

Reforma estructural de los cines Ideal y Palafox en Madrid

Structural refurbishment of Ideal and Palafox Cinemas in Madrid

Héctor Ignacio Minder Rodríguez ^a, Jorge de Prado Romero ^b, Carlos Castañón Jiménez ^c

^a Ingeniero Civil. Ingeniero de Proyectos. IDOM Consulting, Engineering, Architecture

^b Ingeniero Técnico Industrial. Ingeniero de Proyectos. IDOM Consulting, Engineering, Architecture

^c Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. Director de Estructuras. IDOM Consulting, Engineering, Architecture

RESUMEN

En este artículo se presentan las intervenciones más importantes y singulares de las reformas integrales llevadas a cabo en los Cines Ideal (1916) y Palafox (1962). Ambos son edificios antiguos que cuentan con poca o nula información del proyecto original e intervenciones posteriores, además de estar contruidos originalmente con materiales y métodos que en muchos casos están actualmente obsoletos, lo que hace más difícil la intervención estructural. Las intervenciones más importantes consisten en refuerzos de cerchas metálicas existentes, apeos y refuerzos de forjados existentes y pruebas de carga.

ABSTRACT

This article presents some of the most important and unique structural aspects of the integral reforms carried out in the Ideal Cinemas (1916) and Palafox (1962). Both are old buildings that have limited as built and later interventions documentation, in addition to being originally constructed with materials and methods that in many cases are currently obsolete, which makes structural intervention more difficult. The most important interventions consist of reinforcements of affected metal trusses, supporting and reinforcements of existent slabs and load tests.

PALABRAS CLAVE: Rehabilitación, refuerzo estructural, edificio histórico, prueba de carga.

KEYWORDS: Refurbishment, structural reinforcement, historic building, load test.

1. Descripción de los proyectos

Ambos proyectos son reformas de Cines tradicionales de Madrid que estaban en funcionamiento hasta el inicio de sendas intervenciones. Estas reformas buscan ampliar la cantidad de salas, así como mejorar y actualizar los requerimientos de salubridad, confort y eficiencia energética (tanto normativo como de iniciativa particular).

Las intervenciones planteadas, implican cambios en la geometría, en el uso de determinadas zonas

y en las cargas permanentes, lo que conlleva intervenir tanto la estructura principal como la secundaria, mediante apertura de huecos en forjados, eliminación de pilares y reestructuraciones, en general, de los espacios.

En función del nivel de cambios introducidos en la estructura, tanto a nivel de cargas transmitidas como de modificaciones en la estructuración, el nivel de complejidad del análisis necesario es variable. Un caso recurrente

de análisis, para estructuraciones sencillas y regulares que no sufren modificaciones y de las cuales se puede estimar las cargas tanto de uso como permanentes antes de la intervención, permite comparar el escenario de partida original con el correspondiente al estado reformado, verificando qué elementos son susceptibles de tener que ser reforzados como consecuencia de un incremento significativo en sus esfuerzos de trabajo. Este escenario, para los proyectos objeto de estudio, se ha limitado a zonas de elementos de comportamiento estructural evidente, en las que no se ha modificado el uso y se han caracterizado mediante catas las cargas gravitacionales de acabados existentes. Aun así, para mayor seguridad, se ha realizado una revisión del estado de conservación de los elementos y análisis numérico, con modelizaciones sencillas aisladas del conjunto del edificio, de su comportamiento estructural tanto en estado de rotura como en servicio.

En el extremo opuesto, en el análisis de estructuras con incrementos significativos en las cargas transmitidas o con modificaciones relevantes en la estructuración existente o en el análisis de elementos singulares, o de gran responsabilidad en el funcionamiento estructural del edificio, de los cuales no se dispone documentación alguna se precisa un análisis teórico más profundo, para el cual se necesita realizar una campaña previa de caracterización de la geometría y tipología de los elementos principales y de las propiedades mecánicas de los materiales de la estructura y cimentación así como del terreno de apoyo. Con los datos obtenidos se levantan modelos de cálculo completos para el análisis de los elementos afectados, así como su repercusión en el comportamiento global del conjunto.

