

Capítulo 7

Casos prácticos

En este capítulo se recogen algunos ejemplos de intervención en edificios antiguos con estructura de madera. Estos ejemplos están basados en intervenciones reales en las que AITIM ha desarrollado su trabajo como asistencia técnica a arquitectos y constructores.

La experiencia de AITIM en este campo comenzó aproximadamente hace 20 años, aunque la mayoría de los ejemplos que aquí se incluyen tienen menos de 12 años. Se ha realizado una selección orientada hacia la mejor didáctica del caso expuesto, intentando que hubiera casos representativos de la casuística que encierra la intervención en edificios antiguos con estructura de madera.

Aunque se trata de ejemplos reales, se han modificado algunos aspectos de la descripción con el doble objeto de no hacer reconocibles las obras particulares y de facilitar el tratamiento de cada caso desde un punto de vista más didáctico.

Cada ejemplo es expuesto a modo de ficha en la que se recogen los aspectos fundamentales, ordenados de la misma forma que para la redacción de un informe sobre el caso concreto de manera que puedan servir de base de referencia para el técnico que busca información de un tipo concreto de edificio, obra, patología, etc.

El contenido que incluye cada ficha, de forma aproximada, es el siguiente:

- antecedentes:
 - localización aproximada
 - primera detección de daños y alarma
 - planteamiento general y objeto
 - descripción general: tipo de edificio, antigüedad, número de plantas, tipo de construcción, uso actual
- inspección:
 - existencia de planos y otra documentación previa
 - accesibilidad
 - número de visitas necesarias
 - medios disponibles para la inspección
 - limitaciones a la inspección
- patología de origen biótico:
 - zonas inspeccionadas
 - identificación de los daños
 - estimación de la gravedad de los daños
 - análisis de las posibles causas
- peritaje estructural:
 - toma de datos: dimensiones, luces, calidad, especie
 - flechas y deformaciones
 - otras patologías
 - bases de cálculo: clase de servicio, clase resistente, acciones, etc.
 - resultado de cálculo: índices de agotamiento y deformaciones
- conclusiones:
 - valoración del estado actual
 - necesidad de medidas de actuación
- medidas de actuación frente a la patología de origen biótico
- medidas de carácter estructural

EJEMPLO 7.1

Cubierta de madera en un salón de actos

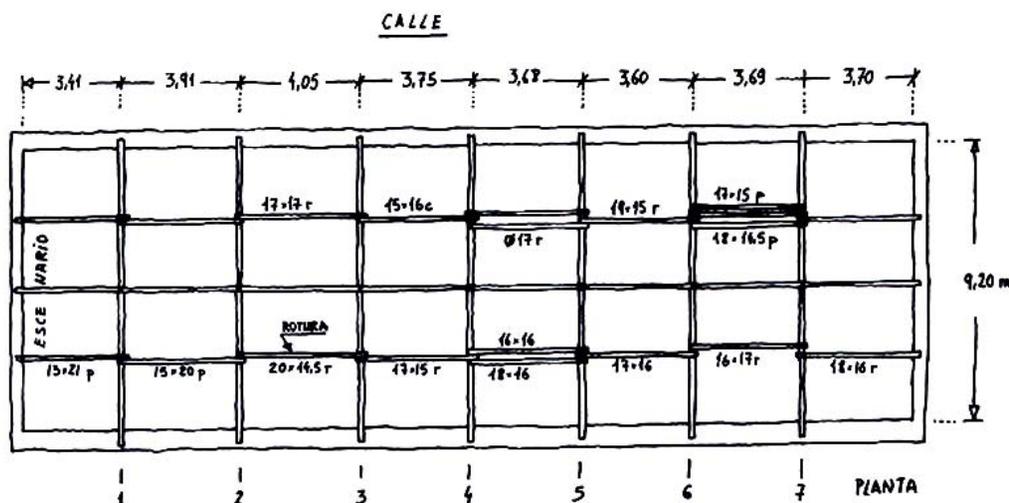
- Derrumbe parcial de la estructura
- Antigüedad del edificio: 1950 (aproximadamente)
- Navarra

ANTECEDENTES

La causa por la que se inicia el estudio de la estructura es la rotura y el derrumbe parcial de parte de la cubierta. El derrumbe, sin consecuencias para las personas, tiene lugar durante la celebración de un acto público, por lo que se levanta una gran alarma social que condiciona la urgencia para la realización del estudio.

El planteamiento general es el de inspeccionar la estructura de cubierta para determinar las causas posibles del derrumbe, analizar la estructura en su estado actual y proponer medidas de actuación.

El edificio consta de una planta principal a nivel de planta baja. La zona objeto del estudio es la ocupada por un salón de actos de planta rectangular. La cubierta es a dos aguas y tiene una estructura de madera aserrada constituida por cerchas de unos 9 metros de luz, una familia de correas y una familia de parecillos sobre los que apoya la tabla. Todo el interior de la cubierta está recubierto por una capa de espuma de poliuretano proyectada. Las cerchas apoyan sobre muros construidos con bloques prefabricados de hormigón. Por debajo de la cubierta cuelga un falso techo de escayola y algunas instalaciones.



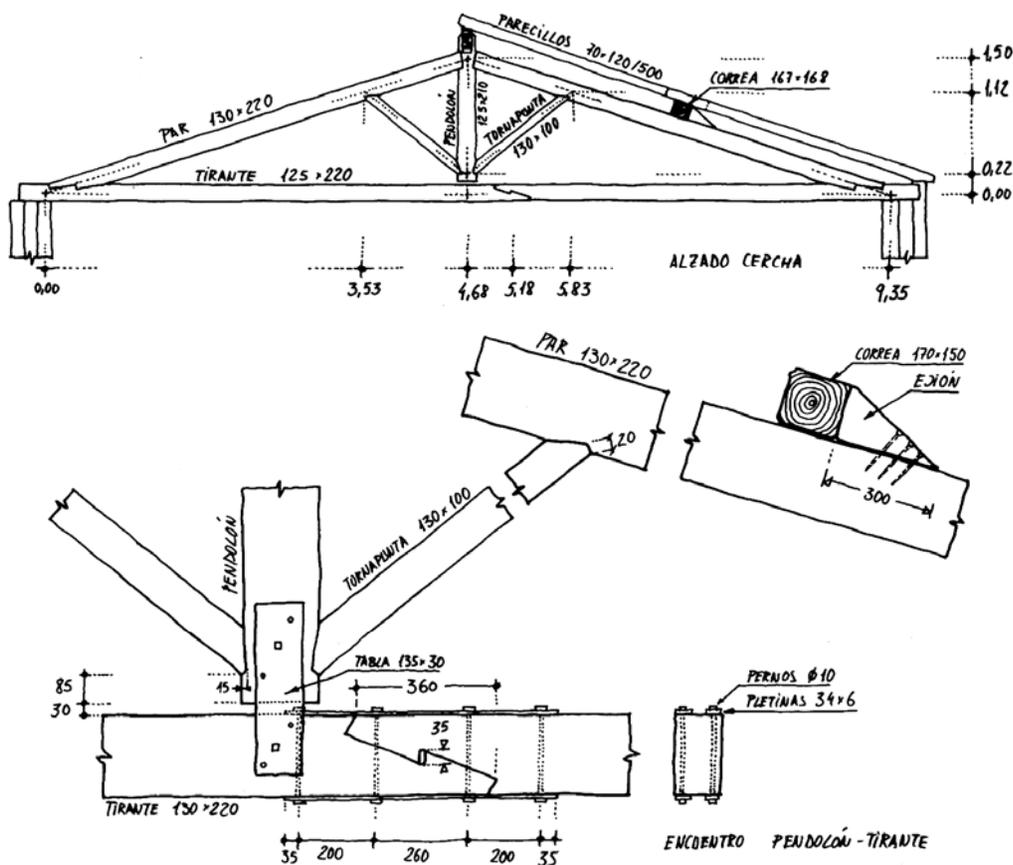
INSPECCIÓN

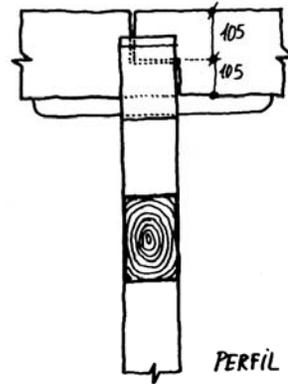
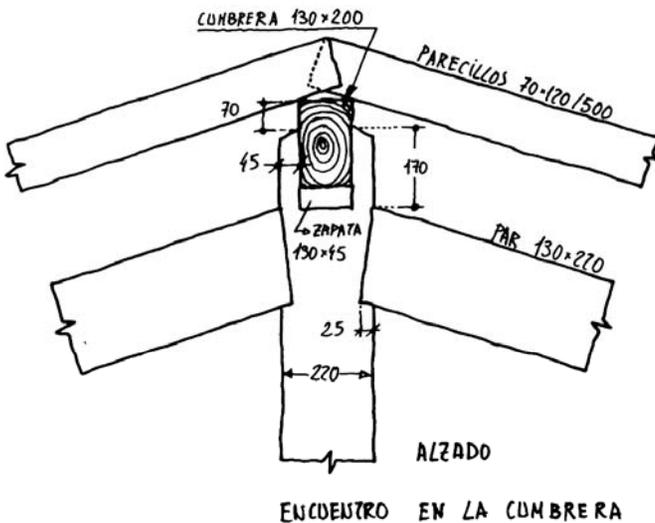
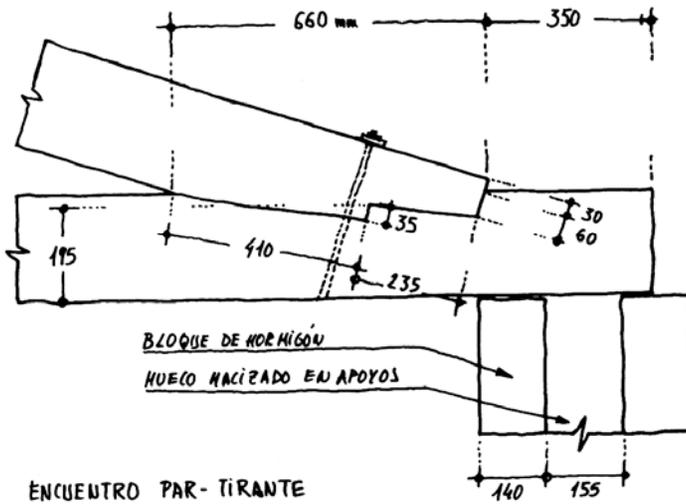
Al iniciar la inspección no se dispone de planos ni de ninguna información previa, a excepción de la aportada verbalmente por los responsables de mantenimiento de las instalaciones. Se han guardado las piezas rotas de la estructura. Se dispone de medios para acceder e inspeccionar la totalidad de la estructura de cubierta por encima del falso techo. La única circunstancia que dificulta la inspección es la espuma proyectada, puesto que impide ver la superficie de la madera en su totalidad.

Las cerchas están formadas por pares, pendolón, tornapuntas y tirante. El tirante está formado por dos piezas empalmadas mediante un rayo de Júpiter. El resto de las uniones de las piezas está basado en el diseño tradicional, acompañado de herrajes. La madera utilizada en la construcción de las cerchas es el pino.

La estructura secundaria está formada por correas, una en la cumbre y otra en el tramo intermedio de cada faldón. El fallo en la estructura ha tenido lugar por la rotura de una correa en el tramo intermedio del faldón, dando lugar a la caída de casi todo el tramo de cubierta que le correspondía. La mayoría de las correas son de madera de roble y de pino, aunque también se localizó una correa de madera de chopo.

Existe un tercer orden de estructura constituido por parecillos, que sirven de base para el entablado.





PATOLOGÍA DE ORIGEN BIÓTICO

Se realiza una inspección general de toda la estructura, aunque muchas zonas están ocultas por la espuma proyectada. En particular resulta difícil comprobar el estado del entablado.

Se han localizado daños puntuales producidos por carcoma (Anóbidos) afectando a la albura en algunas piezas de roble. Con carácter generalizado existen ataques activos más o menos extensos de carcoma grande (Cerambícidos), afectando a la albura de las piezas hasta unos 10 mm de profundidad. No se han localizado pudriciones, aunque la espuma proyectada no permite asegurar que no existan en algún punto.

