



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 en la 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 Ensayo. 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 Ingeniería, S.L. y Laboratorio de Ensayos Técnicos, S.A. (Ensayo), 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

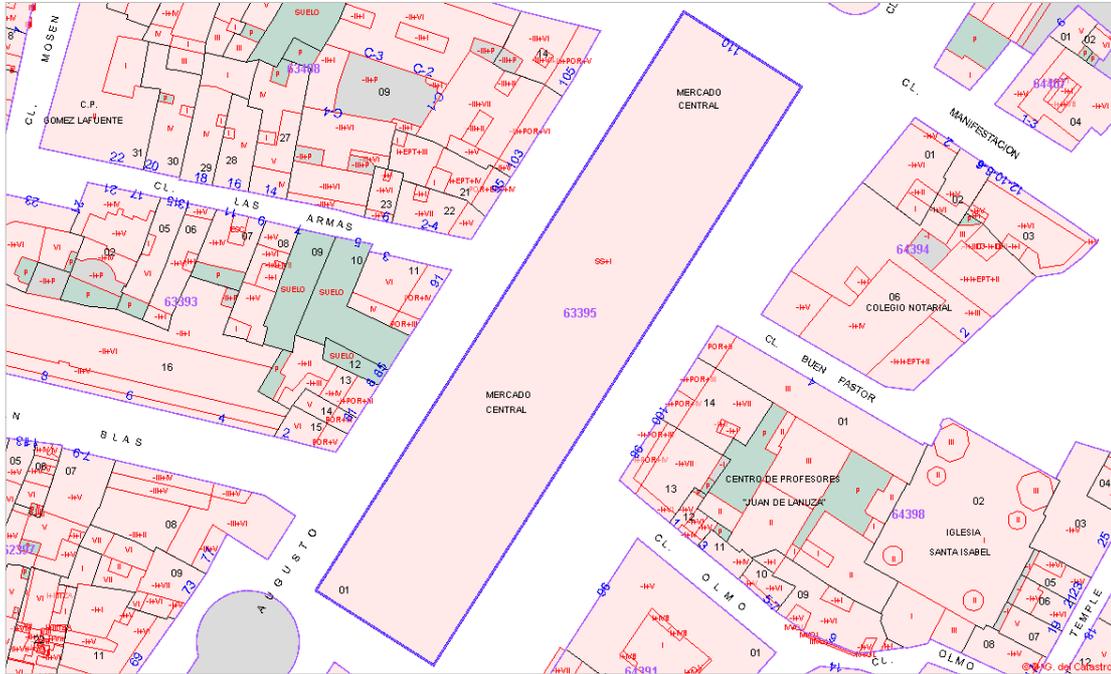
MERCAZARAGOZA, S.A. Ctra. Cogullada, 65. 50014 Zaragoza. España

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

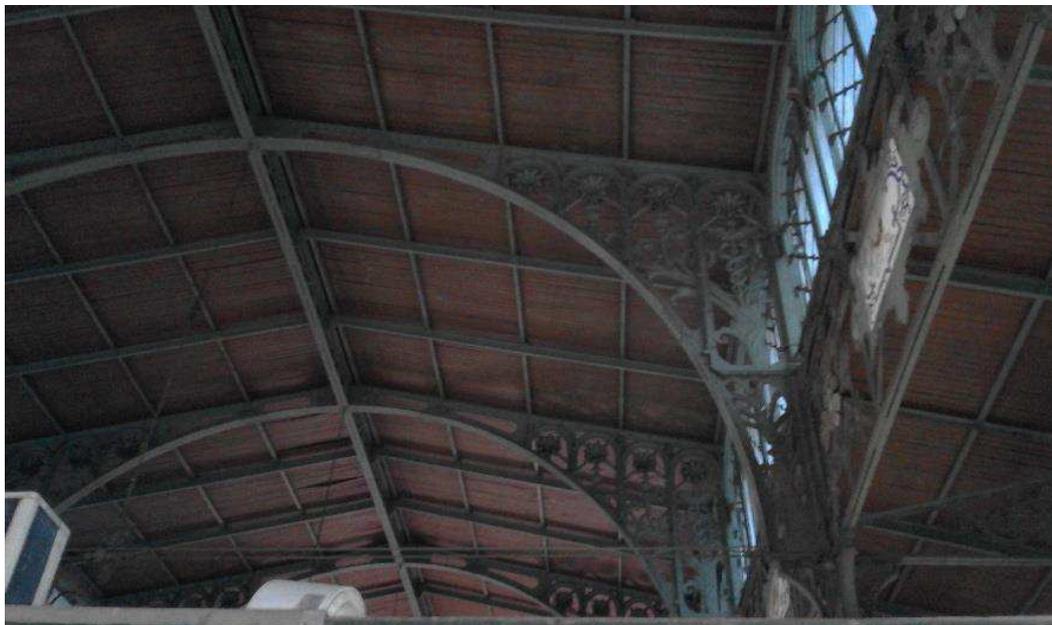
La estructura sobre planta baja del Mercado Central está formada por una nave central de 13,05 m entre ejes de pilares y dos naves laterales de 5,90 m. La altura máxima de la nave central sobre la planta baja del edificio es de 12,37 m y en las naves laterales la altura máxima es de 7,65 m.

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 fuera, 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.



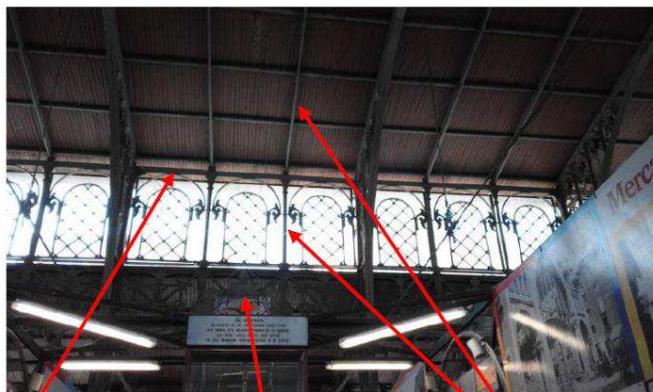
Celosía de arriostramiento entre pórticos de nave central

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



Celosía de arriostamiento en clave

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



Viga lateral de arriostamiento

Celosía inferior de arriostamiento entre pórticos

Jácenas y pilares

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.



Unión de las jácenas auxiliares a la celosía de 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).



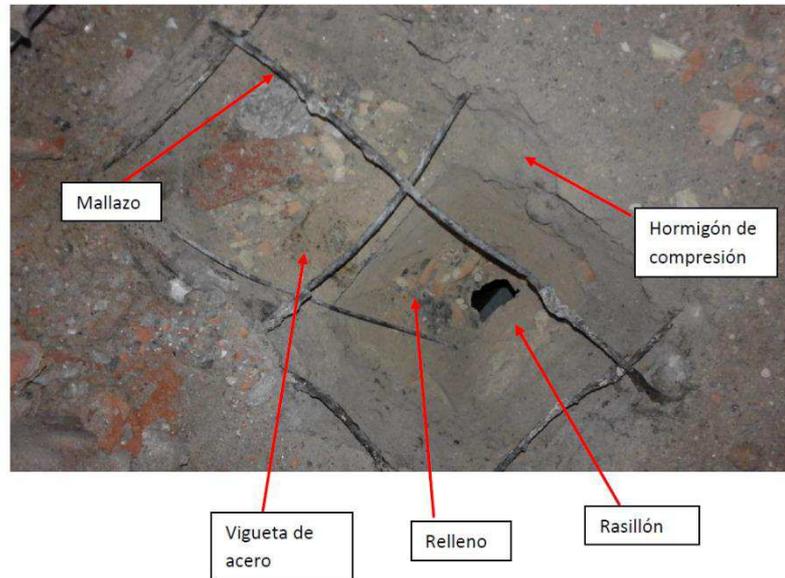
En la zona de escaleras de acceso por fachas Norte y Sur el forjado es transversal

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 enchado.

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.

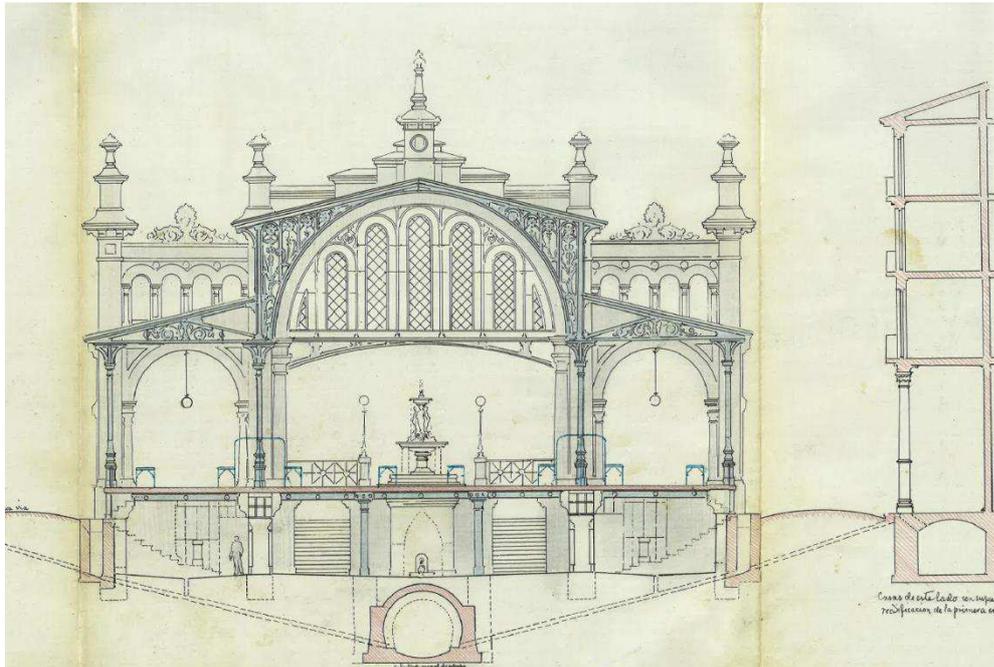


Imagen de plano original donde se ve la prolongación recta de los pilares

En la campaña de investigación realizada por Ensayo, 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.



