

## Rehabilitación estructural de la antigua sede de Banesto en Barcelona

### *Structural retrofitting of the old Banesto headquarters in Barcelona*

#### Luca CERIANI

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

MC2 Estudio de Ingeniería

Ingeniero

[luca.ceriani@mc2.es](mailto:luca.ceriani@mc2.es)

#### Francisco José GONZÁLEZ RAMOS

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Betazul, S.A.

Director Técnico

[francisco@betazul.es](mailto:francisco@betazul.es)

#### Álvaro SERRANO CORRAL

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

MC2 Estudio de Ingeniería

Director Técnico

[alvaro.serrano@mc2.es](mailto:alvaro.serrano@mc2.es)

### RESUMEN

La rehabilitación de la antigua sede de Banesto, ubicada en la Plaza de Cataluña en Barcelona, para albergar en el futuro usos hoteleros, refleja no solamente el interés que los edificios históricos situados en lugares emblemáticos despiertan a la hora de elegir la sede de una nueva inversión hotelera o comercial, sino también la necesidad de actuar en profundidad en las estructuras de dichos edificios para adaptarlos continuamente a sus nuevos usos. Dichas actuaciones deben responder no solamente a las habituales necesidades funcionales y arquitectónicas sino también a los condicionantes impuestos por el nivel de protección del edificio histórico.

### ABSTRACT

The rehabilitation and retrofitting of the building, once housing the headquarters of Banesto in Plaza de Cataluña in Barcelona, reflects not only the interest that the historical buildings in emblematic places awake when choosing the site of a new hotel or commercial investment, but also the need to act in depth in their structures to continuously adapt them to their new uses. These structural interventions must meet not only the usual functional and architectural requirements, but also the protection and integration of structural pre-existing elements required by the building heritage protection.

**PALABRAS CLAVE:** rehabilitación, refuerzo, fibra carbono, confinamiento, eliminación soportes.

**KEYWORDS:** structural rehabilitation, reinforcement, carbon fibre, confinement, columns removal.

### 1. Breve introducción histórica

El edificio "Banesto", cuya remodelación estructural es objeto de la presente comunicación, está situado en posición estratégica en el lado norte de la Plaza de Cataluña de Barcelona y presenta una fachada de estilo neoclásico, según se muestra en la Figura 1.

Su construcción se remonta al año 1902, con ampliaciones en el 1916, aunque no fue hasta el 1942 que el arquitecto Eusebi Bona Puig lo rediseñó tal y como se conoce hoy. El edificio es de planta trapezoidal, ocupa la totalidad de un solar de 1200 m<sup>2</sup> y se compone de tres plantas sótano, una planta baja, siete plantas sobre rasante y un torreón de cinco niveles, alcanzando una altura de 60 m sobre el nivel de la calle.

Albergó el célebre Hotel Colón y durante la Guerra Civil española alojó a los miembros del PSUC, para después convertirse en una de las sedes de Banesto de donde recibe su nombre.

Actualmente alberga una de las tiendas Apple más representativas de España, y algunas oficinas de esta firma tecnológica que ocupan, en su mayoría, los niveles sótano -1, baja y primera. El cambio de uso en esta zona del edificio, de financiera a comercial, ya había requerido un proceso de remodelación estructural, llevado a cabo en los años 2011 y 2012.



