

REFUERZO PROVISIONAL Y DEFINITIVO DE UN EDIFICIO DE 11 PLANTAS TRAS UN INCENDIO EN LA PLANTA SÓTANO -1

Tuesta, Nelson*

Departamento de Enseñanzas Técnicas. Universidad Europea Miguel de Cervantes (Valladolid)
ntuesta@uemc.es

PALABRAS CLAVE: Explosión e incendio en edificio, daños por incendio en edificio, refuerzo de edificio incendiado.

RESUMEN

En el presente trabajo se recogen las actuaciones realizadas en un edificio de 11 plantas y dos sótanos, ubicado en la ciudad de Santander, tras el incendio que se produjo por explosión de combustible almacenado en uno de los garajes.

Las acciones realizadas abarcan desde inspecciones oculares para determinar si procedía o no la evacuación de los vecinos, el refuerzo provisional del edificio, y por último la reparación de los elementos estructurales afectados por el incendio tras la explosión.

Para definir el refuerzo provisional del edificio, en la zona afectada por el incendio, se evaluaron las cargas soportadas por los pilares afectados a partir de los planos del edificio; que se correspondían con lo que estaba construido.

En lo concerniente a la reparación de los elementos estructurales afectados, que incluía pilares, ábacos y nervios de forjados reticulares, se realizaron ensayos para evaluar la capacidad resistente residual del hormigón de los pilares afectados y los más cercanos al foco del incendio, así como de las armaduras (límite elástico y tensión de rotura), a fin de conseguir los datos necesarios, suficientes y precisos para determinar las condiciones de seguridad de la zona estructural afectada y, en base a dicha información, poder tomar las decisiones respecto al tipo de intervención que mejor se adaptase al problema planteado.

1. INTRODUCCIÓN

Cuando se produce un incendio en un edificio, una de entre las varias decisiones que los técnicos tienen que tomar es si los vecinos tienen que abandonar o no el inmueble. La inspección ocular, avalada con ciertos conocimientos técnicos específicos (algunos de los cuales pueden obtenerse de la bibliografía que acompaña a este artículo), resulta de gran ayuda para las decisiones que deban adoptarse. A título meramente orientativo, la inspección ocular permite recoger información de: coloración adoptada por el hormigón de los elementos estructurales cercanos al foco de incendio, grado del daño de los elementos estructurales, estado de las fisuras que hayan aparecido tras el incendio con su correspondiente seguimiento diario para averiguar si siguen activas o no, etc. Para el caso del edificio que nos ocupa, tras la inspección ocular de los daños, se tomó la decisión de no desalojarlo. Cabe también comentar que cualquier punto de fuga de agua, producido tras el incendio, deberá ser inmediatamente reparado; sobre todo las fugas cercanas a cimentaciones.

Las actuaciones que aquí se comentan son las que se realizaron en el edificio situado en la calle Monte 28-A y 28-B, de la ciudad de Santander (España), tras el incendio que se produjo en uno de sus sótanos el 9 de marzo de 1998. El edificio en el que se produjo el incendio, véase fotografía de la Figura 1, estaba conformado por dos sótanos destinadas a aparcamientos cerrados, de una planta diáfana en la que quedan ubicados los zaguanes de escalera, y de diez plantas destinadas a viviendas.

La estructura del edificio estaba constituida por forjados reticulares, apoyados mayoritariamente en pilares circulares provistos de ábacos.



Acceso al sótano -1, totalmente ennegrecido por efecto del incendio

Figura 1: Edificio en el que se produjo el incendio

2. REFUERZO PROVISIONAL

Tras la inspección ocular, una vez sofocado el incendio, pudo comprobarse que el foco del siniestro tuvo su origen en uno de los garajes cerrados del sótano -1, por explosión del combustible que ilegalmente allí se almacenaba; observándose, a simple vista, que existían dos pilares a los que mayormente había afectado la explosión producida durante el incendio.

El grado de afección de los dos pilares que a simple vista presentaban mayores daños se traducían en un importante desprendimiento del hormigón de recubrimiento, circunstancia que también era extensiva a otras zonas de ambos pilares en los que, aunque no había llegado a producirse el desprendimiento del hormigón, tenían un sonido hueco al golpearlos; lo cual denotaba que la capa de hormigón superficial se encontraba separada del núcleo. Otro aspecto que interesa señalar es que los ábacos de los citados dos pilares se encontraban con importantes daños, manifestados en desprendimientos del hormigón de recubrimiento que, en algunos casos, dejaban totalmente desprendidas las propias armaduras; tal como se puede observar en la fotografía de la Figura 2.