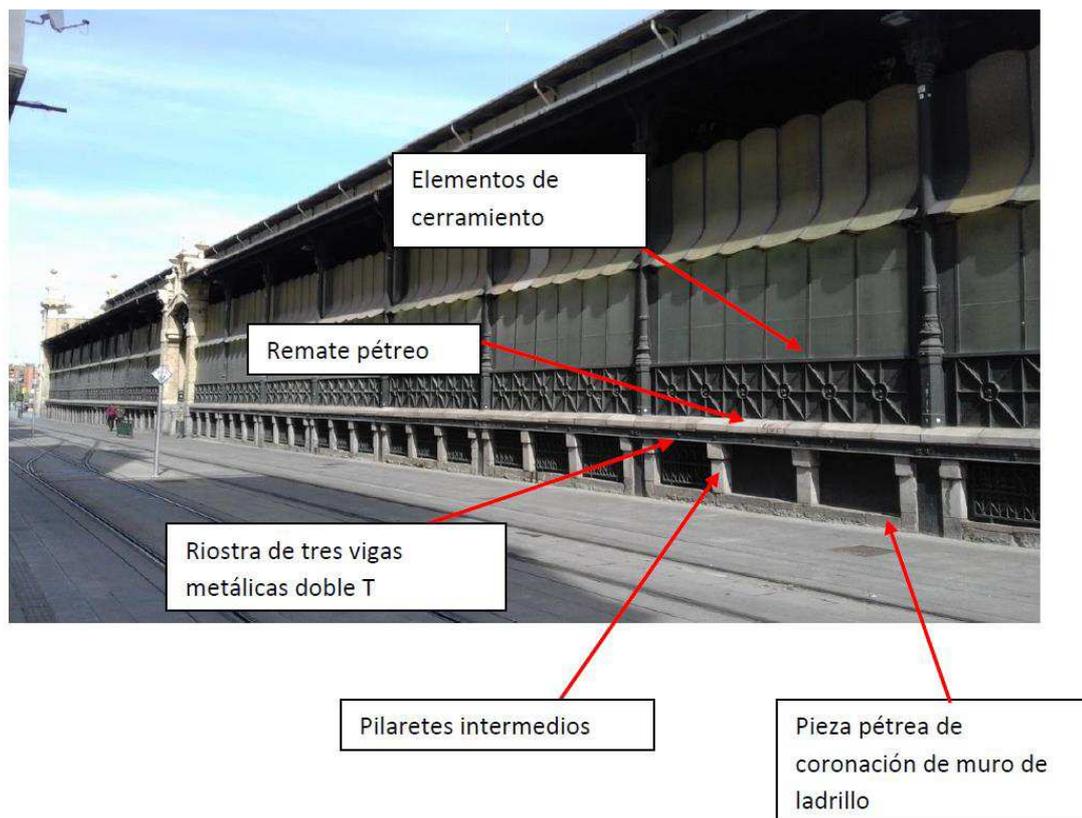
Muro perimetral de sótano, de ladrillo (al fondo).

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 pétreo 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 pétreo longitudinal recoge los elementos del cerramiento.



- Fachadas frontales

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. (Ensayo) con el fin de identificar posibles patologías del edificio.

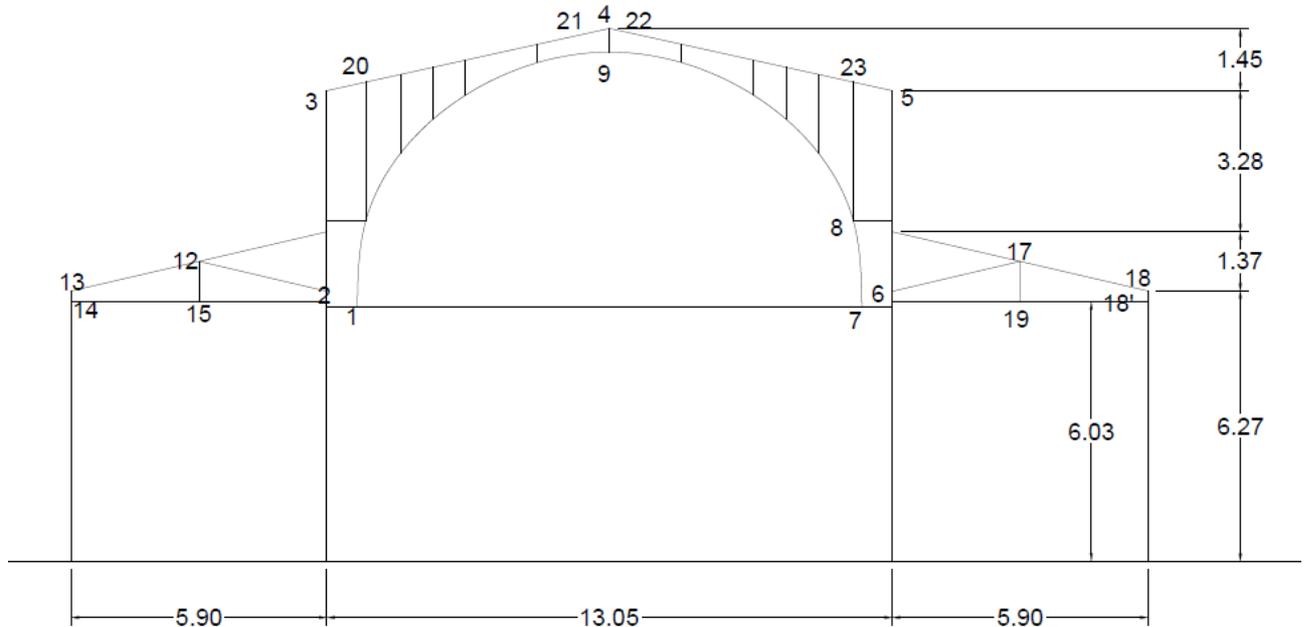
Los trabajos llevados a cabo han consistido fundamentalmente en:

- 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 Ensayo se ha realizado una comprobación visual y geométrica, usando plataforma elevadora, de los perfiles metálicos que constituyen los distintos elementos estructurales.

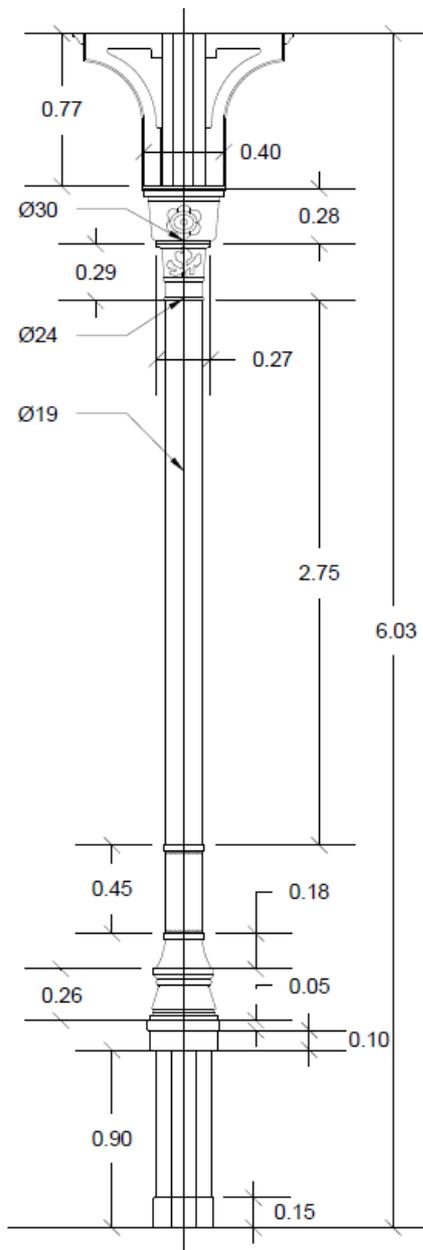
Los pilares de la nave central tienen una sección compuesta por una base octagonal, una transición a sección cilíndrica, fuste cilíndrico de 19 cm de diámetro y capitel.

Tal como se indica en el informe de Ensayo, 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 Ensayo “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.



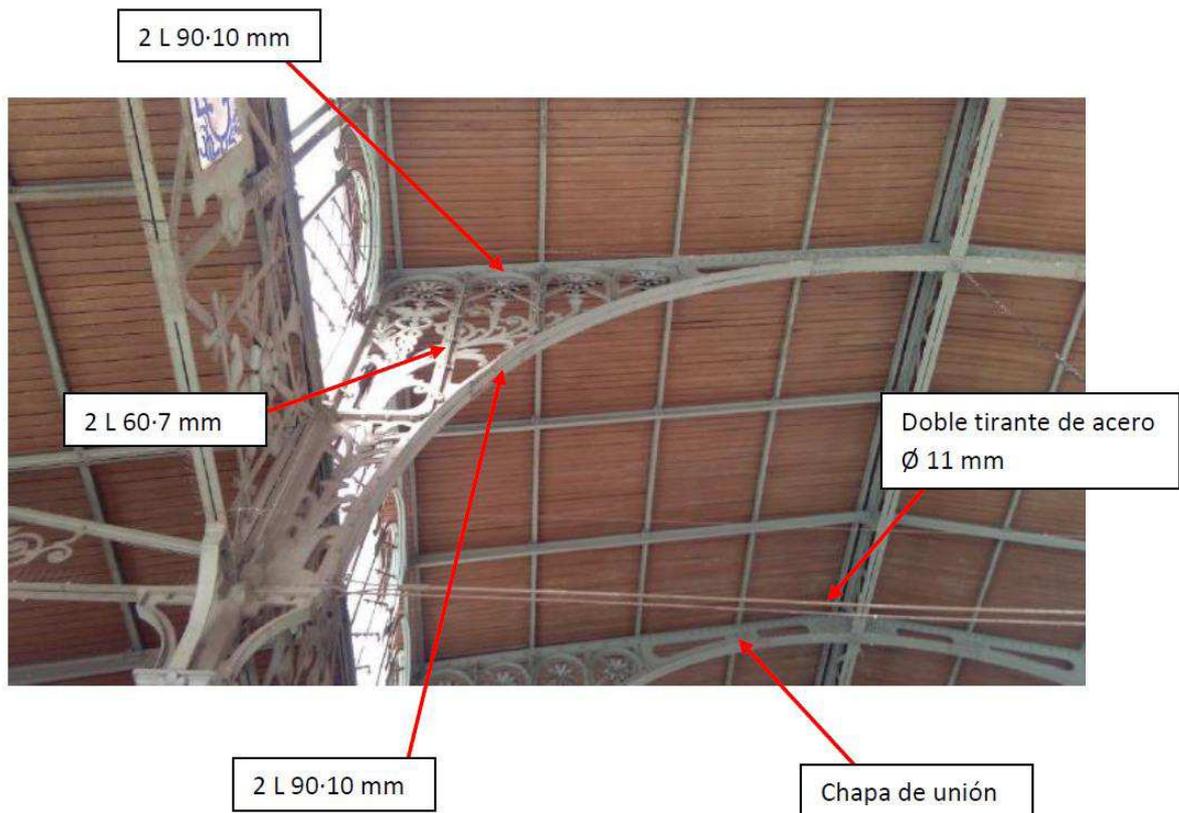
Pilares de planta baja, tanto en nave central como laterales



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.



