

Rehabilitación integral de un edificio histórico en Santander (Cantabria)

Integral refurbishment of a historic building in Santander (Cantabria)

Jorge Prado Romero ^a, Carlos Castañón Jiménez ^b y Borja Olivares Olmos ^c

^a Ingeniero Técnico Industrial. IDOM Consulting, Engineering, Architecture. Coordinador de Proyectos. jdeprado@idom.com

^b Ing. de Caminos, Canales y Puertos. IDOM Consulting, Engineering, Architecture. Director de Estructuras. ccastanon@idom.com

^c Ing. de Caminos, Canales y Puertos. IDOM Consulting, Engineering, Architecture. Ingeniero de Proyectos. jdeprado@idom.com

RESUMEN

El proyecto objeto de la presente comunicación trata de un edificio histórico en el centro de Santander destinado a uso administrativo. Se ha desarrollado una intervención de rehabilitación integral en toda la superficie del edificio, el cual fue construido a finales del siglo XIX con tipologías habituales en la época. En la intervención sobre estructuras existentes que llevaban en desuso un tiempo prolongado, es necesario contemplar la flexibilidad técnica y constructiva para adaptarse a los datos reales que en numerosas ocasiones alteran los datos supuestos de partida.

ABSTRACT

The project subject of this communication concerns a historic building in the center of Santander intended for administrative use. A comprehensive rehabilitation intervention has been carried out on the entire surface of the building, which was constructed in the late 19th century with typical typologies of the time. In the intervention on existing structures that had been unused for a prolonged period, it is necessary to consider technical and constructive flexibility to adapt to the real data that often alter the assumed initial data.

PALABRAS CLAVE: Rehabilitación, caracterización estructural, vaciado, estabilización, estructura metálica, hormigón ligero.

KEYWORDS: Rehabilitation, structural characterisation, pouring, stabilisation, steel structure, lightweight concrete.

1. Introducción

La intervención sobre el edificio sito en la calle Hernán Cortés 11 de Santander ha consistido en una rehabilitación integral cuyo objeto principal, además de la rehabilitación funcional del edificio, tenía por imposición de los requerimientos urbanísticos locales, la

conservación y puesta en valor de las tipologías constructivas originales de los elementos de la estructura principal.

2. Descripción general del edificio

El edificio fue diseñado y construido a finales del siglo XIX siguiendo tipologías habituales en la época, tanto en materiales como en estructuración de elementos principales. El edificio contaba con un nivel bajo rasante, tres niveles sobre rasante y un nivel de cubierta.



Figura 1. Vista general del edificio original.

La estructura vertical estaba resuelta mediante muros de carga en el perímetro de las fachadas [Fig. 1] y pilares de fundición dispuestos en pórticos en el perímetro de un atrio interior y en un anillo intermedio, ver sección general y plantas de distribución en [Fig. 4]. Los muros de carga del nivel de sótano y de planta baja hasta planta primera estaban resueltos mediante sillares de piedra, los cuales en la parte sobre rasante vista de la fachada estaban labrados. En los niveles desde planta primera hasta su coronación se resolvían con muros fábrica de ladrillo cerámico macizo.

Los pilares de fundición [Fig. 2] en función de la altura libre de cada nivel presentaban un diámetro exterior y espesor diferentes, desde 250-40 mm en el nivel de planta baja hasta 170-15 mm en el nivel superior. La ornamentación, tanto en los capiteles como en las basas y el fuste se plantearon de forma

diferente en función de los usos de las plantas (archivos y cajas fuertes bancarias en el sótano, oficina bancaria en planta baja y viviendas en los niveles superiores).



Figura 2. Transición de pilares de fundición.

Salvando el vano entre pilares, conformando pórticos principales en forma de anillos se disponían dinteles formados por dos perfiles laminados tipo I entre los que se permitía la unión en continuidad en vertical entre tramos de pilares.

Entre las tres alineaciones principales indicadas se disponían las viguetas de un forjado unidireccional [Fig. 3] con un intereje de 80 cm y entrevigado de roscas de ladrillo con capa de compresión de mortero pobre de arena.