*Figura 1. Vista del edificio “Banesto”, previamente a su cambio de uso.*

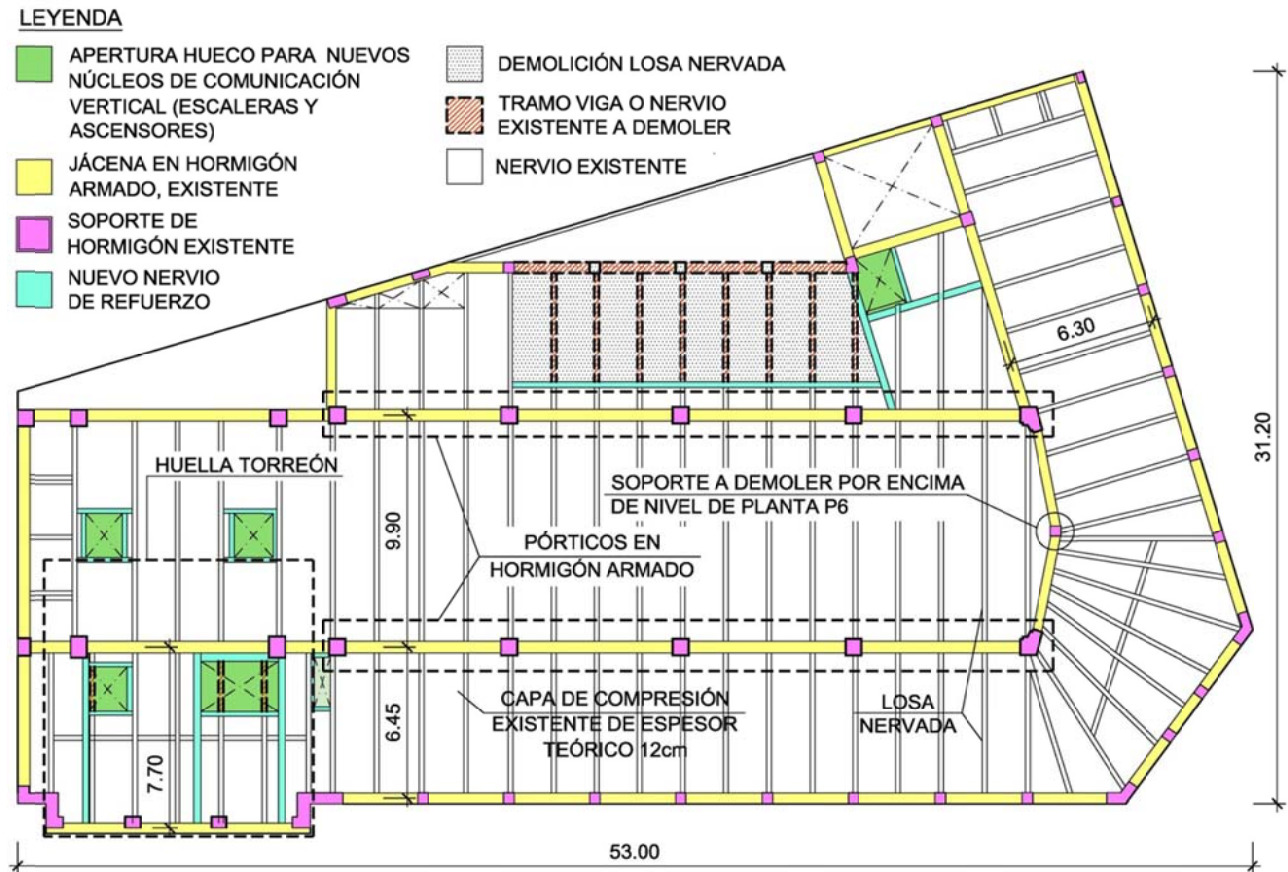
Posteriormente, con la decisión de la cadena hotelera Iberostar de instalarse en el resto del edificio, ha resultado necesaria una remodelación parcial de la estructura, al presentar el uso hotelero unos requerimientos funcionales y arquitectónicos distintos a los que caracterizaban este edificio. Además se ha requerido una rehabilitación completa de la estructura para su “puesta a cero”, alcanzándose una vida útil de al menos 50 años, según la normativa.

El objeto de la presente comunicación será la descripción de las principales actuaciones estructurales relativas a este proceso de remodelación/rehabilitación de la estructura existente fuera de la zona ocupada por la tienda Apple, abierta durante todo el transcurso de la obra.

## **2. El proyecto estructural**

### **2.1. Descripción de la estructura existente y resumen de las actuaciones de refuerzo estructural**

La estructura original está compuesta por un sistema porticado en hormigón armado, con luces de entre 6.30 y 9.90 m entre pórticos, y forjados constituidos por losas nervadas con nervios de sección variable y capas de compresión de 12 cm de espesor teórico. En la Figura 2 se muestra una planta tipo, con la indicación de los elementos estructurales que ha sido necesario volver a comprobar y, en innumerables ocasiones, reforzar.



**Figura 2. Planta tipo, completa, hasta nivel P7.**

La estructura del torreón presenta diversos apeos resueltos con jácenas de hormigón de gran canto para permitir el retranqueo en altura de las fachadas, según se describe en el apartado 2.5.

La adaptación del edificio al nuevo uso hotelero ha requerido una serie de intervenciones estructurales de diversa envergadura: eliminación de soportes existentes para permitir espacios más diáfanos; apertura y cierre de huecos en forjados debido a la modificación de los núcleos de comunicación vertical; refuerzo de losas nervadas para poder hacer frente a nuevas cargas (recrecidos, locales de instalaciones, una gran piscina en la azotea), etc. Los incrementos de carga en los forjados de planta han requerido además el refuerzo de algunas cimentaciones.