PERITAJE ESTRUCTURAL

Se toman datos relativos a la geometría de la estructura, dimensiones de las piezas, calidad de la madera, acciones a considerar en el cálculo, y otros que puedan resultar necesarios para el cálculo de la estructura en su estado actual. También se miden deformaciones actuales en las piezas, especialmente en las correas y en los pares de las cerchas.

En algún momento se ha intervenido sobre la estructura tratando de resolver algunas de las grandes deformaciones existentes buscando descargar el peso de la cubierta sobre los tirantes de las cerchas o, incluso, sobre los soportes del falso techo. Estas soluciones no son acertadas ya que en muchos casos se trata de apeos que descansan sobre el entramado del falso techo o el tirante de la cercha.

La correa rota está construida con madera de roble y presenta una importante desviación de la fibra en la zona de rotura, coincidiendo con la presencia de abundantes ataques producidos por insectos xilófagos en la zona de albura. En otra correa contigua aparece también una rotura, aunque no ha derivado en derrumbe por encontrarse apeada sobre el tirante de la cercha.

Otra patología detectada es la rotura del rayo de Júpiter en el empalme del tirante de algunas cerchas. Esta rotura no ha derivado en daños mayores porque existen unas pletinas con pernos para reforzar la unión.

Para el peritaje de la estructura se parte de las siguientes bases:

- Clase de Servicio 2. La estructura se encuentra bajo cubierta en una zona no calefactada y podría superar el 12 % de contenido de humedad en la madera.
- Clase Resistente. La madera de pino, admitiendo que es de procedencia española, es clasificada según la norma UNE 56544 dando lugar a una calidad ME 2, que se corresponde con una clase resistente C18. La madera de roble se podría corresponder con una clase resistente D30, aunque por falta de norma para la correcta clasificación y en razón de la importante desviación de la fibra existente, también se considera como C18. La madera de chopo se asigna a una Clase Resistente C18.
- Las acciones consideradas en el cálculo son los correspondientes al estado actual, obtenidas mediante la inspección de los diferentes materiales y aplicando la norma NBE AE 88.
- Resultado de cálculo:

- Parecillos: se encuentran a un nivel de agotamiento aceptable (índice 0,63)
- Correas: nivel de agotamiento muy superior a lo aceptable (índice medio 2,10 bajo la hipótesis de carga permanente). El índice en el caso de la correa rota alcanza un valor de 2,36. La correa de cumbre alcanza un índice medio de agotamiento de 1,06.
- Las tomapuntas y el pendolón de las cerchas se encuentran bajo niveles de agotamiento aceptables, con índices inferiores a 0,40 en ambos casos.
- Los pares se encuentran muy por encima de su capacidad, con índices de 3,50 en los puntos más desfavorables.
- En las uniones se obtienen índices superiores a la unidad, por efecto del esfuerzo cortante, entre las tomapuntas y el pendolón ($i = 2,16$), entre los pares y el tirante ($i = 1,50$) y en el rayo de júpiter (rotura).

CONCLUSIONES

La patología de origen biótico no es importante en este caso, excepto por la posibilidad de que la espuma proyectada sobre la tabla haya impedido la correcta ventilación de la madera en algunos puntos donde puede haber existido alguna entrada de agua por fallo de la cubierta. En esos puntos el riesgo de pudrición es elevado y puede ser una posible causa que haya agravado algunos de los daños estructurales.

Se ha producido la rotura de algunas piezas y de algunas uniones de la estructura por un defecto claro en el dimensionado de las piezas. Otras piezas no han llegado a la rotura pero se encuentran sometidas a niveles de tensión muy altos. Las soluciones de emergencia consistentes en el apeo de algunas piezas sobre el falso techo o sobre los tirantes no son adecuadas.

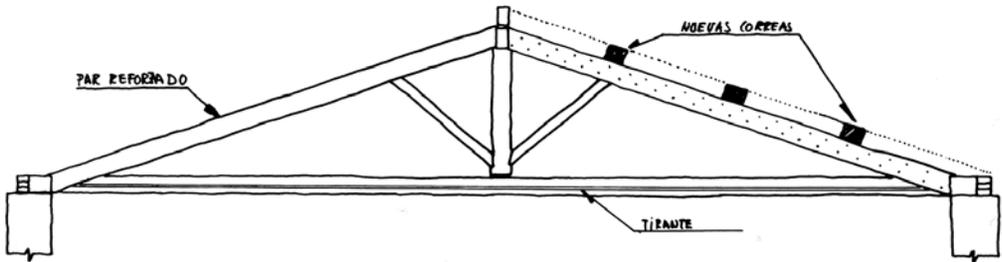
MEDIDAS DE ACTUACIÓN FRENTE A LA PATOLOGÍA DE ORIGEN BIÓTICO

Desde el punto de vista de la patología de origen biótico no son necesarias actuaciones concretas, aunque se aconsejaba la retirada de la espuma proyectada y el saneamiento de algunos detalles constructivos para mejorar la ventilación de la madera. Además se recomendaba un tratamiento protector superficial de la madera mediante algún producto con propiedades fungicidas e insecticidas.

MEDIDAS DE CARÁCTER ESTRUCTURAL

Las soluciones estructurales van encaminadas al refuerzo de las piezas y uniones donde se han detectado tensiones superiores a lo admitido por la norma. Las soluciones propuestas son las siguientes:

- Correas: refuerzo mediante la colocación intercalada de dos nuevas correas en cada faldón, redistribuyendo los puntos de apoyo a lo largo del par de la cercha; sustitución de las correas rotas o dañadas y refuerzo de las restantes adosando una pieza a cada lado.
- Cercha: refuerzo de los pares adosando una pieza por cada cara; colocación de un nuevo tirante metálico formado por dos redondos con tensores y un herraje especialmente diseñado para recoger el extremo inferior de los pares.
- Otra solución es la sustitución completa de la estructura por otra nueva de madera para no alterar la distribución global de cargas en el edificio.



EJEMPLO 7.2

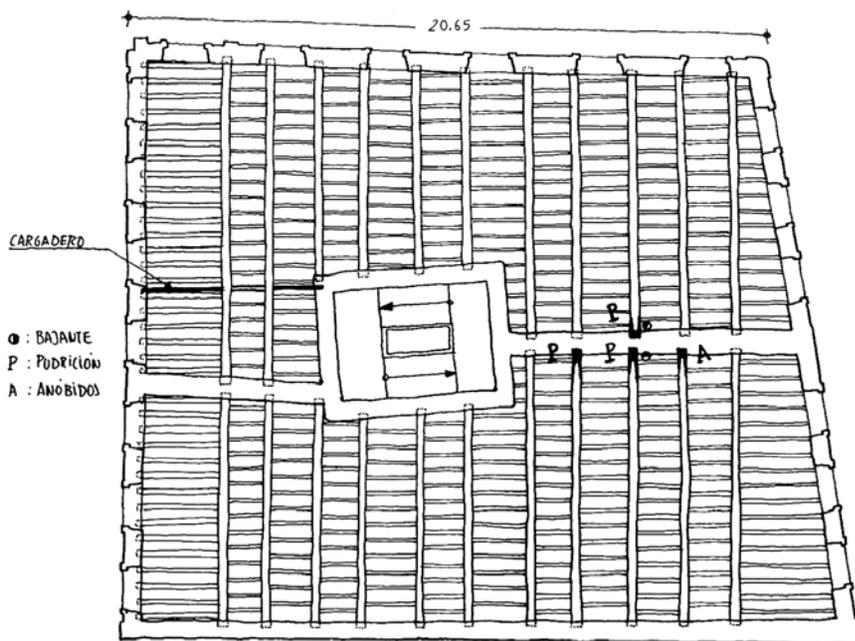
Rehabilitación de un edificio de viviendas

- Luces excesivas de los forjados después de la rehabilitación
- Antigüedad del edificio: siglo XIX
- Galicia

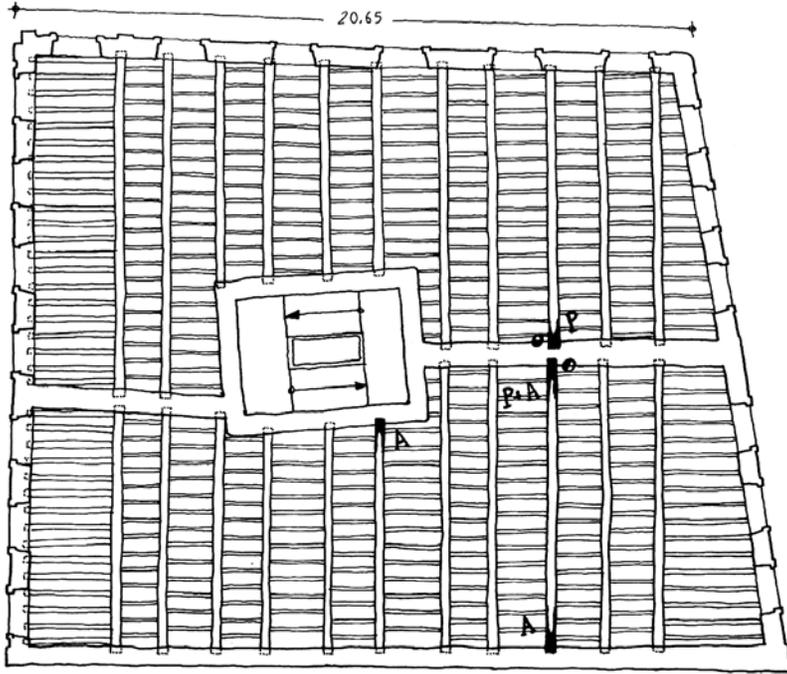
ANTECEDENTES

Se trata de un edificio de viviendas de tres plantas y cubierta habitada situado en el casco histórico de la localidad. Tiene tres fachadas a la calle y una medianería. Los muros de carga son de piedra (mampostería y sillería en fachadas) y los forjados y estructura de la cubierta de madera de castaño. Los forjados estaban contruidos con vigas principales de sección casi rolliza ($25 \times 27 \text{ cm}$) separadas a una distancia del orden de 160 a 180 cm que se salvaba con los pontones (viguetas de $7 \times 8 \text{ cm}$) separadas a unos 50 cm , sobre éstas se dispone un entablado de madera de pino de 22 mm de grueso.

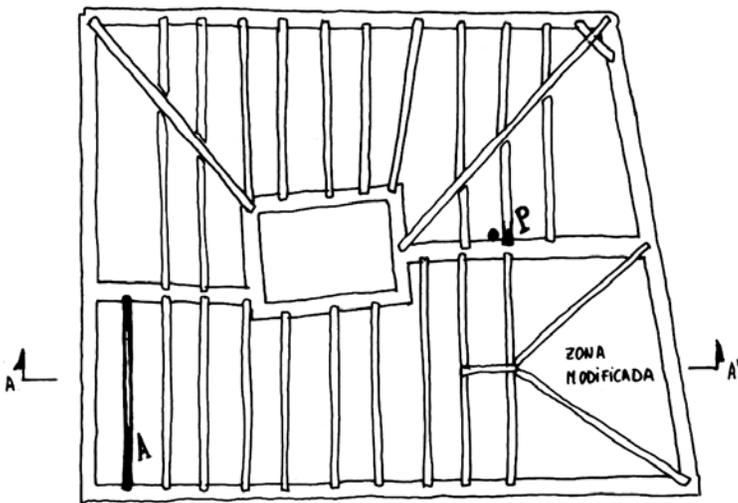
Los forjados estaban formados por dos crujeas de gran luz, pero las particiones interiores estaban contruidas con entablados verticales revestidos con yeso sobre entramado vegetal. Estas particiones suponían seguramente líneas de carga intencionadas para la estructura de



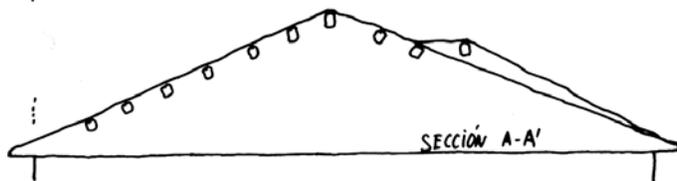
TECHO DE PLANTA PRIMERA



TECHO DE PLANTA SEGUNDA



PLANTA DE CUBIERTA



forjados.

La cubierta estaba construida con un entramado de madera de pares, tirantes y vigas que había sufrido modificaciones poco afortunadas presentando el aspecto de una estructura poco ordenada y clara.

Durante las obras de rehabilitación todas las particiones interiores fueron eliminadas excepto en la planta baja que era ocupada por un local comercial y no era posible intervenir. El objeto del informe era conocer el estado de la madera y la capacidad de carga de los forjados para el uso final de viviendas y en su caso orientar las posibles soluciones de refuerzo.