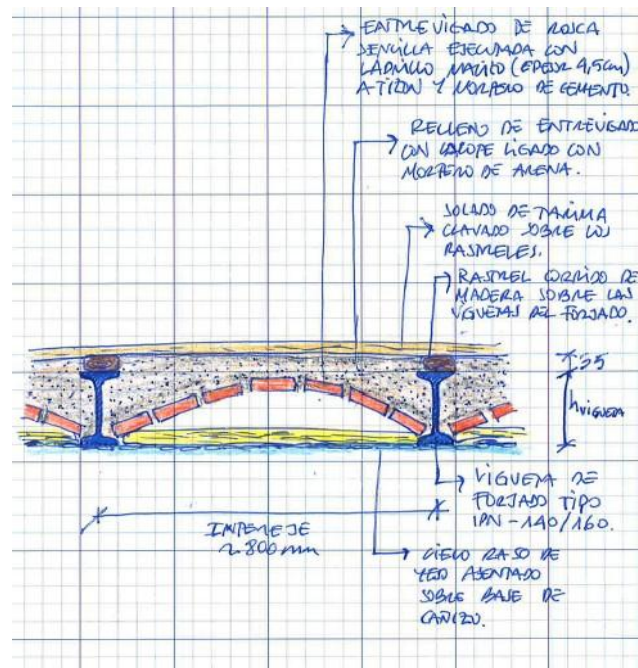


Figura 3. Sección constructiva del forjado original.

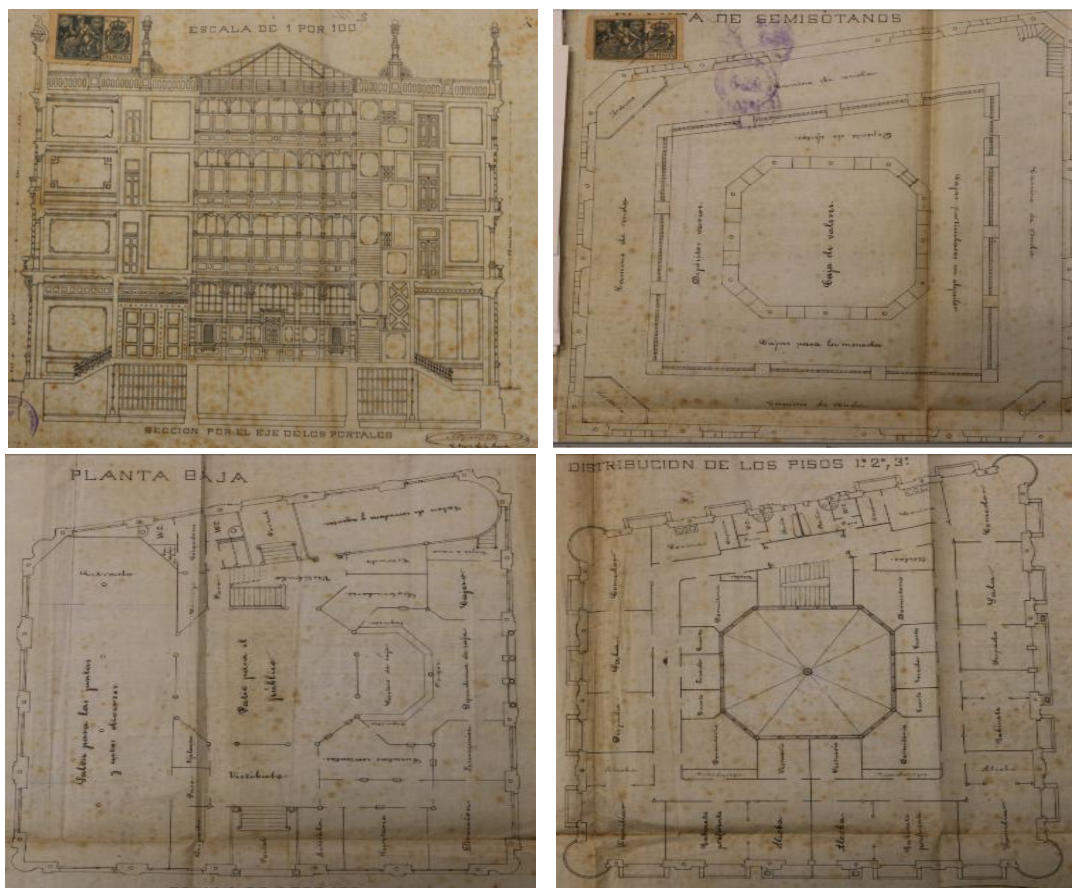


Figura 4. Planos de planta del proyecto original.

2.1 Caracterización estructural

Durante el proyecto se llevó a cabo una caracterización en todas las plantas del edificio, realizándose catas y ensayos de materiales en elementos de la estructura principal. Dichos elementos se seleccionaron de acuerdo con criterios de representatividad y de accesibilidad.

El estudio se realizó con un doble objetivo: En primer lugar, para identificar las tipologías y geometrías de los elementos estructurales para poder peritarlos estructuralmente de acuerdo con los requerimientos de cargas planteados por los nuevos usos. En segundo lugar, determinar el estado de conservación general de la estructura.