Debido a que en la práctica totalidad de los forjados se ha modificado el esquema estático (número y posición de apoyos en soportes, configuración de huecos para núcleos de comunicación vertical, etc.) y/o se han modificado la carga muerta de pavimento y las sobrecarga de uso, ha sido necesario el recalcu y el refuerzo de la totalidad de la estructura para que pudiera cumplir con los requerimientos de la normativa española vigente, a veces más estrictos que los de la normativa en vigor en el momento de la construcción original.

## 2.2. Refuerzo de soportes

Para la caracterización mecánica de los soportes de hormigón, y su comprobación bajo las nuevas cargas de diseño, se han realizado ensayos sobre probetas extraídas de los propios soportes, obteniendo unos valores estimados de resistencia a compresión de entre 10 y 30 MPa.

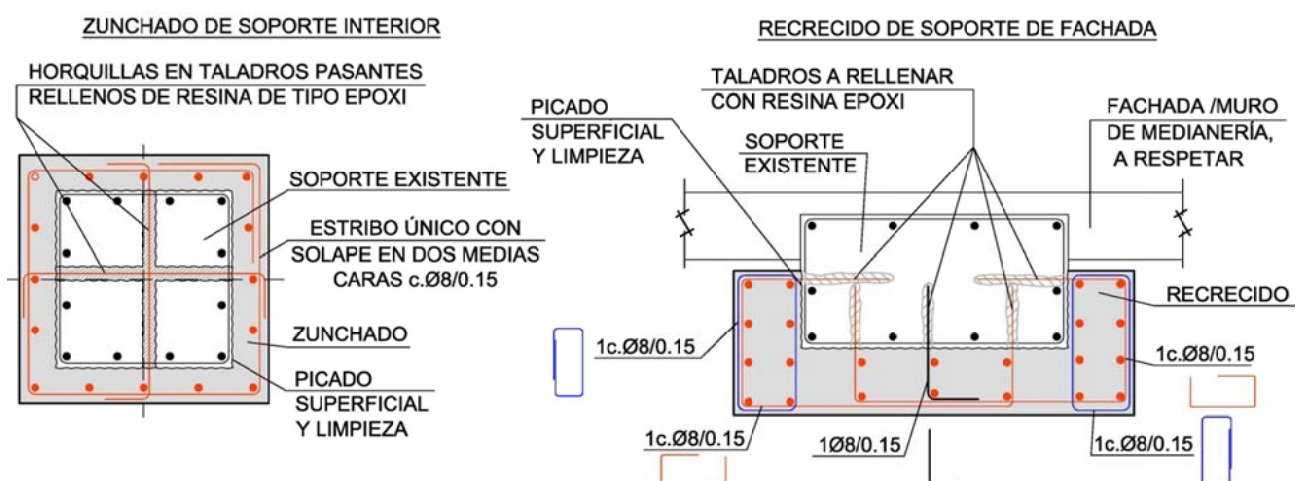
Dada la variabilidad de los resultados obtenidos, no se ha tomado un valor mínimo o un promedio conservador, lo que penalizaría en gran medida la capacidad resistente del elemento, sino que se

ha adoptado un valor de resistencia particularizado para diversos conjuntos de soportes, agrupados en base a la planta en la que se hallan y en función de su Índice de Rebote (IR). Este último se obtuvo de unos ensayos esclerométricos, calibrados mediante ensayos mecánicos de resistencia sobre probetas testigo extraídas de los propios pilares del edificio. Para el reducido porcentaje de pilares no ensayados, se ha adoptado el valor característico de resistencia con una probabilidad del 95% de ser superado y considerando una distribución normal o gaussiana para el conjunto de la población. En cuanto al acero de armar, se trata de barras lisas con un límite elástico de 300 MPa.

En base a estas características mecánicas, se han comprobado los soportes bajo los axiles correspondientes a las cargas originales de proyecto, obteniéndose unos coeficientes de seguridad próximos a la unidad en la mayoría de los casos, e inferiores a 1 en un porcentaje no despreciable de tramos de soportes. En cuanto a las cargas en la situación futura, además de unos incrementos de sobrecarga de uso en distintos niveles, y según se describe en el apartado 2.3, la ejecución de una capa de compresión adicional en la totalidad de los forjados de planta genera un incremento de axiles en la práctica totalidad de los soportes, con la correspondiente reducción de los coeficientes de seguridad, lo que ha llevado a la necesidad de ejecutar un zunchado en la gran mayoría de los soportes existentes.