1.1 Reforma del Cine Ideal

El edificio del Cine Ideal fue proyectado por el Arquitecto José Espelín y construido en 1916. Concebido como una única sala, contaba con un nivel bajo rasante que cubre parcialmente la

huella del edificio destinado a áreas de instalaciones y servicios auxiliares, en la planta baja con un patio de butacas de gran aforo y aseos y en planta primera un anfiteatro y zona social (Figuras 1 y 2).

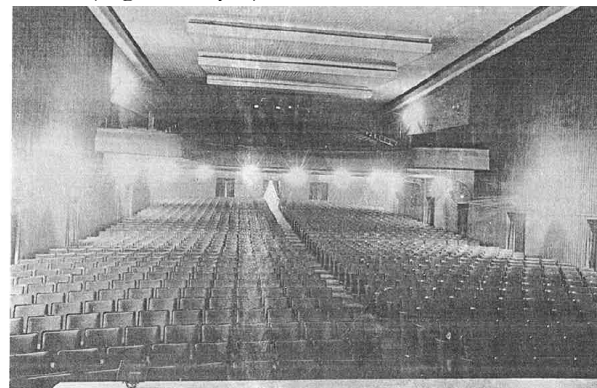
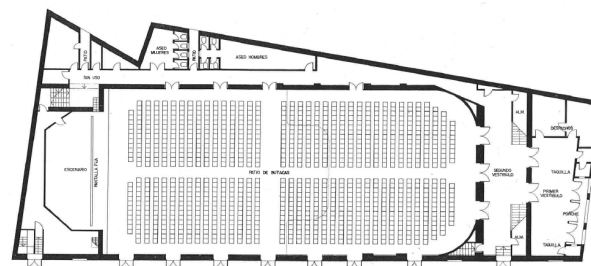


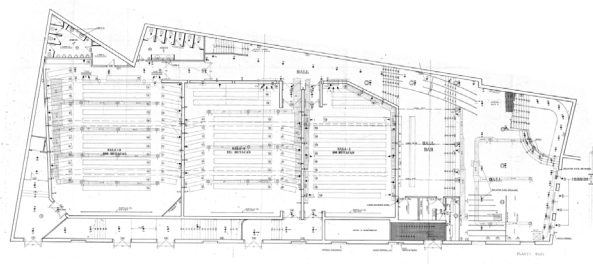
Figura 1. Sala principal original, Cine Ideal



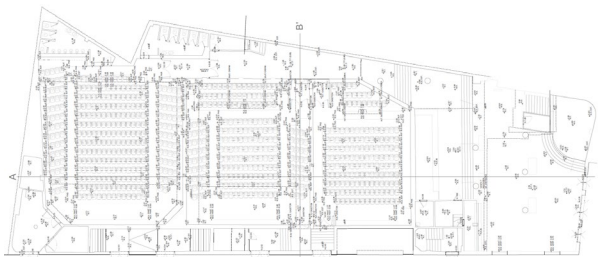
La cubierta a dos aguas se resuelve con cerchas metálicas formadas por angulares metálicos unidos mediante roblones y cubrejuntas. Bajo las cubiertas se dispone un forjado de perfiles metálicos apoyados en el cordón inferior de las cerchas, generándose un espacio bajo cubierta sin uso específico.

El sustento vertical consiste en muros de carga en fachada más columnas metálicas intermedias que se soportan sobre cimentaciones aisladas superficiales de hormigón armado.

A finales de los años 80, se llevan a cabo una serie de intervenciones dentro de una reforma integral para albergar un total de 9 salas (Figura 3). Entre estas intervenciones se completa el primer nivel con nuevo forjado unidireccional de viguetas y bovedillas apoyadas sobre pórticos metálicos y se adapta el sótano para poder ser empleado con el mismo uso que el resto de los niveles.



La actual reforma contempla: apertura de hueco de ascensor en planta 1º, formación de graderíos en salas, disposición de bancadas para la ubicación de equipos de instalaciones en cubierta, la prolongación del lobby de entrada, entre otros.