A partir de este estudio, se plantearon en el proyecto los refuerzos y sustitución de elementos que presentaban un estado de conservación con pérdida de capacidad

estructural total o muy elevada. Estas intervenciones, excepto en el vano perimetral del nivel de cubierta, estaban muy localizadas en elementos próximos a fachadas, desagües, baños, pero al inicio del proceso de ejecución de las obras se retiraron revestimientos en todas las partes del edificio, detectándose patologías severas mucho más extendidas de lo identificado inicialmente tanto en las fachadas (apoyos de correas, elementos insertos) como en la estructura interior (vigas principales y correas). Por otra parte, las soluciones constructivas existentes no favorecían los trabajos de reparación y consolidación previstos en el proyecto. Como sucedía por ejemplo en los perfiles dobles en los pórticos principales que resultaban inaccesibles para su saneado y reparación; o en los soportes metálicos cuyos nudos de transición eran irregulares con cuñas de nivelación de madera en mal estado de

conservación y con secciones transversales no constantes con espesores irregulares entre caras y con defectos propios del proceso de moldeo y época de ejecución.

3. Escenarios de intervención

Durante la evolución del proyecto, desde el inicio del planteamiento de soluciones de rehabilitación y/o refuerzo estructural hasta la fase de construcción donde se pudieron ampliar los datos reales relativos a la estructura principal, se han tenido que tomar las decisiones estratégicas necesarias en cuanto al alcance de la intervención y de las soluciones técnicas que era necesario adoptar, alterándose de forma muy significativa el escenario de intervención y los criterios de diseño.

En fase de desarrollo del proyecto el escenario de intervención y los criterios de diseño se podían resumir en los siguientes puntos:

- Al ser un edificio que contaba con un grado de protección integral, en el desarrollo del proyecto se tenía como objetivo principal de la intervención la conservación de la estructura principal existente. Se contemplaban las siguientes excepciones.
 - o Elementos con patologías severas y pérdida de sección resistente. Se planteaban refuerzos o sustituciones estructurales en función del grado de patología, que salvo en el vano perimetral de la cubierta, implicaban actuaciones aisladas. [Fig. 5].



Figura 5. Detalle de intervención de apeo en viguetas con corrosión severa.

- o Elementos de entrevigado de todos los forjados del edificio. Se trataba de elementos de peso propio muy significativo y que habían sido objeto de múltiples intervenciones existiendo zonas puntuales que podrían desprenderse. Por ello, para poder aligerar las cargas de peso propio con sistemas constructivos más ligeros y, disponer elementos de reparto de carga de propiedades controladas se optó por considerar la sustitución completa de estos elementos de entrevigado.
- o En la crujía Norte del edificio desde el inicio del proyecto se planteaba la reestructuración completa de esta zona por motivos de accesibilidad con un nuevo núcleo de comunicaciones verticales de escalera y ascensores.
- Hacer un balance de cargas muy controlado entre el estado original y el estado reformado. Este punto tenía durante toda la fase de proyecto y construcción una importancia capital debido a:
 - o La reducida capacidad de refuerzo de los pilares de función.
 - o Minimizar las necesidades de refuerzo de la estructura horizontal, para lo cual se debe minimizar el peso propio de los nuevos forjados (entrevigado).
 - o No alterar significativamente el estado tensional de los muros de carga de las fachadas.

En la fase construcción, cuando se comenzaron los trabajos de demolición retirando los elementos de revestimiento, se pudo comprobar que las patologías por corrosión en cabezas de viguetas eran mucho más generalizadas de lo que cabía esperar con los datos aportados por el estudio de caracterización realizado en fase de proyecto. Además, se obtuvieran nuevos datos relativos a los dos perfiles que conformaban las vigas principales comprobándose que no permitían el acceso para su reparación interior, así como datos sobre los pilares de fundición, comprobándose que los

espesores que inicialmente se habían observado no eran uniformes entre todos los elementos ni tampoco regulares dentro de la sección de cada uno de ellos. Por estos motivos hubo que tomar la decisión de modificar sustancialmente la premisa inicial de mantener la estructura original y adoptar un escenario de intervención guiado por los siguientes puntos:

- Sustitución de toda la estructura interior que se volvía a reconstruir con la misma ordenación de crujiás y tipología.
- El balance de cargas debía seguir siendo muy ajustado y estricto debido a:
 - o No alterar las cargas sobre la cimentación de forma significativa respecto al proyecto puesto que en el momento de la toma de decisión de cambiar el tipo de intervención ya se estaban ejecutando estos elementos.
 - o No alterar significativamente el estado tensional de los muros de carga de fachada puesto que la nueva estructura se contemplaba apoyada sobre el perímetro original del edificio.
 - o La solución estructural para los nuevos pilares interiores debía considerar el fuste y capiteles de fundición originales al menos como elementos de acabado, por lo tanto, el espacio interior para disponer los nuevos elementos estructurales era muy reducido.
- Finalmente, cabe destacar que con este nuevo escenario de intervención era preciso el apeo hasta cimentación o la retirada temporal de los cuatro

cenadores (torreones) que sobresalían del nivel de cubierta. Por motivos de seguridad y rapidez de ejecución se optó por la segunda alternativa.