Al tratarse de un refuerzo en previsión de un incremento de carga (durante la ejecución del mismo sólo actuaba el peso propio de la estructura existente), se ha planteado un zunchado de tipo pasivo, puesto que el ensanchamiento transversal causado por el futuro incremento de la sollicitación axil por efecto Poisson aún no se había producido y la camisa entraría en tracción horizontal precisamente al llegar el esperado incremento de carga [1].

Un análisis seccional evolutivo de las secciones transversales tipo de los soportes permitió averiguar que, en el caso de zunchado mediante camisas finas de 5-8 cm, el incremento de resistencia a compresión del soporte dependía en mayor medida del incremento de resistencia del propio material constituyente del pilar inicial, ahora sollicitado a compresión triaxial por reacción de la camisa, que de la aportación de resistencia a compresión simplemente por incremento de área de la sección transversal. Esto se debe a que en la sección original del soporte ya se había agotado el fenómeno de fluencia, mientras que la camisa ejecutada a posteriori estaría sujeta a un acortamiento diferencial por el cual habría cierta transferencia de esfuerzo axil desde la sección completa reforzada a la original.



**Figura 3. Recreido de soportes mediante camisa de hormigón armado.**

Según se trate de un soporte interior o tangente a fachada, se han previsto los refuerzos mostrados en la Figura 3. En el segundo caso, al no poderse cerrar la camisa de zunchado, se opta por no considerar ningún tipo de confinamiento del hormigón existente y se ejecuta un recocado de mayor entidad en el que se apoyarán las nuevas vigas.

El zunchado se ha llevado a cabo en la altura completa del soporte, al reforzarse el mismo por un incremento del esfuerzo axial, sin que hubiese un problema de pandeo [2]. En las Figuras 4, 5 y 6 se muestran una vista general del zunchado de refuerzo previamente al hormigonado y un detalle de continuidad de las armaduras en correspondencia con un forjado de planta.

Previamente a la colocación de las armaduras, la superficie de hormigón se preparaba según la siguiente secuencia de operaciones: (I) limpieza mediante chorro de arena; (II) pasivación de la armadura; (III) colocación de un puente de adherencia; (IV) hormigonado del zunchado mediante mortero de reparación; (V) aplicación de un inhibidor de corrosión; (VI) aplicación de un producto anti-carbonatación.



**Figura 4. Armadura de zunchado de un soporte.**



**Figura 5. Detalle de continuidad de armadura de zunchado atravesando un forjado.**



**Figura 6. Armadura de zunchado y encofrado**

### **2.3. Refuerzo de losas nervadas para su adaptación a las nuevas cargas superficiales**

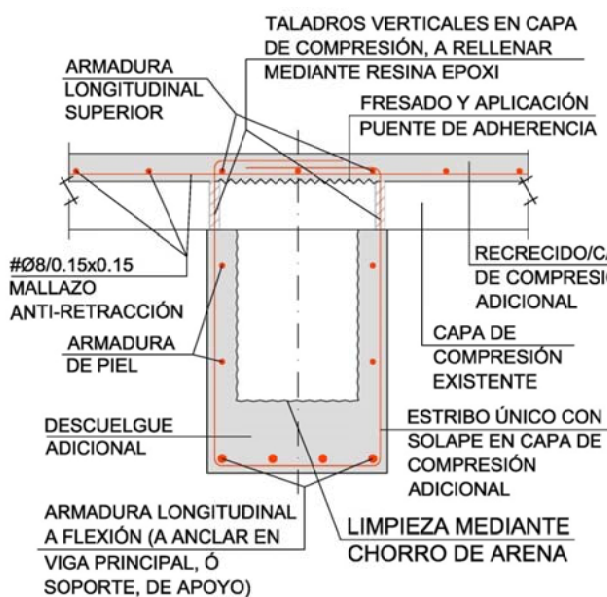
Según se ha adelantado en el apartado 2.1, los forjados de planta están constituidos por losas nervadas con capas de compresión de espesor teórico 12 cm y nervios de sección transversal de dimensiones variables entre 20x20 cm y 30x50 cm.

