sótano del edificio. Para ello se utilizó una sonda testiguera tipo HILTI equipada con motor eléctrico, empleando una corona de diamante de 100 mm de diámetro y agua para refrigerar la herramienta de corte.

Los testigos denominados T-1 y T-2 se extrajeron junto a un pilar situado dentro de la sala que alberga las máquinas de climatización, mientras que T-3 se perforó junto al muro lindante con la Avenida César Augusto dentro del cuarto de la maquinaria del ascensor.

Por lo general se extrajo en primer lugar un testigo de hormigón como parte constituyente del pavimento del sótano, siguiendo materiales granulares tanto de relleno como pertenecientes al terreno natural. Hay que recordar que estas sondas extractoras están pensadas fundamentalmente para el corte de hormigón o materiales pétreos, por lo que la continuidad del taladro dentro de suelos queda muy limitada. Para obtener más información del estado del terreno se realizaron en dos de los taladros resultantes sendos ensayos de penetración dinámica manual.

Como se ha comentado anteriormente, también se procedió a la extracción de un testigo en uno de los peldaños de la escalera de acceso al Mercado antes de la ejecución del sondeo. En este caso el diámetro empleado fue de 150 mm.

La testificación de cada taladro, fotografías de su ubicación y material obtenido se adjuntan dentro del Apéndice III.

Con posterioridad, el día 28 de marzo de 2017, se hizo un taladro horizontal en una pared de ladrillo en la sala que alberga las máquinas de climatización, en el lateral más próximo al tranvía y tras esta pared de ladrillo se aprecia un muro de ladrillo, similar al que puede verse en el cuarto de la maquinaria del ascensor.

Ese mismo día, con objeto de comprobar si los pilares centrales, que soportan únicamente el forjado de la planta baja, tienen una zapata de mayor dimensión que el pedestal que sobresale ligeramente del suelo, cuyas dimensiones son de 0,65 x 0,65 m, se hizo un taladro vertical junto a uno de esos pilares, al lado del cuarto de la maquinaria de climatización y se comprobó que bajo la solera se encuentran rellenos granulares, por lo que la zapata tiene como máximo 0,65x0,65 m. En este caso, según el plano incluido anteriormente las zapatas bajan hasta la cota de apoyo del colector central, con lo cual tienen un empotramiento en el terreno muy considerable, de más de 2,5 m.

Ensayos de penetración dinámica manual

El ensayo consiste en hincar una puntaza metálica de 2 cm de diámetro, situada en el extremo de varillas de acero, sobre las que se coloca un yunque, sobre el que golpea una maza de 10 kg de peso que cae desde una altura de 30 cm. Se cuenta el número de golpes para hincar 10 cm hasta el fin del ensayo, cuya longitud viene condicionada por la necesidad de extraer el varillaje. En este caso los ensayos se detuvieron cuando con 50 golpes no se consiguió penetrar 10 cm de varillaje.

Los ensayos se realizaron una vez efectuados los taladros T-2 y T-3, alcanzando el rechazo a 1,52 y 1,55 m respectivamente respecto la cota del pavimento del sótano.

Los registros de ensayo con los golpeos obtenidos para cada tramo de 10 cm se adjuntan en el Apéndice IV.

Calicatas

Aunque al principio no se habían previsto calicatas para no generar escombros y no interferir en el funcionamiento del Mercado, ante cierta incertidumbre en las dimensiones de zapatas, finalmente se hicieron dos calicatas.

La primera (C-1) junto al pilar donde se han hecho los testigos T-1 y T-2, ya que con los testigos no se podía deducir que la zapata tuviese unas dimensiones claramente mayores que el pilar.

A continuación se colocan las fotografías de la calicata:

En ella puede verse:

- Profundidad: 1,6 m.
- Dimensión en planta ≈ 1,05x1,05 m. Sobresale aproximadamente 8 cm del pilar en ambos sentidos.
- La zapata está hecha con fábrica de ladrillo macizo y el aspecto de la misma es bueno, sin alteración aparente.
- Aunque no es evidente, a partir de 1,3 m de profundidad, en uno de los lados se aprecian gravas aluviales.
- La zapata apoya a mayor profundidad de 1,6 m.

La otra calicata (C-2) se hizo junto al pilar mencionado antes, que soporta sólo el forjado de planta baja, al lado del cuarto de la maquinaria de climatización, en el que se almacenan las traspaletas.

Al lado de este pilar se hizo un talado en el que bajo solera se encontraban rellenos granulares.

A continuación se incluyen fotografías de la calicata.

Para describir la calicata utilizamos la primera fotografía.

En ella se ve el pilar arriba a la izquierda.

El pilar de ladrillo macizo continúa hasta la profundidad final de la cata que es de aproximadamente 80 cm.

A la derecha, primero se encuentran escombros bajo solera y a unos 70 cm aparece ladrillo unido al pilar, sobresaliendo unos 20 cm.

En la parte de debajo de la fotografía, de izquierda a derecha (≈ paralelo al Ebro) aparece un muro de unos 60 cm de ancho, al cual está unido el pilar (trabado con ladrillo).

No se consideró bajar más la calicata ya que había que romper más muro y además, teóricamente en el sentido de abajo a arriba de la fotografía y muy próximo debe encontrarse el muro del colector perpendicular al Ebro.

3.2.- Ensayos de laboratorio

A partir de muestras obtenidas del sondeo se han realizado diversos ensayos de laboratorio, según normas UNE y NLT, dirigidos a caracterizar geotécnicamente los materiales presentes en la zona estudiada.

Concretamente han sido:

- Granulometría por tamizado (UNE-103.101)
- Límites de Atterberg (UNE-103.103 y UNE-103.104)
- Agresividad de suelos (UNE-83.963)

Los boletines con los resultados de los ensayos se adjuntan en el Apéndice V.

4.- CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL TERRENO

Para caracterizar desde el punto de vista geotécnico los materiales existentes en el entorno del Mercado Central, se acude además de los datos recogidos durante la campaña de trabajos a la experiencia obtenida por ENSAYA de estudios realizados en las proximidades.

Se han detectado dos tipos de terrenos según se deduce de los trabajos de reconocimiento efectuados.

En primer lugar los materiales de origen antrópico existentes bajo la superficie actual y en segundo lugar el terreno natural, representado por suelos cuaternarios de terraza.

A continuación se pasa a describir las características geotécnicas más relevantes de cada uno de ellos.

- *Rellenos de origen antrópico*

En todos los trabajos efectuados se han identificado este tipo de materiales en mayor o menor medida.

Así en los tres taladros, bajo el hormigón del pavimento, aparecen gravas arcillosas que engloban cascotes de diversa naturaleza, habiéndose observado hasta 75 cm de espesor bajo la solera del sótano en el taladro T-3. En cambio en el sondeo realizado en el exterior, fuera del perímetro ocupado por el edificio, la potencia de los rellenos alcanza los cuatro metros. En sondeos realizados en las proximidades, los espesores máximos observados rondarían entre los 3,0 y 3,6 m.

En este caso, se trata de limos y arcillas de color marrón que engloban cantos rodados y cascotes dispersos (ladrillo, yeso,…) en proporciones variables.

Por lo general los rellenos destacan por su gran heterogeneidad y bajo grado de consolidación, lo que les hace ser susceptibles a sufrir asientos por colapso.

El contenido en sulfatos solubles de una muestra de este nivel (31.223 mg SO_4/kg suelo) permite afirmar que son terrenos que llegan a presentar ataque FUERTE según la Instrucción EHE.

En un ensayo SPT de 3,0 a 3,6 m realizado en rellenos muy húmedos, se ha obtenido un valor de N_{spt}= 1, por lo que se deduce la presencia de suelos muy blandos o muy flojos a ese nivel en el punto de sondeo. A partir del ensayo de penetración T-2, donde presuntamente se atraviesan rellenos hasta al menos 1,2 m de profundidad, los suelos serían desde muy flojos a medianamente compactos.

Por lo tanto parece confirmarse lo anteriormente expuesto respecto a los rellenos de origen antrópico respecto a su bajo grado de consolidación y escasa capacidad portante, por lo que en ningún caso constituyen un terreno de apoyo de garantías para cimentaciones superficiales.

Resultan terrenos fácilmente excavables con medios convencionales debiendo vigilar atentamente el comportamiento de las paredes de excavaciones, sobre todo teniendo en cuenta que pueden llegar a alcanzar espesores considerables (hasta 4 m). Si se han realizar excavaciones en los rellenos, habría que prever con carácter general medidas de entibación o tender los taludes a pendientes próximas a 1H:1V.

Para estos materiales pueden tomarse los siguientes parámetros geotécnicos:

Ru = Resistencia a compresión simple = 0,25-0,50 kg/cm^2

C' = 0 t/m^2

φ'= 25º

γ_{ap} = 1,8 t/m^3

E = 25-50 kg/cm^2

- *Terreno natural. Recubrimiento Cuaternario. Gravas de terraza*

Bajo los materiales de origen antrópico aparecen gravas de terraza cuaternaria que forman el terreno natural. Hasta la máxima profundidad alcanzada (12 m) se ha reconocido este tipo de terreno. Se tiene constancia que la potencia de estos suelos llega a superar la treintena de metros en muchos puntos de la ciudad.

Litológicamente, los suelos de terraza están constituidos fundamentalmente por gravas con intercalaciones esporádicas de arenas y limos. Las gravas están formadas por cantos y bolos de naturaleza poligénica de morfología subredondeada, envueltos en una matriz de arena con finos limosos en proporción variable, desde indicios (< 10%) hasta bastante (entre el 20% y el 35%).

Los ensayos de identificación realizados a dos muestras de gravas han reflejado los siguientes resultados.

Sondeo	Muestra (m)	Sulfatos mg/kg	Granulometría			Límites Atterberg			USCS
			% grava	% arena	% finos	L.L.	L.P.	I.P.	
S-1	MA-1 (4,4 a 4,8)	592	55	26	19	19,1	14,3	4,8	GM-GC
S-1	MA-2 (7,4 a 7,8)		69	22	9	NP	NP	NP	GW-GM

En función de los ensayos realizados, las gravas se clasifican según USCS como GM-GC y GW-GM (gravas limoarcillosas y gravas bien graduadas con finos limosos).

Según los resultados de tres ensayos SPT efectuados en las gravas, éstas presentan en general una compacidad ALTA a MUY ALTA, con $N_{spt} > 40$. En los ensayos de penetración, se llegaría a obtener rechazo dentro de estos materiales.

Por lo tanto, se deduce que las gravas de terraza cuaternaria constituyen un terreno de apoyo adecuado para cimentaciones directas.

La cantidad de sulfatos solubles detectada en la muestra de gravas (592 mg/kg) no alcanza el valor mínimo exigido para considerar agresividad química de suelos (2.000 mg/kg).

Teniendo en cuenta datos del entorno de estas gravas, dado su comportamiento en taludes para las excavaciones de los aparcamientos próximos de los antiguos Juzgados y de la Plaza del Pilar, y a partir de análisis retrospectivos, pueden considerarse para ellas los siguientes parámetros geotécnicos:

C' = 1,0 t/m^2
φ'= 38º
γ_{ap} = 2,1 t/m^3
γ_{sum} = 1,1 t/m^3
E ≥ 750 kg/cm^2

5.- ANÁLISIS GEOTÉCNICO

A partir de los datos que nos ofrecen la extracción de testigos, las calicatas y el sondeo mecánico realizado en el exterior y de que la solera del sótano quede a unos 2,0 m de profundidad, se deduce que la cimentación de los pilares interiores debe producirse en las gravas cuaternarias que aparecen a partir de unos 3-4 m desde cota de viales. Estas gravas presentan suficiente compacidad como para asegurar un buen comportamiento de la cimentación si se aplican las cargas correctas.