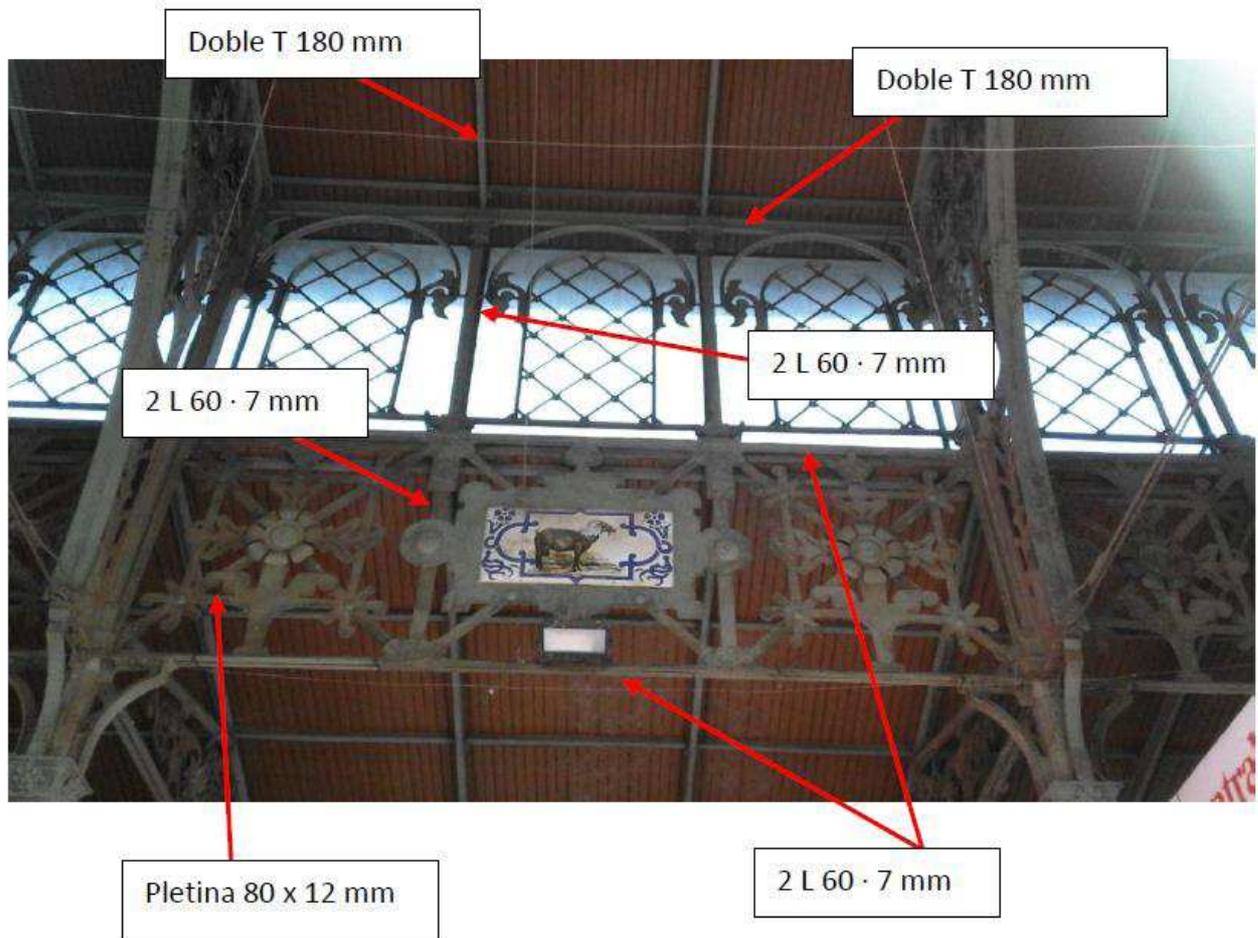
De los análisis metalográficos realizados por Ensayya, incluidos en el informe adjunto en el Anejo nº 1, se desprende que el material empleado en la estructura metálica a excepción de los pilares, es un tipo de hierro denominado “hierro pudelado”, acero con un bajo contenido en carbono. A efectos de 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 Ensayya recogido en el Anejo nº 1, las jácenas son

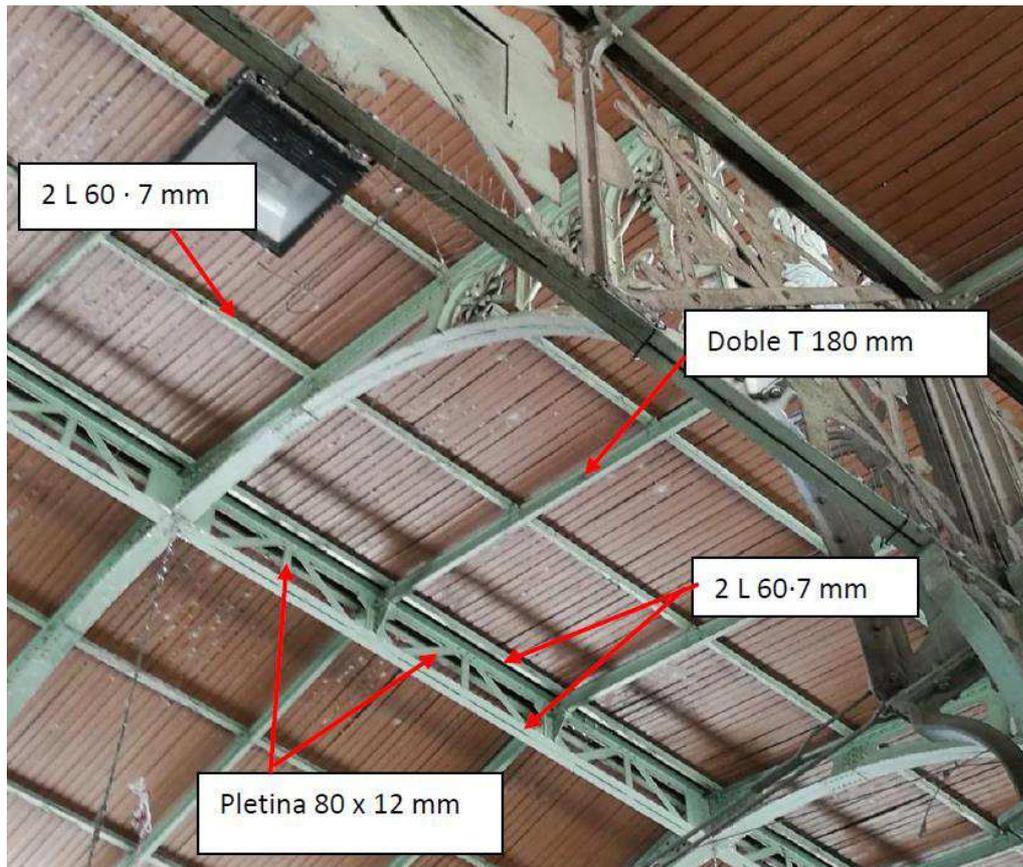
perfiles en doble T de 180 mm de canto, ancho de alas de 57 mm. El espesor de alas es de 11,5 mm y el espesor del alma es 8,5 mm.



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

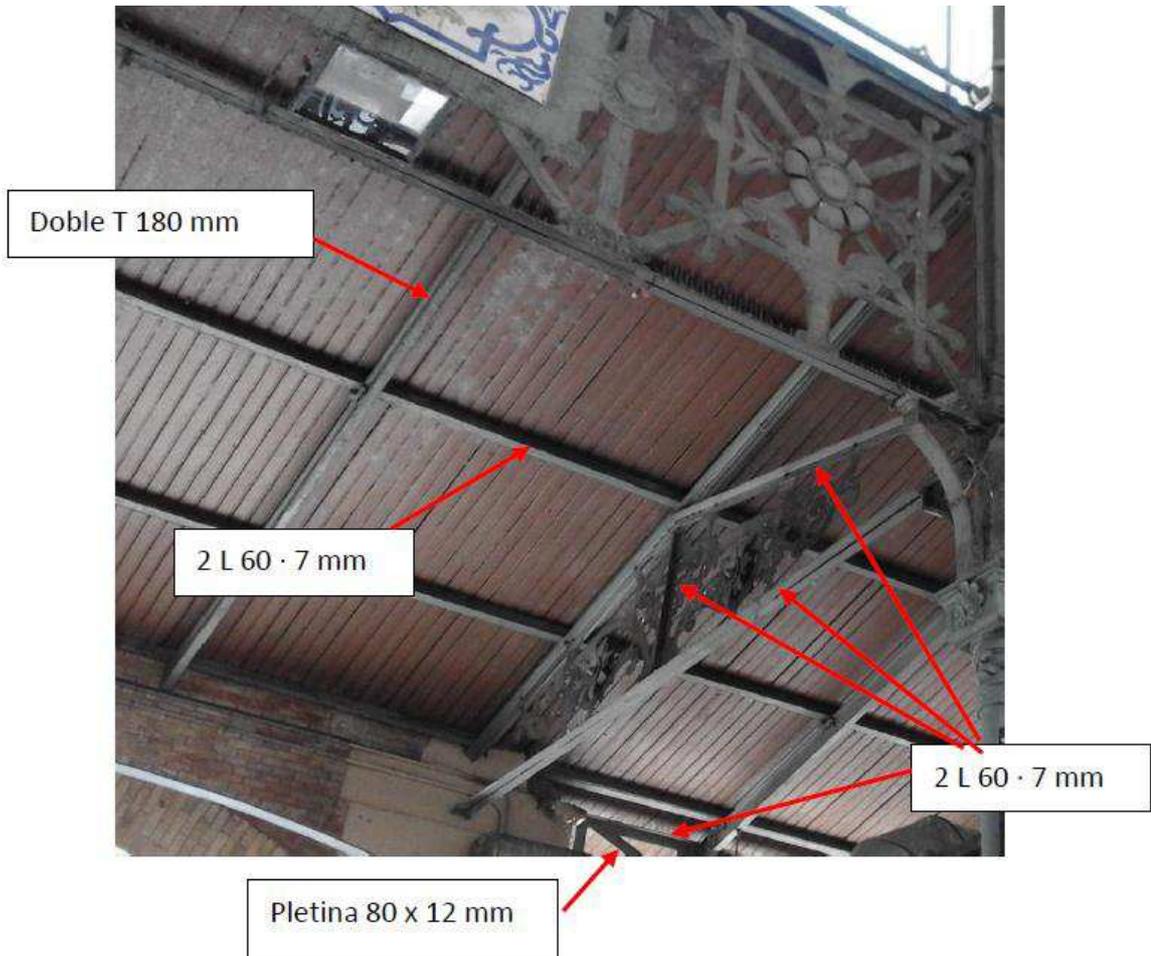
En las naves laterales, de 5,90 m de luz, los pórticos están compuestos por un cordón superior aguas afuera, un cordón inferior horizontal, montante y diagonal, formados por dos (2) perfiles angulares L60 de 7 mm de espesor. Estas cerchas laterales apoyan sobre pilares de fachada de fundición de las 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 cruja (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 Ensayo (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 Ensayo 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/cm². Sobre estos materiales apoyarían las cimentaciones de los pilares y el muro perimetral. Las tensiones transmitidas y los asentos 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.