4. Descripción de las intervenciones

4.1 Estabilización de las fachadas

Para poder acometer los trabajos de sustitución de la estructura interior era preciso disponer elementos de arriostramiento horizontal del edificio que garantizaran la estabilidad del mismo durante la ejecución.

En fase de proyecto, pese a conservar la mayor parte de la estructura interior, el retirar todos los entrevigados que daban trabazón a las viguetas de los forjados y el sustituir completamente la crujiá del extremo Norte también se había contemplado la necesidad de una estructura temporal de arriostramiento. En esta fase se planteó una estructura modular desmontable con dos propuestas alternativas:

- La primera propuesta con estabilización exterior en todo el perímetro [Fig.6a] con una cimentación profunda con micropilotes (al existir de 3-4 m de relleno).
- La segunda propuesta, para reducir el coste se limita la estabilización exterior a la fachada norte y estabilización interior en el resto (la cual es redundante porque no se llega a retirar la vigería completamente de las plantas). [Fig. 6b y 6c]

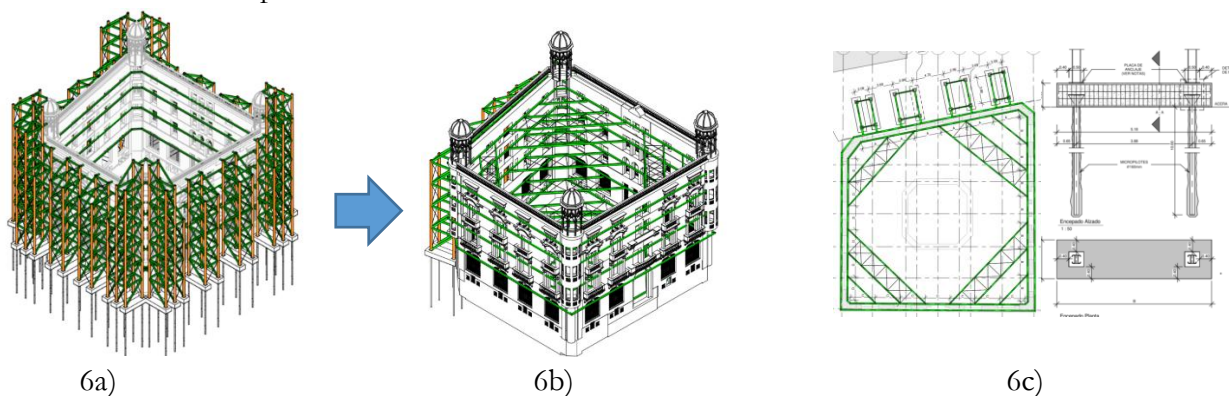


Figura 6. Esquemas de propuestas de estabilización en proyecto.

En fase de obra se desarrolló una solución que permitía minimizar plazo y reducir coste. Esto se debió fundamentalmente a las complicaciones con el terreno y servicios enterrados en el norte de la parcela que no permitían la ejecución de los micropilotes. De esta forma se optó por una estabilización interior que arriestra a los muros. [Fig. 7].



Figura 7. Esquema de la estabilización interior ejecutada

Al ser los muros los que debían mantener la estabilidad horizontal del conjunto fue necesario realizar una peritación de tensiones en los mismos [Fig. 8] considerando el apoyo de los estabilizadores, resultando ser necesario llevar a cabo una serie de consolidación y refuerzos de las secciones con aberturas previas por el paso de instalaciones, cajas fuertes, ...

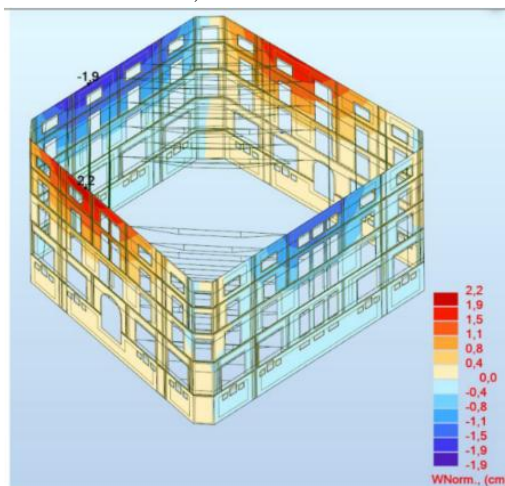


Figura 8. Estudio tensional de muros de fachada.