Tal circunstancia se deduce de lo observado en el sondeo S-1, del taladro T-3 y sobre todo de la calicata C-1, que son los que nos pueden ofrecer información más fidedigna. En el primer caso, el dato es completamente objetivo, mientras que en el testigo extraído en el sótano el cambio a terreno natural se produce aproximadamente a unos 3 m respecto de

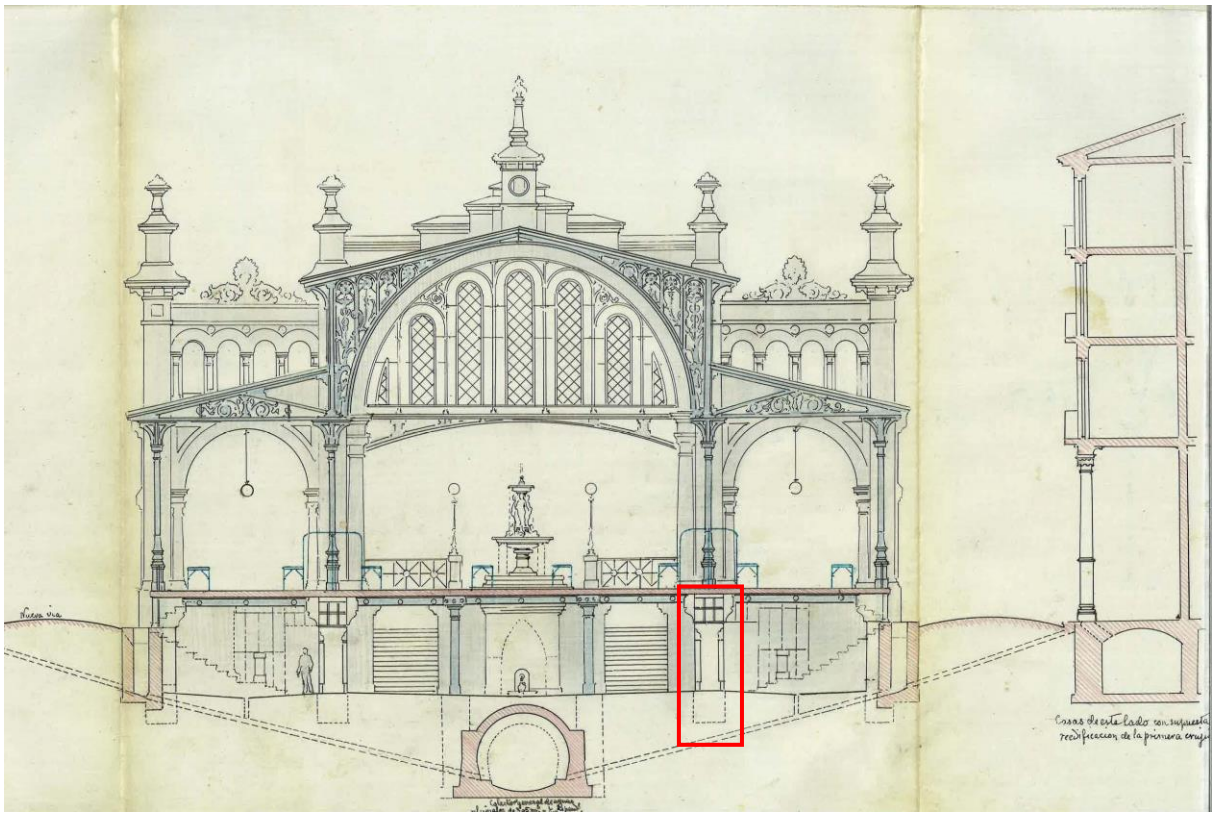
cota de calle alcanzando el rechazo a unos 3,8 m. En la calicata queda claro que la zapata apoya a más de 3,6 m de profundidad respecto de cota de calle.

Además de la cuestión meramente geométrica está el hecho de que no se aprecien daños de origen claramente geotécnico provocados por asiento o rotura del terreno.

En cualquier caso puede hacerse un análisis de la presión admisible del terreno para una zapata con dimensiones algo mayores que las del pilar en planta sótano, en la alineación que soporta el peso de la cubierta.

Según la documentación facilitada y las medidas realizadas, la zapata tiene al menos 1,05x1,05 m y apoya al menos a 1,6 m de profundidad bajo solera de sótano.

A continuación se incluye el plano donde está representada la zapata con anchura prácticamente igual a la del pilar.



Por tanto analizamos una zapata cuadrada de 105x105 cm, apoyada aproximadamente a 1,6 m de profundidad sobre gravas muy compactas.

La presión admisible por hundimiento, para carga vertical es:

$$P_{adm} = \frac{q_h}{FS} = \frac{c \cdot Nc + q\,N_q + 0{,}3\,\gamma\,B\,N\gamma}{FS}$$

q_h = Presión de hundimiento

FS = Factor de seguridad = 3

c = Cohesión efectiva = 1 t/m^2

Nc, Nq y Nγ = Factores de capacidad de carga.

Para $\varphi' = 38º \rightarrow$ Nc = 61,4; Nq = 48,9 y Nγ = 74,9

q = Carga de tierras sobre la base de la zapata = 1,6 m · 1,9 t/m^2= 3,04 t/m^2

B = Ancho de la zapata = 1,05 m

$$P_{adm} = \frac{1 \cdot 61{,}4 + 3{,}04 \cdot 48{,}9 + 0{,}3 \cdot 2{,}1 \cdot 1{,}05 \cdot 74{,}9}{3} = \frac{259{,}6}{3} = 86{,}5\ \text{t/m}^2 \approx 8{,}6\ \text{kg/cm}^2$$

Considerando para el pilar una influencia de la cubierta de unos 60 m^2 (6 m entre pórticos, 3 m hacia la calle y 7 m hacia el centro) con una carga de 300 kg/m^2 y una influencia del forjado de unos 30 m^2 (6 m entre pórticos, 3 m hacia la calle y 2 m hacia el interior), con una carga de 900 kg/m^2, resulta que la carga vertical es de aproximadamente:

Q = 60x300 + 30x900 = 45.000 kg

La presión transmitida será:

$P_{trans} = \frac{Q}{S} = \frac{45.000}{105X105} = 4{,}08\ \text{kg/cm}^2$ que resulta menor que la admisible.

En cuanto a asiento puede calcularse como

$$S = \frac{2 \cdot P_{trans} \cdot B}{E} \cdot I, \text{ siendo } I \approx 0{,}4 \rightarrow S = \frac{2 \cdot 4{,}08\ \text{kg/cm}^2 \cdot 105\ \text{cm}}{750} \cdot 0{,}4 = 0{,}46\ \text{cm}$$

El asiento resulta perfectamente admisible.

Evidentemente, en los tiempos actuales no se hubiesen proyectado zapatas de tan pequeña dimensión ya que, aunque la presión resulta admisible y el asiento es suficientemente bajo, resulta que frente a esfuerzos laterales, posibles excentricidades, etc, resultan poco adecuadas.

En este sentido es posible que la seguridad frente a vuelco pudiera no ser adecuada, sobre todo si se contase con que en las calles adyacentes se hayan podido hacer zanjas profundas y que la coacción lateral en muros haya sido mucho menor que la inicialmente prevista. Ello podría explicar, al menos en parte, que hayan podido girar los muros y pilares laterales, sobre todo hacia la Avda. César Augusto.

6.- CONCLUSIONES

En primer lugar, cabe decir que las zapatas de pilares y los muros perimetrales apoyan sobre gravas de compacidad elevada, cuya capacidad portante no parece haberse visto mermada hasta la fecha.

La presión admisible por hundimiento del terreno para las dimensiones de zapata vista (1,05x1,05 m), es de unos 8,6 kg/cm^2, claramente superior a la presión vertical prevista (≈4,1 kg/cm^2). Por tanto frente a cargas verticales la cimentación, aunque sea de tan pequeñas dimensiones, no tiene problemas de capacidad portante ni de asientos.

A pesar de ello, es posible que frente a cargas muy excéntricas o frente a esfuerzos horizontales se hayan podido producir en el pasado giros de pilares o muros exteriores frente a lo cual, en la medida de lo posible, cabría el arriostramiento máximo del forjado de planta baja.

Al no haber podido observar la cimentación de ningún pilar, en obra conviene descubrir al menos una zapata para ver sus dimensiones reales y su estado de conservación.

Finalmente, si se utilizan hormigones para las nuevas obras, aquellos que vayan a estar en contacto con los rellenos de origen antrópico deben fabricarse con cemento sulforresistente y en el caso de los hormigones estructurales se considerará un tipo de exposición Q_c según la Instrucción E.H.E.

Fdo. José Joaquín Lerín Ascaso
Geólogo

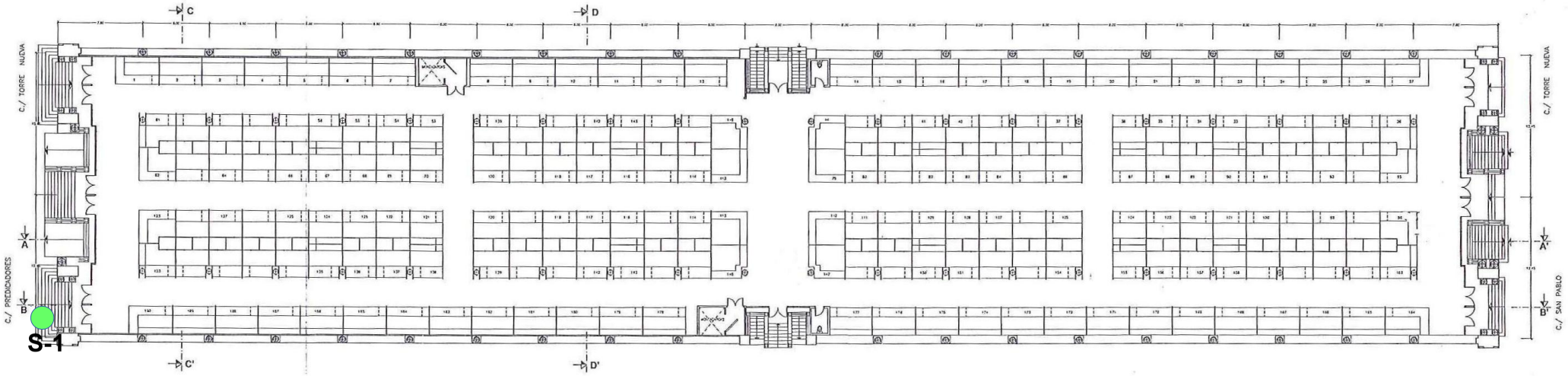
Fdo. Octavio Plumed Parrilla
Ingeniero de Caminos

VºBº del Director

Javier Prats Rivera
Ingeniero de Caminos

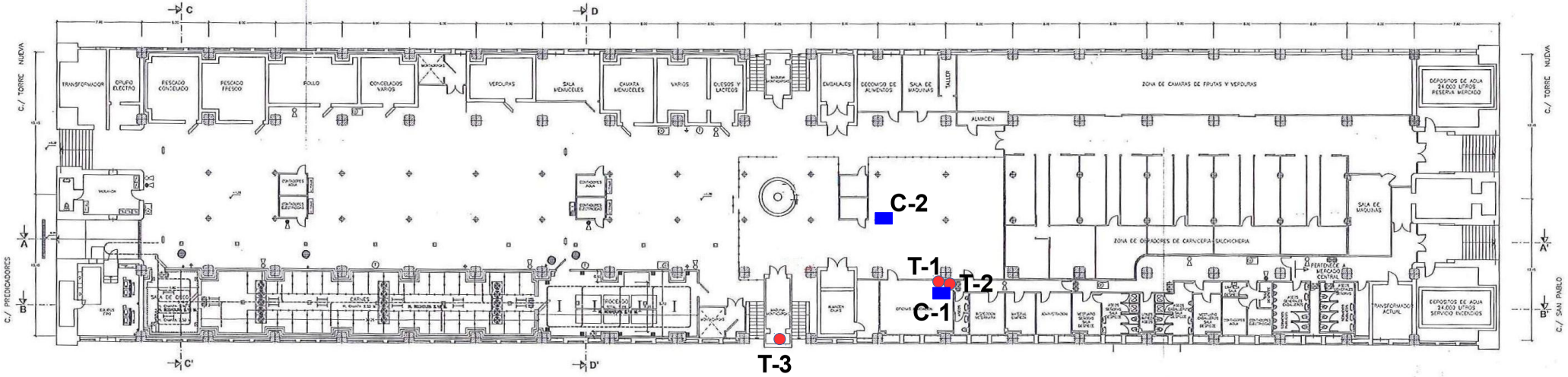
APÉNDICE I

CROQUIS DE SITUACIÓN DE TRABAJOS



PLANTA PRIMERA

ESCALA 1/200



PLANTA SOTANO

ESCALA 1/200

- Calicata
- Testigo
- Sondeo mecánico

ENSAYA
Laboratorio de Ensayos Técnicos S.A.

CROQUIS DE SITUACIÓN DE TRABAJOS
17AG0209

APÉNDICE II

COLUMNA DEL SONDEO. FOTOGRAFÍAS DEL TESTIGO

ENSAYA
Laboratorio de Ensayos Técnicos S.A.

Nº Obra:	17AG0209
Obra:	ESTADO ACTUAL
	MERCADO CENTRAL
Localidad:	ZARAGOZA
Peticionario:	MERCAZARAGOZA
Fecha Inicio:	07.03.2017
Fecha Final:	08.03.2017

COORDENADAS
X =
Y =
Z =

SONDEO
S-1

Tipo de máquina:	TECOINSA TP-50-D
Sondista:	A.Cortés
Supervisor/a:	J.Lerín

Tipo Perforación	Ø Perforación	Revestimiento	Escala 1:75	Cota	Estratigrafía	Descripción	S.P.T. (10 20 30 40)	Nspt	Muestra	Soil Test Kg/cm2	Nivel freático
WS	B-113	113	1	-.30		PELDAÑO.Bloque de pórfido, mortero y ladrillo.					
			2			RELLENOS. Limos y arcillas de color marrón, que engloban cantos rodados y algún bolo. Presentan cascotes dispersos en todo el tramo (fundamentalmente de ladrillo), así como fragmentos de yeso y restos carbonosos. A partir de 1,5 m se encuentran muy húmedos, con consistencia muy blanda. Desde los 3,6 m aumenta la componente granular, pasando hasta gravas arcillosas con cascotes.	3.00 3.60	1			
			3								
			4	-4.00		RECUBRIMIENTO CUATERNARIO. Gravas heterométricas, con cantos subredondeados de naturaleza poligénica (cuarcita, caliza, arenisca,...) envueltos en matriz de arena y finos en proporción variable (desde indicios hasta con bastante limo). Presentan compacidad muy alta.	4.80 5.40	65	4.40 MA-1 4.80		
			5								
			6	-6.00		Arenas limosas de tonos ocre amarillentos, con indicios de grava.					
	B-98		7	-6.60		Gravas heterométricas, con cantos subredondeados de naturaleza poligénica envueltos en matriz de arena y por lo general hasta algo de limo. A partir de 11,00 m, las gravas se encuentran saturadas. Presentan compacidad alta-muy alta.	7.80 8.20	R	7.40 MA-2 7.80		
			8								
			9								
			10								10.00
			11				10.80 11.40	42			
			12	-12.00							

WS: Perforación con widia en seco
WH: Perforación con widia y agua
DH: Perforación con diamante y agua
M.I.: Muestra inalterada (por golpeo)
M.A.: Muestra alterada (testigo)

OBSERVACIONES:
- Se detecta el nivel freático en el SPT de 10,8 a 11,4 m, ascendiendo posteriormente hasta 10 m.
- Se realiza una perforación previa de 150 mm de diámetro con sonda HILTI, empleándose el testigo obtenido para tapar el sondeo.