1.2 Reforma del Cine Palafox Madrid

El edificio del Cine Palafox se construyó entre 1960 y 1962, el cual consistía en una gran sala única de cine y teatro de gran aforo con una galería en planta primera, además del sótano, conductos de ventilación, salones, habitaciones, salas y vestíbulos varios (Figura 5). La estructura se encuentra casi completamente confinada en el interior de una manzana por edificios de viviendas y comerciales, sin juntas de dilatación, lo cual implica una posible interacción entre los edificios vecinos sobre todo a nivel basal.

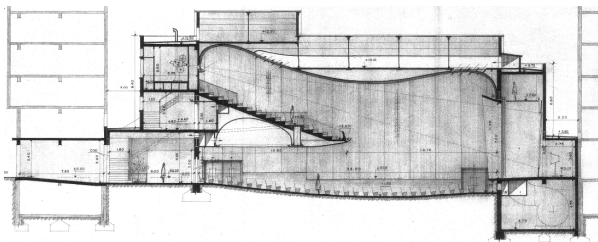


Figura 5. Alzado Longitudinal estado original Cine Palafox

La estructuración principal original está constituida por pórticos de hormigón armado,

pórticos de estructura metálica, mega cerchas de estructura metálica roblonadas y muros de carga de ladrillos, todo sustentado sobre cimentaciones superficiales de hormigón armado. Los forjados son unidireccionales con viguetas de hormigón y metálicas, ambas con bovedilla cerámica y capa de compresión.

En 1993 se redacta el "Proyecto de transformación de anfiteatro del cine Palafox en dos salas de proyección", quedándose el entresuelo dividido en dos salas de 176 y 189 butacas respectivamente y teniendo el patio de butacas 704 puestos (Figura 6).

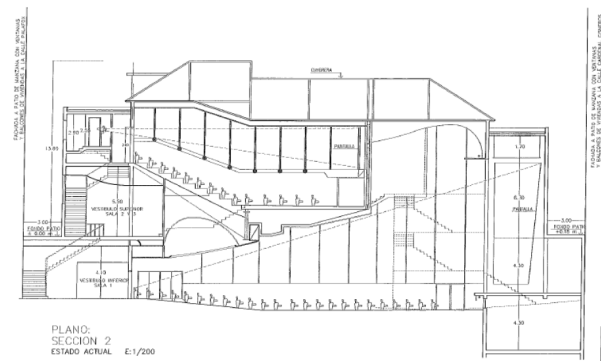


Figura 6. Alzado Longitudinal estado existente pre-reforma, Cine Palafox

Para ampliar la capacidad del entresuelo se construyó una cercha metálica de gran canto de la que se suspendió un forjado de vigas metálicas. Esta cercha está apoyada sobre pilares cimentados sobre cimentación existente recalzada con micro-pilotes.

La actual transformación incluye: una nueva configuración de salas en planta baja y primera, demolición de forjados existentes que actúan como puntales de muros de contención, creación de ascensores y montacargas, construcción de nueva estructura para alojar nuevas salas y soportar maquinaria en cubierta, creación de hueco en forjado de vestíbulo para conexión espacial entre plantas, nueva configuración de escaleras y recrecido de nivel de piso terminado en distintas salas (Figura 7).

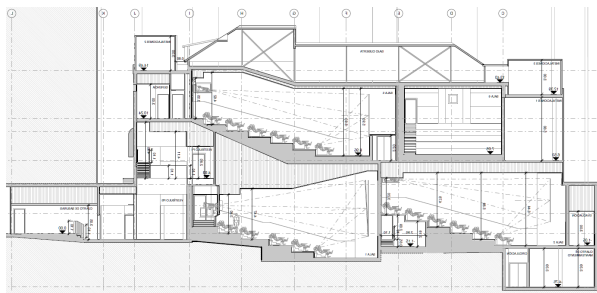


Figura 7. Alzado Longitudinal estado reformado, Cine Palafox

Como consecuencia de los distintos cambios de estructuración, de uso y cambios en las cargas permanentes se han reforzado los elementos estructurales que requieran una sobre-resistencia.

2. Cine Ideal, análisis e intervenciones singulares

2.1 Estabilización y refuerzo de arranque de pilares

Dados los cambios en las cargas permanentes y en las sobrecargas de uso sobre la estructura existente se hace necesario reforzar los pilares afectados y sus cimentaciones.