Figura 2: Grado de deterioro del pilar más afectado por el incendio

Teniendo en cuenta la magnitud de los daños que presentaban los dos pilares más afectados y sus correspondientes ábacos, se optó por un refuerzo provisional mediante pórticos metálicos de acero que fuesen capaces de liberar lo máximo posible de carga a los dos mencionados pilares. Si partimos del supuesto de que los dos pilares más afectados, del sótano -1, estuviesen por colapsar, los pilares recayentes de la planta inmediatamente superior (planta baja en este caso), transmitirían sus cargas - mediante bielas de compresión a 45° aproximadamente- a los ábacos de los dos pilares más afectados. Como estos ábacos estaban seriamente afectados, se prefirió iniciar el refuerzo provisional desde los ábacos de los pilares de la planta baja; con lo cual el refuerzo provisional abarcó tres plantas, cuyos pilares metálicos estuvieron alineados verticalmente en dichas plantas.

Para que las vigas de los pórticos metálicos fuesen capaces de captar y soportar las mencionadas bielas de compresión, que se generarían en el supuesto de colapsar los dos pilares más afectados, se dispusieron lo más cerca posible de los pilares más afectados; sin olvidar que en la planta de los dos pilares más afectados por el incendio, debería dejarse el espacio necesario para el refuerzo definitivo de estos pilares. Teniendo en cuenta estos supuestos y tras evaluar las cargas que estarían soportando los dos pilares de la planta baja, colineales con los dos pilares más afectados por el incendio, quedó definido el sistema de refuerzo provisional (véase fotografías de la Figura 3).



a)



b)



c)

Figura 3: Pórticos de refuerzo provisional a nivel de: a) planta baja, b) sótano -1 y c) sótano -2

3. REFUERZO DEFINITIVO

Tras la inspección ocular, los pilares situados en las proximidades de los dos pilares más afectados no parecían tener, a priori, daños considerables; no obstante se creyó oportuno considerarlos, conjuntamente con los pilares más afectados, dentro de los elementos a los que se debería evaluar en qué medida les afectó el incendio; todo ello encaminado a obtener los datos necesarios que permitiesen determinar las condiciones de seguridad de la zona estructural afectada. Para llevar a cabo esta evaluación se decidió encargar, al Instituto Técnico de la Construcción S.A. (ITC), la realización de un estudio que permitiese valorar la capacidad resistente residual del hormigón y de las armaduras de los dos pilares más afectados -y de sus correspondientes ábacos- así como de los pilares más cercanos al foco del incendio. La información que proporcionase dicho estudio, serviría para tomar decisiones respecto al tipo de intervención que mejor se adaptase al problema planteado; por lo que el estudio estaría encaminado a acotar cuales serían los elementos y zonas sobre los que habría que intervenir mediante actuaciones de refuerzo, y cuáles podrían ser aceptados o, en su defecto, intervenir sobre ellos mediante simples procedimientos de reparación. El mencionado estudio abarcó los ensayos que se describen a continuación.

3.1 Ensayos de obra

3.1.1 Reconocimiento por ultrasonidos

Consistió en la determinación de la velocidad de propagación de las ondas ultrasónicas tanto en las zonas de extracción de testigos en los pilares, como en aquellos pilares que se situaban en la zona de influencia. Este ensayo fue realizado para comprobar el grado de afección del hormigón en sus capas internas, así como para detectar la posible existencia de coqueas en el interior de la masa.

3.1.2 Reconocimiento pachométrico

Se realizó un reconocimiento pachométrico en los pilares estudiados para determinar el armado de los mismos, así como para localizar la situación de las armaduras principales y de los cercos.

3.1.3 Extracción de probetas-testigo

Simultáneamente con los trabajos de inspección y toma de datos en obra, se procedieron a la toma de muestras para comprobar estadísticamente la calidad del hormigón de los pilares más cercanos al foco del incendio.

3.1.4 Toma de muestras de acero

Simultáneamente con los trabajos de toma de muestras de hormigón en pilares, se procedió a la recuperación de muestras de las armaduras de forjado, en el sentido de comprobar las posibles pérdidas de características mecánicas del acero (límite elástico y tensión de rotura).

