

# Actuaciones estructurales puntuales en el edificio Castellana 81

## *Structural local improvements on the Castellana 81 business building*

**Antonio Aureo Martínez Cutillas<sup>a</sup>, Miguel Angel Gil Ginés<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> Prof. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Carlos Fernández Casado S.L.

<sup>b</sup> Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Carlos Fernández Casado S.L.

### RESUMEN

En este artículo se comentan las actuaciones más relevantes que se han llevado a cabo en zonas puntuales de la estructura de este edificio para adecuarlo a las nuevas exigencias tanto normativas como de utilización. Las principales han sido la ejecución de tres nuevas escaleras de evacuación, la ampliación en anchura de otra existente y la plataforma de apoyo de los nuevos equipos de climatización. Como parte de los elementos auxiliares que se han utilizado quedan los numerosos refuerzos que se han realizado en los forjados de hormigón.

### ABSTRACT

This report does comments about main actions on local sites of the structure of this relevant building due to update of regulations and actual use. The main actions are three new stairs for emergency evacuation, the large enhancement for an existing one and a bearing platform for the new equipment. A lot of carbon fiber reinforcement has been used as a part of the temporary works for the concrete slabs.

**PALABRAS CLAVE:** estructura metálica, rehabilitación, fibra de carbono

**KEYWORDS:** steel structure, restoration, carbon fiber

## 1. Introducción

El edificio Castellana 81 se construyó hace más de cuarenta años con el banco de Bilbao como promotor, proyecto del arquitecto Sainz de Oiza, proyecto de la estructura de Fernández Casado y construido por Obrascón con Entrecanales para la estructura metálica.

Se trata de un edificio singular con cuatro plantas bajo el terreno para servicios y una torre de algo más de cien metros de altura destinada a oficinas. La estructura de la torre es novedosa pues consta de seis emparrillados de vigas de hormigón postesadas colocadas a diferentes alturas y sobre las que apoyan pórticos metálicos de cinco plantas. Las vigas de

hormigón se apoyan en dos núcleos de hormigón armado donde se concentra la comunicación vertical. La estructura del edificio está muy bien explicada en un artículo publicado en 1976 por la revista Hormigón y Acero [1].

En la figura 1 se muestra una fase de la construcción del edificio donde se puede apreciar la estructura del mismo con los núcleos de hormigón, los emparrillados de vigas y los pórticos metálicos que se apoyan en las vigas.



**Figura 1. Construcción del edificio**

El edificio está situado encima de las vías de tren que comunican las estaciones de Atocha y Chamartín por esta razón los núcleos de comunicación están muy separados ya que se encuentran a uno y otro lado del túnel ferroviario cuya bóveda tiene un espesor estricto al pasar bajo el edificio.

Este edificio ha tenido una actuación para adaptarse a los requisitos de evacuación añadiendo una tercera escalera de escape y prolongando las dos existentes. Se trata de un edificio protegido de forma que cualquier actuación tiene que contar con la aprobación de la Comisión Institucional para la Protección del Patrimonio Histórico, Artístico y Natural (CIPPHAN).

Recientemente los nuevos propietarios del edificio, GMP, han puesto en marcha una renovación de funcionamiento del mismo para dotarle de más dinamismo y actualizar todos los requisitos que recogen la normativa vigente. Por ello el arquitecto Antonio Ruiz Barbarín ha redactado un proyecto de renovación que

incluye algunas actuaciones puntuales en la estructura del edificio que son las que se comentan en este artículo. La obra de renovación la ha realizado OHL.

## **2. Trabajos previos**

Para actuar sobre una estructura existente la premisa fundamental es el conocimiento de la misma, tanto a nivel geométrico como de comportamiento frente a las acciones.

Así como la estructura de la torre es metálica la estructura de las plantas inferiores es de hormigón con un forjado reticular de casetones. La distancia entre pilares es de 7.92 metros en el sentido de la Castellana y de 6.60 en el sentido de Fernández Villaverde. Las nuevas escaleras de evacuación se sitúan justo en las plantas inferiores para dar salida al exterior del edificio desde dos plantas distintas.

Antes de desarrollar el proyecto de actuaciones en la estructura se realizó una inspección visual del estado de los hormigones, tanto los pilares como los forjados y las vigas pretensadas.