SONDEO S-1 (1/2)

Emplazamiento

0,00 a 3,00 m

3,00 a 6,00 m

SONDEO S-1 (2/2)

6,00 a 9,00 m

9,00 a 12,00 m

APÉNDICE III

EXTRACCIÓN DE TESTIGOS

ENSAYA
Laboratorio de Ensayos Técnicos S.A.

Nº Obra:	17AG0209
Obra:	ESTADO ACTUAL
	MERCADO CENTRAL
Localidad:	ZARAGOZA
Peticionario:	MERCAZARAGOZA
Fecha Inicio:	07.03.2017
Fecha Final:	

COORDENADAS
X =
Y =
Z =

SONDEO
T-1

Tipo de máquina: TESTIGUERA HILTI
Sondista: J.Navarro
Supervisor/a:

Tipo Perforación	Ø Perforación	Revestimiento	Escala 1:25	Cota	Estratigrafía	Descripción	S.P.T. (10 20 30 40)	Nspt	Muestra	Soil Test Kg/cm2	Nivel freático
DH	100		1	-.20		HORMIGÓN.					
				-.40		RELLENOS. Gravas arcillosas con indicios de cascotes. Muy húmedas.					
			2								

WS: Perforación con widia en seco
WH: Perforación con widia y agua
D: Perforación con diamante y agua

OBSERVACIONES:
- Testigo extraído junto a pilar en zona de sótano.

ENSAYA
Laboratorio de Ensayos Técnicos S.A.

Nº Obra:	17AG0209
Obra:	ESTADO ACTUAL
	MERCADO CENTRAL
Localidad:	ZARAGOZA
Peticionario:	MERCAZARAGOZA
Fecha Inicio:	08.03.2017
Fecha Final:	

COORDENADAS
X =
Y =
Z =

SONDEO
T-2

Tipo de máquina: TESTIGUERA HILTI
Sondista: K.Balev
Supervisor/a:

Tipo Perforación	Ø Perforación	Revestimiento	Escala 1:25	Cota	Estratigrafía	Descripción	S.P.T. (10 20 30 40)	Nspt	Muestra	Soil Test Kg/cm2	Nivel freático
DH	100		1	-.20		HORMIGÓN.					
				-.60		RELLENOS. Gravas arcillosas con indicios de cascotes hasta de tamaño decimétrico (ladrillo trabado con mortero). Muy húmedas.					
			2								

WS: Perforación con widia en seco
WH: Perforación con widia y agua
D: Perforación con diamante y agua

OBSERVACIONES:
- Testigo extraído junto a pilar en zona de sótano.
- Se realiza un ensayo de penetración dinámica manual.

ENSAYA
Laboratorio de Ensayos Técnicos S.A.

Nº Obra:	17AG0209
Obra:	ESTADO ACTUAL
	MERCADO CENTRAL
Localidad:	ZARAGOZA
Peticionario:	MERCAZARAGOZA
Fecha Inicio:	14.03.2017
Fecha Final:	

COORDENADAS
X =
Y =
Z =

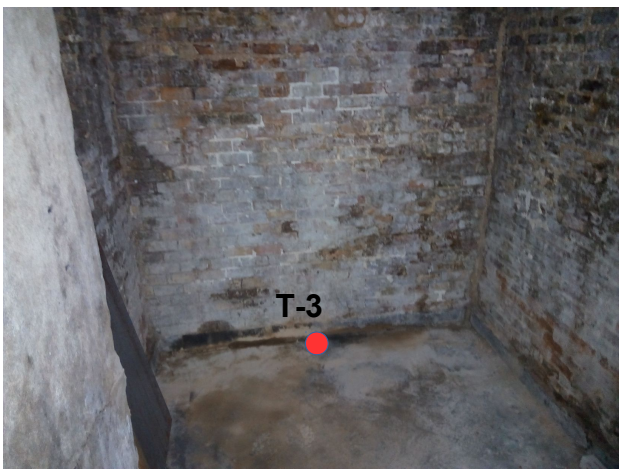
SONDEO
T-3

Tipo de máquina: TESTIGUERA HILTI
Sondista: J.Navarro
Supervisor/a:

Tipo Perforación	Ø Perforación	Revestimiento	Escala 1:25	Cota	Estratigrafía	Descripción	S.P.T. (10 20 30 40)	Nspt	Muestra	Soil Test Kg/cm2	Nivel freático
DH	100		1	-.13		HORMIGÓN.					
				-.33		RELLENOS. Gravas, con algún cascote disperso.					
				-.37		LADRILLO.					
				-.40		Arena y arcilla.					
				-.75		Gravas, con cantos y bolos subredondeados junto con cascotes, algunos de ellos trabados con mortero.					
			2	-1.20		RECUBRIMIENTO CUATERNARIO. Gravas, con cantos subredondeados de naturaleza poligénica en matriz arenosa.					

WS: Perforación con widia en seco
WH: Perforación con widia y agua
D: Perforación con diamante y agua

OBSERVACIONES:
- Testigo extraído junto a muro en zona de sótano.
- Se realiza un ensayo de penetración dinámica manual.



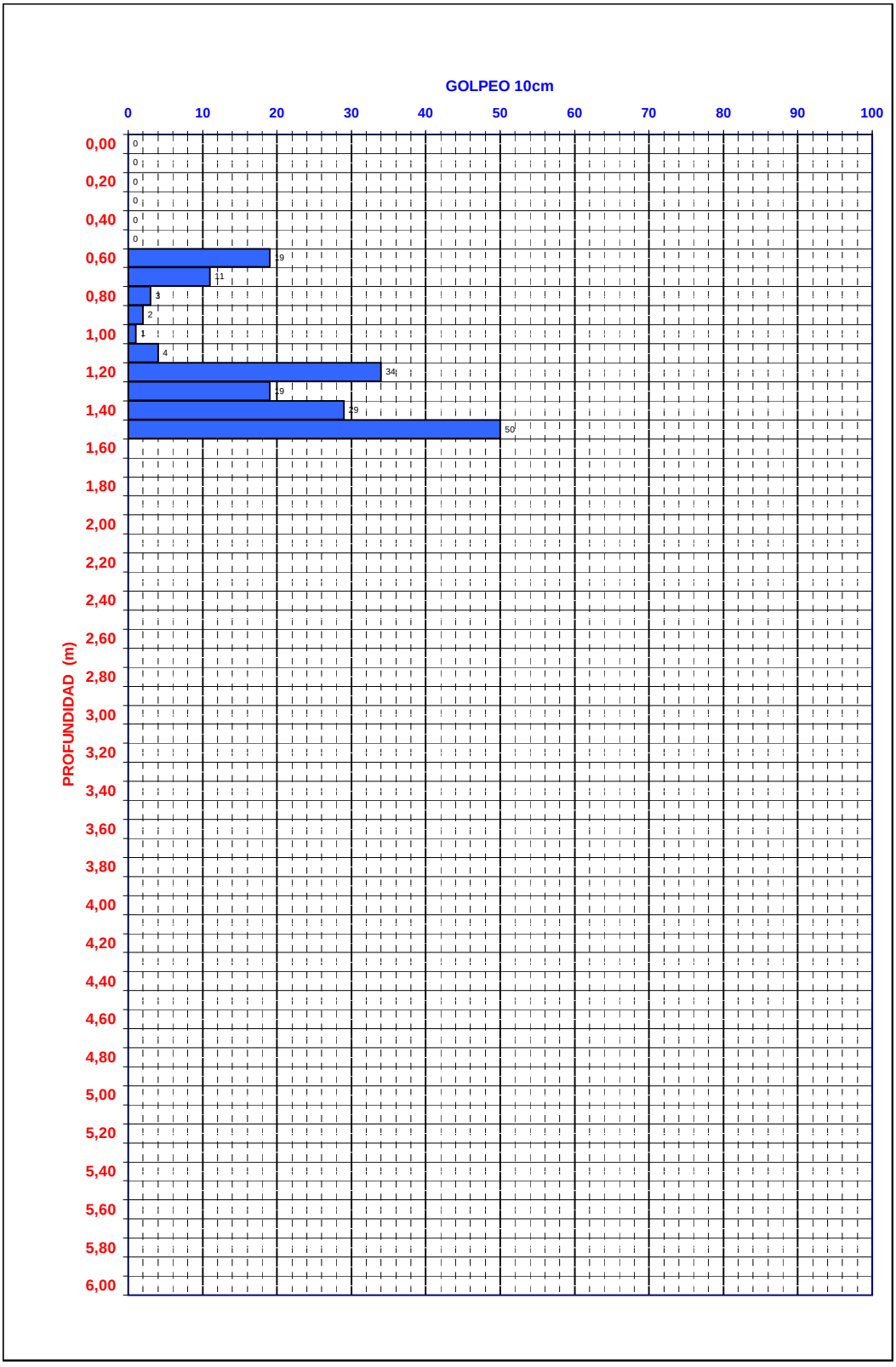
APÉNDICE IV

ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA MANUAL

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA MANUAL

ENSAYA
Laboratorio de Ensayos Técnicos S.A.

ESTADO ACTUAL MERCADO CENTRAL					PENETRACIÓN
Peticionario		MERCAZARAGOZA S.A.			T-2
Fecha	08.03.2017	Situación	ZARAGOZA		
Coordenadas					nº Obra
X:	-	Y:	-	Z: -	17AG0209



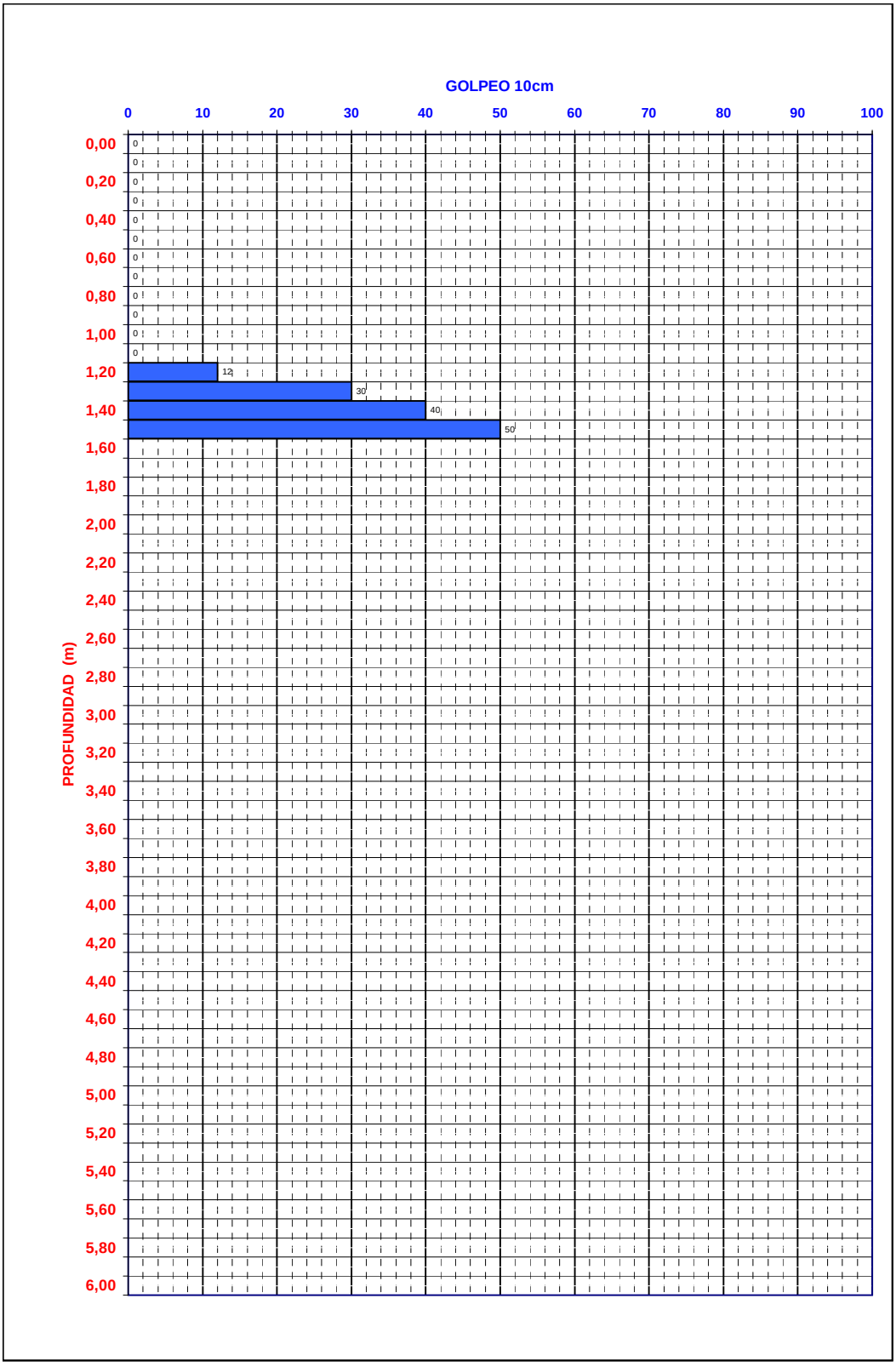
Profundidad (m)	Golpeo
0,10	0
0,20	0
0,30	0
0,40	0
0,50	0
0,60	0
0,70	19
0,80	11
0,90	3
1,00	2
1,10	1
1,20	4
1,30	34
1,40	19
1,50	29
1,60	50
1,70	
1,80	
1,90	
2,00	
2,10	
2,20	
2,30	
2,40	
2,50	
2,60	
2,70	
2,80	
2,90	
3,00	
3,10	
3,20	
3,30	
3,40	
3,50	
3,60	
3,70	
3,80	
3,90	
4,00	
4,10	
4,20	
4,30	
4,40	
4,50	
4,60	
4,70	
4,80	
4,90	
5,00	
5,10	
5,20	
5,30	
5,40	
5,50	
5,60	
5,70	
5,80	
5,90	
6,00	

Observaciones: Rechazo a 1,52 m. De 0,0 a 0,6 m material extraído con HILTI

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA MANUAL

ENSAYA
Laboratorio de Ensayos Técnicos S.A.