Sin embargo, durante el levantamiento topográfico de la estructura existente, se vio que los espesores reales de la capa de compresión oscilaban entre 4÷5 y 8÷9 cm. Teniendo en cuenta además la escasa cuantía mecánica, la capa de compresión existente ha necesitado la ejecución

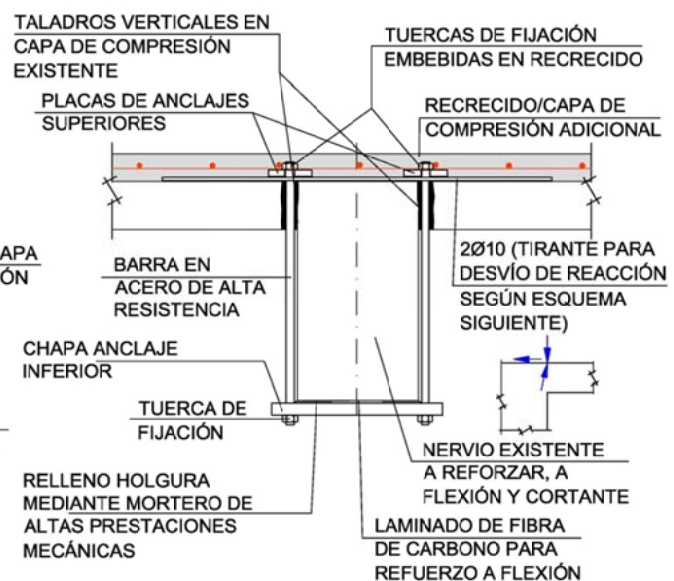
de un recrecido adicional para poder hacer frente a los incrementos de carga y proporcionar cierta ductilidad a la estructura horizontal de planta. Previamente a la ejecución del recrecido, se llevaba a cabo un fresado de la capa de compresión, se aplicaba un puente de adherencia a base de resinas epoxi y se colocaban unas barras de anclaje para mejorar la adherencia entre hormigones y así garantizar el trabajo conjunto de la sección reforzada.

En cuanto al refuerzo de los nervios existentes a cortante y/o flexión, y gracias al hecho de que las alturas libres entre forjados permitían respetar de manera razonablemente holgada los requerimientos arquitectónicos para un uso hotelero, se ha optado por la ejecución de un recrecido adicional en "U" que abrazara el descuelgue existente [2], según muestra la figura 7.

Sin embargo, en todos los casos en los que las alturas libres de planta no permitían un descuelgue adicional suficiente, se optó por un refuerzo a flexión mediante fibra de carbono [3] y barras verticales exentas de refuerzo a cortante, según se muestra en la figura 8. Inferiormente, unas placas metálicas transversales ofrecen un anclaje a dichas barras, apoyándose en la cara inferior del nervio preparada mediante una capa de mortero de alta resistencia. Superiormente, las barras se anclan mediante placas metálicas embebidas en la capa de recrecido y apoyadas sobre una capa de regularización de mortero. Para evitar que dichas placas introdujeran reacciones puntuales en la capa de compresión existente, se han colocado unas armaduras transversales que permitían recoger las fuerzas de desvío, según se muestra en la figura 8.



**Figura 7. Refuerzo de nervio mediante descuelgue adicional**



**Figura 8. Refuerzo de nervio mediante fibra de carbono y barras verticales exentas**

Para garantizar que las armaduras exentas entraran en carga -y contribuyeran por lo tanto en el sistema resistente a cortante- sin necesidad de que el nervio existente se deformara más allá de la deformación implícita en el incremento de carga, se emplearon barras de acero de alta resistencia, tesadas mediante un par de apriete en su puesta en servicio. La ventaja de estas soluciones radica en la posibilidad de ejecutar los taladros verticales pasantes en la fina capa de compresión existente, evitando la ejecución de taladros a través del canto total del nervio que, además de complicar la ejecución, implicarían el corte de la armadura a flexión existente.