INSPECCIÓN

La estructura que es objeto de inspección es la de los forjados de techo de planta primera, planta segunda y entramado de cubierta. En el momento de realizar la inspección toda la estructura se encuentra visible y descargada por la retirada de las tabiquerías y solados.

El solicitante del informe aporta planos de la estructura en sus estados actual y reformado.

Se realizó un análisis microscópico de la madera para determinar la especie, resultando ser castaño (*Castanea sativa* Mill). La mayoría de las vigas principales son rollizos o presentan muy poco escuadrado.

PATOLOGÍA DE ORIGEN BIÓTICO

Existen algunos daños por pudrición en las cabezas de las vigas apoyadas sobre un muro interior en la zona cercana a unas bajantes. También se han encontrado daños producidos por insectos de la familia de los anóbidos, generalmente asociados a las pudriciones, con profundidades que afectan menos de 20 mm y extendidos hasta un metro de distancia desde la cabeza de las vigas.

En resumen, los daños bióticos son muy reducidos y sólo tienen importancia en la zona de las piezas cercanas a las bajantes.

PERITAJE ESTRUCTURAL

En primer lugar se efectuó un análisis de la capacidad de carga de los forjados para las cargas de uso de viviendas que tendrían en el futuro. Los aspectos relacionados con el cálculo de la estructura son los siguientes:

- Clase de servicio I, por tratarse de una estructura colocada en el interior de una vivienda.
- Clase Resistente D30. La asignación de la clase resistente a la madera de castaño, ya que no esté recogida en la norma de clasificación, se realiza por una correlación entre los valores medios de densidad.
- Las acciones consideradas en el cálculo en el estado reformado, han sido obtenidas mediante la observación de los materiales empleados y la aplicación de la norma NBE AE 88.
- Resultados de cálculo:

- vigas: los índices de agotamiento por flexión obtenidos para las viguetas varían entre 0,6 y 1,7, la mayoría de ellas con valores superiores a la unidad; los índices de agotamiento por flechas varían entre 3,3 y 6,0, claramente por encima de la unidad.
- viguetas: el índice de agotamiento por flexión es 0,7, y por flecha 1,6.

Se concluye que las secciones de las vigas de forjado son insuficientes para el estado de cargas reformado. Este análisis se realizó tomando como luz de las vigas la que existe de muro a muro, ya sin contar con el efecto positivo que tenían las particiones interiores que hacían de muros de carga. Evidentemente, la disposición estructural había sido cambiada radicalmente, ya que la luz original sería del orden de la mitad.

Durante la inspección de la estructura se hicieron las siguientes observaciones sobre su estado aparente una vez descargada de las cargas permanentes:

Las deformaciones remanentes que aparecen en los forjados no eran apreciables a simple vista. Esto significa que las piezas no han sufrido tensiones importantes o irreversibles que puedan haber afectado a su capacidad resistente.

En alguna zona puntual se aprecian deformaciones importantes, incluso algunas vigas se encuentran apeadas sobre un perfil metálico que parte la luz del vano.

En la cubierta aparecen deformaciones importantes, un trazado complejo de la estructura y daños de origen biótico más extensos e intensos que en el resto del edificio.

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista de la patología de origen biótico los daños están más o menos localizados o son poco importantes en los forjados. En las cubiertas estos daños son más importantes y van asociados a importantes deficiencias de carácter estructural.

La sección de las piezas resulta claramente insuficiente para las cargas y configuración prevista en el proyecto.

Por tanto, se requiere el estudio de posibles soluciones de refuerzo de los forjados y un tratamiento curativo y preventivo de la madera contra los agentes xilófagos.

MEDIDAS DE ACTUACIÓN FRENTE A LA PATOLOGÍA DE ORIGEN BIÓTICO

Se propuso la revisión de las zonas donde aparecen daños por pudrición, normalmente en baños y cocinas o en zonas cercanas a bajantes, para su saneamiento. Una vez eliminadas las fuentes de humedad la madera quedaría fuera del riesgo de estos ataques.

No obstante se recomendó aplicar un tratamiento protector mediante la aplicación superficial, por pulverizado o pincelado, de un producto químico en disolvente orgánico con propiedades fungicidas e insecticidas. Para la aplicación se deben seguir las indicaciones del fabricante del producto.

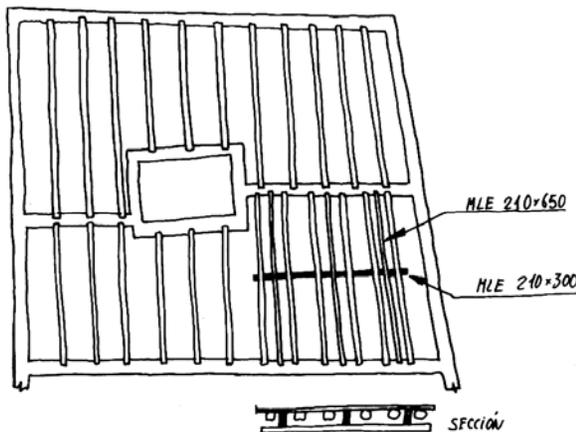
En caso de utilizarse madera nueva deberá ir igualmente tratada con carácter preventivo.

MEDIDAS DE CARÁCTER ESTRUCTURAL

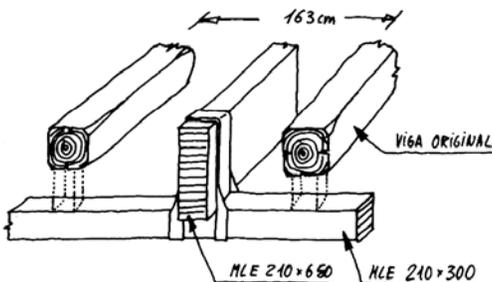
A la vista de los resultados se proponen a la dirección facultativa tres actuaciones posibles para el refuerzo:

- Añadir nuevas vigas de madera laminada encolada que puedan ir intercaladas entre las viguetas actuales. Se podría considerar la colaboración de las vigas antiguas, aunque el aporte no sería demasiado representativo y no reduciría mucho la sección necesaria de las nuevas vigas por lo que parece más apropiado dimensionar las nuevas vigas como si las antiguas no colaboraran.
- Dividir la luz de las vigas actuales mediante una carrera transversal a las vigas que apoye sobre otras vigas transversales que descansen en los muros y que constituyan un emparrillado plano. Esta solución presenta el inconveniente del gran canto final del conjunto que resultaría en una pérdida de altura libre de la planta y que sería difícil de ocultar en el falso techo. Para solucionarlo se plantea una solución intermedia consistente en intercalar vigas de madera laminada entre las vigas originales para que sirvan de soporte a las transversales sobre las que descargarán las vigas originales.

El principal obstáculo para esta solución es la ejecución de la obra ya que será difícil la colocación de las vigas en el interior, así como la realización de las cajas en los muros para alojamiento de las cabezas.

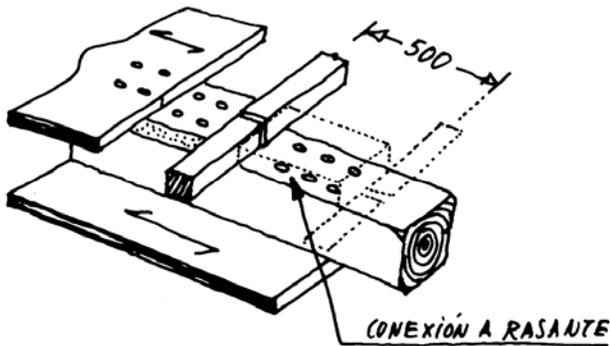
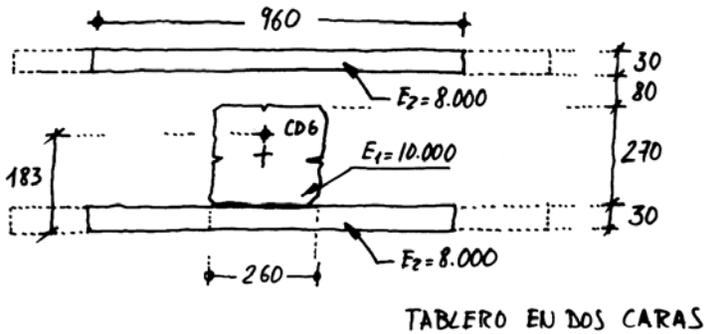
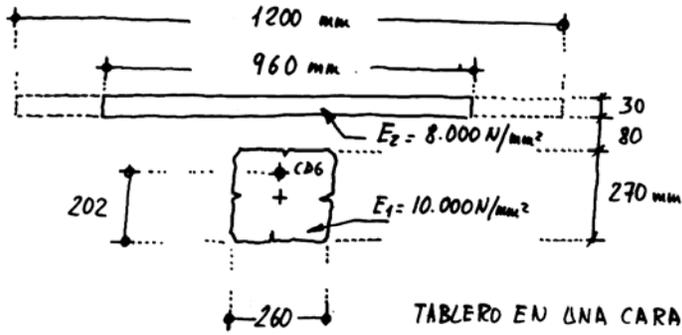


- Aumentar la inercia de las vigas actuales con piezas de tablero contrachapado convenientemente conectadas por las caras superior e inferior. Esta solución exige, en primer lugar, que la conexión entre tablero y viga sea capaz de transmitir importantes esfuerzos rasantes, para lo que se proponen unos conectores consistentes en varillas encoladas atravesando el tablero y la madera. Entre la cara superior de la vigueta y el tablero existen unos travesaños intermedios, por lo que el hueco dejado debe rellenarse con un mortero epoxi.



ESQUEMA DE SOLUCIÓN CON PARTE LUZ.

Esta solución tiene como inconveniente principal la dificultad de la conexión del tablero a una estructura irregular en sección y directriz, así como la garantía de la transmisión de esfuerzos rasantes y la obtención de la rigidez necesaria.



Finalmente, otra propuesta que debe hacerse es la recuperación del sistema estructural original en el que se incluían líneas de carga intermedias, con lo que la luz del forjado se reduce a la mitad y desaparecen los problemas anteriores.

EJEMPLO 7.3

Edificio de viviendas en el centro de Madrid

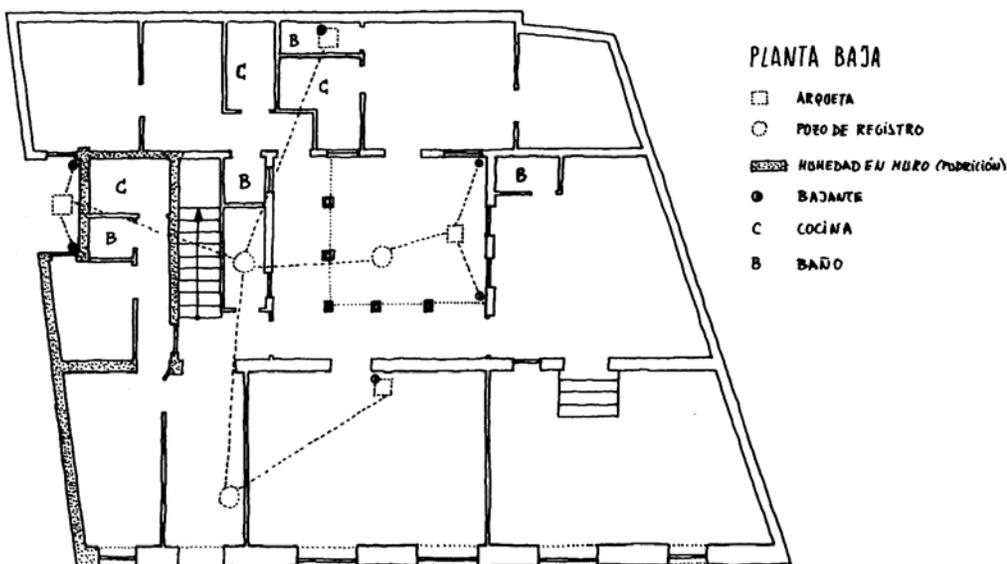
- Informe técnico previo a las obras de rehabilitación
- Antigüedad del edificio: 1850, aproximadamente
- Madrid

ANTECEDENTES

La dirección facultativa solicita la realización de un estudio de la estructura de madera de un edificio de viviendas en rehabilitación, situado en el centro de Madrid. Se trata de un edificio con cuatro plantas (con tres o cuatro viviendas por planta) y una cubierta no habitable. Consta básicamente de tres crujiás paralelas a la fachada, con un patio de corrala y una única escalera.