4.2 Cimentaciones

En fase de proyecto, debido a la posible existencia de cavidades de origen kárstico observado durante la ejecución del estudio geotécnico, se optó por implementar una solución de recalce de los pilares interiores mediante micropilotes [Fig. 9].

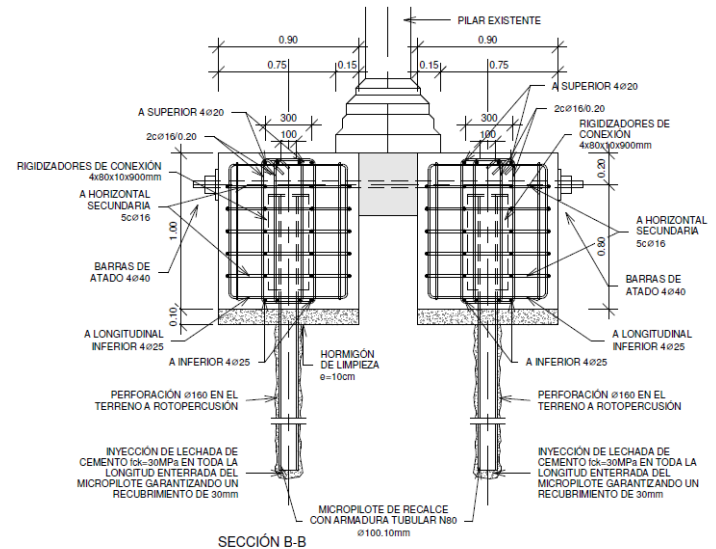


Figura 9. Planta de cimentación y detalle general de recalce incluidos en el proyecto.

La ejecución de estos recalces contemplaba una secuencia por fases para evitar el descalce de ningún elemento [Fig 10].

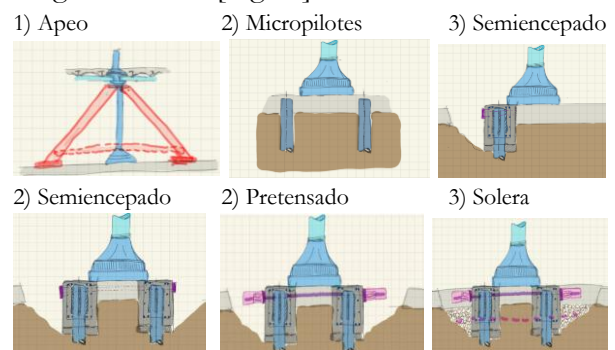


Figura 10. Secuencia de recalce por fases

En fase de ejecución, como se ha indicado el cambio de escenario de intervención se determinó con la ejecución de los micropilotes prácticamente terminada. Por la tanto, la nueva solución de cimentación se adaptó a los elementos ejecutados, con modificaciones

mínimas y la colocación de encepados monolíticos ejecutados en una fase [Fig. 11 y 12].

Con esta solución no sólo se garantizaba la correcta transmisión de cargas sobre el estrato rocoso sano evitando interacciones con posibles cavidades kársticas, sino que además se permitía una ejecución convencional que optimizaba considerablemente los plazos de ejecución.