ESTADO ACTUAL MERCADO CENTRAL					PENETRACIÓN
Peticionario		MERCAZARAGOZA S.A.			T-3
Fecha	14.03.2017	Situación	ZARAGOZA		
Coordenadas					nº Obra
X:	-	Y:	-	Z: -	17AG0209



Profundidad (m)	Golpeo
0,10	0
0,20	0
0,30	0
0,40	0
0,50	0
0,60	0
0,70	0
0,80	0
0,90	0
1,00	0
1,10	0
1,20	0
1,30	12
1,40	30
1,50	40
1,60	50
1,70	
1,80	
1,90	
2,00	
2,10	
2,20	
2,30	
2,40	
2,50	
2,60	
2,70	
2,80	
2,90	
3,00	
3,10	
3,20	
3,30	
3,40	
3,50	
3,60	
3,70	
3,80	
3,90	
4,00	
4,10	
4,20	
4,30	
4,40	
4,50	
4,60	
4,70	
4,80	
4,90	
5,00	
5,10	
5,20	
5,30	
5,40	
5,50	
5,60	
5,70	
5,80	
5,90	
6,00	

Observaciones: Rechazo a 1,55 m. De 0,0 a 1,20 m material extraído con HILTI

APÉNDICE V

BOLETINES DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Pol. Industrial Valdeconsejo - C/ Aneto, parcela nº 8 A - Tel. 976 566 875 - Fax 976 566 612 - 50410 Cuarte de Huerva (Zaragoza) - www.ensaya.es - ensaya@ensaya.es

PETICIONARIO: MERCAZARAGOZA, S.A.
OBRA: ESTADO ACTUAL MERCADO CENTRAL. ZARAGOZA

Nº OBRA: 17AG0209
Nº REF.: 17AG03091

MUESTRA: S-1. De 3,00 a 3,60 m. SPT

FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE SUELOS

Ensayos químicos

- Sulfatos (UNE-EN 83963) (SO_4 mg/Kg.....31223,00

- Observaciones:

Zaragoza, a 21 de marzo de 2017

El Jefe del Área

Fdo. José Joaquín Lerín Ascaso
Lcdo. Geología

VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Cinta Tabliega Matute
Lcda. CC. Químicas

Los resultados contenidos en este informe sólo se refieren a la muestra ensayada
ENSAYA está inscrita en el registro general del CTE con el nº ARA - L - 005 para los grupos de ensayo GT, VS, PS, EH, EA, EFA
Los datos contenidos en el presente informe son confidenciales. Prohibida su reproducción parcial sin consentimiento escrito de ENSAYA

ENSAYA
Laboratorio de Ensayos Técnicos S.A.

PETICIONARIO: MERCAZARAGOZA, S.A.
OBRA: ESTADO ACTUAL MERCADO CENTRAL. ZARAGOZA

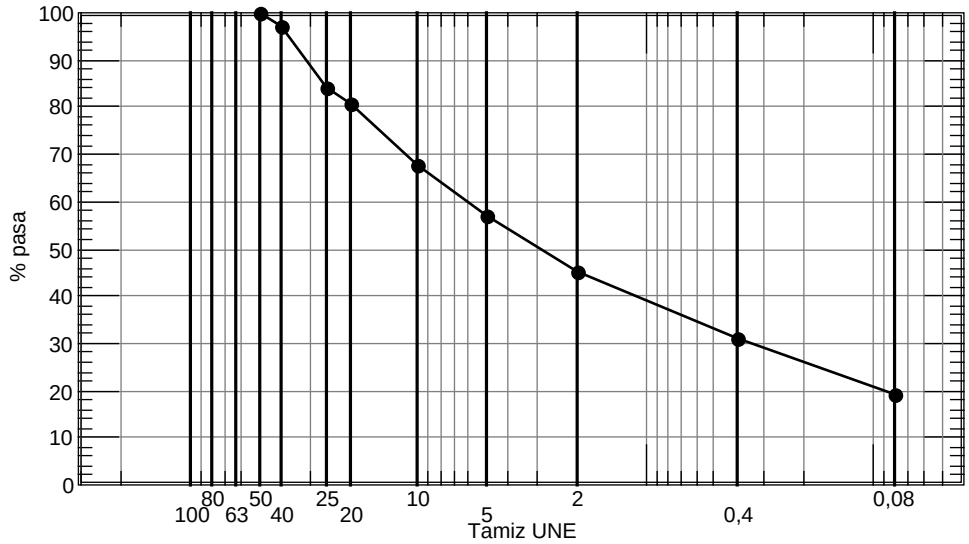
Nº OBRA: 17AG0209
Nº REF.: 17AG03092

MUESTRA: S-1. De 4,40 a 4,80 m. MA-1

FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE SUELOS

Análisis granulométrico (UNE 103101)



Tamiz UNE	Pasa
100	
80	
63	
50	100
40	97
25	84
20	81
10	68
5	57
2	45
0,400	31
0,080	19,3

Límites de Atterberg (UNE 103103, 103104)

- Límite líquido: 19,1
- Límite plástico: 14,3
- Índice de plasticidad: 4,8

Ensayos químicos

- Sulfatos (UNE-EN 83963) (SO_4 mg/Kg 592,00

Clasificación

- U.S.C.S.: GM-GC

- Observaciones:

Zaragoza, a 21 de marzo de 2017

El Jefe del Área

Fdo. José Joaquín Lerín Ascaso
Lcdo. Geología

VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Cinta Tabliega Matute
Lcda. CC. Químicas

Pol. Industrial Valdeconsejo - C/ Aneto, parcela nº 8 A - Tel. 976 566 875 - Fax 976 566 612 - 50410 Cuarte de Huerva (Zaragoza) - www.ensaya.es - ensaya@ensaya.es

Los resultados contenidos en este informe sólo se refieren a la muestra ensayada
ENSAYA está inscrita en el registro general del CTE con el nº ARA - L - 005 para los grupos de ensayo GT, VS, PS, EH, EA, EFA
Los datos contenidos en el presente informe son confidenciales. Prohibida su reproducción parcial sin consentimiento escrito de ENSAYA

ENSAYA
Laboratorio de Ensayos Técnicos S.A.

PETICIONARIO: MERCAZARAGOZA, S.A.
OBRA: ESTADO ACTUAL MERCADO CENTRAL. ZARAGOZA

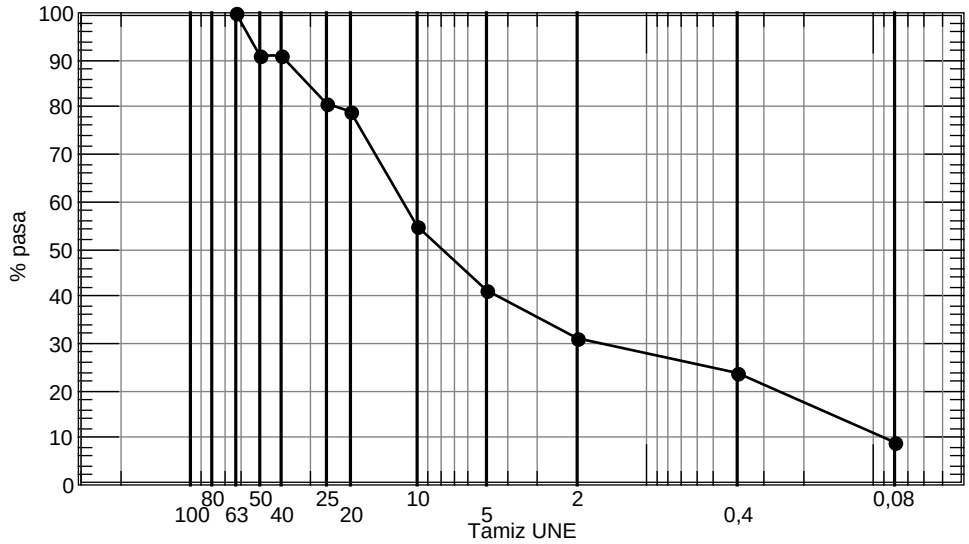
Nº OBRA: 17AG0209
Nº REF.: 17AG03093

MUESTRA: S-1. De 7,40 a 7,80 m. MA-2

FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE SUELOS

Análisis granulométrico (UNE 103101)



Tamiz UNE	Pasa
100	
80	
63	100
50	91
40	91
25	81
20	79
10	55
5	41
2	31
0,400	24
0,080	9,3

Límites de Atterberg (UNE 103103, 103104)

- Límite líquido:.....
- Límite plástico:.....No plástico
- Índice de plasticidad:.....

Clasificación

- U.S.C.S.:.....GW-GM

- Observaciones:

Zaragoza, a 21 de marzo de 2017

El Jefe del Área

Fdo. José Joaquín Lerín Ascaso
Lcdo. Geología

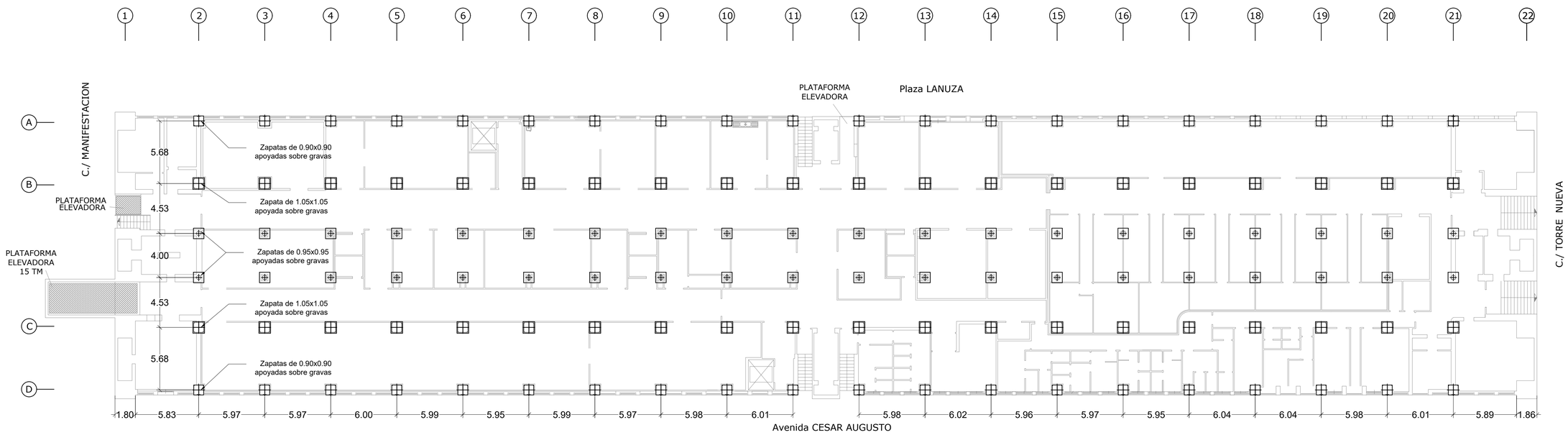
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Cinta Tabliega Matute
Lcda. CC. Químicas

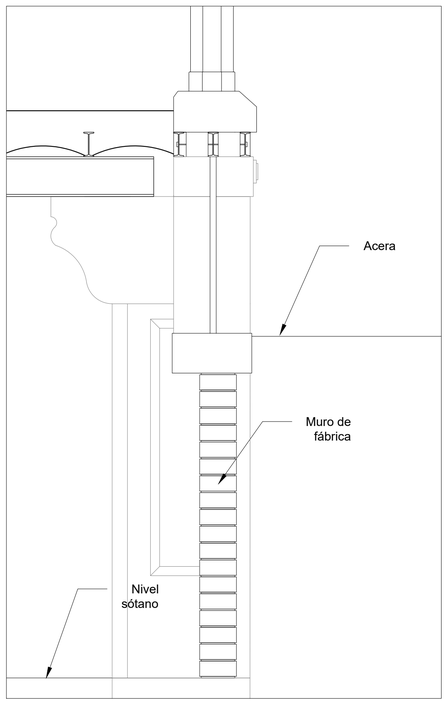
Pol. Industrial Valdeconsejo - C/ Aneto, parcela nº 8 A - Tel. 976 566 875 - Fax 976 566 612 - 50410 Cuarte de Huerva (Zaragoza) - www.ensaya.es - ensaya@ensaya.es