El muro de fachada es de fábrica de ladrillo y los muros interiores son de entramado de madera con pies derechos de $15 \times 15 \text{ cm}$ separados a 2 m y con dos travesaños horizontales dividiendo en tres cuarteles el paño entre pies derechos. El relleno es de ladrillo macizo. La madera es de pino.

Los forjados son de viguetas de madera de pino con relleno de yesones y la cara inferior está revestida con una capa de yeso de 20 a 30 mm . La sección de las viguetas es de $10 \times 15 \text{ cm}$ con una separación entre ejes de 30 a 35 cm .



La estructura de la cubierta está formada por pares distanciados a unos 50 cm que apoyan en la coronación de los muros sobre un durmiente de madera.

Durante las obras previas al proyecto de rehabilitación se detectaron graves daños originados por la pudrición en la zona de los baños y cocinas. Era necesario la sustitución de la estructura de forjados de esas zonas del edificio y la inspección general del mismo.

INSPECCIÓN

Al iniciar la inspección ya se habían abierto algunas catas en las zonas de riesgo y se habían apeado las zonas ruinosas. Se efectuó una inspección de varios puntos de riesgo en cada una de las plantas.

Algunas zonas no pudieron ser inspeccionadas, por lo que las conclusiones del informe para esas zonas se basan en la información aportada por el solicitante del informe y por extrapolación de los resultados de zonas cercanas o similares.

PATOLOGÍA DE ORIGEN BIÓTICO

En la planta baja se observan daños de pudrición y anóbidos en el arranque de los pies derechos de los muros cercanos a un de las medianerías. Existía una humedad de capilaridad que afectaba a una altura de 1,50 metros de altura y que muy probablemente se daba a fugas en la red de evacuación horizontal que discurre desde un patio pequeño hasta la calle.

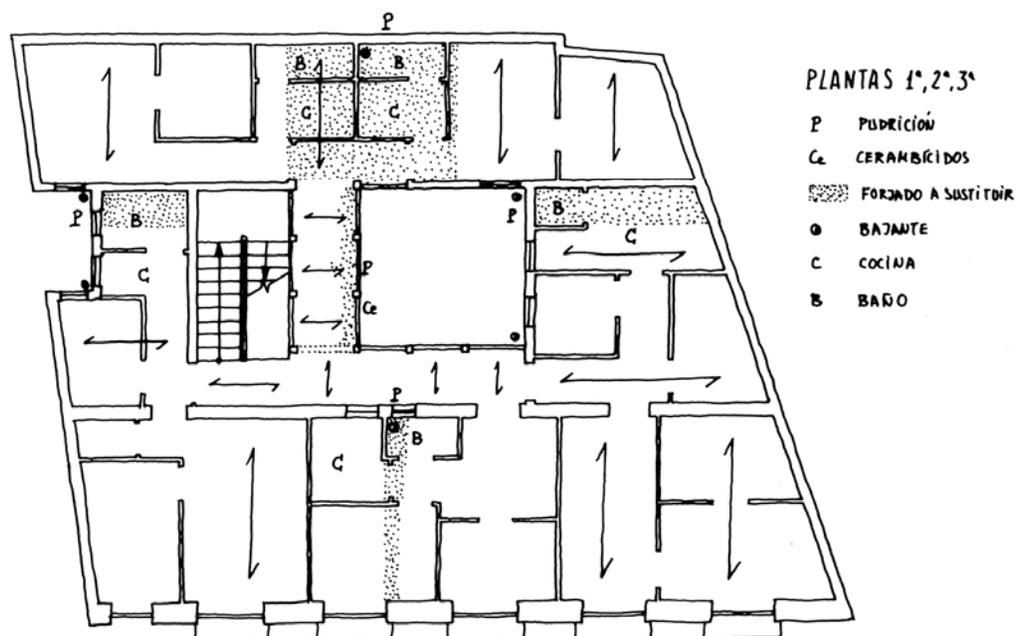
En los forjados de todas las plantas aparecen daños graves por pudrición en las cabezas de las viguetas de forjado en las zonas de baños y cocinas. La estructura no había fallado porque se apoyaba en la tabiquería.

En el resto del edificio donde no hay o no ha habido acumulación de humedad el estado de la madera es correcto. Además la cubierta se encuentra suficientemente ventilada, lo que ha facilitado la buena conservación de la madera. El único punto visible de la cubierta en el que existen daños por pudrición es en el cerco e inmediaciones de un tragaluz en el que se han producido fallos de impermeabilización.

PERITAJE ESTRUCTURAL

El objeto principal del informe es el diagnóstico de la patología de origen biótico, por lo que no se toman datos relativos al peritaje estructural. No obstante se constata que, al margen de las piezas dañadas por pudriciones y anóbidos, existen flechas acusadas en los pares de cubierta en los faldones que no coinciden con la fachada, donde se utilizaba claramente una menor sección. Al menos, tres de ellos presentaban roturas. Esta circunstancia, junto a las deformaciones existentes, hace recomendable comprobar el estado de agotamiento que pueda tener esta parte de la estructura.

Los forjados destruidos por la pudrición se cambiarán por otros también contruidos con viguetas de madera nueva, sobre las que se apoyará una rasilla cerámica para soporte de un pavimento tradicional. La especificación de las condiciones de calidad de la madera nueva utilizada en la viguetas era uno de los objetivos del informe.



CONCLUSIONES

Existen ataques producidos por hongos xilófagos de pudrición parda o cúbica en las zonas de riesgo de humedades (baños, cocinas y pilares de planta baja). En algunos puntos las pudriciones se encuentran acompañadas de ataques producidos por insectos de la familia de los anóbidos. La intensidad de los ataques en algunas zonas llega a ser muy alta. Sin embargo, la superficie de forjado que era necesario sustituir en todo el edificio suponía únicamente un 9 % respecto a la superficie construida total (14 % en la planta primera, 8 % en la segunda, 12 % en la tercera y 1 % en la cubierta).

MEDIDAS DE ACTUACIÓN FRENTE A LA PATOLOGÍA DE ORIGEN BIÓTICO

a) Saneamiento

La medida de actuación de mayor importancia y eficacia es eliminar las fuentes de humedad: fugas en bajantes en instalaciones, humedades del terreno. Se debe procurar dejar la madera lo más ventilada posible para que el contenido de humedad no supere el 20 %.

b) Inspección

Se recomienda ampliar la inspección a las zonas que han quedado ocultas durante la visita a obra, especialmente en las cabezas de las viguetas de los forjados de la crujía de fachada, bajo la repisa de los balcones.

c) Sustitución y consolidación

Se sustituirán los forjados correspondientes a las zonas ruinosas de los baños y cocinas. Se utilizará vigueta de madera con un tablero de rasilla y una capa de 4 cm de grueso de hormigón armado con un mallazo; esta capa solapará al menos una vigueta sobre la

superficie del forjado existente para evitar una discontinuidad.

Sustitución o retacado de la base de los pies derechos deteriorados en planta baja.

Revisión de las cabezas de las vigas en zonas que presentan pudriciones, para decidir sobre su posible consolidación.

d) Tratamiento de la madera

Se recomienda que la madera nueva utilizada para reposición sea tratada en autoclave con un grado de protección profundo con un producto de tipo orgánico.

Para la madera colocada al exterior se recomienda un tratamiento protector con producto orgánico y la aplicación de una pintura protectora con propiedades hidrófugas y fungicidas.

Es recomendable que las piezas de madera que queden descubiertas durante las obras sean tratadas con carácter preventivo al menos superficialmente, después de saneadas y eliminadas las zonas dañadas, mediante la aplicación de un producto protector por pincelado o pulverizado.

e) Especie y calidad de la madera nueva

Con carácter orientativo se puede emplear una madera de conífera como el pino silvestre con una calidad estructural determinada. Por ejemplo, calidad ME-2, según norma UNE EN 56544, que da lugar a una clase resistente C18.

f) Refuerzo de los pares de cubierta

Debe comprobarse la capacidad portante de los pares de cubierta y proceder a su refuerzo en caso necesario. Una solución sencilla puede consistir en el adosado de otras piezas nuevas por los laterales.

EJEMPLO 7.4

Estructura de cubierta de una iglesia

- Alarma inicial por presencia de fendas durante las obras de rehabilitación
- Fecha de la obra: década de 1980
- Extremadura

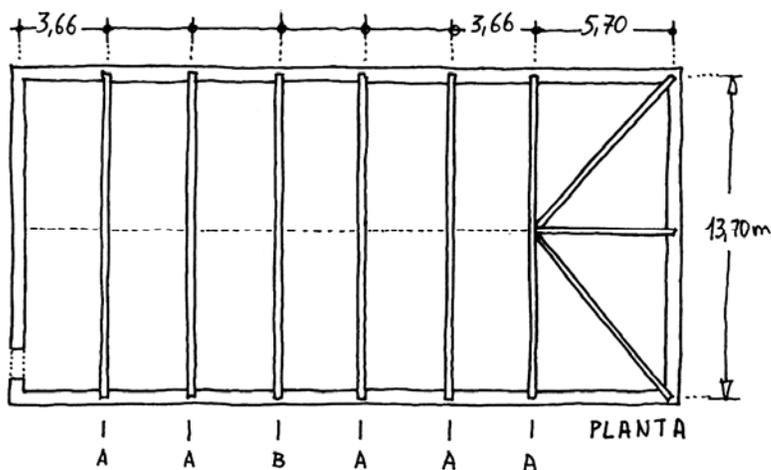
ANTECEDENTES

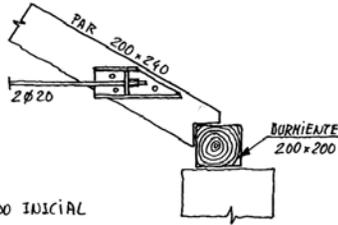
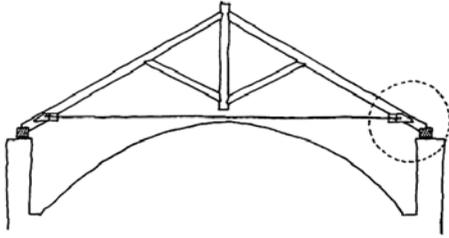
Con motivo de las obras de rehabilitación de una iglesia se procedió a la sustitución de la antigua y degradada estructura de madera de la cubierta por otra, también de madera, pero de nuevo diseño. Transcurrido el primer verano desde la conclusión de las obras, en las piezas de madera de gran escuadría, entre $150 \times 150 \text{ mm}$ y $200 \times 240 \text{ mm}$, aparecen fendas que causan la alarma por la que se solicita el informe.

INSPECCIÓN

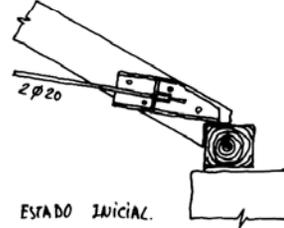
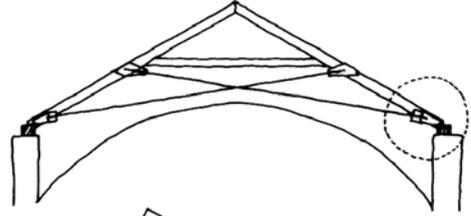
Durante la inspección se toman mediciones de las fendas y se constata que no son de importancia desde un punto de vista estructural. Se trata de fendas normales de secado que alcanzan espesores de hasta 6 mm que en ningún caso llegan a atravesar la pieza y que se deben al secado de la madera. En condiciones controladas de secado se puede reducir la presencia de fendas y de deformaciones, pero en piezas con estas dimensiones nunca se pueden eliminar por completo.

Se trata de una cubierta a tres aguas con cerchas que salvan una luz de $13,70 \text{ m}$. Básicamente existen dos modelos de cerchas: una está formada por dos pares, pendolón y tornapuntas y un tirante metálico (cercha tipo A); la otra está formada por dos pares y un puente y dos tirantes inclinados, para evitar el tropiezo con las bóvedas de la iglesia.