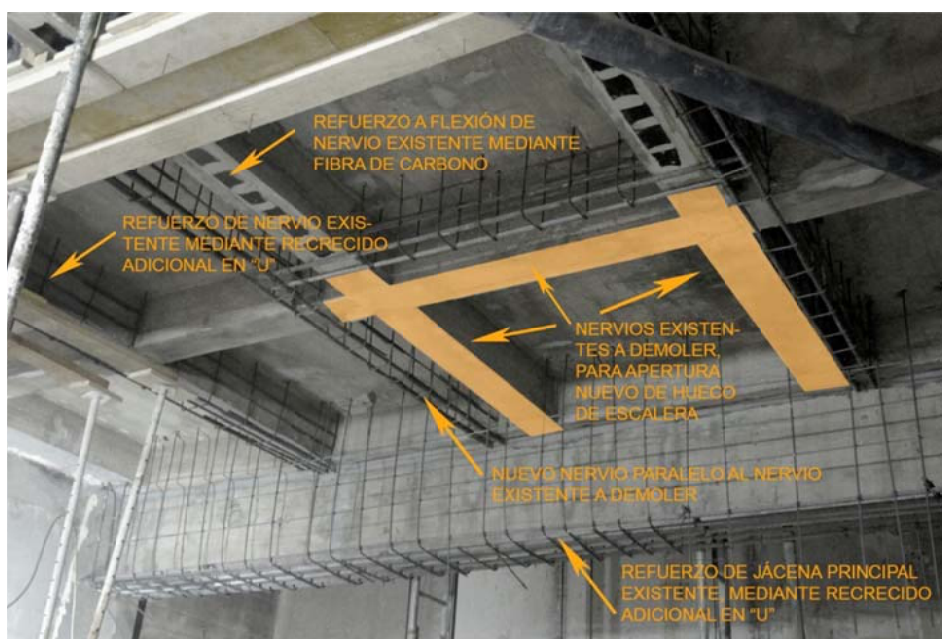


**Figura 9.** Vista, desde abajo, de una losa nervada reforzada.

#### **2.4. Apertura de huecos en losas nervadas**

La modificación, prevista en el proyecto arquitectónico de remodelación del edificio, de la posición y número de los núcleos de comunicación vertical, ha requerido la apertura de innumerables huecos en las losas nervadas de planta, para paso de ascensores y escaleras.

La solución adoptada para el refuerzo de la estructura existente ha permitido evitar en todo momento el apeo de esta última y ha consistido en la ejecución y puesta en servicio de nervios adicionales en las inmediaciones de los nuevos huecos, previamente al corte de la estructura existente, según se muestra en la figura 10. Los nuevos nervios y los refuerzos de los nervios existentes se han materializado mediante descuelgues adicionales, según se ha descrito en el apartado 2.3.



**Figura 10.** Refuerzo de losa nervada existente para permitir la apertura de un nuevo hueco.

### 2.5. Refuerzo de dinteles especiales en fachada

Según se ha adelantado en el apartado 2.1, el torreón presenta diversas vigas cargadero para permitir el retranqueo en altura de la fachada. La ejecución de un nuevo forjado en planta P11 y el incremento de las sobrecargas de uso del nivel P12 de cubierta, han requerido el refuerzo de las jácenas de planta P10, sobre las cuales arrancan los soportes sujetos al incremento de sollicitación axil, según se muestra en la figura 11.

Dichas jácenas, reforzadas mediante fibra de carbono y barras verticales exentas según se ha descrito en el apartado 2.3, se apoyan en unos cargaderos de hormigón perimetrales, embebidos completamente en la fachada no estructural, protegida, en la que resultaba imposible actuar.

Los incrementos de reacción en apoyo, de las jácenas internas reforzadas, no podían transmitirse a la viga cargadero perimetral, debido a la imposibilidad de reforzarla, y se transfirieron por lo tanto a los soportes adyacentes mediante un dintel metálico (UPN400) puesto en carga de manera activa, mediante gatos hidráulicos apoyados en ménsulas ancladas en los mismos soportes, según se muestra en la figura 11. En una sección del dintel metálico próxima a su centro de vano, el mismo se conectaba con la jácena de hormigón mediante anclajes químicos.