El resultado fue plenamente satisfactorio pues el aspecto de la superficie era inmejorable. Como en toda obra grande se vieron algunos desperfectos debidos a actuaciones poco correctas o a la rotura de una conducción de agua. Hay que tener en cuenta que se trata de un edificio climatizado y por tanto con poca variación de temperatura y humedad lo que favorece la estabilidad.

Por tanto se podía contar plenamente con la colaboración de la estructura existente siempre que no se pasara de las cargas con que estaba diseñada. Es decir había que conocer el estado tensional y de deformación de la estructura.

Afortunadamente se contaba con la información del proyecto de construcción elaborado el año 1974 donde estaba definida la geometría y las armaduras de todos los elementos de la estructura.

La primera labor fue entonces crear los modelos de cálculo de las plantas en las que se iba a actuar para conocer tanto la situación de la estructura original como la situación tras la reforma.

También había que adaptar la estructura a la nueva normativa en cuanto a cargas de uso se refiere. Para ello se hizo un estudio comparativo entre la situación en el año 1974 y la situación en 2014 fecha de redacción del proyecto de renovación. En la tabla 1 siguiente se resume este estudio para el forjado reticular.

**Tabla 1. Resultados del análisis de carga.**

Carga	1974	1974	2014	2014
	ELS	ELU	ELS	ELU
	kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m2
P.P.	2.2	3.3	2.2	2.97
C.M.	1.76	2.64	1.6	2.16
S.C.U.	4.0	6.0	5.0	7.5
Total	7.96	11.94	8.8	12.63

La diferencia entre cargas totales en estado límite último es menor del seis por ciento, lo que supone un aumento perfectamente asumible por la estructura, y que se comprobó con los nuevos modelos de cálculo.

También se realizó el mismo estudio para el forjado metálico en la zona de la torre, pero como aquí no había cambiado la sobrecarga uniforme de uso, la carga total que dimensiona el forjado es más reducida.

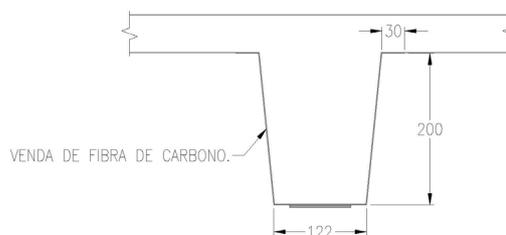
Para completar el conocimiento de la estructura se tomaron testigos en las zonas donde se iba a demoler el forjado y se ensayaron a rotura. Los ensayos los realizó Intemac que proporcionó un valor real estadístico del hormigón que se fijó en 28 MPa, algo inferior a lo establecido en el proyecto original que era 30 MPa.

Otro análisis que se realizó en la fase previa del proyecto fue el comportamiento de los forjados frente al fuego.

Una de las premisas de la renovación del edificio era adaptarlo a las soluciones actuales de equipamiento y por tanto se quería dotar a la zona de oficinas de un suelo técnico. Como la distancia entre forjados es muy estricta se pensó en eliminar el relleno de mortero sobre el forjado resistente para ganar ese espacio. Pero este hecho suponía cambiar las condiciones de la estructura frente al fuego y por esa circunstancia se estudió el comportamiento del forjado frente al fuego con y sin recubrimiento de mortero.

Al suprimir el recubrimiento superior de mortero el forjado se hallaba más expuesto al fuego lo que significaba una reducción de su capacidad portante. Aun así el forjado es capaz de resistir la carga permanente y la mitad de la sobrecarga de uso por lo que se dio por válida la solución de eliminar la capa de relleno y alojar el suelo técnico.

Para realizar el refuerzo de la estructura se contaba con la utilización de fibra de carbono que es una técnica muy útil y sencilla de aplicar. Se optó por utilizar bandas de 120 mm de anchura con 1,4 mm de espesor y con un módulo de elasticidad de 160000 MPa. Con estas características y limitando la deformación a un tres por mil la banda es equivalente a un redondo de 16 mm. Se eligió esta dimensión porque la mayoría de los nervios de los forjados tienen precisamente 120 mm como anchura inferior. En la figura 2 se muestra un detalle genérico de colocación de la fibra bajo el nervio del forjado y la vanda de cortante en el mismo.