El caso de los muros de carga que sirven de apoyo a pilares que serán exigidos con una carga mayor a la existente requiere de una solución estructural drástica, ya que no se cuenta con antecedentes confiables que puedan servir para calcular su resistencia y estabilidad ante cargas mayores a las ya aplicadas. La solución diseñada consiste en construir un pórtico metálico que conecte con el arranque de los pilares sin desconectar de su actual base, de esta manera todas las cargas adicionales serán transmitida directamente al pórtico de apeo, el cual, se diseña para resistir el total de las cargas permanentes y sobrecargas de uso (Figura 8).

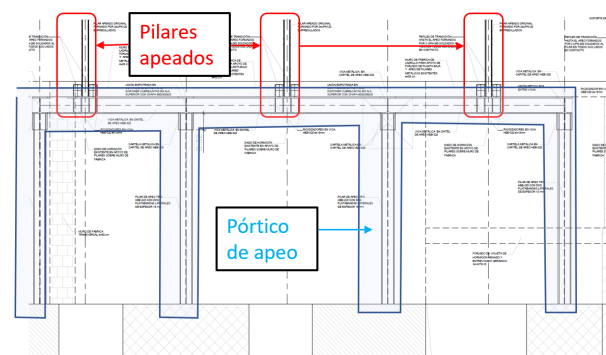


Figura 8. Alzado pórtico de apeo

Lo primero es construir secuencialmente las cimentaciones y colocar los pilares del pórtico en el plano del muro de carga demoliendo parcialmente el muro existente solo lo necesario para encajar el pilar metálico. Una vez terminado un pilar y su cimentación se procede a construir el próximo para evitar debilitar el muro de carga existente. Las cimentaciones son excéntricas por lo que es necesario conectar con vigas a las cimentaciones más próximas para estabilizar (Figura 9).



Figura 9. Cimentación excéntrica de pilares nuevos

Lo siguiente es soldar las vigas travesaño a la viga dintel en el tope de los pilares (Figura 10).

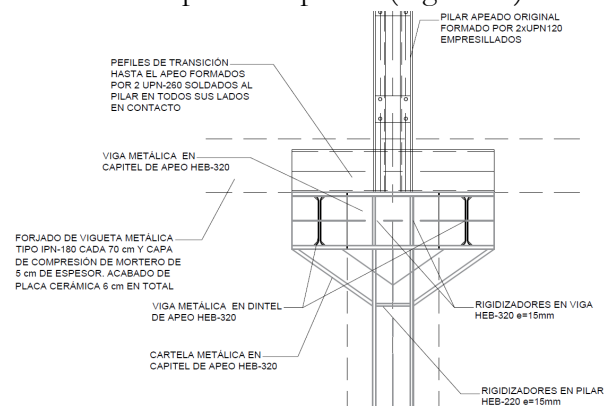


Figura 10. Sección transversal pórtico de apeo

Los pilares apeados son “abrazados” por dos vigas cortas que transfieren la carga y se apoyan en las dos vigas paralelas que forman el dintel del pórtico (Figura 11).



Figura 11. Arranque de pilar existente soldado a vigas del pórtico.

El traspaso de cargas verticales transmitido a través de la soldadura entre los pilares y las vigas del pórtico son diseñadas del lado de la seguridad a capacidad de los elementos y todas las uniones soldadas ejecutadas en obra son inspeccionadas por métodos de ensayo no destructivos.

2.2 Refuerzo de cercha existente

Una de las cerchas metálicas existentes de cubierta soporta además un forjado en bajo cubierta que descansa sobre su cordón inferior, el cual será sobrecargado por un incremento de cargas debido a la distribución de equipos de climatización, por lo que ha sido necesario evaluar su resistencia (Figuras 12).

Se comprueba que los perfiles existentes no son suficientes para resistir el estado de carga impuesto por las nuevas solicitudes.

El resultado de este análisis es el diseño del refuerzo de todos los elementos, de la cercha mediante platabandas soldadas o perfiles angulares unidos con soldadura discontinua para evitar sobrecalentar y dañar las características mecánicas de los elementos existentes.