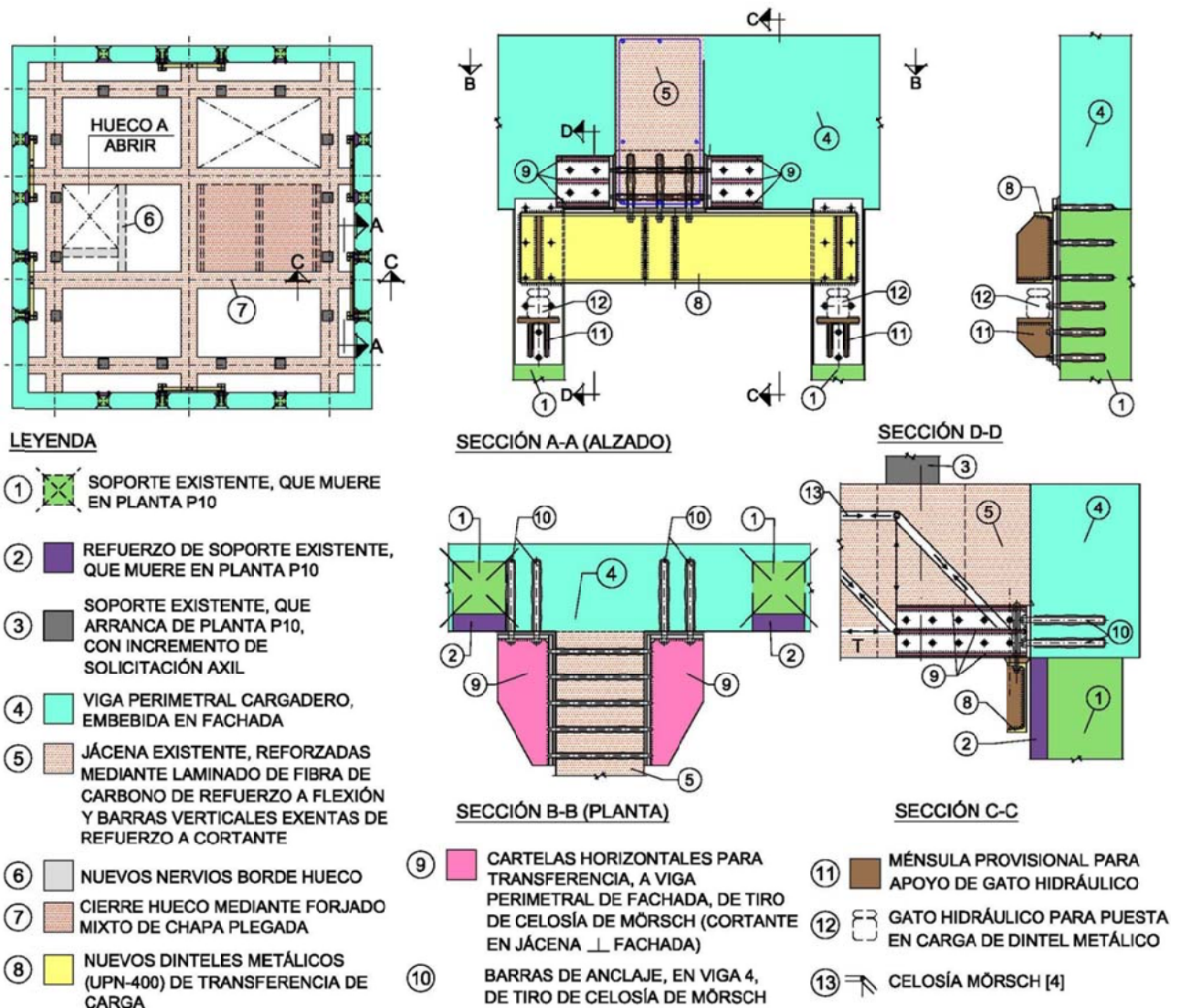


Figura 11. Actuaciones estructurales en planta P10



En la cara inferior de la jácena, la armadura longitudinal existente anclada en la viga perimetral no habría sido suficiente para aguantar el tiro necesario para la formación de la celosía de Mörsch del mecanismo de resistencia a cortante [4]. Resultó por lo tanto necesario transmitir dicho tiro, desde la cara inferior de la jácena, a la viga perimetral, mediante unas cartelas metálicas ancladas a las jácenas, a través de barras pasantes, y a la viga perimetral, mediante anclajes (figura 11).

## 2.6. Recrecido en forjados existentes mediante emparrillado metálico

En el nivel de planta P2, el Proyecto Arquitectónico preveía la ejecución de un recrecido de espesor considerable para ocultar un complejo sistema de instalaciones en suelo. Debido al incremento significativo de las cargas superficiales de planta y a la imposibilidad de acceder al nivel inferior ocupado por las oficinas de Apple, en servicio, fue necesario ejecutar un forjado mixto de chapa plegada sobre un emparrillado metálico “en paralelo”, apoyado en los soportes existentes y sin entrar en contacto con la losa nervada original que, sujeta solamente a su peso propio, no requería algún tipo de refuerzo adicional.