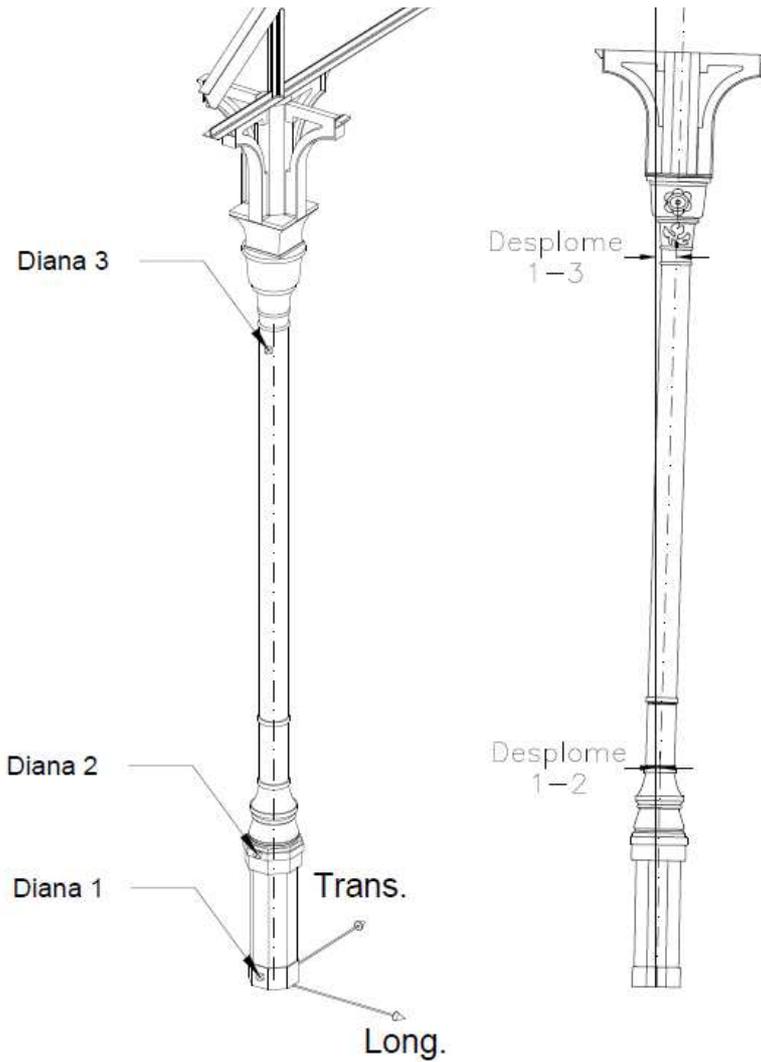
La fundición gris tiene un contenido en carbono entre 2.5 y 4.0 %, mientras que en los aceros de los actuales perfiles estructurales el contenido en carbono varía de un 0.20% a un 0.24%, es decir que las primeras tienen un contenido en carbono 10 veces superior, lo que las hace más frágiles.

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.



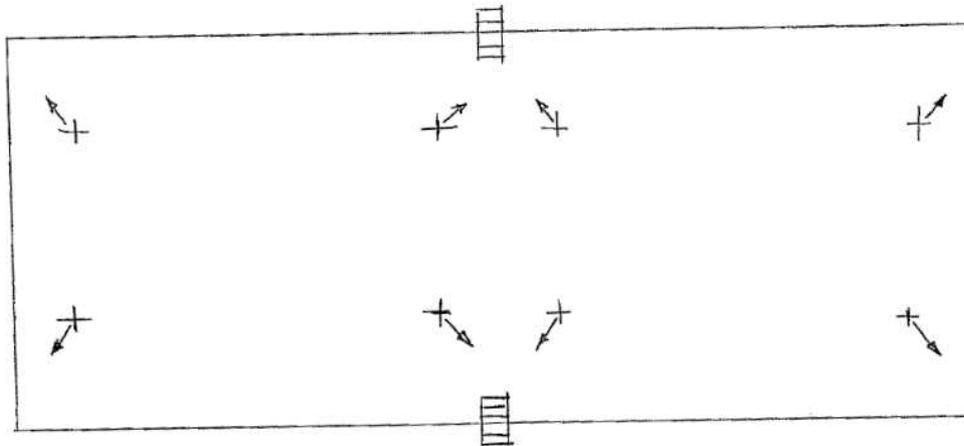
Puntos referenciados

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.

DESPLONES 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

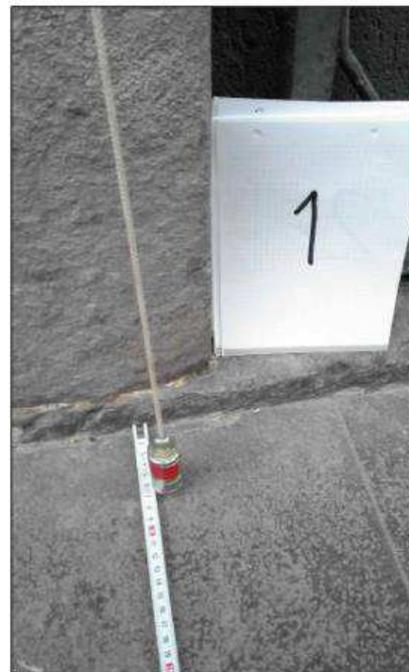
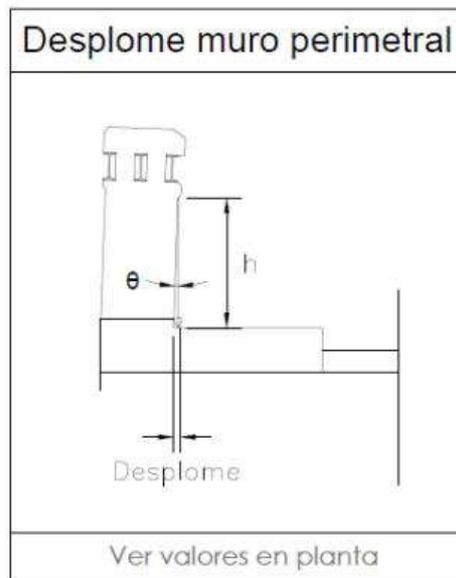
Valores referenciados en el informe de Ensayo

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



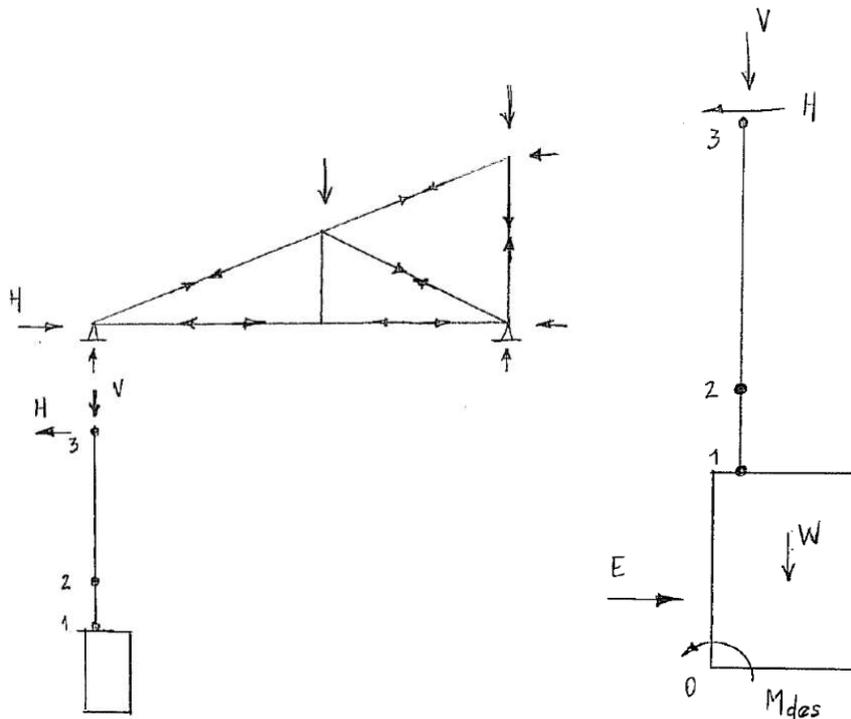
Esquema de desplazamientos de pilares interiores extremos de las naves

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, obteniéndose valores de desplome hacia el exterior del edificio con un valor máximo de 40 mm.

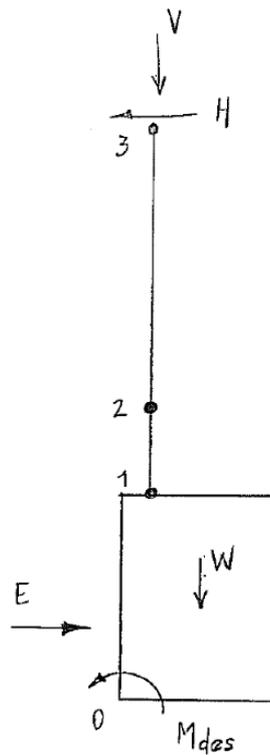


Toma de medidas de desplomes de muro perimetral

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.



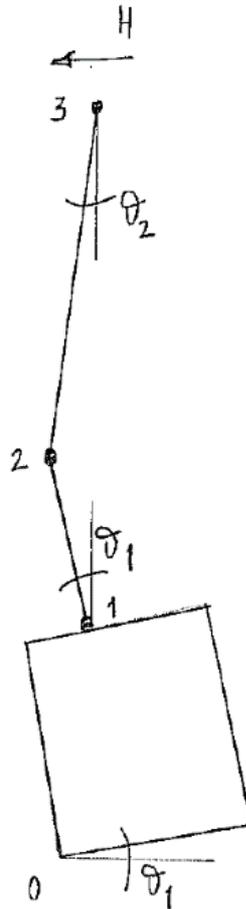
Esquema de hipótesis de origen de desplomes en muro perimetral y pilares de fachada



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

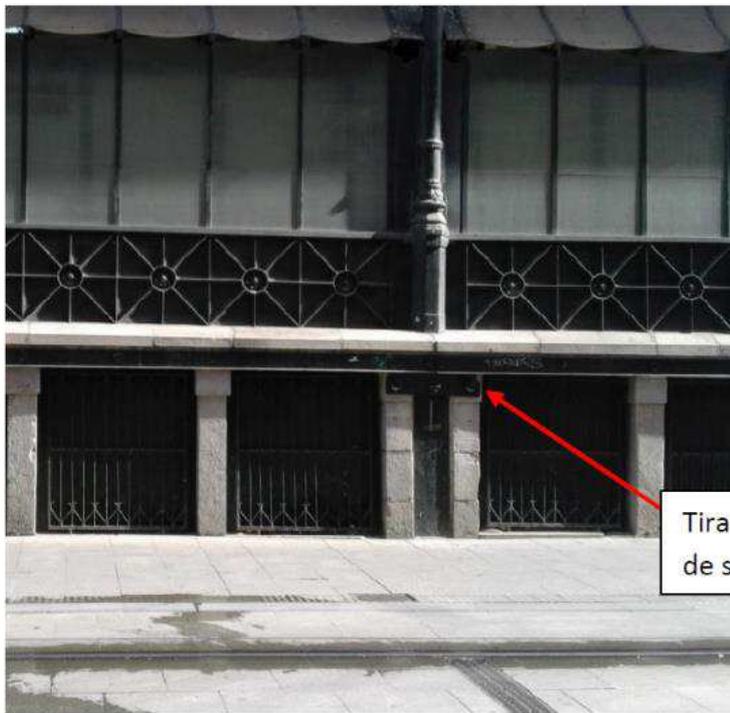
Si el momento generado por las fuerzas estabilizadoras (acciones verticales, peso del cimiento y reacción del terreno) es inferior que el generado por las fuerzas desestabilizadoras (acciones horizontales sobre el pilar) se produce un giro del cimiento, explicando así los desplomes hacia el exterior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