**Figura 2. Detalle refuerzo fibra de carbono**

### 3. Nuevas escaleras de evacuación

Las actuaciones previstas en el proyecto de renovación incluían tres nuevas escaleras de evacuación y además la ampliación en anchura de otra existente. En todos los casos suponía abrir un hueco en un forjado existente y apoyarse en otro que no tenía previsto obviamente una carga concentrada.

Con muy buen criterio las nuevas escaleras de evacuación se preveían de hormigón armado, incluso los peldaños, para mantener el material de la estructura existente. Esta solución es probablemente la mejor opción pero tiene el inconveniente de su mayor peso.

Las nuevas escaleras de evacuación se sitúan justo en las plantas inferiores para dar salida al exterior del edificio desde dos plantas distintas.

La forma de acometer la reforma del forjado reticulado ha sido dar apoyo a los nervios que iban a quedar al aire al abrir el hueco y reforzar los nervios que iban a recibir el apoyo de las futuras escaleras.

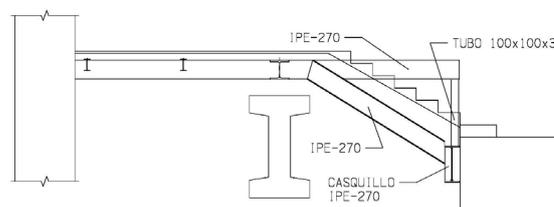
Para cada escalera se ha hecho un modelo particular de cálculo y las acciones en los apoyos se incluían en el modelo general de los forjados de la planta correspondiente.

De esta forma se tiene el comportamiento de la escalera por un lado y la actuación sobre el forjado por otro. Con el modelo particular se obtiene el armado de la nueva escalera y con el modelo general los refuerzos necesarios en los nervios del forjado que lo requieren.

Se ha buscado apoyar las escaleras sobre las vigas que unen los pilares ya que tienen mucha mayor capacidad que los nervios. Pero en una de las actuaciones esto no era posible y se pidió un apoyo intermedio a la losa de la escalera para disminuir la carga en los apoyos. Bastó cambiar un muro de cierre a muro de carga para solucionar el apoyo de la escalera.

La ampliación en anchura de la escalera de evacuación existente en la segunda planta, que supone la salida de la torre, tenía el inconveniente de que el desembarco se realiza sobre un forjado que pertenece a otro edificio. Es decir que se debe volar la escalera para no tocar la estructura de otra construcción. Sin embargo al descubrir la zona se vio que la escalera existente se apoyaba en una viga metálica transversal entre dos pilares de fachada. Bastaba entonces comprobar si dicha viga tenía capacidad para admitir más carga repitiendo la solución adoptada. Esta salida de emergencia no estaba en el proyecto original sino que se creó al hacer la tercera escalera de evacuación de la torre.

Afortunadamente se está a la cota de la estructura metálica de la torre por lo que resultaba fácil prolongar los perfiles y unirse a la viga transversal de apoyo. En la figura 3 se muestra una sección de esta actuación.



**Figura 3. Escalera prolongada en anchura**

En el proyecto original existían dos escaleras mecánicas en el exterior del edificio que no se llegaron a colocar y que en esta renovación se han recuperado. En su lugar se construyó una escalera de hormigón con otra geometría.

Al demoler la escalera para dejar paso a las escaleras mecánicas quedaba un hueco que había que cubrir. Lo lógico era continuar el forjado reticulado para dar continuidad al mismo pero al final se decidió utilizar un forjado mixto por facilidad de construcción y porque quedaba oculto.

## 4. Bancada para equipos

Los nuevos requisitos de climatización exigían una ampliación de los equipos y para colocarlos se pensó en la cubierta de la planta cuarta justo debajo de una pérgola metálica diseñada por Sainz de Oiza.

El forjado de esta cubierta tiene el doble de luz que el resto de los forjados porque en la planta inferior se eliminan dos pilares con el fin de dar diáfania a la planta. Como la carga de los equipos de clima es muy superior a la carga de mantenimiento con la que estaba diseñada la cubierta era necesario preparar una bancada de apoyo de los equipos para llevar la carga encima de los pilares que llegan a la cubierta.