Figura 12. Cercha en cubierta con refuerzos

2.3 Bancadas sobre cubierta

Sobre la cubierta del edificio se instalarán máquinas de ventilación de gran peso y envergadura.

A diferencia del resto del edificio, en vez de reforzar el forjado de cubierta por abajo se optó por una solución más eficiente, prolongando los pilares existentes reforzándolos atravesando el nivel de cubierta para apoyar directamente las máquinas en bastidores metálicos (Figura13).



Figura 13. Bancadas metálicas sobre cubierta

3. Cine Palafox, análisis e intervenciones más relevantes

3.1 Hueco en forjado de vestíbulo para generar nuevo attio

En la zona del lobby, para dar paso a una escalera escultural que conecte planta baja con primera ha sido necesario generar un hueco en el forjado de planta primera sobre el vestíbulo. La estructura del nivel de planta primera de esta zona consiste en un peine de vigas IPN500 separadas cada 2.20 m que salvan un vano de

8.00 m aproximadamente y se apoyan sobre un pórtico de hormigón armado en un extremo coincidente con la medianera del cine y los edificios adyacentes, interiormente, también se apoyan en un pórtico de hormigón a partir del cual vuelan hacia el interior del patio de butacas original generando un apoyo con continuidad que sirve para ampliar hacia el interior el lobby en planta primera respecto a la huella de la planta baja (Figura 14).

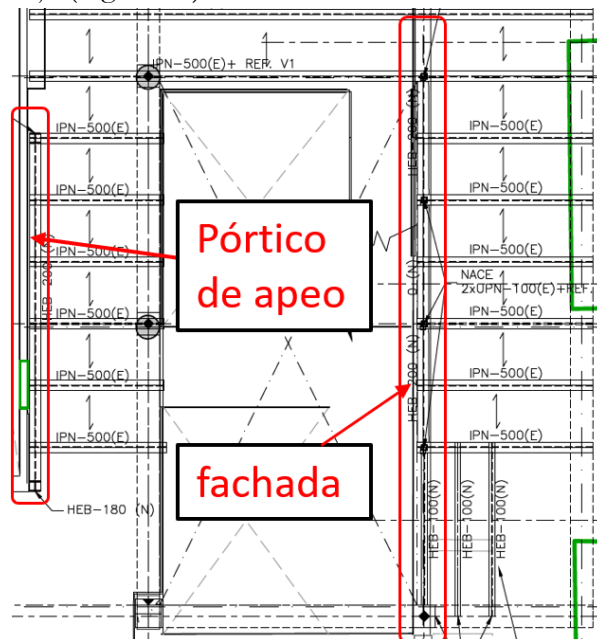


Figura 14. Planta de forjado con hueco

La fachada del cine está retranqueada de la línea de medianera unos 3 m, por lo tanto, estas vigas, además de soportar el forjado de planta primera, sostienen el muro de fachada y una alineación de pilares embebidos en dicho muro de los niveles superiores que quedan apeados en las vigas sobre el tercio central del vano.

En esta zona de lobby, la apertura de un atrio de doble altura que comunique visualmente los dos niveles de planta baja y planta primera, ha exigido el corte de algunas de las vigas IPN-500 descritas anteriormente, por lo que ha sido necesario diseñar una solución de recalce de los pilares apeados mediante nuevos pilares hasta la cimentación que sea suficientemente rígida para minimizar los desplazamientos verticales en la fachada, debido a que parte de su estructura es un muro de carga el cual es de comportamiento frágil (Figuras 16 y 17).

Se han dispuesto pilares metálicos HEB-200 adecuadamente nivelados en su base para su correcta entrada en carga antes del corte de las vigas. Adicionalmente, se construye una viga de borde que ayuda a la estabilidad del conjunto (Figura 15).



Figura 15. Pilar nuevo y viga de apeo a cortar en el Lobby antes de demolición parcial

Antes del corte de las vigas se debe estabilizar el tramo en voladizo construyendo un pórtico metálico de apeo en el extremo de las vigas a cortar para brindarle una condición de apoyo simple.