Los resultados contenidos en este informe sólo se refieren a la muestra ensayada
ENSAYA está inscrita en el registro general del CTE con el nº ARA - L - 005 para los grupos de ensayo GT, VS, PS, EH, EA, EFA
Los datos contenidos en el presente informe son confidenciales. Prohibida su reproducción parcial sin consentimiento escrito de ENSAYA

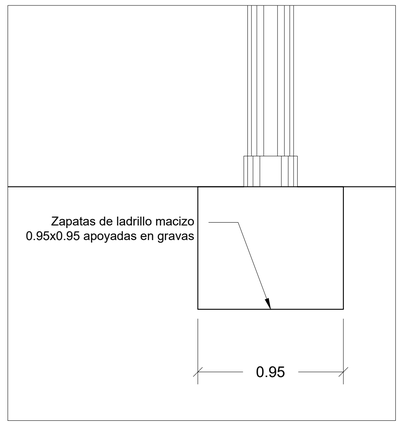
Anejo nº 3. Planos



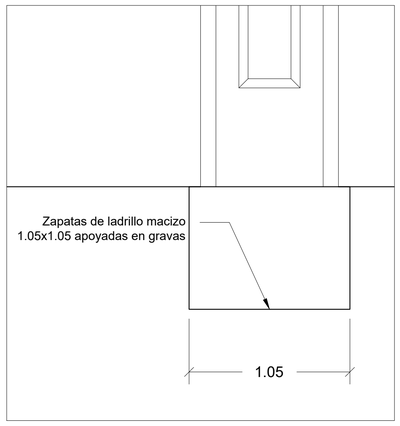
Cimentación
Esc.: 1:200



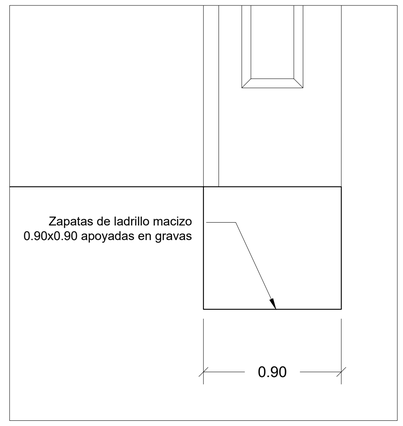
Detalle muro perimetral
Esc.: 1:20



Zapata pilar de fundición
Esc.: 1:20



Zapata pilar central de piedra
Esc.: 1:20



Zapata pilar de fachada
Esc.: 1:20

F1: Muro perimetral de sótano

F3: Zapata medida

F2: Zapata descubierta

F4: Zapata medida

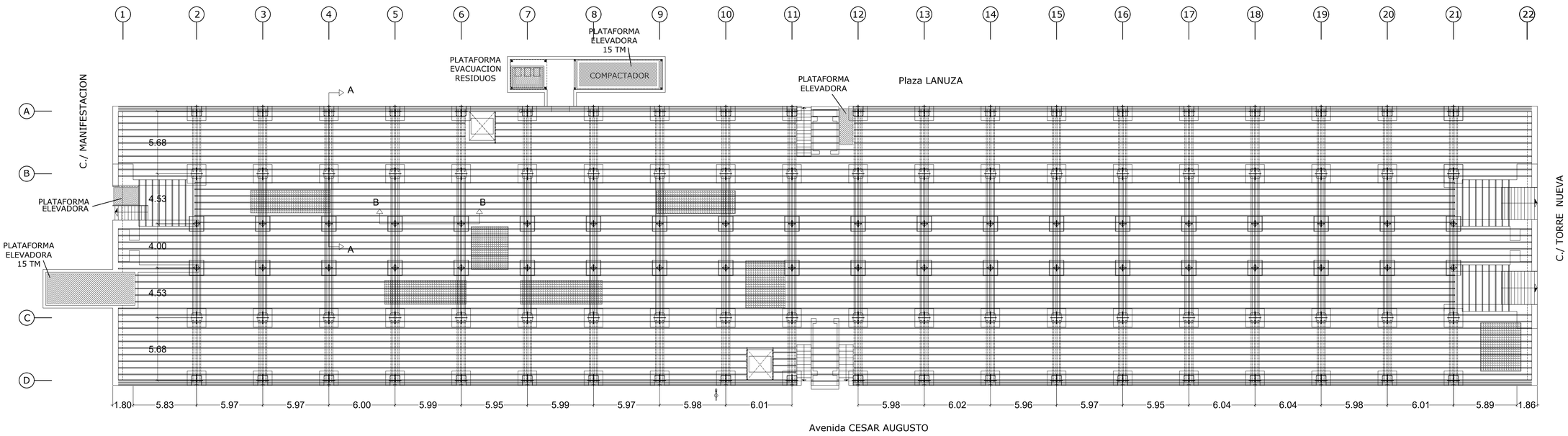
ESTUDIO DE PATOLOGÍAS DE LA ESTRUCTURA DEL MERCADO CENTRAL

Autor encargo: Mercazaragoza	ABRIL DE 2017
Emplazamiento: Plaza Lanuza - 50003 Zaragoza	Provincia: ZARAGOZA
Plano: Cimentación	E.: 1/200

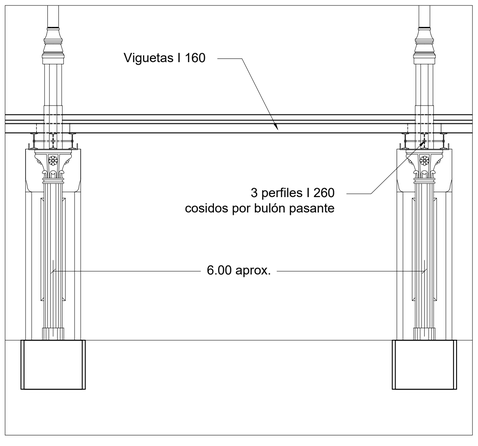
Autores del proyecto:
MIGUEL ÁNGEL MORALES ARRIBAS
Ingeniero de Caminos
JOSÉ ÁNGEL PÉREZ BENEDICTO
Dr., Ingeniero Civil

Desarrollo del proyecto:
ANA BERTOL GROS
Arquitecta
FERNADO CALVES AZNAR
Ingeniero Técnico Industrial
LUIS NAVARRO LAMEDA
Ingeniero Civil

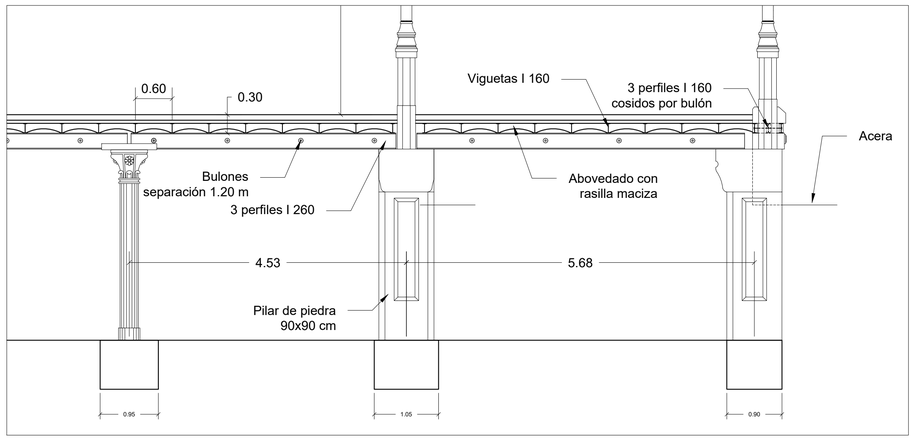
Nº Plano: 01



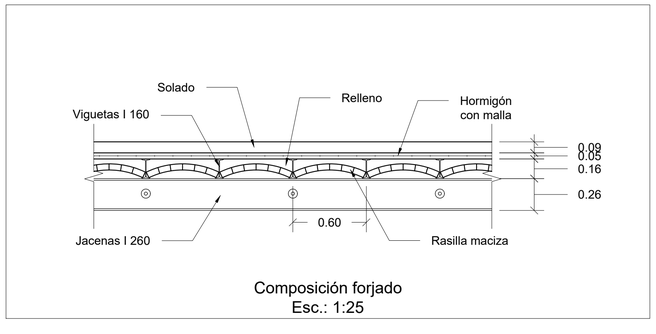
Estructura de Forjado Techo Sótano
Esc.: 1:200



Sección B-B
Esc.: 1:50

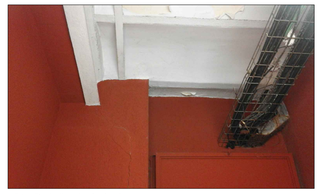


Sección A-A
Esc.: 1:50



Composición forjado
Esc.: 1:25

F1: Frojado techo sótano en zona de plataforma



F4: Detalle de forjado

F2: Pilar de piedra de sótano en fachada

F5: Jacena

F3: Forjado descubierto

F6: Medida de canto del Forjado

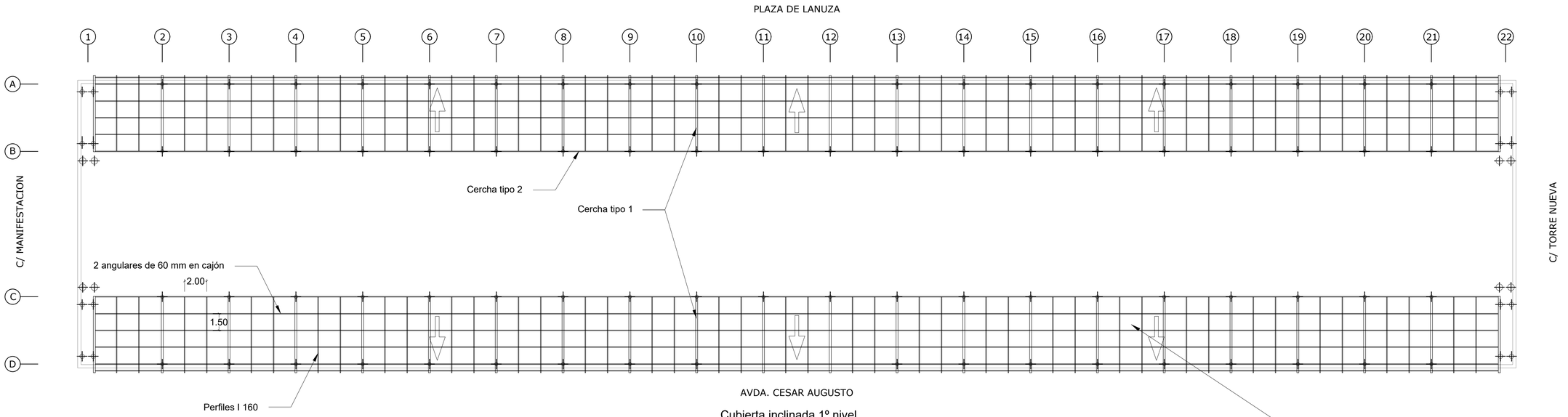
ESTUDIO DE PATOLOGÍAS DE LA ESTRUCTURA DEL MERCADO CENTRAL

Autor encargo: Mercazaragoza	ABRIL DE 2017
Emplazamiento: Plaza Lanuza - 50003 Zaragoza	Provincia: ZARAGOZA
Plano: Forjado techo sótano	E.: 1/200

Autores del proyecto:
MIGUEL ÁNGEL MORALES ARRIBAS
Ingeniero de Caminos
JOSÉ ÁNGEL PÉREZ BENEDICTO
Dr., Ingeniero Civil

Desarrollo del proyecto:
ANA BERTOL GROS
Arquitecta
FERNADO CALVES AZNAR
Ingeniero Técnico Industrial
LUIS NAVARRO LAMEDA
Ingeniero Civil