Tirante en cabeza de pilares de sótano



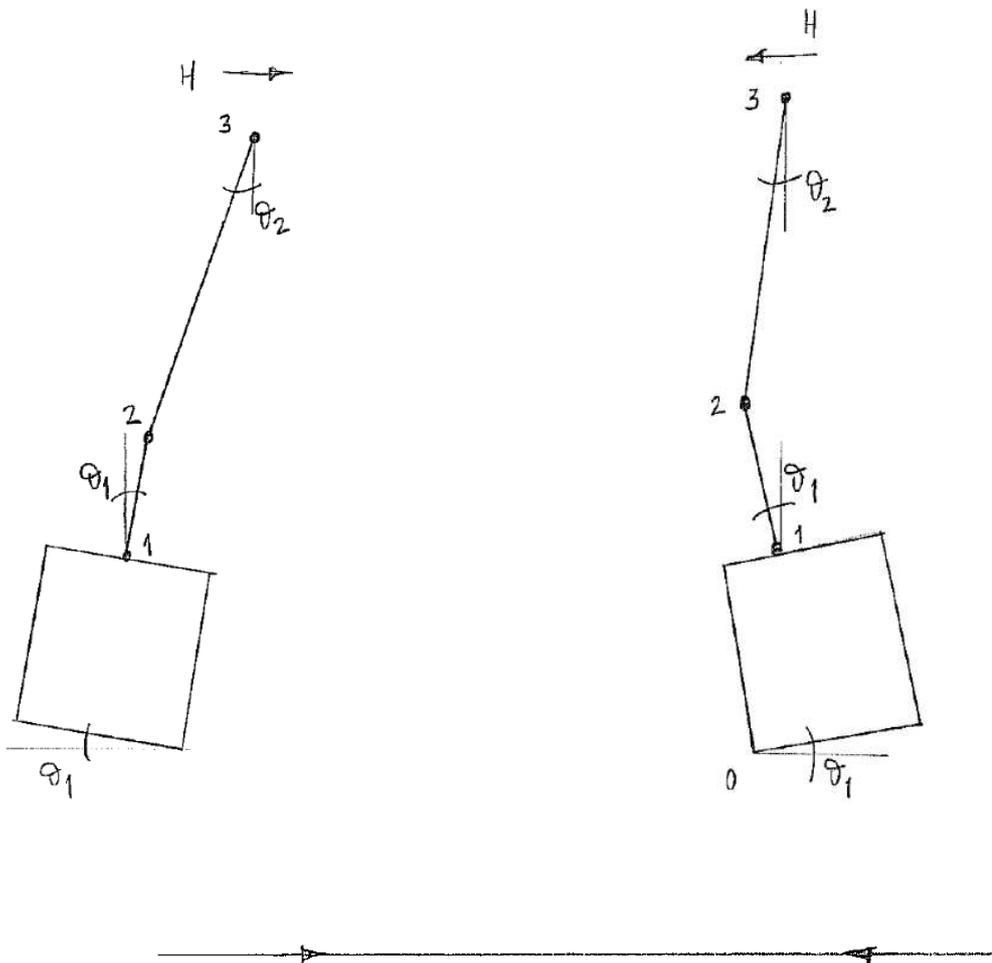
Detalle del anclaje indicado

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 Ensayo, 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.

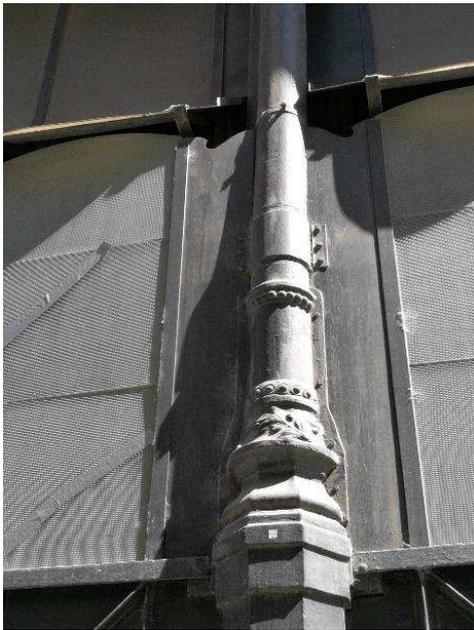


Esquema de los desplazamientos longitudinales medidos en pilares de fachada Oeste

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 Ensayo 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.

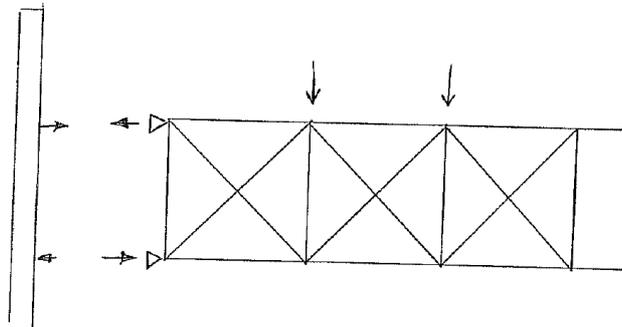


En esta imagen se observa la rotura del anclaje de la riostra longitudinal de la nave central con el muro testero en la esquina Noroeste



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

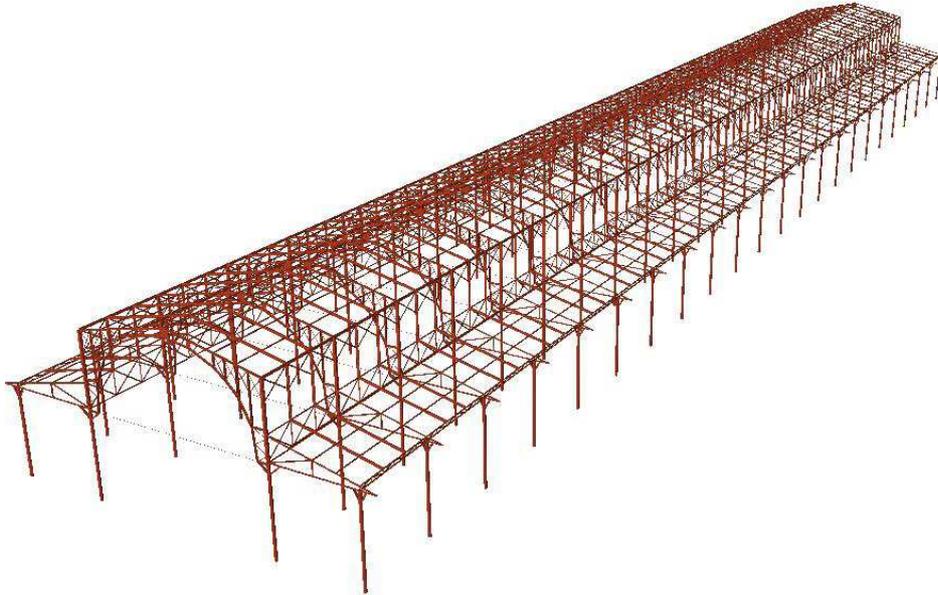
9.4. Oxidación de elementos metálicos

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.

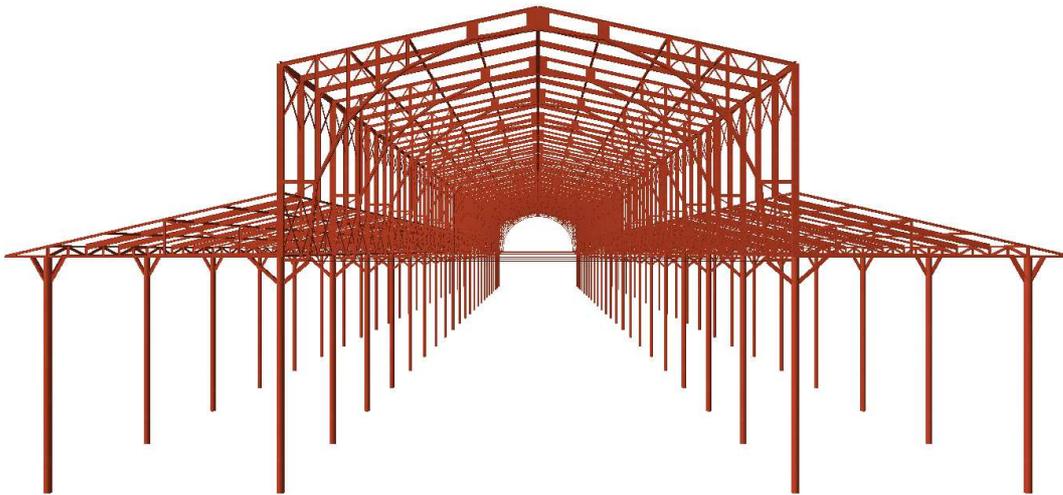
10. COMPROBACIÓN ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO EN SU ESTADO ACTUAL

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.

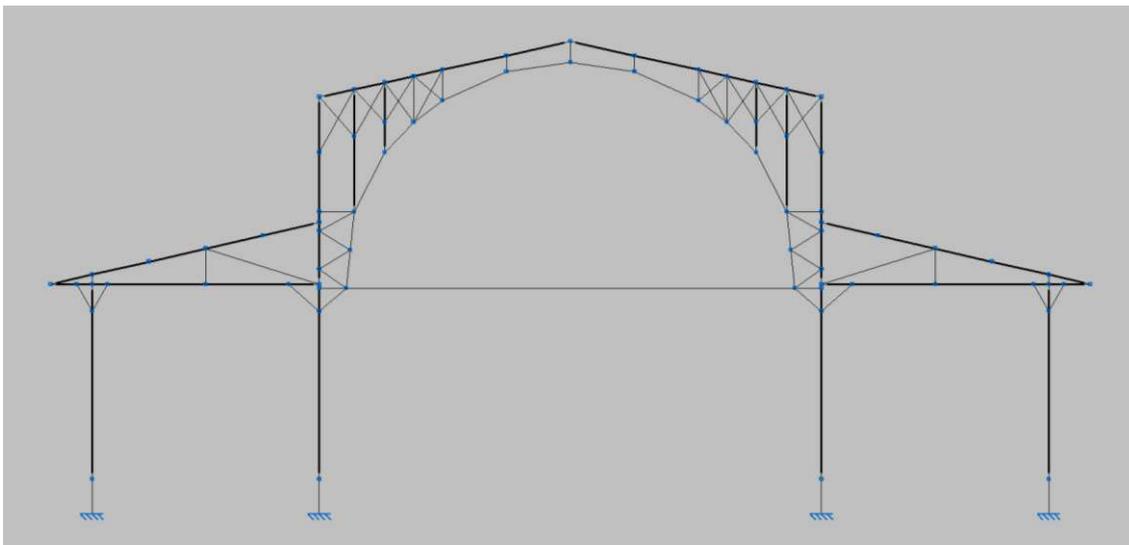
10.1. Estructura sobre planta baja



Vista 3D del modelo analizado.