Para el diseño de estos elementos de apeo fue necesario hacer un modelo estructural 3D de la zona afectada considerando las cargas y usos definitivos, por lo que fue necesario una caracterización exhaustiva.



Figura 16. Estado original forjado lobby

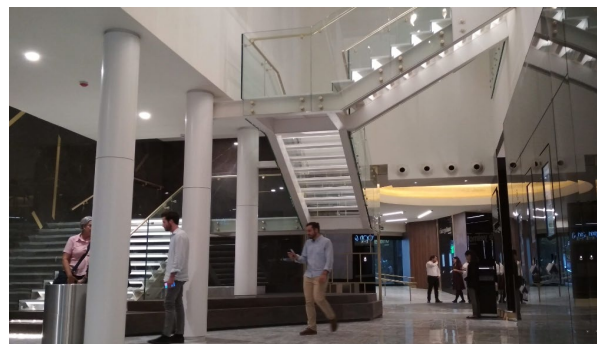


Figura 17. Lobby reformado

3.2 Refuerzo de cerchas y prueba de carga

Debido principalmente a los cambios en cargas permanentes y sutiles modificaciones en las sobrecargas de uso sobre las salas del primer nivel ha sido necesario someter a análisis a las estructuras que sustentan estas salas.

Esto implica un trabajo exhaustivo de caracterización, tanto de la estructura como de los elementos no estructurales existentes y los proyectados para llevar a cabo correctamente los balances de carga.

Además, es necesario conocer las características mecánicas de los elementos para evaluar correctamente la resistencia del conjunto.

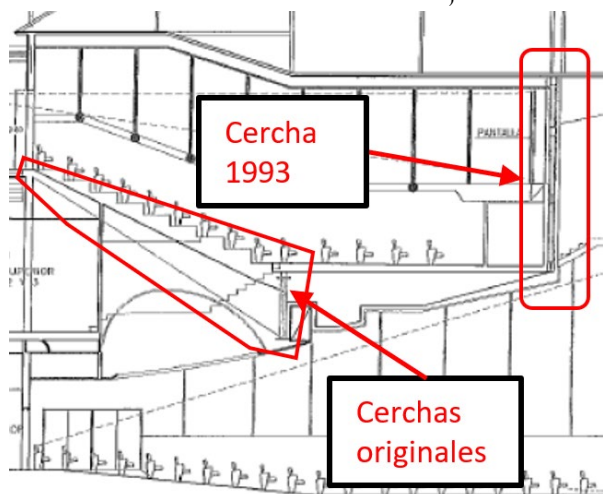


Figura 18. Mega cerchas en primer nivel

3.2.1. Cercha ampliación 1993

La cercha construida en la reforma de 1993 está compuesta por una serie de perfiles tipo UPN conectados en los nudos mediante soldadura de calidad conocida y debidamente caracterizada, por lo que se analiza estructuralmente mediante un modelo de barras y se verifica cada perfil, y se refuerzan los elementos con placas metálicas soldadas (Figuras 18 y 19).

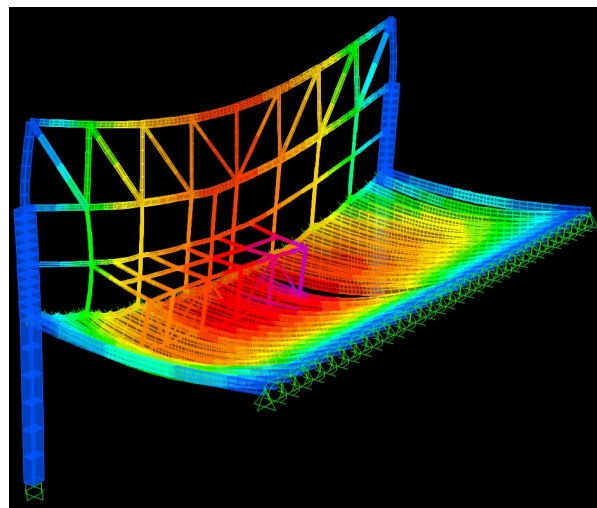


Figura 19. Modelo cercha 1993

3.2.2. Cerchas originales

La estructura original del graderío superior se sustenta sobre un conjunto de cerchas secundarias que a su vez se apoyan en el pórtico principal del lobby (el cual en el nivel de apoyo del graderío consiste en vigas y pilares metálicos) y en la cercha principal original que salva la luz libre del patio de butacas del nivel de planta baja (22,8m entre pilares de apoyo) que junto al resto de la estructura forman un gran conjunto estructural.