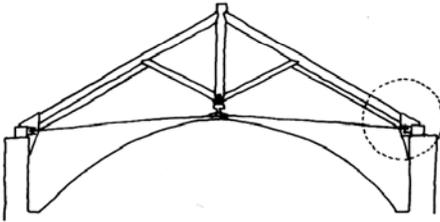




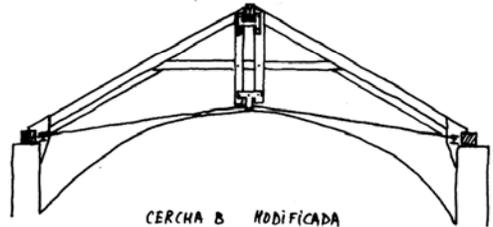
CERCHA A ESTADO INICIAL



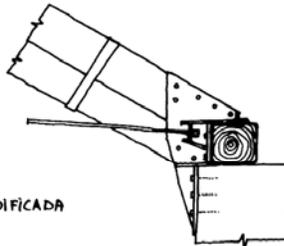
CERCHA B. ESTADO INICIAL.



CERCHA A MODIFICADA



CERCHA B MODIFICADA



Sin embargo, al hilo de la inspección se detectan otro tipo de anomalías relacionadas fundamentalmente con el diseño estructural de los apoyos. La disposición del anclaje del tirante sobre el par queda elevada respecto al punto de apoyo, lo que provoca flexiones en el par, además de dejar un encuentro embarbillado muy débil y no adecuado al esfuerzo vertical que debe transmitir al durmiente.

PERITAJE ESTRUCTURAL

Aunque no era el objeto principal del informe, los detalles anteriores aconsejan el análisis estructural y la comprobación de las barras y de los detalles constructivos. Para ello se toman datos de las secciones utilizadas y evaluación de los defectos para su clasificación.

Para las estimaciones de cálculo se adoptaron las siguientes condiciones:

- acciones:

carga permanente: $0,90 \text{ kN/m}^2$
viento: presión dinámica: $0,75 \text{ kN/m}^2$
nieve: $0,60 \text{ kN/m}^2$

- características mecánicas de la madera:

pino pinaster procedente de Ávila
calidad estimada: ME-2
clase resistente: C18

Los resultados de cálculo fueron los siguientes:

Cercha A: se obtienen índices de agotamiento por flexión en los pares entre un 25 y un 47 % por encima de lo recomendado por la norma bajo hipótesis de carga permanente con carga de nieve o viento.

Cercha B: sólo bajo el estado de cargas permanentes se obtienen índices de agotamiento en el puente de 3,08, fundamentalmente debido al efecto del pandeo por encontrarse sometido a compresión; bajo acciones combinada con el viento o con la nieve este índice aumenta hasta 5,14; en los pares se obtienen índices entre 1,25 y 1,39 por flexocompresión y cortante.

En cuanto al diseño estructural se observan algunas incorrecciones que justifican en gran medida los altos índices de agotamiento observados en algunas piezas. Estos defectos se resumen en los siguientes:

- En la cercha B el tirante se une a los pares en un punto desfasado por encima del apoyo, por lo que se producen altas tensiones locales de flexión y cortante en la parte baja del par. Al mismo tiempo el atirantado de la cercha produce compresiones añadidas en el puente y flexiones en el punto donde el par se encuentra con el puente.
- La solución del atirantado con varilla metálica es válida pero conviene tener en cuenta el efecto de la dilatación térmica. En este caso, puede llegar a producirse una pérdida de tensión superior a 30 kN, por lo que tendría que entrar a trabajar el muro en el que se apoya la cubierta.
- El apoyo del par sobre la solera se realiza directamente mediante un embarbillado, lo cual resulta incoherente con la función que deben cumplir los tirantes metálicos. Al mismo tiempo la sección sometida a cortante resulta claramente insuficiente.

CONCLUSIONES

La alarma inicial causada por la presencia de fendas resulta injustificada, puesto que es una consecuencia natural y prácticamente inevitable en maderas de estas escuadrías. La única solución para aminorar el efecto de las fendas es colocar la madera en obra con un contenido de humedad lo más cercano posible a la humedad de equilibrio higroscópico correspondiente a la localización de la obra.

Por otro lado se ha prestado poca atención al diseño y al cálculo de la estructura. En primer lugar porque el diseño incorrecto de algunos detalles constructivos produce tensiones locales anormalmente altas en las piezas de madera y en los medios de unión. En segundo lugar porque el dimensionado de algunas de las piezas resulta insuficiente para cumplir los requisitos de seguridad recomendados por la norma.

MEDIDAS DE CARÁCTER ESTRUCTURAL

Existen dos opciones para solucionar los problemas que presenta esta estructura: la primera es reforzar las piezas para que los índices de agotamiento se reduzcan a valores aceptables; y la segunda, corregir los detalles constructivos incorrectos, como es la posición y anclaje de los tirantes.

En la opción de refuerzo, los pares deberían ver aumentada su sección prácticamente al doble de la inicial. Para lograr una eficacia de esta solución sería necesario descargar los pares para que el refuerzo, encolado, comience a trabajar desde el inicio solidariamente con los pares originales.

El problema de pandeo del puente (o nudillo) de la cercha B, puede solucionarse mediante la disposición de dos tomapuntas que se fijarán a la cumbrera y que acodalan el nudillo, disminuyendo su longitud eficaz de pandeo.

Finalmente, deberá corregirse la disposición de los apoyos, mediante una pieza metálica que garantice la transmisión de la reacción con suficiente seguridad.

La segunda opción consistiría en la colocación del tirante en la posición correcta, con el fin de evitar las flexiones que origina en los pares. Además, deberá corregirse el apoyo que se encuentra en barbilla, como en la opción anterior. Finalmente, esta segunda opción fue la adoptada en la práctica.

Para la protección de la madera se propone un tratamiento superficial con carácter preventivo, mediante la aplicación de un producto fungicida e insecticida en disolvente orgánico de manera que pueda penetrar en las superficies expuestas en las fendas. El producto utilizado deberá estar inscrito en el Registro Oficial de Productos y Material Fitosanitario del Ministerio de Agricultura y tanto la aplicación, preferiblemente por pulverizado, como las dosis y concentraciones deben ajustarse a lo especificado por el fabricante del producto.

EJEMPLO 7.5

Edificio de viviendas en Madrid

- Inspección para decidir futuras actuaciones en proyecto
- Antigüedad del edificio: 1725
- Madrid

ANTECEDENTES

El informe es solicitado para evaluar el estado de conservación de la madera estructural como medida previa a la toma de decisiones en la redacción del proyecto de rehabilitación de un edificio de viviendas en Madrid.

El objeto es identificar los agentes bióticos causantes de los daños así como las posibles causas que los han propiciado. También se hace una evaluación del alcance de los daños y de la capacidad resistente de los forjados, y se proponen unas medidas de actuación.

INSPECCIÓN

El edificio consta de sótano (en el que existe un pozo), planta baja, tres plantas sobre rasante y bajo cubierta. El sistema constructivo es de muros de fachada de fábrica de ladrillo, muros entramados con madera en los interiores y forjados de viguería de madera con bovedilla de yeso.

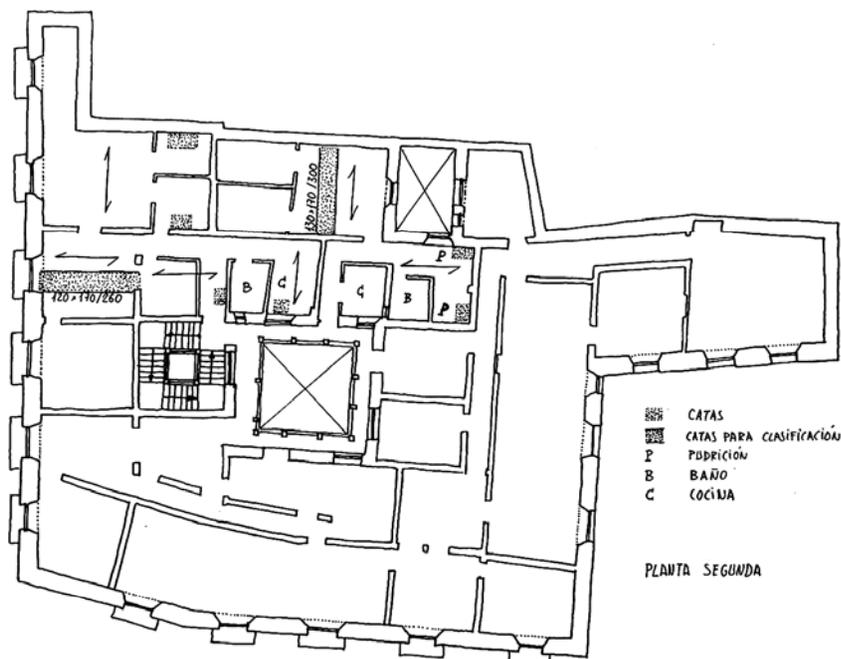
La inspección se desarrolla en una primera fase general para conocer el edificio, señalar las zonas de riesgo en las que es necesario abrir catas y para planificar los trabajos. En una segunda fase se procede a la inspección detallada del edificio, en especial de las catas realizadas y de las zonas de riesgo.

El edificio tiene dos portales con un total de siete viviendas por planta. La inspección pudo hacerse en las zonas comunes del edificio (escaleras, portales y cubierta) y en el cuerpo correspondiente a una de las viviendas que se encontraba deshabitada y en obras.

PATOLOGÍA DE ORIGEN BIÓTICO

El resultado de la inspección es el siguiente:

Planta sótano: en el forjado del techo del sótano, comentado como forjado de piso de planta baja, algunos tramos han sido sustituidos por estructura metálica. En el resto de la estructura de madera, especialmente en el arranque de los soportes de la escalera, aparecen intensos daños producidos por anóbidos. En algunas piezas que acometen a los muros se combina el ataque de los anóbidos con pudrición parda. En todo el sótano se percibe una importante humedad en muros y ambiente. Las piezas que se encuentran ventiladas o alejadas del suelo mediante el apoyo en basas de piedra se encuentran en buen estado.



Planta baja: el forjado del piso presenta abundantes daños producidos por anóridos. Incluso en algunas zonas se detecta una incipiente pudrición blanda, lo que indica que el contenido de humedad de la madera es bastante alto. Algunas zonas se encuentran reforzadas por carreras metálicas y de madera. En la base de algunos pilares aparecen refuerzos y piezas de sustitución parcial que indican que la estructura original ha sufrido deterioros graves. En el arranque de la escalera se observa una clara inclinación de los peldaños hacia los muros de carga, debido probablemente al descenso de la cimentación de los muros y a la mayor compresibilidad de la fábrica frente a la de los soportes de madera que se encuentran en buen estado. Se puede considerar que el 100 % de la superficie de forjados de madera (73 m^2) de esta planta se encuentra dañado.

Planta primera: las viguetas de forjado están extensamente atacadas por pudrición parda acompañada de anóridos en las cabezas que apoyan en el muro medianero, probablemente por entrada de agua en la medianería con las fincas contiguas (en fachada se observaba una separación entre los muros de ambas fincas que se hacía mayor hacia arriba). En una sola vigueta se detectaron indicios de ataques de termitas que, por su carácter aislado, pueden deberse a un frente de ataque que ha atravesado el muro medianero desde la finca colindante. En otras zonas de forjado alejadas del muro medianero el estado de la madera es bastante correcto, incluso en algunas zonas consideradas de riesgo por tratarse de baños y cocinas. Sólo se aprecian pudriciones cúbicas incipientes en las cabezas de las vigas bajo alguno de los balcones. De 207 m^2 de forjados se encuentra dañado el 51 %.

Planta segunda: todos los forjados se encuentran en bastante buen estado, incluso en las zonas de riesgo y en las proximidades del muro medianero, por lo que el problema de humedades se limita a la planta primera. De 207 m^2 de forjados se encuentra dañado el 8,6 %.

CONCLUSIONES

Como conclusiones generales se puede decir que la madera que no se encuentra afectada por ataques xilófagos se encuentra en muy buen estado, y que los daños se localizan a nivel de sótano, planta baja y primera planta, especialmente en el arranque de la escalera y en los forjados mencionados, así como en el extremo de los pares de cubierta sobre el muro.

La extensión de los ataques se limita a las cercanías del muro medianero y, en menor medida, bajo alguno de los balcones.

El caso del ataque aislado de termitas, por la gravedad potencial que conlleva, obliga a extremar las precauciones de cara a futuras inspecciones durante el avance de las obras.

Desde el punto de vista estructural no se aprecian deficiencias de consideración. Es un ejemplo de buena conservación de la madera, probablemente la madera tenga una muy alta proporción de duramen, llegando al caso de que no se observaron daños en las catas abiertas en los locales de baños y cocinas, en contra de lo que suele ser habitual.