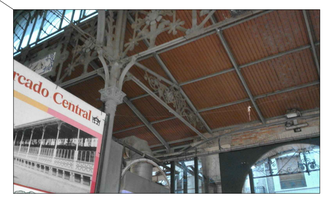
Nº Plano: 02



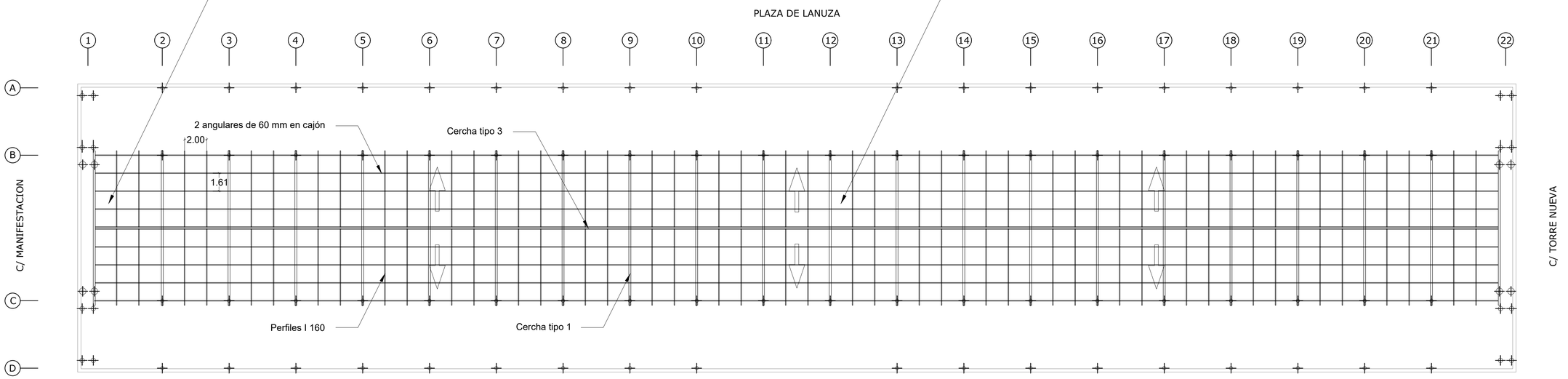
Cubierta inclinada 1º nivel
Esc.: 1:200

F1: Cubierta nave central

F1: Cubierta nave central



F1: Cubierta nave lateral



Cubierta inclinada 2º nivel
Esc.: 1:200

ESTUDIO DE PATOLOGÍAS DE LA ESTRUCTURA DEL MERCADO CENTRAL

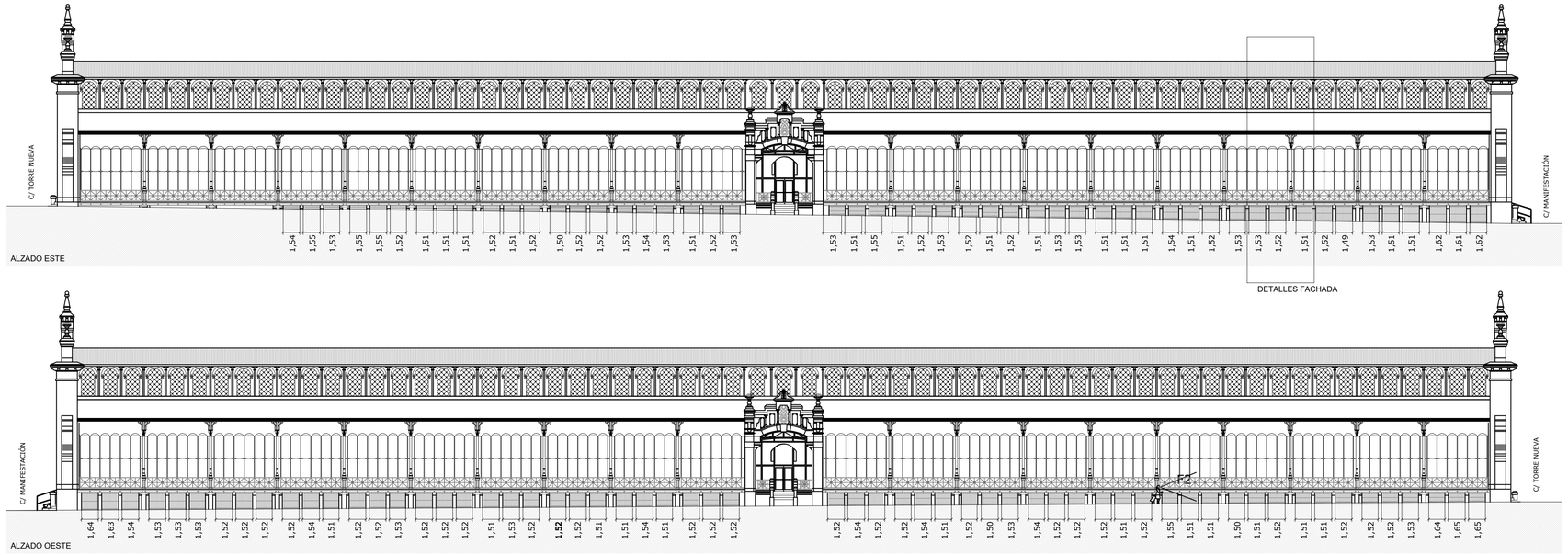
Autor encargo: Mercazaragoza	ABRIL DE 2017
Emplazamiento: Plaza Lanuza - 50003 Zaragoza	Provincia: ZARAGOZA
Plano: Cubierta	E.: 1/200

Autores del proyecto:
MIGUEL ÁNGEL MORALES ARRIBAS
Ingeniero de Caminos
JOSÉ ÁNGEL PÉREZ BENEDICTO
Dr., Ingeniero Civil

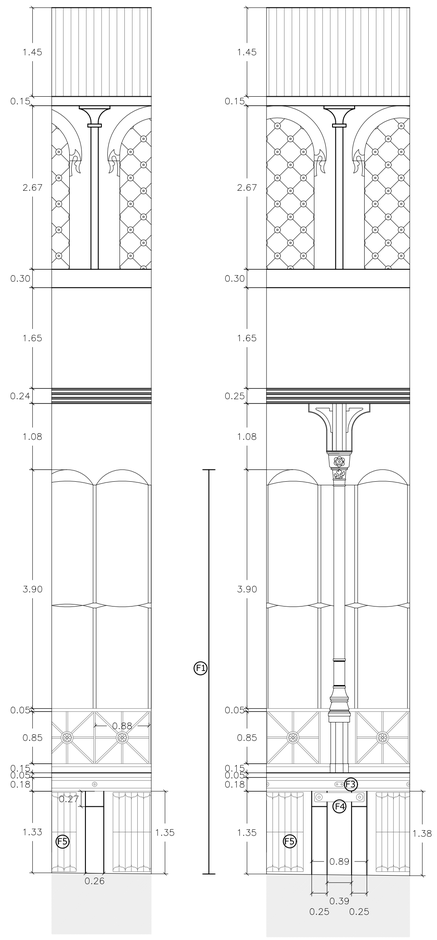
Desarrollo del proyecto:
ANA BERTOL GROS
Arquitecta
FERNADO CALVES AZNAR
Ingeniero Técnico Industrial
LUIS NAVARRO LAMEDA
Ingeniero Civil

Nº Plano: 03

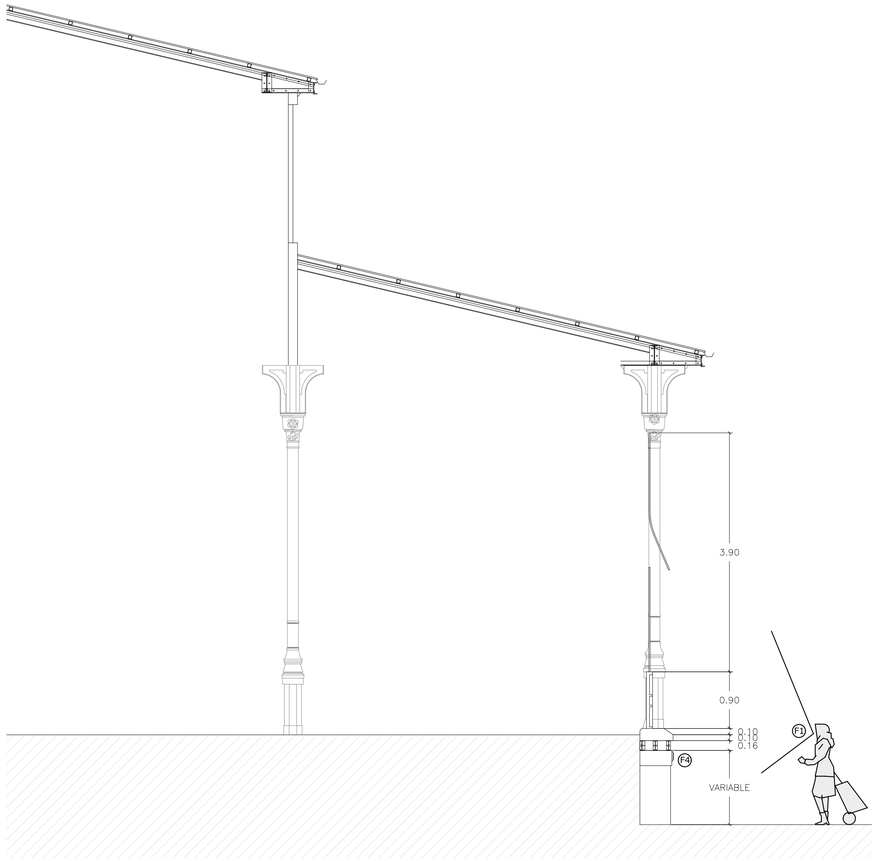
FACHADAS ACOTADAS. E.: 1/250



DETALLES FACHADA. E.: 1/50



SECCIÓN FACHADA. E.: 1/50



F1: Fachada oeste

F4: Pilar de sótano en fachada

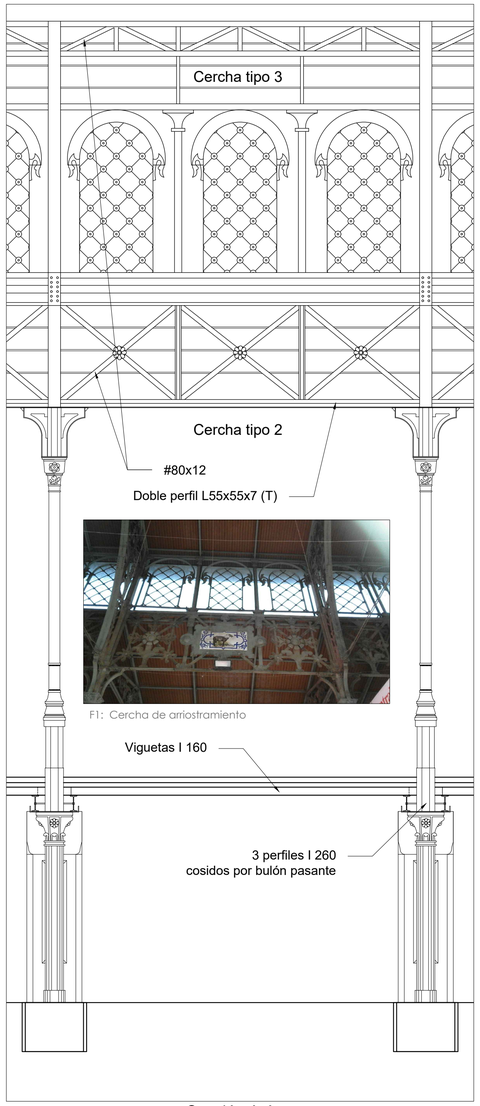
F2: Fachada este

F5: Muro perimetral y reja

F3: Detalle de zuncho de borde

ESTUDIO DE PATOLOGÍAS DE LA ESTRUCTURA DEL MERCADO CENTRAL

Autor encargo: Mercazaragoza		ABRIL DE 2017
Emplazamiento: Plaza Lanuza - 50003 Zaragoza		Provincia: ZARAGOZA
Plano: Alzados y secciones		E.: especificadas en plano
B Escuela Técnica Superior	Autores del proyecto: MIGUEL ÁNGEL MORALES ARRIBAS, Ingeniero de Caminos; JOSÉ ÁNGEL PÉREZ BENEDICTO, Dr., Ingeniero Civil	Desarrollo del proyecto: ANA BERTOL GROS, Arquitecto; FERNADO CALVES AZNAR, Ingeniero Técnico Industrial; LUIS NAVARRO LAMEDA, Ingeniero Civil	Nº Plano: 04