3.1.5 Ensayos de laboratorio

Las distintas muestras obtenidas en la obra, fueron transportadas al Laboratorio Central del ITC para la realización de las siguientes actuaciones:

- Ensayo de carbonatación sobre probetas-testigo
- Preparación y tallado de muestras
- Ensayo a compresión de probetas-testigo
- Determinación del límite elástico y tensión de rotura del acero

3.2 Descripción de la obra

En base a los resultados del estudio realizado por el ITC, se determina que las actuaciones se han de centrar en los dos pilares más afectados y en un tercero cercano a los dos anteriores; tanto en la planta origen del incendio (sótano-1), así como en la inmediatamente superior (planta baja) e inferior (sótano -2) y en la reposición de parte del forjado de planta Baja. El proceso a seguir en la reparación de esos pilares fue repetitivo en cada planta y en cada pilar, simultaneándose los trabajos por plantas. La

reparación del forjado se programó para llevarse a cabo una vez terminadas las tareas de reparación de los tres pilares.

Los daños ocasionados en el edificio se resumen en los ocurridos en los diferentes elementos estructurales:

- 3 Pilares circulares de 80 cm. de diámetro en plantas baja, sótano -1 y sótano -2; diferenciándose dos procesos distintos para su reparación, en función de su grado de daño en el incendio.
- Una porción del forjado de planta baja, techo del garaje donde se originó el incendio.
- Como actuación complementaria se considera el tratamiento de recuperación superficial que se somete al resto de pilares de la estructura en esas mismas plantas (Baja, Sótano -1 y Sótano -2) ante ciertos indicios de corrosión de las armaduras de estos.

3.2.1 Actuaciones sobre pilares dañados en el incendio

Durante la elaboración de los refuerzos definitivos de los tres pilares afectados, los trabajos discurrieron por plantas en las cuales los forjados -soportados por los mencionados pilares- se encontraban apuntalados con perfiles metálicos, dispuestos inmediatamente después del incendio y como medida de seguridad dicho refuerzo provisional permaneció durante la ejecución de las obras; por lo que los trabajos tuvieron que ajustarse a su presencia.

Las actuaciones dieron comienzo en la planta sótano -2. Los trabajos a realizar en toda planta y en todo pilar comenzaron con una limpieza exhaustiva, para retirar toda aquella porción de hormigón que pudiese estar desligada del pilar y retenida en su lugar por agentes diversos. Dicha limpieza se realizó con chorreado de arena. Se continuó por realizar unas perforaciones en la cimentación, a fin de introducir unas barras a modo de anclaje. Dichas perforaciones se realizaron lo más próximas posibles a la base del pilar, con intención de utilizarlas como solape con las armaduras de refuerzo. Para mejorar la adherencia de esas nuevas barras a la cimentación, los agujeros practicados en cimentación fueron de diámetro 1,5 cm mayores al de la barra de anclaje el cual se rellenó con Sikadur 42 Anclajes para garantizar la adherencia. De igual modo, se practicaron cuatro agujeros de 100 mm de diámetro en el forjado superior que lo atraviesan con una localización también lo más próximo posible al pilar. Por esos agujeros se pasaron armaduras que sirviendo de anclaje al pilar de la planta superior, arrancaban de la planta donde se localizaron los trabajos. Posteriormente se procedió a colocar la armadura de refuerzo del pilar, así como a reponer aquella armadura que se observó deteriorada en el propio pilar. Así como la que partiendo del anillo superior pasaba al pilar superior (véase Figura 4). Los procesos posteriores se realizaron sobre un tercio de la altura del pilar, comenzando desde abajo hacia arriba, y en los tres pilares de la misma planta.

Posterior a la limpieza de los pilares afectados se extendió, sobre el hormigón existente, una capa de adhesivo Sikadur 32 fix para mejorar su adherencia con el hormigón de reparación. Posteriormente se impregnó la armadura de nueva disposición con un pasivador, Sikatop 110 Epocem, como medida de protección ante la corrosión. La aplicación fue de 2 capas, con 2 horas de espera entre capa y capa, y entre la segunda capa y el hormigón de reparación.

El encofrado del pilar fue metálico, preparado en taller, circular, perdido y visto, de modo que quedó de modo permanente con un aspecto aceptable, con una altura modulable a terceras partes de la longitud del pilar. Una vez terminado el encofrado, se procedió al hormigonado con microhormigón H-350 de tamaño máximo de árido 10 mm, que previamente se ensayó a fin de garantizar sus propiedades resistentes. El proceso de hormigonado se realizó a terceras partes de la longitud total del pilar y simultáneamente en los tres pilares de la planta, comenzando por el tercio inferior, pasando por el tercio medio y finalizando en el tercio superior.



Figura 4: Distribución de la armadura de refuerzo de los pilares

Una vez terminados los trabajos en esta planta, denominada sótano -2, se procede a realizarlos en la planta sótano -1 de un modo idéntico al dispuesto en la planta sótano -2 salvo en las armaduras de anclaje; las cuales en lugar de salir de la cimentación, como en planta sótano -2, lo hacen desde el pilar en la planta inferior, atravesando el forjado por los agujeros dispuestos a tal fin. De igual modo se procede con la planta baja, pero a diferencia de las plantas inferiores, la continuidad de las armaduras termina en el forjado de planta primera.