Las conclusiones que se extraen de la zona inspeccionada del edificio, pueden servir para estimar el nivel de daños que presentará la totalidad del edificio, teniendo en cuenta las particularidades de cada zona del edificio.

MEDIDAS DE ACTUACIÓN FRENTE A LA PATOLOGÍA DE ORIGEN BIÓTICO

Las primeras medidas propuestas en este caso son de tipo constructivo. La eliminación de toda fuente de humedad que afecte a las estructuras de madera es prioritaria: sanear bajantes y conducciones, repisas de balcones y aleros de cubierta, impermeabilización de la cubierta. Entre estas medidas se incluye la inspección y detección del foco de humedad en el muro medianero para su eliminación.

Como tratamiento químico se recomienda pulverizar la superficie de las vigas que quede al descubierto durante las obras. En principio está proyectado sustituir los pavimentos y aligerar el relleno, por lo que será fácil la aplicación del producto desde arriba. El producto será de tipo orgánico con propiedades fungicidas e insecticidas. Este tratamiento debería realizarse en las piezas cercanas a zonas atacadas.

Además, se realizará una impregnación mediante inyecciones en las zonas de cabezas de las vigas, que se encuentren en muros con humedades y principalmente en las cercanías donde se detectaron restos de ataques de termitas.

MEDIDAS DE CARÁCTER ESTRUCTURAL

Los forjados más afectados de la planta baja deberán sustituirse por otros de madera tratada en profundidad mediante autoclave. Otra opción es la consolidación de las cabezas de las vigas mediante un sistema de prótesis con formulaciones epoxi.

EJEMPLO 7.6

Edificio de viviendas

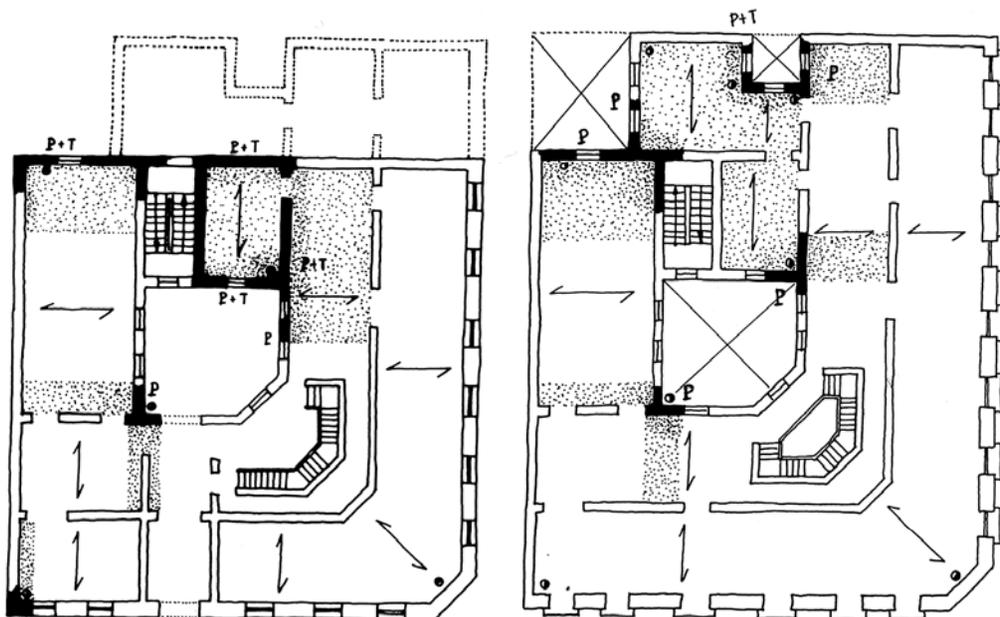
- Antecedentes: Aparecen daños durante las obras de rehabilitación
- Antigüedad: 1880
- Localización: centro de Madrid

ANTECEDENTES

Durante las obras de rehabilitación en el edificio aparecen zonas de estructura de madera que presentan daños bióticos intensos. Las obras se paralizan a la espera del resultado del informe de patología, quedando prácticamente toda la estructura al descubierto para facilitar la inspección y casi todos los tabiques y solados han sido eliminados.

INSPECCIÓN

El edificio consta de sótano, planta baja, cuatro plantas sobre rasante y planta bajo cubierta. En planta se encuentra formando esquina entre dos calles céntricas de Madrid, presentando dos fachadas principales. Dos crujeías principales recorren el edificio paralelas a ambas fachadas, una al exterior y otra hacia el interior. Un patio principal ocupa el centro del solar y otros dos patios

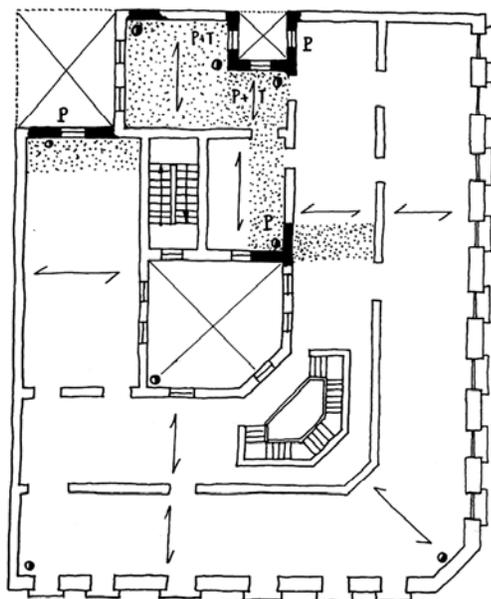


TECHO DE PLANTA BAJA

FORJADOS AFECTADOS
 P PUDRICIÓN
 T TERMITAS

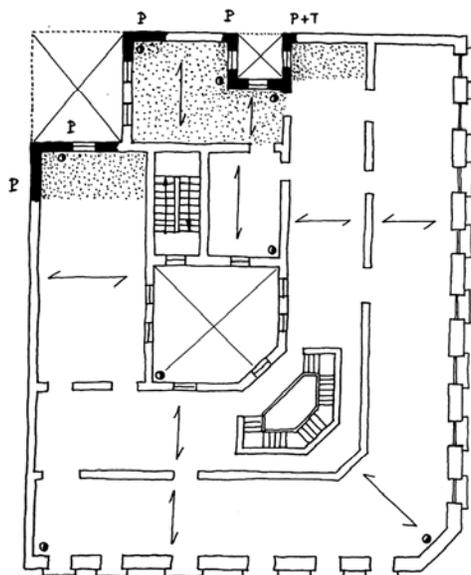
TECHO DE PLANTA PRIMERA

FORJADOS AFECTADOS
 P PUDRICIÓN
 T TERMITAS



TECHO DE PLANTA SEGUNDA

■ FORJADOS AFECTADOS
 P PUDRICIÓN
 T TERMITAS



TECHO DE PLANTA TERCERA

■ FORJADOS AFECTADOS
 P PUDRICIÓN
 T TERMITAS

menores se ubican en el fondo del solar, medianeros con la finca colindante. En torno al patio central se distribuyen otras crujiás menores. En torno a los patios menores se encuentran las zonas de baños y cocinas.

La estructura de los muros está constituida por entramados de madera con relleno de ladrillo macizo. Los forjados son de viguetas de madera con entrevigado de mortero de cal. En algunas zonas ocupadas anteriormente por cocinas y baños y en toda la planta baja han sido sustituidos los forjados de madera por estructura de viguetas metálicas.

Las cubiertas están formadas por parecillos y, en ocasiones, por formas de par y nudillo. Sobre la estructura principal existe un relleno irregular y la teja.

Toda la madera encontrada en las estructuras pertenece a alguna especie de pino, probablemente de origen nacional, aunque no es objeto la determinación microscópica de la especie.

En la planta baja de esta finca existe un local comercial que ocupa una franja contigua al edificio colindante. La propiedad de este local pertenece a la comunidad de propietarios de la finca contigua. Por tanto, en este caso esta zona no es objeto de la inspección con los inconvenientes que se derivan para el resultado del trabajo.

PATOLOGÍA DE ORIGEN BIÓTICO

Los daños principales se resumen en los siguientes:

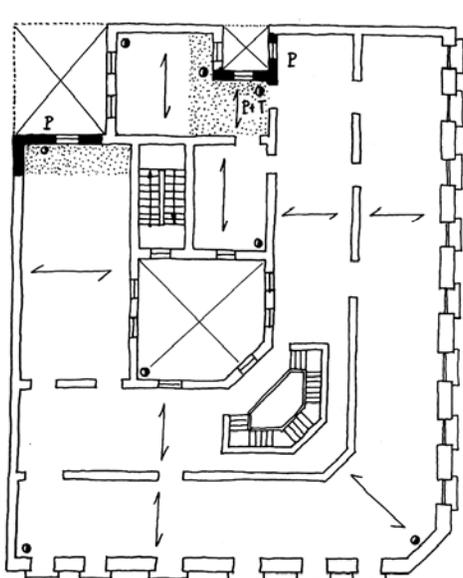
- Presencia de pudriciones pardas afectando con carácter general y con diferente intensidad a las piezas cercanas a bajantes, baños y cocinas. En una pequeña zona de planta baja aparecen daños producidos por pudrición blanca o fibrosa, lo cual indica que ha existido un aporte de humedad continuado, probablemente por fallo de alguna bajante.

El alcance de las pudriciones es tal que en algunos casos ha destruido completamente la sección de las piezas de madera. En las vigas se ha producido una pérdida de apoyo sobre los muros. En los pilares se ha producido un efecto de descarga de la estructura hacia los rellenos macizos de ladrillo, por lo que han tenido lugar unos asentamientos del edificio con apertura de grietas, pérdida de cohesión y deformaciones en los muros que se observan sobre todo en las fachadas de los patios.

- Por otro lado se han encontrado daños producidos por insectos xilófagos de la familia de los anóbidos, conocidos como carcoma, que acompañan en todos los casos a las pudriciones mencionadas anteriormente. El daño principal es el ocasionado por las pudriciones, siendo la carcoma un daño añadido que, en caso de haber actuado aisladamente habría revestido mucha menor gravedad.
- Es destacable la presencia de daños producidos por termitas de la especie *Reticulitermes lucifugus* Rossi, normalmente conocida como termita subterránea. Los daños aparecen en casi todas las plantas del edificio, siendo más extenso e intenso en el sótano y planta baja en torno a los patios secundarios (baños, cocinas y bajantes). El daño se extiende alrededor de la vertical de estos patios hacia las plantas superiores, disminuyendo gradualmente en extensión e intensidad pero alcanzando hasta la planta cuarta. La mayoría de estas zonas atacadas por termitas presentan un aspecto seco y sin actividad, debido probablemente al saneado de las bajantes en actuaciones relativamente recientes y a la eliminación de los aportes de humedad.

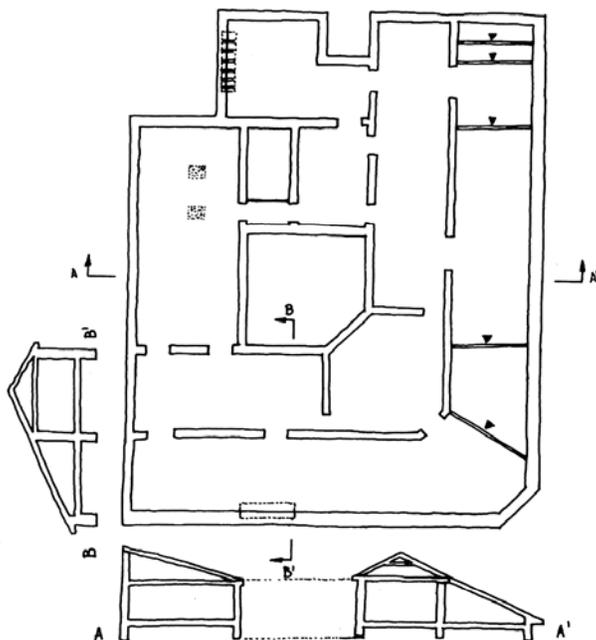
El ataque de las termitas es el que podría causar mayores daños en potencia. Su efecto se traduce, al igual que en las pudriciones pero con una evolución mucho más rápida, en una pérdida de sección que puede ser total, como se aprecia en algunos pilares de planta baja.

En el sótano se acumula una gran cantidad de humedad que asciende por capilaridad y alcanza la parte alta de los muros. Esta es, sin duda, la causa por la que el forjado de planta baja ha sufrido daños tan intensos que han obligado anteriormente a su sustitución.