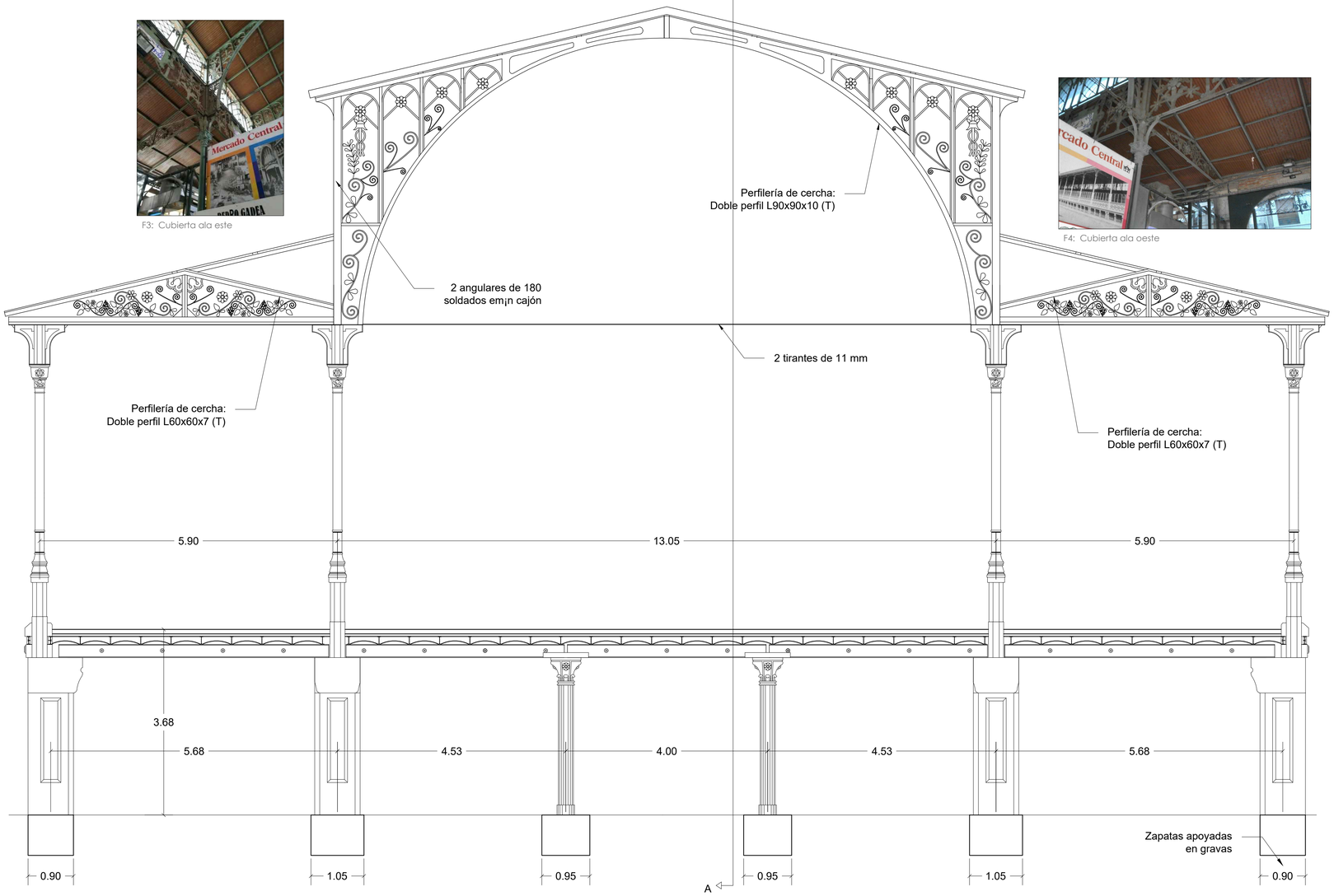
Sección A-A
Esc.: 1:50

F1: Cercha de arriostramiento

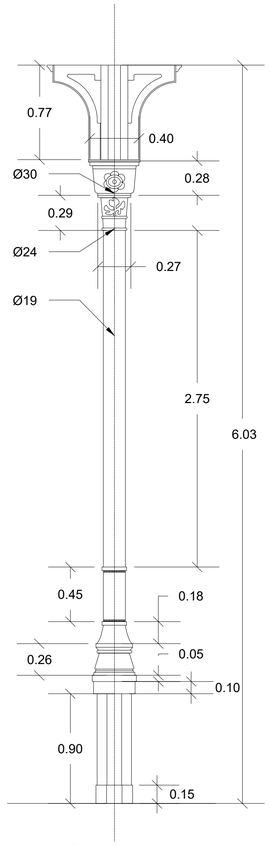
F3: Cubierta ala este

F4: Cubierta ala oeste

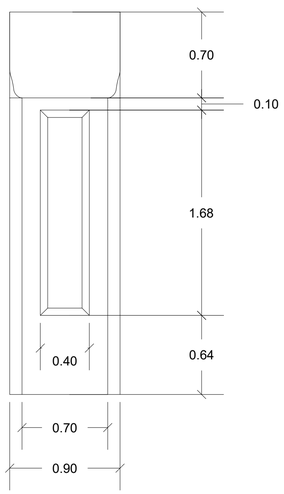
Cercha tipo 1
Esc.: 1:50



Pórtico tipo
Esc.: 1:50

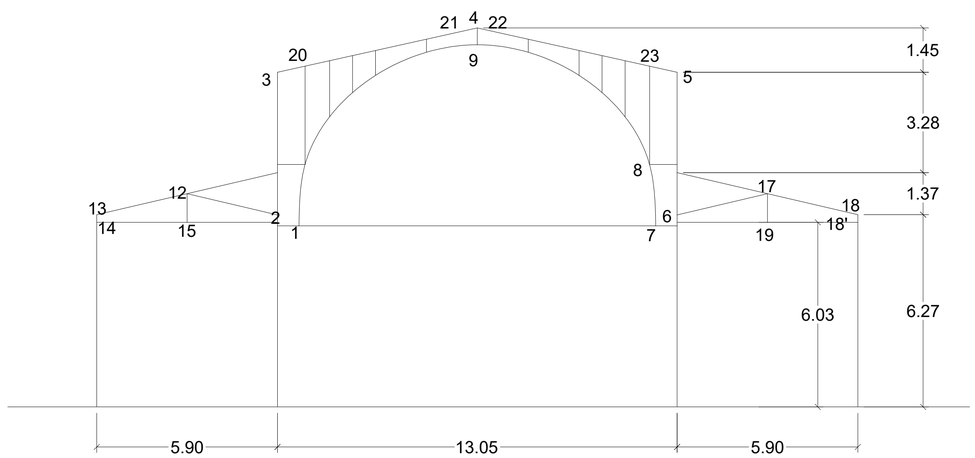


Pilar de fundición
Esc.: 1:25



Pilar de piedra en sótano
Esc.: 1:25

F2: Pilar de piedra en sótano



Modelo de pórtico
Esc.: 1:100

F5: Pilar central de fundición

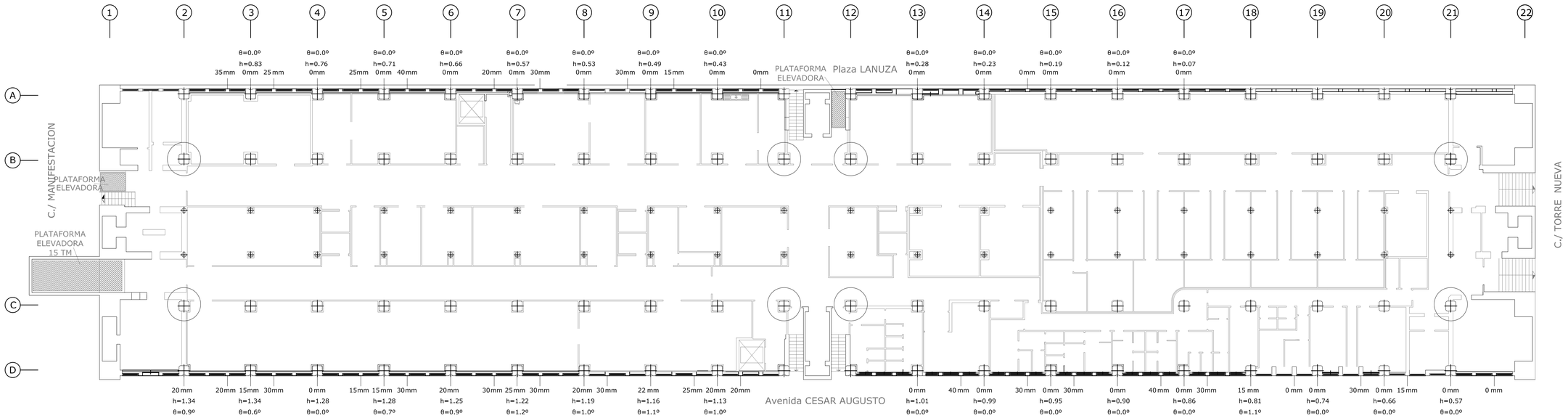
ESTUDIO DE PATOLOGÍAS DE LA ESTRUCTURA DEL MERCADO CENTRAL

Autor encargo: Mercazaragoza	ABRIL DE 2017
Emplazamiento: Plaza Lanuza - 50003 Zaragoza	Provincia: ZARAGOZA
Plano: Pórtico tipo	E.: especificadas en plano

Autores del proyecto:
MIGUEL ÁNGEL MORALES ARRIBAS
Ingeniero de Caminos
JOSÉ ÁNGEL PÉREZ BENEDICTO
Dr., Ingeniero Civil

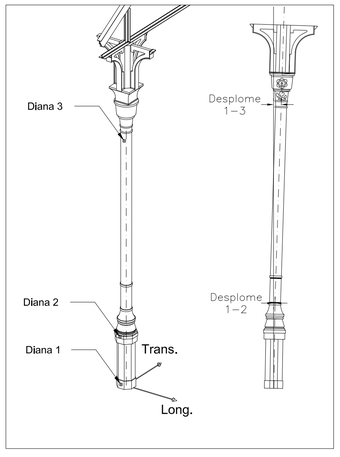
Desarrollo del proyecto:
ANA BERTOL GROS
Arquitecto
FERNADO CALVES AZNAR
Ingeniero Técnico Industrial
LUIS NAVARRO LAMEDA
Ingeniero Civil

Nº Plano: 05



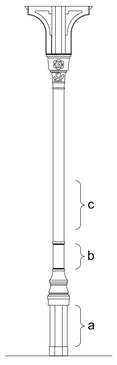
DESPLOMES DE PILARES FACHADA OESTE (medido en º)				
Pilar	Desplome 1-2		Desplome 1-3	
	Long.	Trans.	Long.	Trans.
D-2	0.73º N → S	1.26º O → E	0.96º N → S	0.78º O → E
D-3	0.53º N → S	-0.20º E → O	0.74º N → S	0.37º O → E
D-4	0.33º N → S	-1.26º E → O	0.56º N → S	0.47º O → E
D-5	0.20º N → S	0.88º O → E	0.35º N → S	0.51º O → E
D-6	0.66º N → S	0.66º O → E	0.59º N → S	0.56º O → E
D-7	-0.13º S → N	-1.05º E → O	0.31º N → S	0.35º O → E
D-8	0.40º N → S	0.73º O → E	0.23º N → S	0.43º O → E
D-9	0.26º N → S	-1.17º E → O	0.19º N → S	0.61º O → E
D-10	-0.20º S → N	-0.13º E → O	-0.08º S → N	0.46º O → E
Puerta	-	-	-	-
D-13	-0.73º S → N	-0.20º E → O	0.37º N → S	-0.01º E → O
D-14	-0.46º S → N	0.20º O → E	0.15º N → S	0.00º O → E
D-15	-0.40º S → N	0.33º O → E	0.23º N → S	0.04º O → E
D-16	-0.78º S → N	0.00º O → E	0.12º N → S	0.04º O → E
D-17	-0.46º S → N	0.33º O → E	0.17º N → S	0.22º O → E
D-18	-0.40º S → N	-0.20º E → O	0.11º N → S	-0.01º E → O
D-19	-0.46º S → N	0.13º O → E	-0.04º S → N	-0.04º E → O
D-20	0.13º N → S	0.26º O → E	-0.08º S → N	0.09º O → E
D-21	0.46º N → S	0.53º O → E	-0.12º S → N	-0.11º E → O

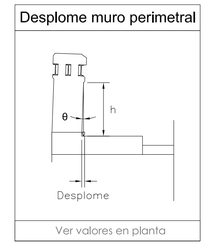
DESPLOMES EN FACHADA OESTE (medido en mm)				
Nº de Pilar	Desplome 1-2 (mm)		Desplome 1-3 (mm)	
	Long.	Trans.	Long.	Trans.
1	11	19	72	59
2	8	-3	56	28
3	5	-19	42	35
4	3	13	26	38
5	10	10	44	42
6	-2	-16	23	26
7	6	11	17	32
8	4	-18	14	46
9	-3	-2	-6	34
Puerta	-	-	-	-
10	-11	-3	27	-1
11	-7	3	11	0
12	-6	5	17	3
13	-12	0	9	3
14	-7	5	13	17
15	-6	-3	8	-1
16	-7	2	-3	-3
17	2	4	-6	7
18	7	8	-9	-8

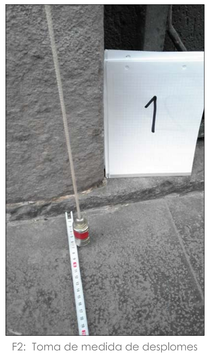


F1: Desplome de pilares fachada

DESPLOMES DE PILARES INTERIORES			
Pilar	Parte	Desplome Long.	Desplome Trans.
B-2	a	0.4º S → N	0.3º O → E
	b	-	-
	c	-	0.1º O → E
B-11	a	-0.2º N → S	0.0º ⊕
	b	-0.3º N → S	0.2º O → E
	c	-0.4º N → S	0.2º O → E
B-12	a	0.2º S → N	0.4º O → E
	b	0.4º S → N	0.4º O → E
	c	0.3º S → N	0.1º O → E
B-21	a	-0.3º N → S	0.5º O → E
	b	-	-
	c	-0.4º N → S	0.4º O → E
C-2	a	0.8º S → N	-0.4º E → O
	b	-	-
	c	-	-0.1º E → O
C-11	a	-0.1º N → S	-0.5º E → O
	b	-0.2º N → S	-0.5º E → O
	c	0.0º ⊕	-0.2º E → O
C-12	a	0.3º S → N	-0.3º E → O
	b	0.5º S → N	-0.5º E → O
	c	-0.1º N → S	-0.2º E → O
C-21	a	-0.4º N → S	-0.6º E → O
	b	-	-
	c	-	-0.2º E → O







F2: Toma de medida de desplomes

ESTUDIO DE PATOLOGÍAS DE LA ESTRUCTURA DEL MERCADO CENTRAL

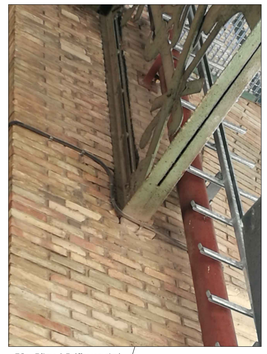
Autor encargo: Mercazaragoza	ABRIL DE 2017
Emplazamiento: Plaza Lanuza - 50003 Zaragoza	Provincia: ZARAGOZA
Plano: Desplome de pilares y muros	E.: 1/200