3.2.2 Actuaciones sobre el forjado de planta baja

Las actuaciones previstas sobre el forjado de planta baja que se apoya sobre el pilar más afectado, comienzan por la demolición del forjado en un área delimitada por la zona más castigada por el incendio.

Cabe destacar que en la zona próxima al mencionado pilar existen los perfiles metálicos que sirven de apuntalamiento, con lo cual no es posible demoler esa zona.

De igual modo, en una zona perimetral al apuntalamiento todavía se localizaba el ábaco del pilar más afectado, que presentaba pérdida de sección, que fue objeto de un posterior refuerzo; y que impidió la demolición de esta zona.

De modo previo a la demolición se procedió al apuntalamiento de los vanos colindantes con el que se va a demoler, a fin de garantizar su estabilidad. Durante la demolición del forjado se permitió que las barras de acero de las viguetas y vigas que sobresalgan del forjado no demolido, lo hagan en una longitud mínima de 120 cm para solapar con los correspondientes al forjado nuevo, siempre que no sean apreciables deficiencias en el acero. En caso de existir esas deficiencias, se continuará con la demolición del forjado en esa dirección hasta que dichas deficiencias desaparezcan.

Posteriormente se continuó con el encofrado del forjado anteriormente demolido apoyando sobre los apuntalamientos existentes del forjado. Terminado el encofrado se procedió al hormigonado del conjunto. Una vez hormigonado el forjado y transcurridos los 28 días de fraguado del hormigón se continuó con la fase siguiente, la de refuerzo del ábaco en planta baja sobre el pilar más afectado.

3.2.3 Refuerzo del ábaco en planta baja del pilar más afectado

Tras hormigonarse el forjado de planta baja, se procedió a la limpieza de la zona inferior del ábaco del pilar más afectado mediante chorreado con arena, como en los pilares.

Cuando se limpió el ábaco se procedió a anclar una armadura al ábaco por su zona inferior en aquellas zonas donde le faltó sección, para favorecer la adherencia entre el hormigón actual con el del refuerzo.

El anclaje de esas barras se realizó a través de una perforación vertical bajo el ábaco de diámetro 1,5 cm superior al diámetro de la barra, y posterior relleno con el producto adherente Sikadur 42 anclajes. Posteriormente se encofró la zona por medio de un encofrado plano por la cara inferior del ábaco y se procedió a inyectar un mortero reparador. Terminado el hormigonado y transcurrido el tiempo de fraguado se procedió a retirar el encofrado.

3.2.4 Retirada del refuerzo provisional tras el incendio

Concluido todo lo anterior se procedió a retirar el refuerzo provisional en las diferentes plantas por las que discurren y dispuesto como medida de seguridad tras el incendio. Dicha retirada se hizo de modo progresivo, desde la planta superior a la inferior. En la Figura 5 se puede apreciar el refuerzo definitivo de los pilares más afectados.



Figura 5: Refuerzo definitivo de los pilares más afectados

4. CONCLUSIONES

Si bien es cierto que la inspección ocular es un buen punto de partida de cara a las medidas a adoptar tras un incendio, como por ejemplo definir si se tiene que desalojar o no el edificio, o determinar el tipo de refuerzo provisional a adoptar, etc., sin embargo el poder realizar ensayos in situ y en

laboratorio -encaminados a obtener los datos necesarios que permitan determinar las condiciones de seguridad de la zona estructural afectada- es lo que nos permitirá definir, más acertadamente, el refuerzo definitivo de los elementos estructurales afectados.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Calavera, J. Patología de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado. INTEMAC. 2ª edición. 2005.

[2] Calavera, J. Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón. 2 TOMOS. 2ª Edición. INTEMAC. Madrid, 2008.

[3] García, A., Morán, F., Arroyo, J.C. Jiménez Montoya Hormigón Armado. 15ª Edición. Editorial Gustavo Gili, SL. Barcelona, 2009.

[4] Ferreyra, E., Vicenteb, A., Eperjesic L. Evaluación de una Estructura Afectada por Incendio. Recomendaciones para la Reparación y Puesta en Valor. VI Congreso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras. Córdoba, Argentina. 2-4 junio 2010.

6. AGRADECIMIENTOS

El autor del presente artículo desea manifestar su agradecimiento a la empresa A-Gatein Ingeniería S.L. y al Instituto Técnico de la Construcción S.A. por las facilidades brindadas.