La cercha principal se compone de cordones formados por la unión de perfiles angulares y pletinas corridas mediante conexiones roblonadas y con montantes y diagonales compuestos por perfiles angulares (2 ó 4 en cruz) y perfiles tipo UPN en los elementos próximos a los extremos más comprimidos (Figura 20).



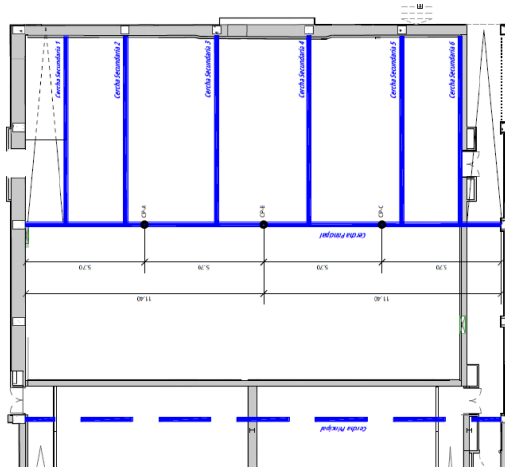
Figura 20. Unión roblonada en cercha principal

Las cerchas secundarias están resueltas mediante elementos compuestos de perfiles angulares y

Considerando la antigüedad de los materiales, el grado de incertidumbre propia de la falta de antecedentes, así como la relevancia estructural en el funcionamiento del conjunto, se decidió validar la estructura mediante una prueba de carga.

Se generan modelos de cálculo con supuestos conservadores para verificar que la estructura resista la prueba de carga y se evalúa la necesidad de reforzar los elementos. A algunos elementos se les han soldado perfiles tipo L para reforzarlos.

Los puntos de medida fueron situados en los cuartos de la longitud del vano de la cercha principal. Antes de aplicar la carga se inspecciona la estructura con el objeto de comprobar la existencia de cualquier anomalía que puede corresponderse con un comportamiento inadecuado.



La carga se aplica con bidones de agua de 1100kg de peso cada uno aproximadamente. El proceso de carga se realiza en cuatro escalones del 25% de carga aproximadamente cada uno, lo más uniformemente posible sobre el área indicada. La descarga se realiza mediante la misma secuencia.

Minder, H. de Prado, J. y Castañón C./ VIII CONGRESO ACHE – SANTANDER 2020

Una vez obtenida la flecha máxima se procede a la descarga por etapas, cuya última medición, la que corresponde a la estructura descargada, es la flecha residual.

Los resultados finales de la prueba arrojan las siguientes principales conclusiones:

- No se produjeron incidencias en la estructura tales como fallos en uniones o fisuras.
- No se superaron las deformaciones máximas obtenidas de los modelos de cálculo teóricos realizados. A este respecto se pudo concluir que el comportamiento de la estructura bajo carga del ensayo fue significativamente más rígido de lo que se esperaba, lo que hace pensar en un trabajo de todo el conjunto estructural involucrado, más que en el comportamiento plano de elementos.

reforzar en el transcurso de la obra mediante placas o perfiles soldados.

- La prueba de carga es una herramienta muy útil, pero puede afectar grandes áreas de la obra, inhabilitándolas momentáneamente, por lo que es importante prever la prueba para no afectar la programación de obra.



- **Figura 25. Bidones de agua durante los escalones de carga**

Conclusiones

- En obras de reforma sobre estructuras antiguas sin suficiente información del proyecto original es fundamental llevar a cabo una exhaustiva campaña de caracterización estructural guiada por los ingenieros a cargo del proyecto, para minimizar hallazgos en obra que obliguen a rediseñar las soluciones del proyecto y a retrasos en los plazos.
- Es recomendable hacer ensayos de soldabilidad en estructuras existentes, esto es útil cuando surge la necesidad de