TECHO DE PLANTA CUARTA

[Shaded Box] FORJADOS AFECTADOS
 P PUDRICIÓN
 T TERMITAS



PLANTA DE CUBIERTA

[Horizontal Line Symbol] DESCRANAMIENTO HORIZONTAL ALERO. PUDRICIÓN.
 [Dotted Line Symbol] PUDRICIÓN EN FORJADO POR GOTERAS.
 [Triangle Symbol] PARES (SU ROTURA POR FLEXIÓN)
 [Dashed Line Symbol] CATAS EN CANCELLOS. LIGERA PUDRICIÓN

PERITAJE ESTRUCTURAL

Aunque en este informe no se planteaba inicialmente la peritación estructural, al margen de la patología de origen biótico, se detectó la rotura de alguna piezas aparentemente sanas en la cubierta. Algunos pares presentan rotura parcial o completa, probablemente ocasionada por un exceso de carga de los materiales de relleno y nivelación bajo la teja. Por la misma razón, la tabla ripia presenta deformaciones intensas.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de la inspección se resumen en la presencia de daños de origen biótico debidos a pudriciones y termitas que afectan, sobre todo y con carácter generalizado, a la estructura de madera que rodea a los patios interiores. Con carácter local existen algunos daños por pudriciones en la cercaña de algunas bajantes.

La consecuencia de estos daños es la pérdida completa o parcial de la capacidad portante de los forjados afectados, normalmente por la desaparición de la sección resistente en los apoyos de las vigas y viguetas.

En los muros se ha producido una redistribución de cargas y el consecuente reasentamiento, dando lugar a agrietamientos y deformaciones.

Todas las causas que han propiciado estos daños se concentran en el aporte de humedad a la estructura de madera en las zonas de baños y cocinas que rodean a los patios interiores, en el fallo de algunas de las bajantes y a la humedad del sótano que asciende por capilaridad.

MEDIDAS DE ACTUACIÓN FRENTE A LA PATOLOGÍA DE ORIGEN BIÓTICO

Se plantean las siguientes medidas de actuación:

- Protección pasiva mediante la eliminación de las causas que han propiciado los daños, consistente en el saneamiento de canalones y bajantes de pluviales, así como en la correcta impermeabilización de la cubierta, en la renovación de la red de saneamiento y en la eliminación de las humedades existentes en los sótanos.
- Se plantea un tratamiento químico con carácter curativo y preventivo de la madera mediante la aplicación por pulverizado de un producto con propiedades fungicidas e insecticidas y con indicación expresa para el tratamiento contra las termitas. El producto deberá contar con ensayos de eficacia y deberá estar inscrito en el Registro Oficial Central de Productos Fitosanitarios. La empresa de tratamiento deberá acreditarse tanto en lo referente al personal que realiza el tratamiento como en el curriculum de obras llevadas a cabo.
- Sobre los muros y en los suelos deberá plantearse un tratamiento como barrera contra termitas. En este sentido no es fácil acometer medidas curativas y preventivas si los edificios colindantes también se encuentran afectados.
- Ampliar la inspección a algunas zonas de riesgo que no pudieron ser inspeccionadas por no encontrarse accesible la estructura de madera. Estas son las cabezas de apoyo de las vigas en las fachadas exteriores, principalmente en la repisa de los balcones. Aunque exteriormente no se aprecian daños, es conveniente la revisión de estos puntos porque son susceptibles de acumular agua de lluvia que puede afectar a la estructura del interior.

MEDIDAS DE CARÁCTER ESTRUCTURAL

Toda la patología de origen biótico, en este caso, tiene una repercusión estructural directa. Las medidas de actuación planteadas en este sentido son las siguientes:

- Reconstrucción y consolidación de los muros de carga, especialmente de los medianeros y cercanos a los patios interiores.
- Acometer una evaluación de la capacidad portante de los elementos estructurales sanos o parcialmente afectados con el objeto de decidir sobre su conservación, sustitución o refuerzo.
- Sustitución de los forjados afectados por pudriciones o termitas, incluida la consolidación o sustitución de los durmientes.
- Análisis de cálculo de las estructuras de cubierta, habiendo planteado antes la sustitución de las piezas rotas y el aligerado de las cargas muertas.

EJEMPLO 7.7

Edificio de vivienda y local comercial en casco histórico

- Aparición de vuelo en enjambre de termitas
- Antigüedad aproximada: 1850
- Castilla-León

ANTECEDENTES

Edificio que consta de un local comercial en planta baja y una vivienda en las plantas superiores. Se encuentra en hilera con otras edificaciones conformando una plaza de la localidad. En la planta primera apareció dos años atrás una salida en enjambre de termitas aladas que salían de la parte baja de las paredes de la cocina, lo que motivó la necesidad de la realización de un informe para conocer el estado de la estructura de madera.

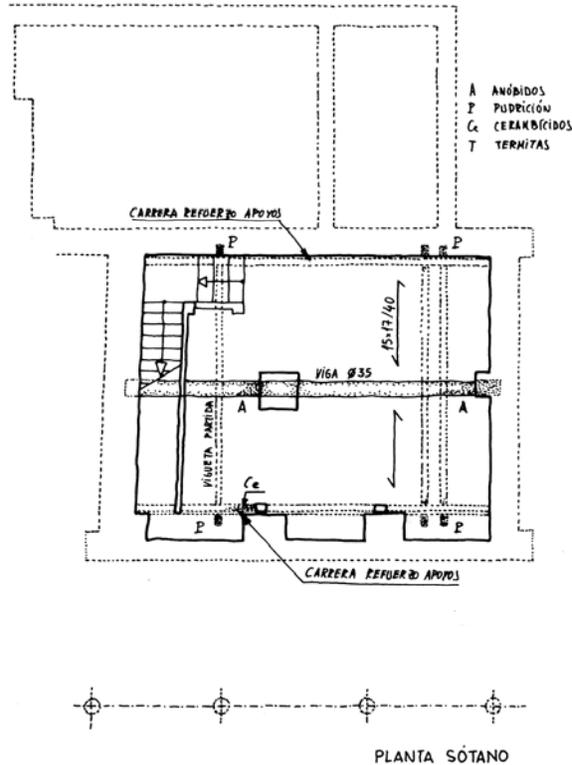
En la edificación se distinguen dos cuerpos de diferente época. El primero y original hace fachada a la plaza. Y el segundo, posterior, es un cuerpo añadido a la fachada trasera con una calidad de construcción inferior.

En el cuerpo original, la fachada principal está orientada al norte; consta de planta sótano, con menor superficie que las plantas superiores y destinada a bodega, planta baja donde se realiza el acceso a través del soportal de la plaza que tuvo uso como local comercial; la planta primera está ocupada por una vivienda y el espacio bajo la cubierta se destina a almacén o trastero.

El cuerpo adosado contiene un local de almacén y cocina en la planta baja y un baño en la planta primera. Debe tenerse en cuenta que parte de la superficie de la planta primera es propiedad del vecino del inmueble contiguo y este local no era accesible en el momento de la inspección.

El objeto del informe incluía varios aspectos: levantamiento de planos con indicación de la disposición estructural, identificación de los ataques xilófagos (grado de deterioro y diagnóstico), análisis de los factores de riesgo y propuesta de intervención.

Se realizaron dos visitas al inmueble. La primera para tomar datos para el levantamiento de planos del edificio y la segunda para la toma de datos de la patología. Este procedimiento tiene grandes ventajas a la hora de un inspección. Durante la toma de datos de los daños en la estructura ya se conoce perfectamente el edificio y es posible anotar con más detalle el tipo y la gravedad de los daños encontrados. Es un ejemplo de una inspección muy detallada en la que prácticamente pueden reconocerse todas y cada una de la piezas estructurales.



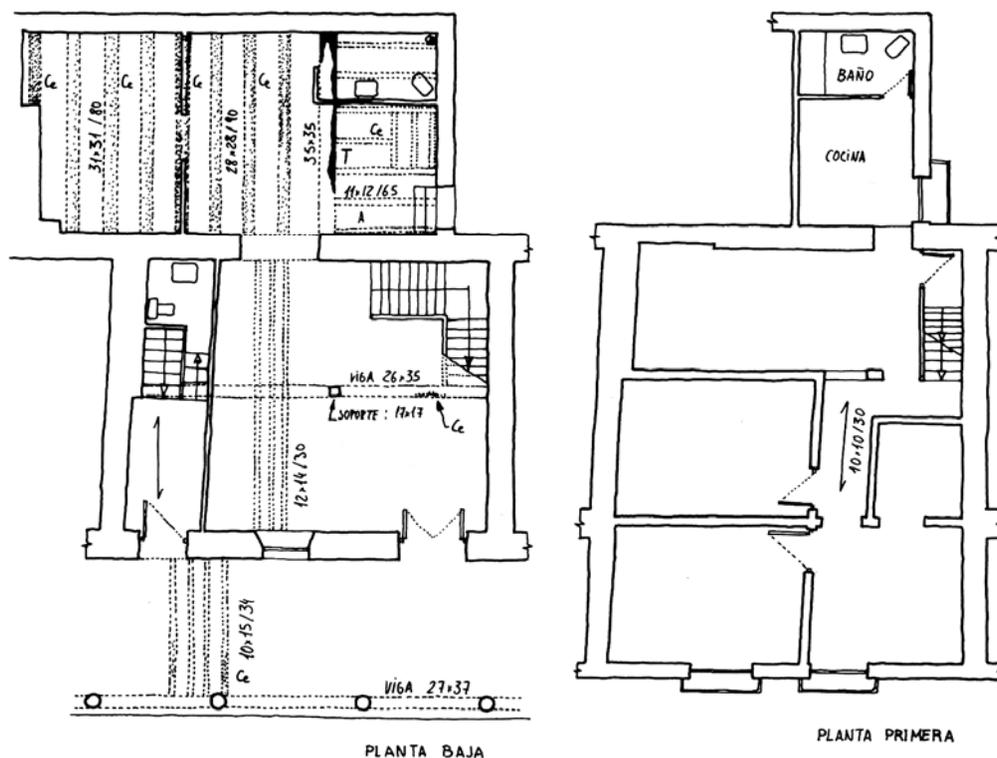
INSPECCIÓN

La estructura vertical está formada por muros de carga dispuestos paralelamente a la fachada y están contruídos con ladrillo macizo que algunas veces se combina con mampostería. Por encima del terreno estos muros están entramados con madera con un relleno de adobe. Los forjados de piso son de madera y quedan a la vista excepto en el techo de la planta de vivienda. La madera utilizada es el pino con la excepción de la viga principal del techo de la planta sótano, que es de madera de olmo. El entrevigado está constituido por un entablado de madera de pino sobre el que apoya el pavimento y una capa de mortero de agarre. Las luces de los forjados están en torno a los 3,20 m.

La inspección es fácil de realizar ya que todos los locales son accesibles y únicamente la madera de los forjados de techo de la planta primera se encontraban en su mayoría ocultos por un falso techo. Sin embargo, podían verse desde el espacio bajo cubierta, ya que sólo los ocultaba un entablado.

Como se verá al tratar de los daños de origen biótico, el cuerpo adosado en la parte posterior del edificio es el que mayores daños presenta y corresponde a la zona donde salieron las termitas.

Además, otra zona especialmente grave es el local del sótano donde la fuerte humedad favoreció el desarrollo de la patología.



PATOLOGÍA DE ORIGEN BIÓTICO

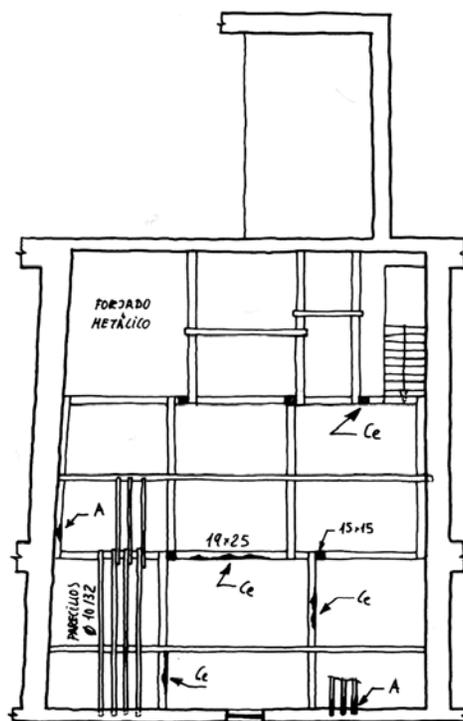
A continuación se hace un resumen de los datos recogidos en la inspección por plantas:

La humedad ambiente en el sótano es muy elevada y en los muros se observa una fuerte humedad debida al terreno que llega hasta el forjado de la planta baja.