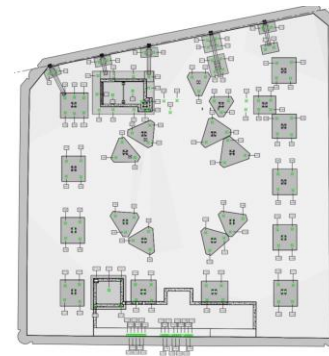


Figura 11. Planta de cimentación

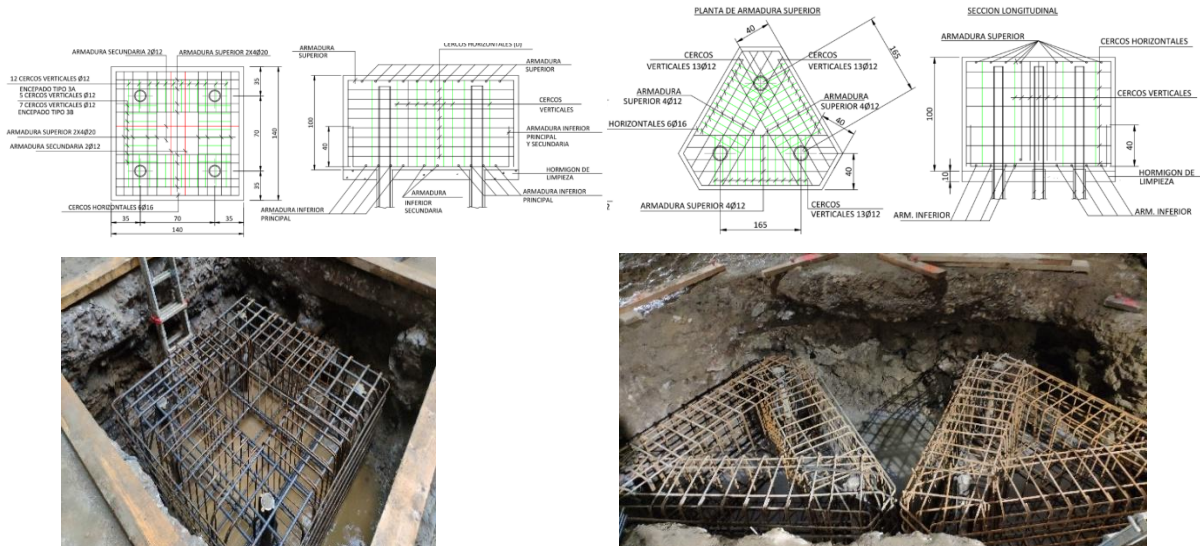


Figura 12. Detalles constructivos y ejecución encepados de micropilotes.

4.3 Estructura vertical

En el caso de los muros de carga, como se ha comentado en el punto de estabilización de fachadas, se plantearon soluciones de refuerzo mediante el macizado de huecos existentes con mortero de reparación estructural armado. Para compatibilizar dichas macizados con el resto de la sección del muro de mampostería se ejecutaron conexiones con barras ancladas con resina epoxi. Por otra parte, se realizaron actuaciones de consolidación mediante la inyección de fisuras con resina epoxi.

Para los pilares de función, en proyecto se evaluó la capacidad estructural de los mismos en función de sus dimensiones [Fig. 16], concluyéndose que era necesario el refuerzo de forma generalizada (aproximadamente un 75% de los tramos) de los mismos.

Para ello se planteó el relleno con microhormigones de altas prestaciones ($f_{ck}=70$ MPa). Con esta solución, como se recoge en la bibliografía especializada [1] pese a las altas capacidades mecánicas de los materiales de refuerzo, las incertidumbres existentes respecto a la adherencia del mismo para el trabajo de forma solidaria con el fuste de función original y la transmisión de cargas entre niveles, hace que sea muy recomendable la limitación participación del refuerzo planteado, siendo algo habitual limitar a un 20% de la capacidad nominal del refuerzo. Por otro lado, los pilares de fundición, dado el comportamiento de este material frente al fuego y la relación entre las secciones estructurales y los perímetros expuestos (masividad), indicados en la tabla adjunta [Fig. 13], precisaban espesores de protección ignífuga con pinturas intumescentes muy elevados que desvirtuaban en exceso su ornamentación.

PLANTA	DIAMETRO EXTERIOR	ESPESOR	PERIMETRO Pm [m]	AREA A [m ²]	MASIVIDAD [m ³]
SÓTANO	220	25	0.691	0.0153	45.16
BAJA	270	29	0.848	0.02027	41.83
PRIMERA	215	24.5	0.675	0.01197	53.36
SEGUNDA	215	24.5	0.675	0.01197	53.36
TERCERA	170	15	0.534	0.0073	73.11



Figura 13. Dimensiones de pilares originales.

En la solución de sustitución de la estructura que se adoptó en la fase de ejecución, para los soportes interiores se diseñó un elemento de acero macizo de sección circular, el cual, se insertaba dentro del fuste de original de fundición, que quedaba como acabado ornamental [Fig. 14].

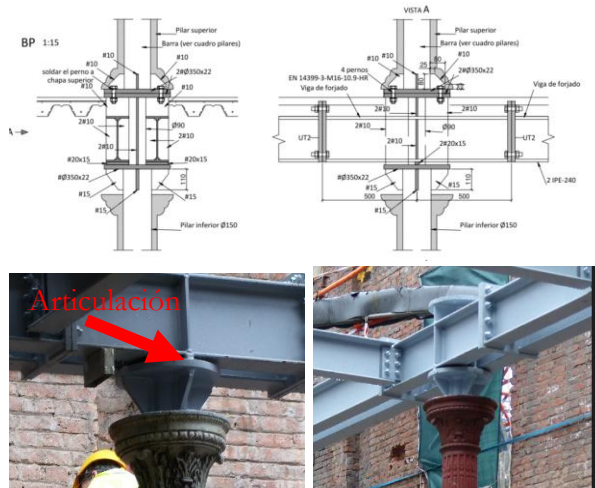


Figura 14. Detalles constructivos de nudos de pilares.

Para poder introducir dentro del fuste de fundición los pilares metálicos fue necesario, por un lado, realizar un mecanizado previo por el interior del pilar de fundición para garantizar el espacio y verticalidad necesarios. [Fig. 15].