Otro condicionante era la altura de los equipos que debían quedar bajo la pérgola dejando muy poco espacio para la estructura de la bancada. Esta limitación obligó a unir los perfiles mediante soldadura ya que los tornillos interrumpían el movimiento de los equipos. Como la pérgola existente tiene los pilares en prolongación de los inferiores había que apoyar la bancada sobre las vigas de atado de los pilares que sí tenían suficiente capacidad a cortante. En la figura 4 se muestra la planta de la bancada.

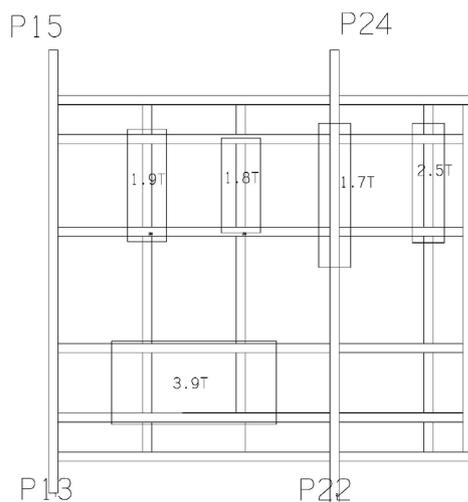


Figura 4. Bancada soporte equipos clima

## 5. Trabajos no previstos

Como suele ocurrir en cualquier obra grande surgen actuaciones que no estaban previstas y que hay que resolver. Esta obra no iba a ser una excepción y se presentaron bastantes casos pero los más interesantes fueron dos, la colocación de un andamio de ochenta metros de altura en dos fachadas del edificio y la prolongación del montacargas hasta el cuarto de máquinas.

Justo en el momento de iniciarse las obras surgió la necesidad de colocar un andamio exterior en dos fachadas. Este andamio se apoyaba en el forjado de la planta baja y, como casi siempre, precisamente en los centros de los vanos. No se podían colocar apeos en el forjado porque es la zona de paso del aparcamiento que estaba en uso. Por tanto no quedaba más opción que reforzar los nervios del forjado y solamente por la parte inferior ya que el paramento superior es de uso público. Se utilizó la técnica de la fibra de carbono que estaba prevista en el proyecto aunque los trabajos se tuvieron que hacer en la época de vacaciones en que se podía trabajar en la zona de aparcamiento. En la figura 5 se muestran dos secciones del forjado de planta baja con la posición de los refuerzos.

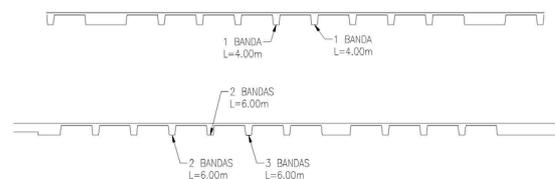


Figura 5. Refuerzos fibra de carbono

Otra actuación interesante fue la prolongación superior e inferior del montacargas existente para mejorar su servicio. En los sótanos se quería bajar una planta por lo que había que demoler una losa de hormigón y colocar una nueva a una cota inferior junto a una viga pretensada que no se quiso tocar. Los perfiles de apoyo de la nueva losa se anclaron en el núcleo de hormigón y en el propio forjado

del sótano a pesar de su mayor luz. En la parte superior hubo que hacer un hueco en la losa de hormigón macizo del cuarto de máquinas para poder pasar parte de la cabina. La ventaja de contar con este elemento que es muy versátil permitió realizar la nueva configuración de la losa en cuanto a huecos y apoyo de equipos. No hubo más inconveniente que la propia ejecución del hueco que fue muy costoso.

### ***Agradecimientos***

Mucha gente trabaja en una obra de este tipo pero queremos agradecer expresamente la colaboración que nos han proporcionado Antonio Balguerías y Vicente Erguido de los equipos de arquitectura e instalaciones respectivamente. Gracias a su dedicación se han podido llevar a cabo todas las reformas de la estructura.

### ***Referencias***

- [1] L. Fernández Troyano, Dos edificios pretensados en Madrid, Hormigón y Acero nº 119-120, 1976