Autores del proyecto:
MIGUEL ÁNGEL MORALES ARRIBAS
Ingeniero de Caminos

JOSÉ ÁNGEL PÉREZ BENEDICTO
Dr., Ingeniero Civil

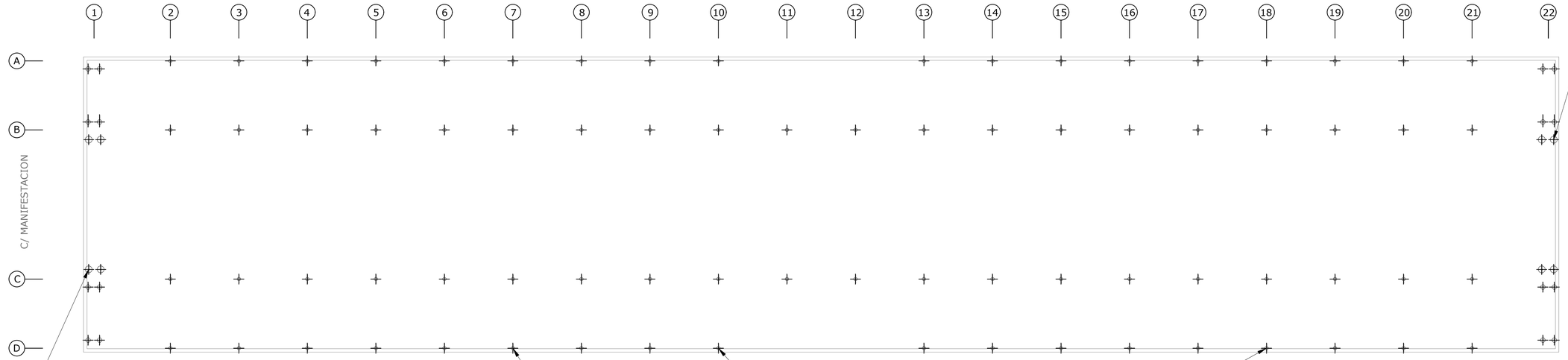
Desarrollo del proyecto:
ANA BERTOL GROS
Arquitecta
FERNANDO CALVES AZNAR
Ingeniero Técnico Industrial
LUIS NAVARRO LAMEDA
Ingeniero Civil

Nº Plano: 06



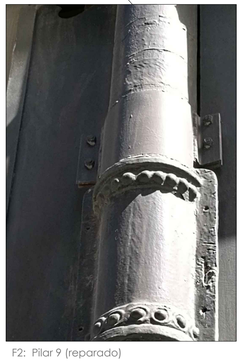
F3: Pilar 15 (fisurado)

PLAZA DE LANUZA

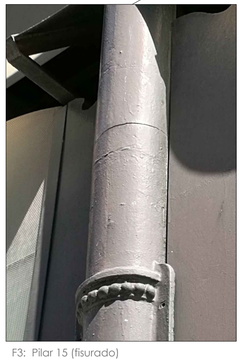


F3: Pilar 15 (fisurado)

F1: Pilar 6 (reparado)



F2: Pilar 9 (reparado)



F3: Pilar 15 (fisurado)

ESTUDIO DE PATOLOGÍAS DE LA ESTRUCTURA DEL MERCADO CENTRAL

Autor encargo: Mercazaragoza	ABRIL DE 2017
Emplazamiento: Plaza Lanuza - 50003 Zaragoza	Provincia: ZARAGOZA
Plano: Incidencias en pilares y muros	E.: 1/200

Autores del proyecto:

MIGUEL ÁNGEL MORALES ARRIBAS
Ingeniero de Caminos

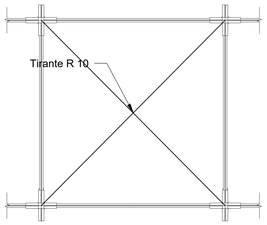
JOSÉ ÁNGEL PÉREZ BENEDICTO
Dr., Ingeniero Civil

Desarrollo del proyecto:
ANA BERTOL GROS
Arquitecta

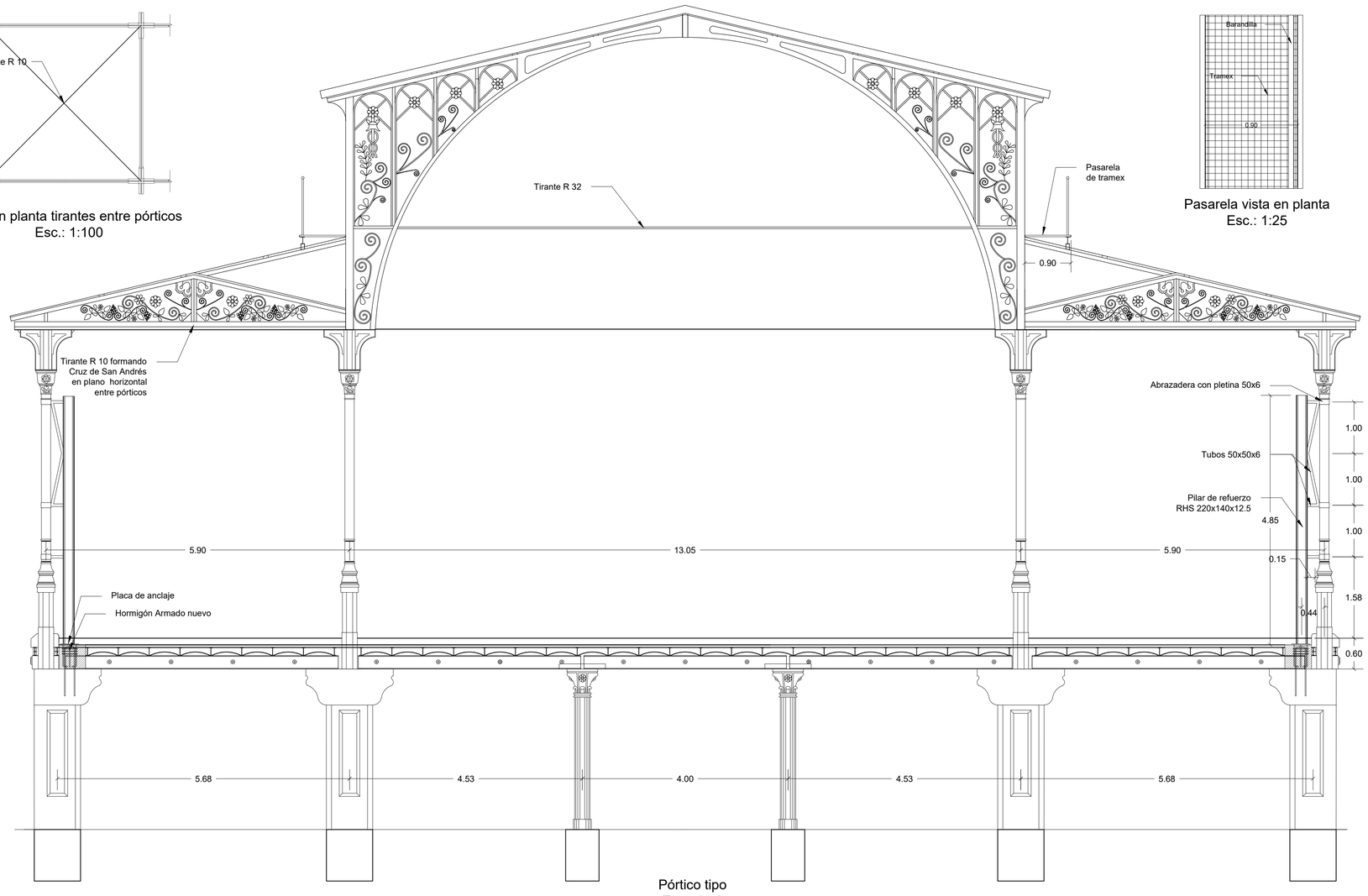
FERNADO CALVES AZNAR
Ingeniero Técnico Industrial

LUIS NAVARRO LAMEDA
Ingeniero Civil

Nº Plano: 07

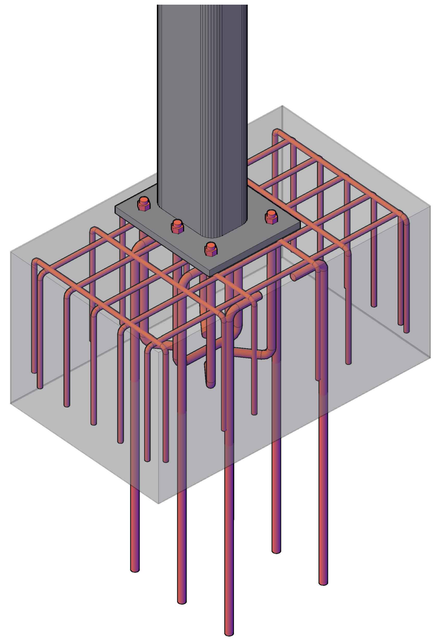


Vista en planta tirantes entre pórticos
Esc.: 1:100

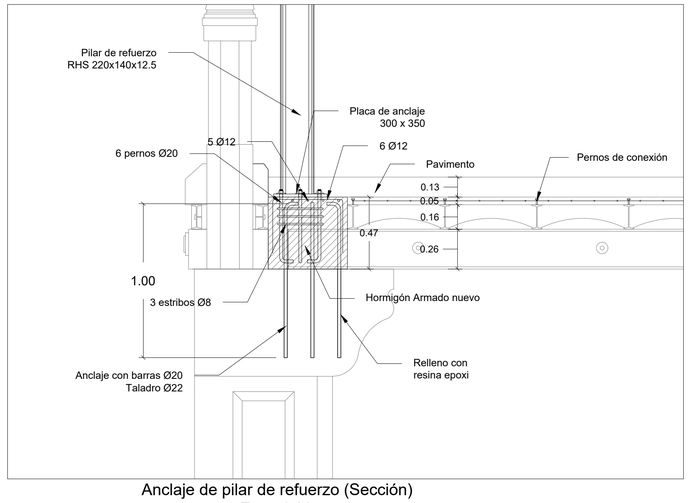


Pórtico tipo
Esc.: 1:50

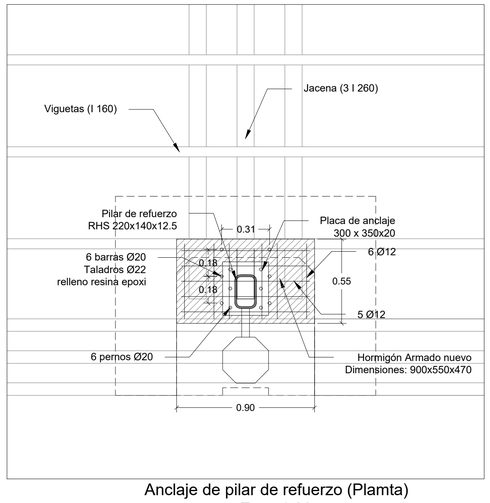
Pasarela vista en planta
Esc.: 1:25



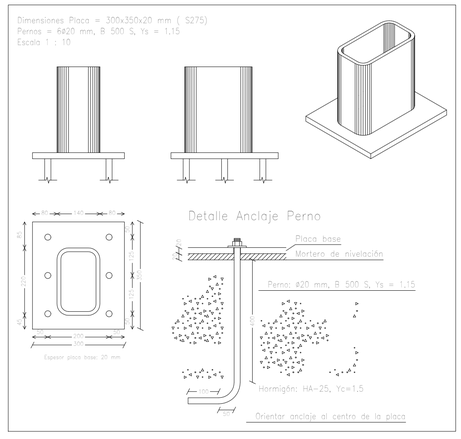
Detalle 3D de anclaje



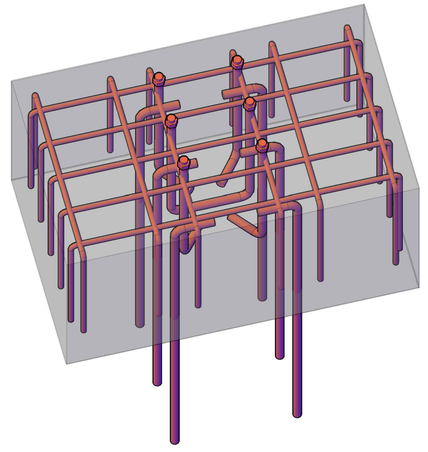
Anclaje de pilar de refuerzo (Sección)
Esc.: 1:20



Anclaje de pilar de refuerzo (Plamta)
Esc.: 1:20



Anclaje de pilar de refuerzo (Detalle)
Esc.: 1:10



Detalle 3D de armadura

ESTUDIO DE PATOLOGÍAS DE LA ESTRUCTURA DEL MERCADO CENTRAL

Autor encargo: Mercazaragoza	ABRIL DE 2017
Emplazamiento: Plaza Lanuza - 50003 Zaragoza	Provincia: ZARAGOZA
Plano: Solución propuesta	E.: especificadas en plano

Autores del proyecto:
MIGUEL ÁNGEL MORALES ARRIBAS
Ingeniero de Caminos
JOSÉ ÁNGEL PÉREZ BENEDICTO
Dr., Ingeniero Civil

Desarrollo del proyecto:
ANA BERTOL GROS
Arquitecta
FERNADO CALVES AZNAR
Ingeniero Técnico Industrial
LUIS NAVARRO LAMEDA
Ingeniero Civil

Nº Plano: 08