Figura 15. Vista general de pilares de fundición.

Por otro lado, se buscó optimizar la sección estructural del nuevo elemento llegando a esbelteces elevadas, para ello, se limitaron los esfuerzos de flexión sobre los pilares mediante el atado de todas las plantas en el perímetro de muros y generando articulaciones en el apoyo de los dinteles pasantes que generan los pórticos principales.

En el nivel de sótano de todos los pilares y en los pilares correspondientes a la crujía Norte de todos los niveles, que en ningún caso correspondían con elementos vistos en la propuesta del proyecto de arquitectura, se plantearon soluciones con perfiles laminados tipo HEB reforzados con platabandas laterales.

4.4 Estructura horizontal principal

Dentro del alcance del proyecto, desde el inicio, se planteó la reestructuración de la crujía extrema junto a la fachada Norte para adecuarla a nuevos de núcleos de comunicación vertical. Para ello se planteó una estructura metálica con perfiles laminados [Fig. 16].

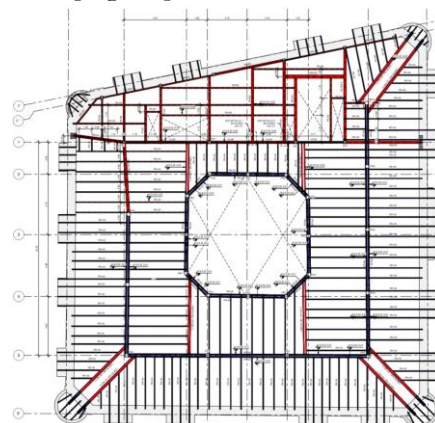


Figura 16. Planta tipo de perfiles metálicos (Proyecto de ejecución).

Adicionalmente, se plantearon los refuerzos de perfiles existentes mediante:

- Viguetas de forjados considerando los perfiles como sección mixta con el nuevo forjado de chapa colaborante.
- Dinteles de pórticos principales, mediante dos soluciones alternativas en función de la configuración de los pórticos y su orientación respecto a las direcciones principales de los nuevos forjados

colaborantes [Fig.17]. En primer lugar, mediante la transformación de los perfiles dobles en secciones mixtas ejecutando una cabeza de compresión de hormigón con el forjado. En segundo lugar, mediante el recrecido de la sección metálica estructural con perfiles inferiores vinculados con uniones atornilladas.

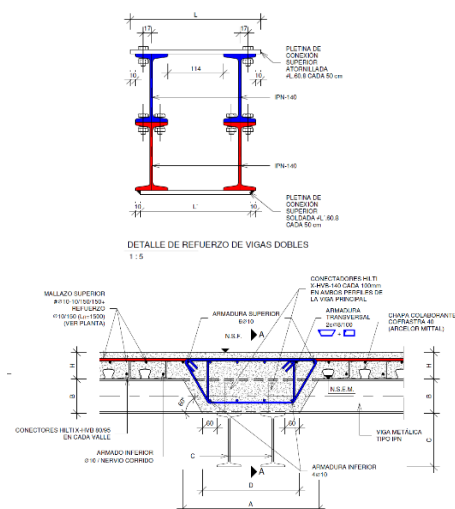


Figura 17. Detalles de refuerzo de dinteles recogidos en fase de proyecto

Durante la fase de construcción, al retirarse toda la estructura metálica, además de la crujía Norte se contempló la ejecución de una estructura nueva en todas las plantas.

Para ello, se planteó una estructura metálica en toda la superficie de la planta [Fig.

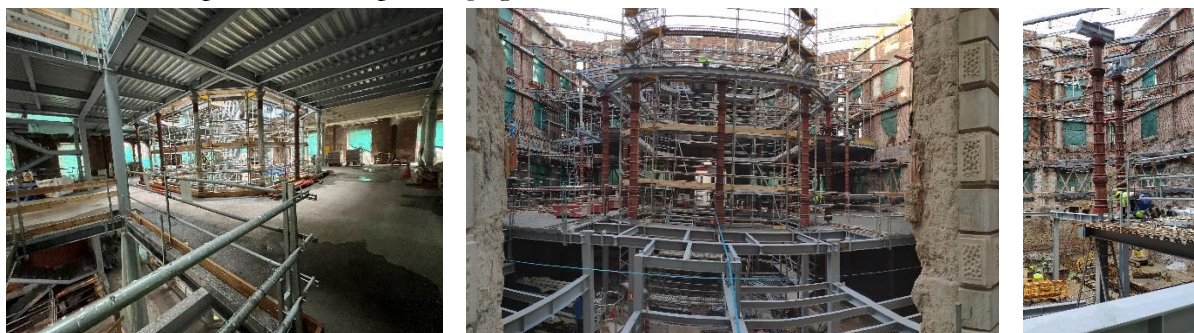


Figura 18. Vistas generales de la ejecución de la estructura metálica

4.5 Forjados

En la fase de proyecto, el diseño de los forjados estaba condicionado por dos aspectos fundamentalmente. En primer lugar, minimizar el peso propio respecto a la solución original de entrevigado de rosas de ladrillo y relleno de arena y cascotes (ver figura 4) que implicaba un