Para las vigas secundarias se han empleado perfiles laminados en “I” y en “C” (en los bordes), mientras que las vigas principales se han materializado mediante secciones armadas de tipo cajón cerrado, para minimizar el canto y permitir el paso de instalaciones entre la losa existente y la nueva estructura metálica. Debido a la presencia de zonas de “recrecido” en voladizo, ha resultado necesario ejecutar unas vigas metálicas que, “abrazando” los soportes pasantes, recogieran el forjado mixto en dichas zonas sin apoyos en la estructura existente (ver figura 13).



**Figura 13. Apoyo, en el soporte, de la viga principal desdoblada en dos perfiles armados en “C”.**

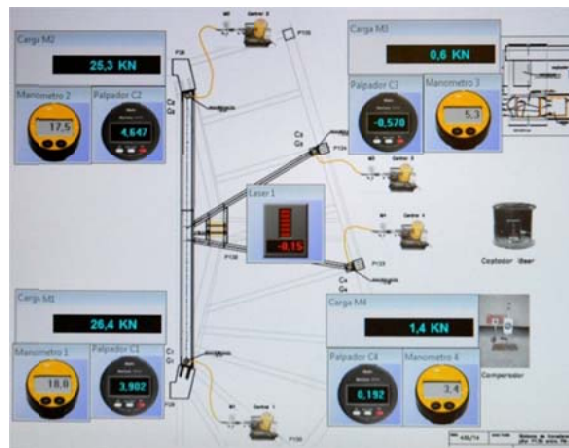
En correspondencia con dichos soportes, se han desdoblado los cajones cerrados de las vigas principales en dos perfiles armados en “C”. El apoyo de la viga en el soporte se garantiza por rozamiento entre la superficie de hormigón, regularizada mediante una capa de mortero, y las almas metálicas de las “C”, unidas entre sí mediante barras de postesado, horizontales pasante.

## 2.7. Eliminación de soportes mediante transferencias de carga de tipo activo

La adaptación de la estructura existente al nuevo uso hotelero requirió la eliminación de algunos soportes de hormigón para generar grandes espacios diáfanos, como es el caso del soporte entre niveles P6 y P7. En la figura 14 se muestra una foto del emparrillado metálico de transferencia de carga, durante su puesta en carga mediante gatos hidráulicos, mientras que en la figura 15 se representa el esquema estático y la lectura en tiempo real de las reacciones en cada gato en el comienzo de la operación de puesta en carga. Una vez descargado el soporte a retirar, se procedió a su demolición sin que la estructura existente sufriera ningún tipo de asiento [5].



**Figura 14. Vista del emparrillado metálico de transferencia de carga.**



**Figura 15. Lectura reacciones en los gatos hidráulicos.**

### 3. Conclusiones

El proyecto estructural de rehabilitación del edificio Banesto ha sido condicionado no solamente por la funcionalidad arquitectónica y el requisito estético, factores básicos en este tipo de intervención, sino también por la necesidad de optimización de los procesos constructivos, en aras de reducir al máximo los tiempos de ejecución. Además, las soluciones propuestas han permitido minimizar los sistemas auxiliares de apeo, cuyo manejo habría resultado lento debido a problemas de accesibilidad en diversos niveles del edificio.

### 4. Participantes

*Propiedad:* Pontegadea Inmobiliaria

*Promotor:* Iberostar Hoteles & Resots

*Diseño arquitectónico y Dirección de Obra:*  
Linares Arquitectos

*Proyecto de rehabilitación de estructuras:* MC2

Estudio de Ingeniería (Grupo Tyspa)

*Asistencia Técnica a la DO:* Instra

*Ejecución rehabilitación estructural:* Betazul

Coste intervención estructural: 3,000,000 €

### Referencias

- [1] R. Brufau i Niubó, Rehabilitar con Acero, Publicaciones APTA, España, 2010.
- [2] J. Monjo Carrió, L. Maldonado Ramos, Patología y Técnicas de Intervención en Estructuras Arquitectónicas, Editorial Munilla-Lería, 2001.
- [3] J. Baquer Sistach et alias, La Fibra de Carbono en refuerzo de estructuras de hormigón, Institut d'Estudis Estructurals, España, 2014.
- [4] F. Leonhardt, E. Mönnig, Estructuras de hormigón armado, El Ateneo, Argentina, 1985.
- [5] Á. Serrano Corral, B. Encinas Maldonado, L. Ceriani, F.J. González Ramos, Á. Vidal Vacas, Sistemas activos de transferencia de carga para la eliminación de soportes o muros en obras de rehabilitación, VI Congreso de ACHE, Madrid, 2013.