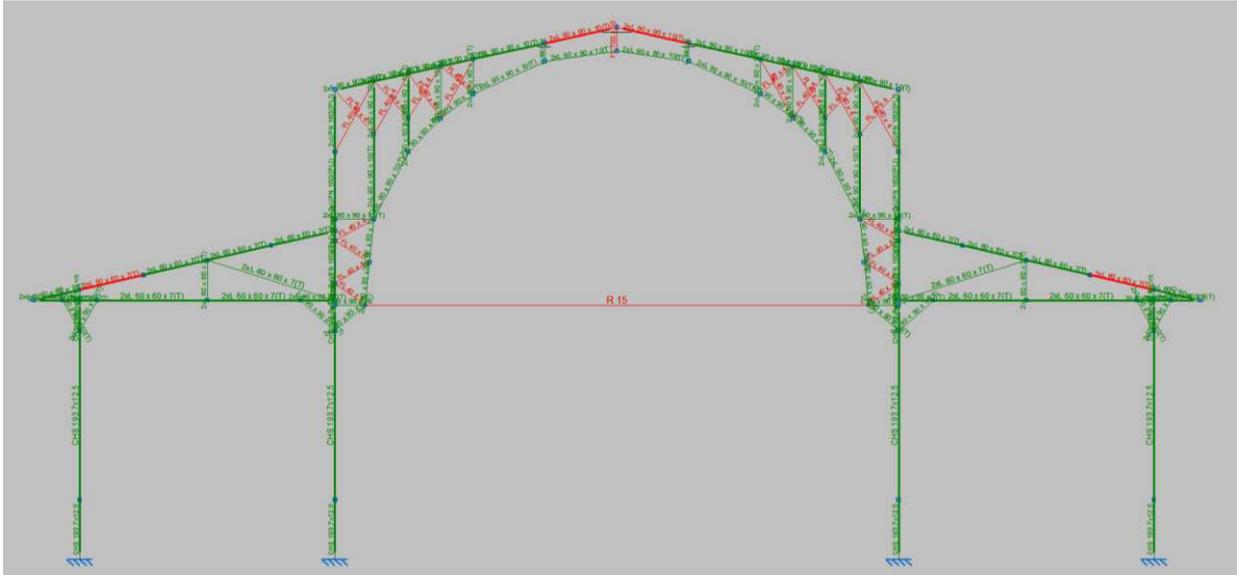


Corresponde a una imagen frontal del modelo analizado.



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 s3tano

Para verificar la estructura del forjado de techo de s3tano se han considerado junto con el peso propio de la estructura, las cargas del pavimento y las sobrecargas de uso de acuerdo al CTE.

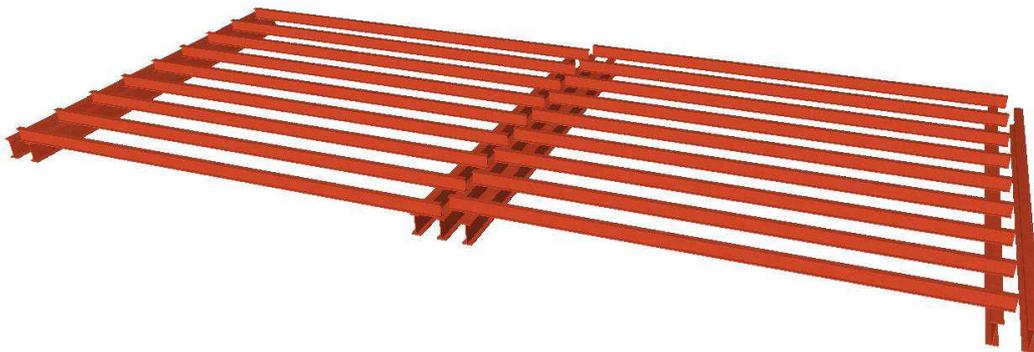
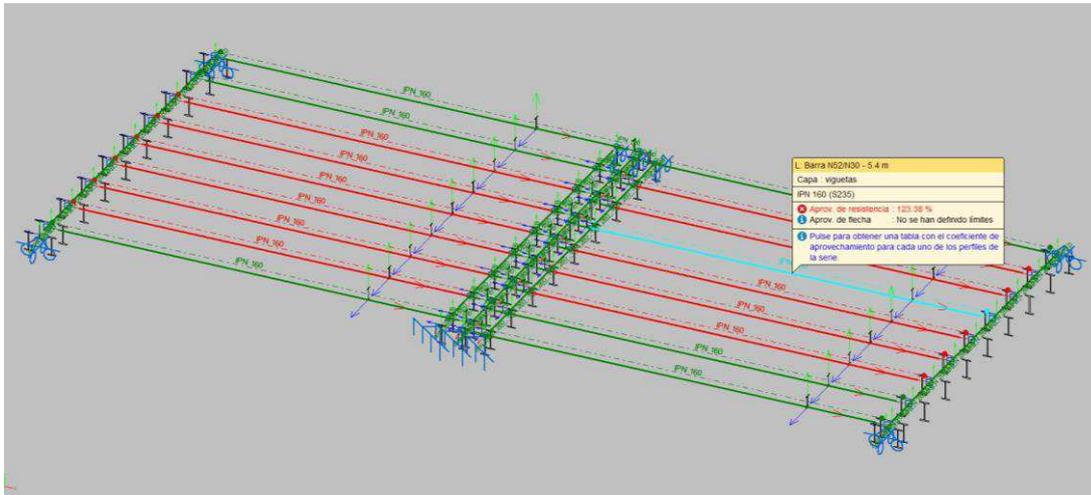


Imagen 1: Esquema del modelo de estructura de forjado analizado.



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

11. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DETECTADOS

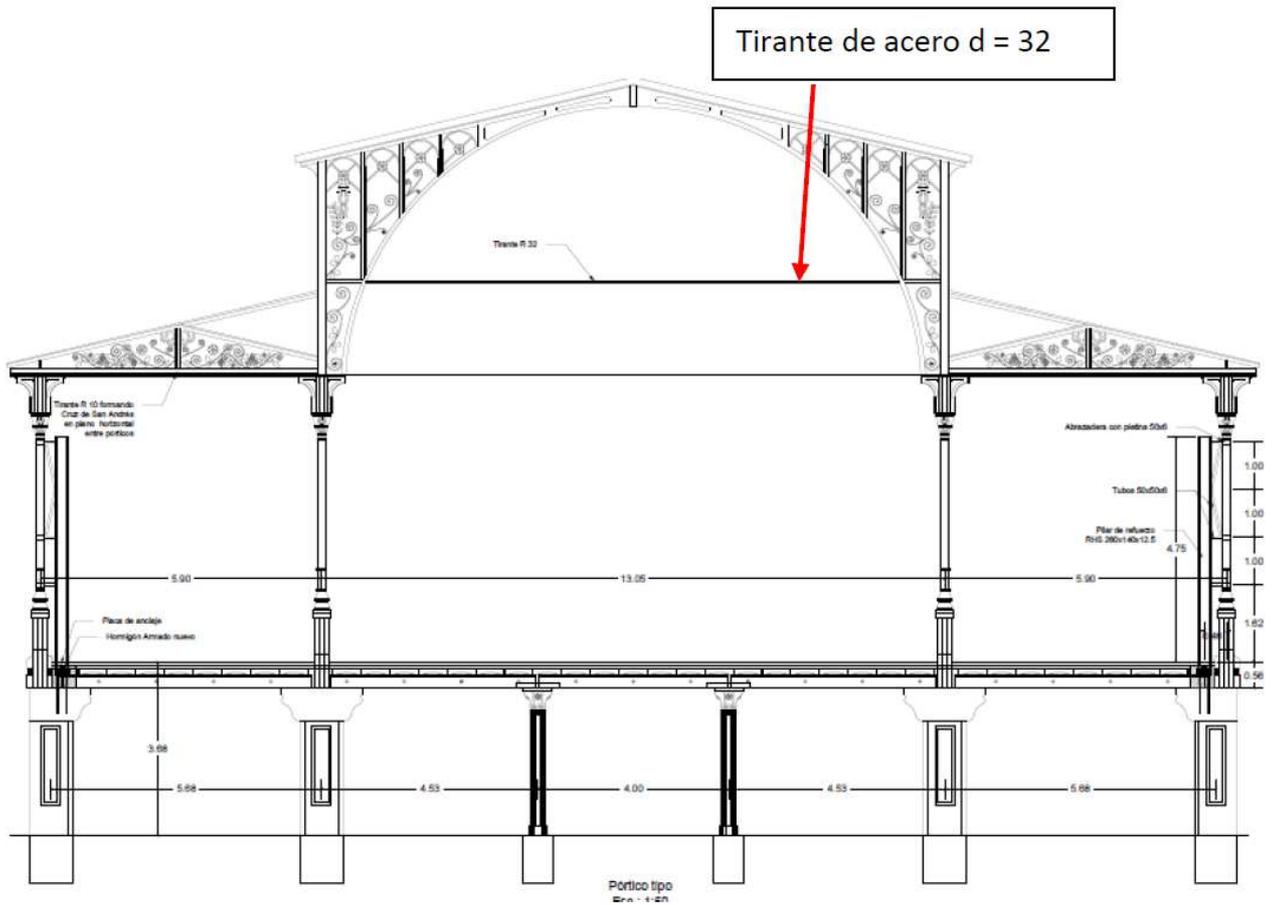
11.1. Estructura sobre planta baja

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.