18] que seguía la estructuración original del edificio en cuanto a las alineaciones principales en el atrio y anillo intermedio, pero racionalizando la separación de las correas para agotar la sección del forjado colaborante con luces mayores. Cada planta en el perímetro se apoyaba sobre los muros de fachada en los cuales se realizaron los cajeados necesarios para albergar las placas de reparto en el apoyo de vigas principales y correas y, en las alineaciones interiores sobre los pilares de nueva ejecución descritos anteriores. Las soluciones tipo implementadas para la estructura principal horizontal fueron:

- Dobles IPE para permitir transición de pilares entre plantas y mantener tipología original
- Simples HEB en planta baja y cubierta, donde arrancan y mueren las camisas de fundición.

Para conseguir un mejor ritmo de ejecución de obra minimizando los trabajos in situ, se buscó un diseño que permitiera la mayor prefabricación posible en taller reduciendo los trabajos en obra a un ensamblaje de conjuntos mediante uniones atornilladas.

peso propio de $3,50 \text{ kN/m}^2$ aproximadamente. En segundo lugar, generar secciones mixtas con las correas y vigas principales, para lo cual, se consideraba una conexión de rasante mediante conectadores tipo X-HVB de casa Hilti.

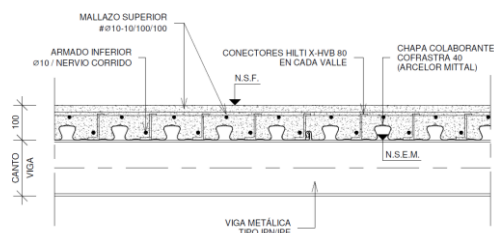


Figura 19. Sección constructiva del forjado colaborante de proyecto.

Para satisfacer los requisitos mencionados anteriormente, se optó por una solución de chapa colaborante de canto total y perfil tipo Cofrastra 40 de la casa Arcelor Mittal ejecutado con hormigón ligero de peso específico 18 kN/m^3 (peso total del forjado $1,70 \text{ kN/m}^2$) [Fig. 19]. El perfil de chapa seleccionado corresponde con la única sección comercial que, de acuerdo con las secciones de perfil existentes, satisfacía en cálculo y geometría los requisitos recogidos en la ficha técnica de los conectadores seleccionados.

En fase de obra se modificó la solución adoptada para, por un lado, agilizar los plazos de suministro del perfil de chapa y, por otro lado, tener en consideración que en la sustitución de la estructura el diseño de los perfiles no se consideró la sección mixta con el forjado, por lo tanto, no fue necesario considerar ninguna conexión para esfuerzos rasantes [Fig. 20]. El criterio que sí debió mantenerse fue minimizar el peso propio del forjado, manteniéndose la tipificación de hormigón ligero.



Figura 20. Sección constructiva del forjado ejecutado y vista general de su ejecución.

4.6 Otras intervenciones

Como se ha mencionado anteriormente, para llevar a cabo la sustitución de la estructura original, era preciso llevar a cabo las maniobras de retirada y posterior colocación de los cuatro cenadores de cubierta.

Para ello se diseñó un endoesqueleto [Fig. 21] que sostuviera el peso del cenador durante las maniobras de transporte y sirviese de apeo temporal cuando el cenador estuviese apoyado en el nivel planta baja hasta poder regenerar sus apoyos definitivos sobre la estructura nueva de planta cubierta.



Figura 21. Vista general del izado de uno de los cenadores y detalle de apeo del cenador en el endoesqueleto durante su apoyo en planta baja.

5. Conclusiones

El artículo presenta un recorrido por la evolución del proyecto y posterior ejecución. Desde los primeros planteamientos de refuerzo y consolidación de la estructura existente hasta la solución final en la que se respetaba la tipología distribución estructural, pero haciendo la sustitución de la totalidad de los elementos interiores de estructura metálica.

Agradecimientos

A los autores del presente artículo les gustaría mencionar y agradecer a D. Joaquín Calonge (Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos) su participación en el desarrollo de soluciones estructurales durante la fase de obra.

Referencias

- [1] R. Brufau I Nuibó. Rehabilitación con acero. Publicaciones APTA 2010.