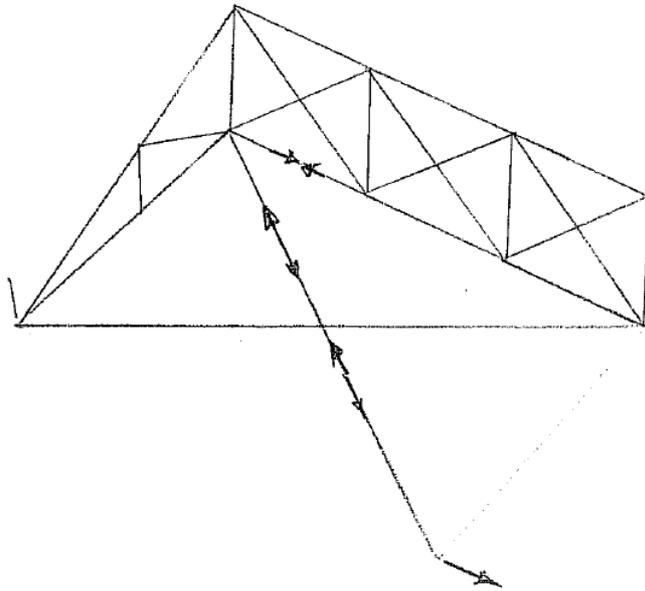


Tirante superior en el arco central

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

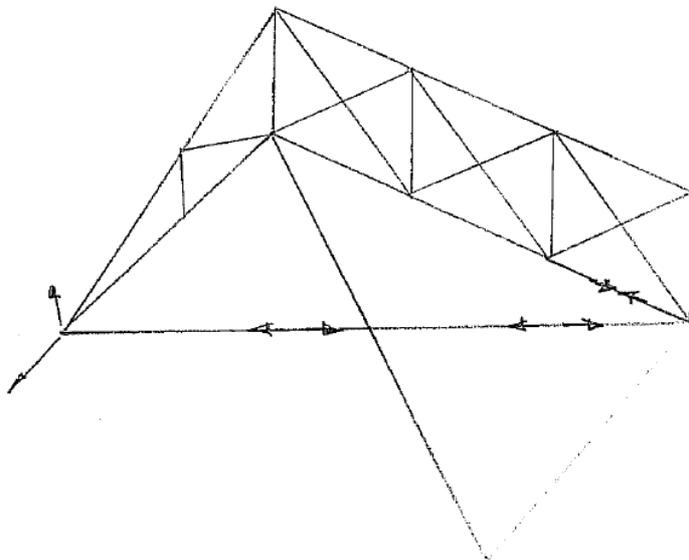
- b) Añadir cruces de San Andrés horizontales en las naves laterales formadas por tirantes de acero de 10 mm de diámetro al nivel del cordón inferior de las cerchas.

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 desplazamientos 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.

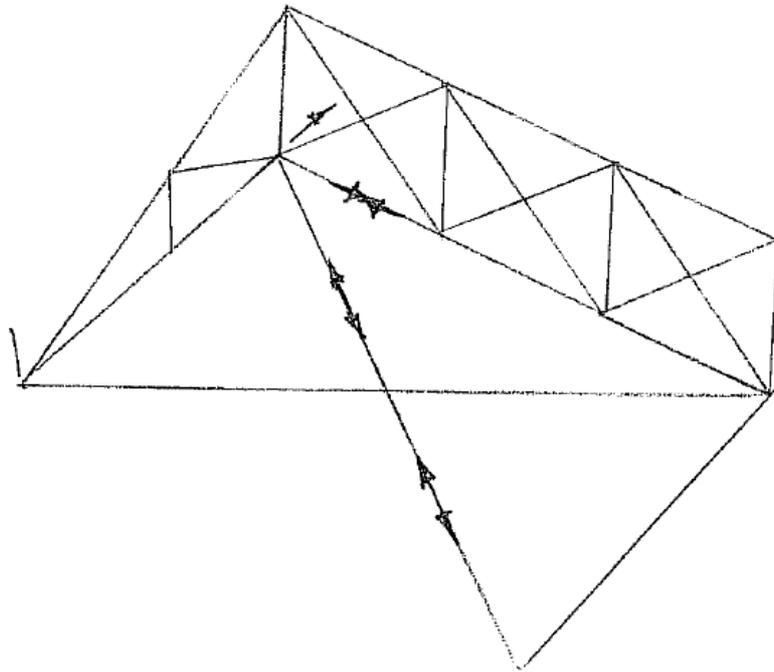


Esquema de funcionamiento de los tirantes frente a acciones horizontales en sentido longitudinal al edificio.

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

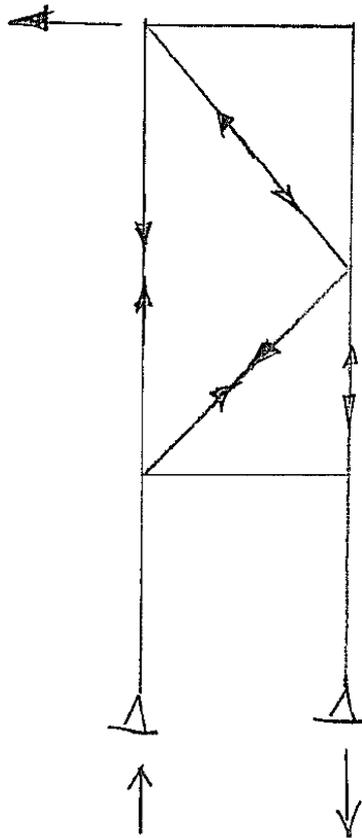


Esquema de funcionamiento de los tirantes frente a acciones horizontales perpendiculares saliendo del edificio



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 axial frente a acciones horizontales. Para ello es necesario disponer un pilar paralelo al pilar de fundación 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 Fe_3C (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:

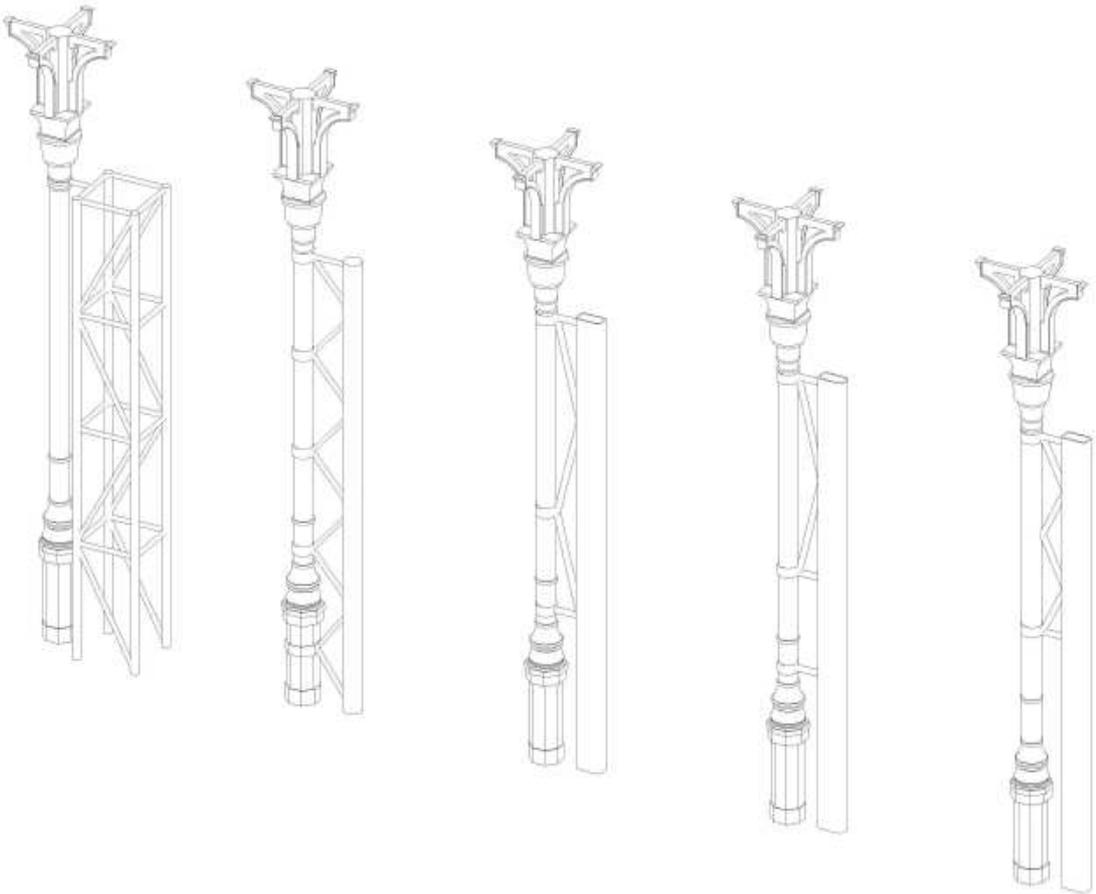
- Formación de poros en la zona fundida por el alto contenido en carbono.
- Falta de adherencia de la soldadura por la presencia de una película refractaria de óxidos de silicio y manganeso producidos durante el proceso de soldadura.

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

Se propone colocar pilares de celosía 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 se produce mediante abrazaderas, que permiten además estabilizar las roturas detectadas en algunos pilares e impedir la aparición de nuevos casos.

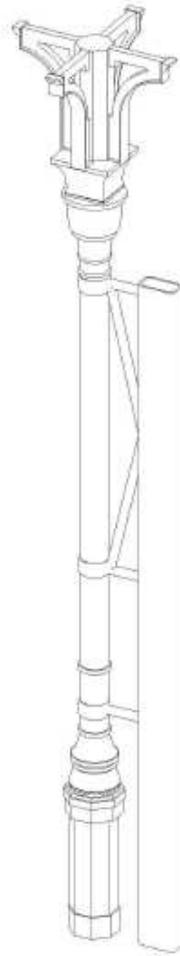
Con esta propuesta de actuación no se altera ni afecta la edificación existente.

Se han planteado diferentes alternativas para conseguir este objetivo:



Diferentes alternativas estudiadas para el refuerzo de pilares de fachada

Nos hemos decantado 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

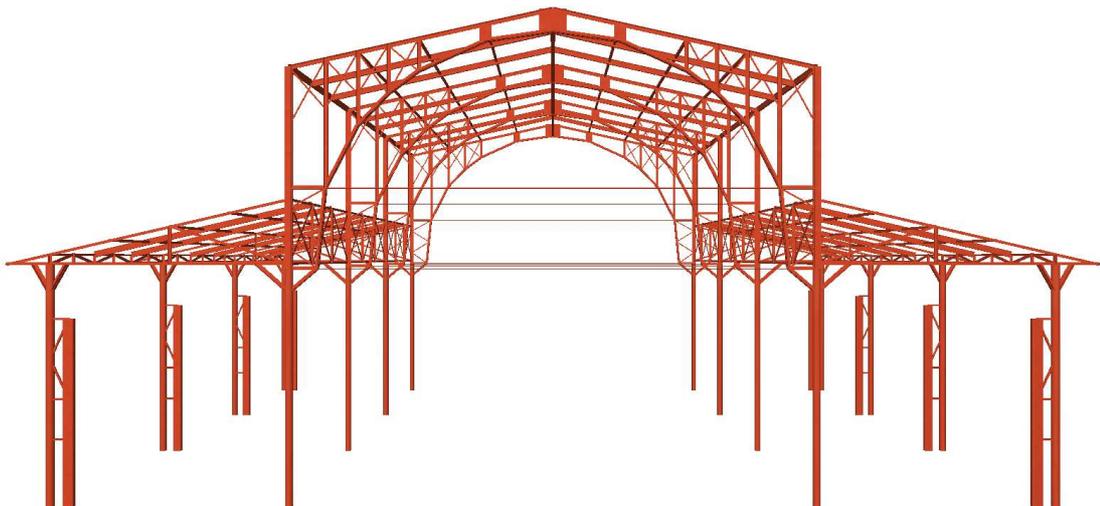
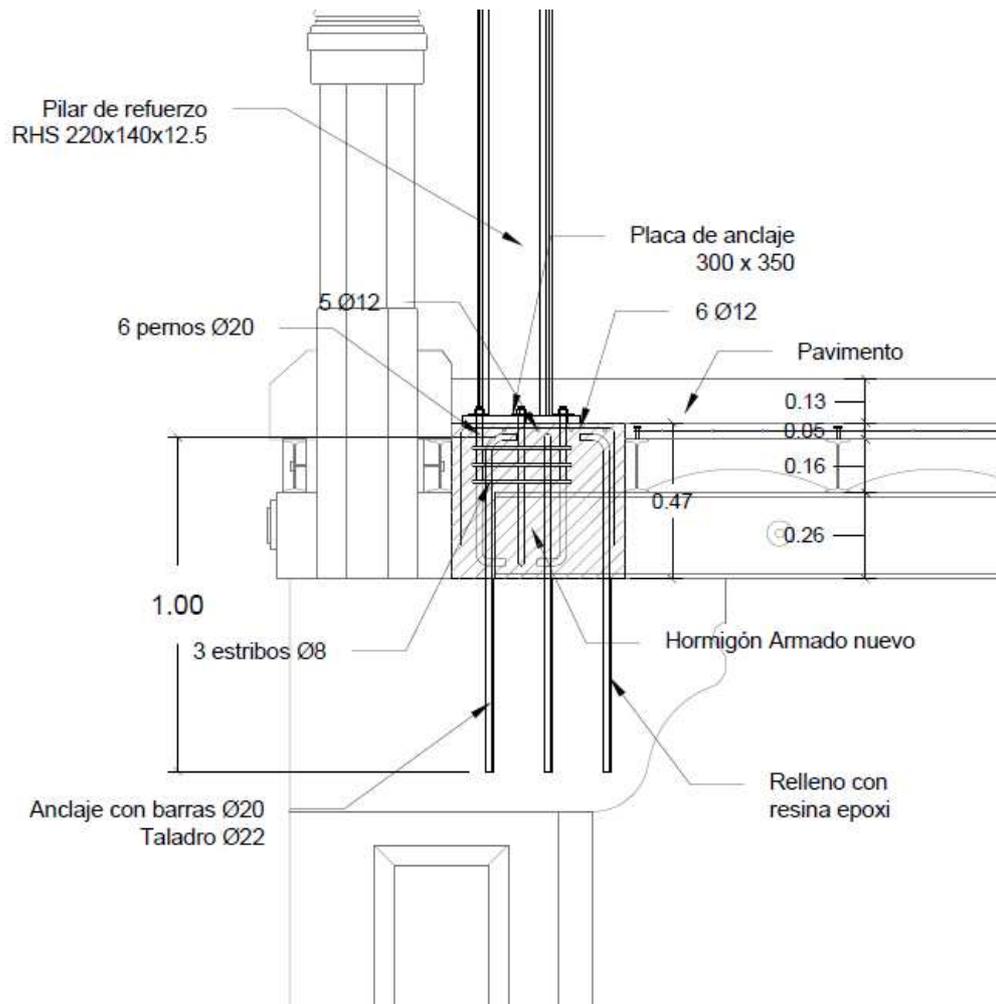


Imagen de las medidas planteadas para la estructura sobre planta baja

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.

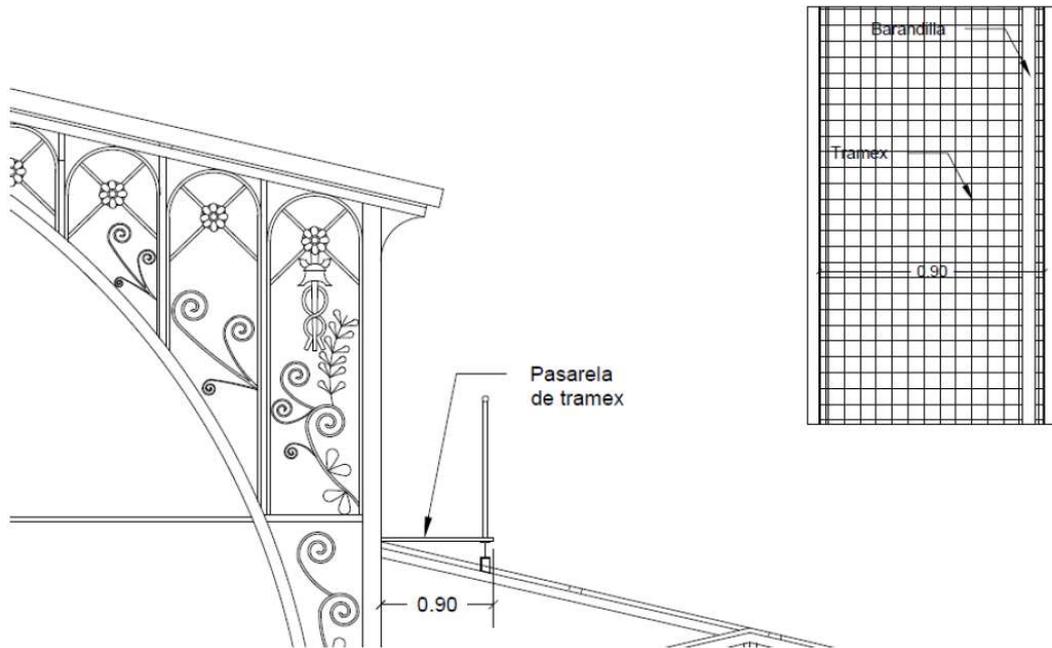
La separación entre caras de pilar existente y nuevo pilar es de 15 cm.

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.

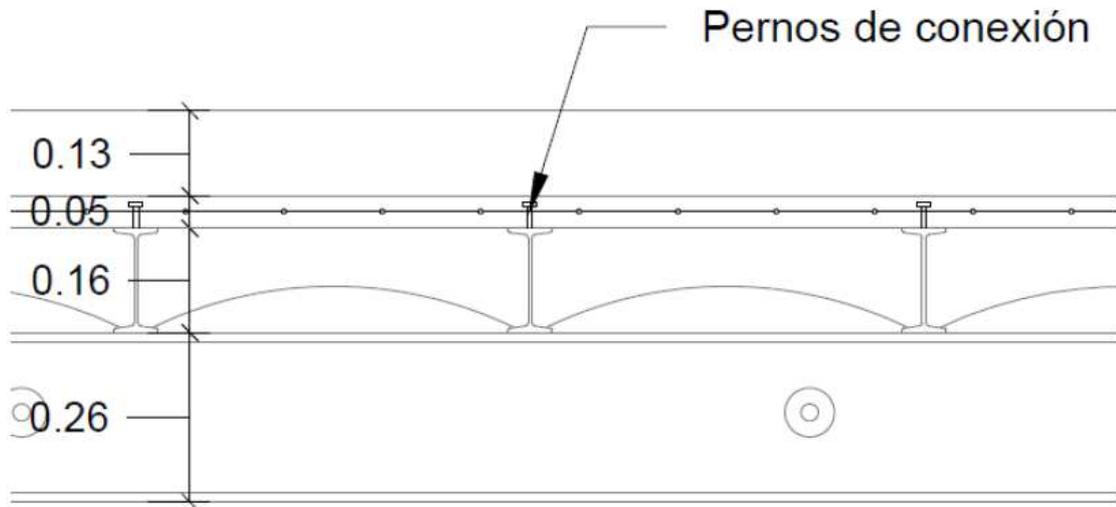
11.2. Forjado de sótano

En el caso del forjado del techo de sótano el objetivo es reforzar el forjado existente, proporcionando inercia 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 revisión 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.

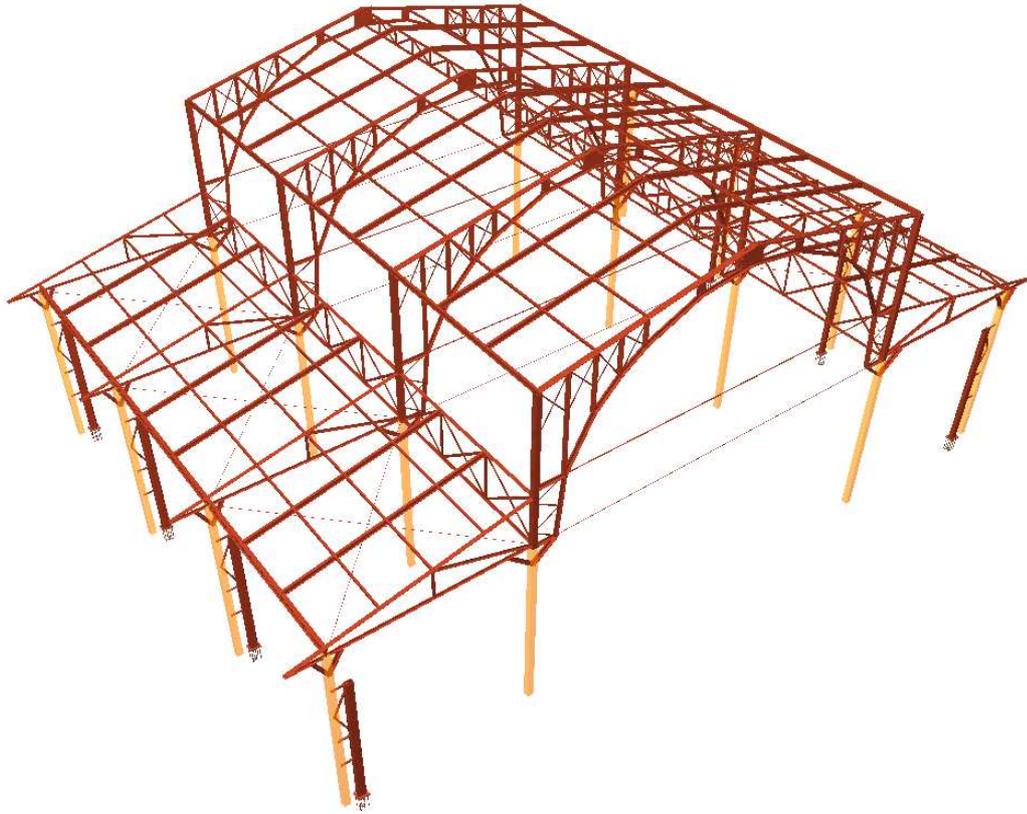


Imagen del modelo estructural

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 Ingeniería, S.L. y Laboratorio de Ensayos Técnicos, S.A. (Ensayo), 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 edificio 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 flexión en su plano, con elementos trabajando a esfuerzo axial. 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 flexión 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 sí. 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 conexión 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 último, 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

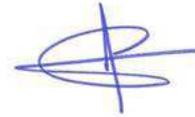
para los pilares con continuidad en planta baja y de 0,95 x 0,95 m para los pilares de sótano exclusivamente. No se ha encontrado cimentación para el muro perimetral del sótano, que es un muro de ladrillo directamente apoyado sobre las gravas. La tensión admisible del terreno al nivel de cimentación se estima en 8,6 kg /cm², 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