En la planta de sótano existe una viga principal de madera de olmo de sección circular de 35 cm de diámetro. Presenta ataque de anóbidos con mayor intensidad en las zonas cercanas a los apoyos. La profundidad del ataque es de 2 a 5 cm. En uno de los apoyos se observa un recrecido del muro a modo de pilastra, probablemente para aumentar la longitud de apoyo, tal vez como consecuencia de la pérdida de sección originada por pudrición en la cabeza.

El forjado que tiene como apoyo central la viga principal anteriormente citada está formado por viguetas de 15 x 17 cm distanciadas a 40 cm entre ejes. En los apoyos sobre los muros existen unos dispositivos de refuerzo de los apoyos que revelan claramente que han existido problemas anteriores de pudrición en las cabezas de las viguetas. Estos refuerzos consisten en la disposición de una carrera de madera que sirve de apoyo a las viguetas y que descansa sobre ménsulas en uno de los muros y sobre un entramado de madera adosado a la pared en el otro. El entablado que se encuentra sobre las viguetas se encuentra completamente destruido por la acción de los anóbidos (carcoma). Estos insectos xilófagos aparecen con gran frecuencia acompañando a las pudriciones y actúan preferentemente con un cierto grado de humedad, como ocurre en el sótano. El ataque de anóbidos se encontraba activo como lo demostraban los montones de serrín que aparecían por todas partes.

En la planta baja los daños son mucho menores. En el cuerpo original de la construcción el forjado del techo está constituido por viguetas de 12×14 cm separadas a 30 cm entre ejes y presenta muy pocos daños. La viga principal sigue la misma disposición que la de planta sótano, pero es de sección rectangular de 26×35 cm. En el cuerpo adosado la calidad de la construcción es muy inferior, con muros de menor grosor y secciones de viguetas muy desiguales y casi en forma de rollo (11×12 a 18×20 cm con separaciones del orden de los 65 cm). Presentan un fuerte ataque de cerambícidos que afecta a las viguetas en algunos casos hasta profundidades de 10 cm y al entablado sobre las viguetas que se encuentra totalmente destruido.



CUBIERTA

En un extremo de este cuerpo existen viguetas que apoyan sobre otra viga principal y escuadrada donde se encontraron restos de ataques de termitas. Éstos se inician en las proximidades de una bajante del baño existente en esa planta. La bajante había sido sustituida recientemente lo que hace pensar que las fugas anteriores fueran la concausa del ataque de las termitas; en el momento de la inspección los daños de termitas no parecían ser ya activos debido a la desecación que se había producido.

En el soportal la madera presentaba ligeros ataques de anóbidos de poca importancia, probablemente debido a la fácil ventilación de esa zona.

En la planta primera destinada a la vivienda no podía inspeccionarse la madera al estar oculta por un falso techo, excepto en el pasillo. El estado de la madera, sin embargo, podía ser bueno ya que no había signos de humedades ni se apreciaban daños desde la parte superior. En la cocina el revestimiento de azulejos y el falso techo tampoco permitían la inspección, pero es en esa zona donde salió el enjambre de termitas justamente encima de la viga afectada por este ataque que se veía desde la planta inferior.

En la estructura de la cubierta se observaban únicamente ataques de cerambícidos y algunos de anóbidos más cercanos a los muros. Únicamente había problemas de pudrición en la zona de apoyo de los parcillos sobre los muros de fachada; un vano de forjado ya se había sustituido por forjado metálico, seguramente por problemas de pudrición en la zona del alero.

CONCLUSIONES

Los daños más importantes que presenta la construcción se centran en los siguientes locales:

- Planta de sótano con fuerte ataque de pudrición en las cabezas de las viguetas y anóbidos que han destruido el entablado.
- Forjados del cuerpo adosado con fuerte ataque de cerambícidos y localmente de termitas. Suponen la destrucción del entablado y posiblemente la de las viguetas.
- En el resto del edificio los daños son menores y habituales en este tipo de edificación.

Los factores de riesgo que han permitido esta degradación son los siguientes:

- Humedades en la planta sótano.
- Humedades en las instalaciones de saneamiento que posiblemente favorecieron el ataque de las termitas.
- El hecho de que el edificio se encuentre al lado de otros abandonados facilita la posible entrada de ataques de termitas y otros insectos xilófagos desde el exterior.

MEDIDAS DE ACTUACIÓN FRENTE A LA PATOLOGÍA DE ORIGEN BIÓTICO

Se considera necesario un tratamiento químico de la madera con carácter curativo en las zonas que presentan degradaciones xilófagas y preventivo en el resto de la estructura. Se aplicará un producto químico de tipo orgánico con propiedades fungicidas e insecticidas, que sea específico para el tratamiento contra termitas.

Después de eliminar las partes degradadas de las piezas, operación que servirá para comprobar si la sección residual es suficiente para la misión estructural, se pulverizará con el producto todas las superficies accesibles de las piezas repitiendo la operación hasta lograr la dosificación recomendada por el fabricante. En las zonas de apoyo de las viguetas sobre los muros, en planta baja y planta primera, deberá intensificarse el tratamiento mediante la inyección del producto en las cabezas y en las zonas cercanas al lugar donde aparecían daños de termitas.

En general, la presencia de termitas obliga a un tratamiento más exhaustivo. Sin embargo, debido a que el ataque no parece activo y a la falta de garantías que puede ofrecer un tratamiento de un edificio de manera individual dentro de un conjunto de edificaciones, parece realista mantenerse con el tratamiento simplificado.

MEDIDAS DE CARÁCTER ESTRUCTURAL

Aunque no es objeto del informe la comprobación estática de la estructura, deben hacerse las siguientes observaciones de carácter constructivo:

En el forjado de techo de la planta sótano es recomendable la sustitución del entablado destruido por los insectos xilófagos. Esto implicaría el levantado y sustitución del pavimento. Esta operación serviría para comprobar el estado de las cabezas de las viguetas y actuar en consecuencia.

Es muy importante la eliminación de las humedades del sótano para detener el proceso de pudrición en estos forjados. Este objetivo es difícil de conseguir considerando las características del edificio.

El entablado por completo y parte de las viguetas del forjado de techo de la planta baja en el cuerpo adosado deberán sustituirse, para lo cual es imprescindible contar con el acceso a la propiedad del local de encima.

En la cubierta es preciso un retejado general y la sustitución parcial de la tabla de ripia, así como algún parecillo en mal estado.

EJEMPLO 7.8

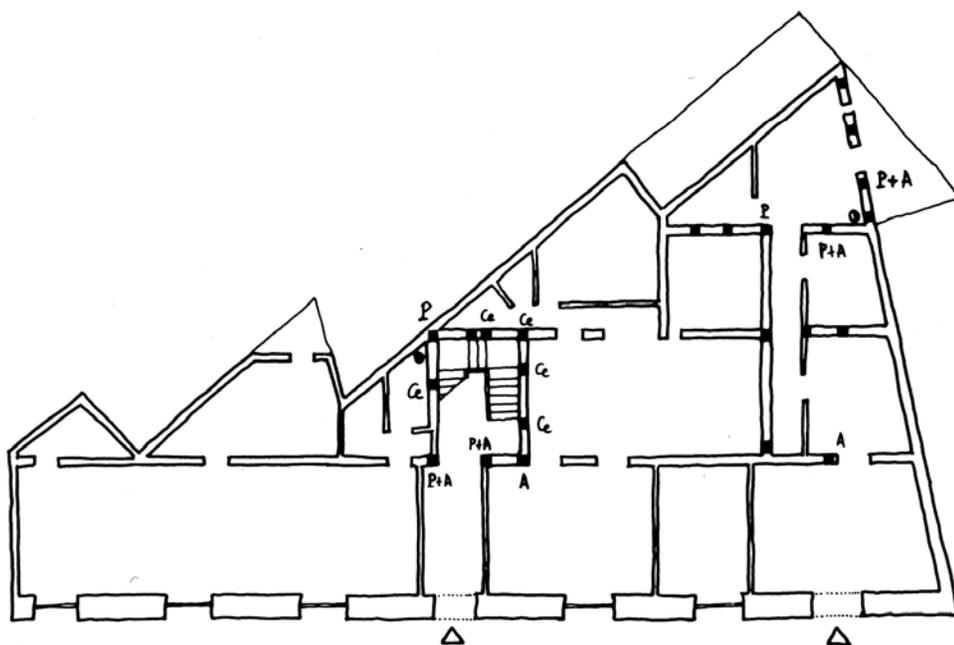
Edificio de viviendas en el casco histórico

- Aparición de daños de origen xilófago durante las obras de rehabilitación
- Antigüedad del edificio: 1834
- Madrid

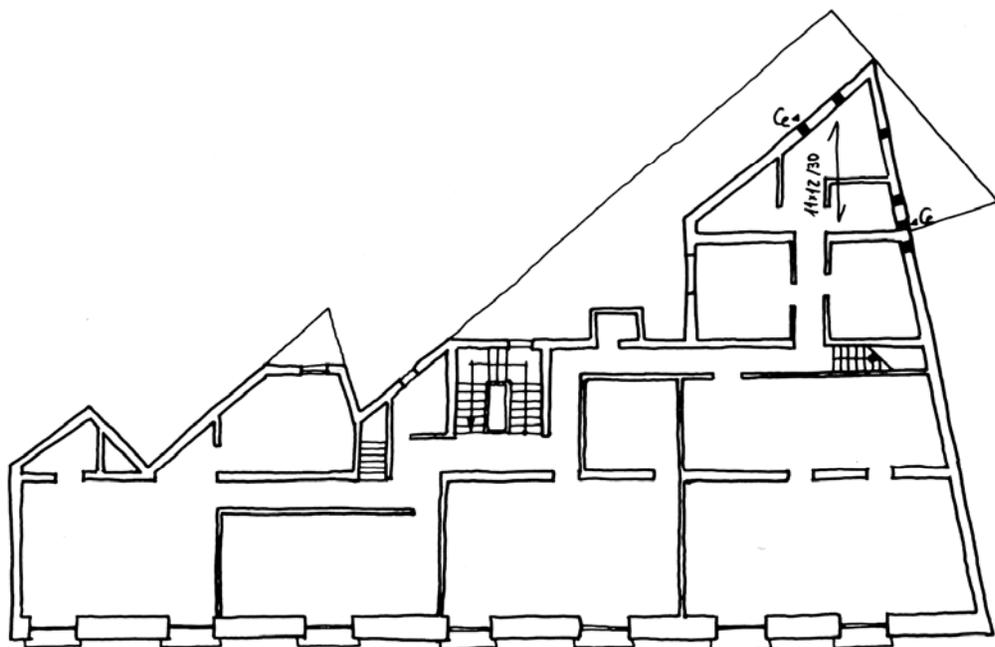
ANTECEDENTES

Durante las obras de rehabilitación que se estaban llevando a cabo en parte del inmueble aparecen daños de origen biótico y la empresa constructora solicita un informe para conocer la gravedad de los mismos y el modo de actuación adecuado.

El edificio consta de planta baja, tres plantas tipo y dos plantas recreadas sobre la construcción original bajo los faldones de cubierta con uso de vivienda y trasteros. La superficie construida por planta es del orden de los 330 m². Los muros de fachada son de fábrica de ladrillo y los interiores de entramado de madera con relleno de fábrica. Los forjados son de viguetas de madera de pino.



PLANTA BAJA



PLANTA CUARTA

INSPECCIÓN

Este es un ejemplo típico de una inspección parcial de un edificio, ya que sólo puede accederse a las zonas comunes y locales donde las obras están en marcha. Por tanto, los resultados del informe se ciñen a la zona inspeccionada y las extrapolaciones a otras partes del edificio deben considerarse únicamente como estimaciones aproximadas.

La inspección se reduce al portal y escalera y a un local comercial de la planta baja y a una vivienda en la planta cuarta. También se pudo inspeccionar la fachada de uno de los patios de medianería debido a la existencia de un andamio que facilitó el acceso.

PATOLOGÍA DE ORIGEN BIÓTICO

Se han encontrado daños de los siguientes organismos bióticos:

Hongos de pudrición parda o cúbica:

Se ha detectado pudrición en los arranques de algunos de los pilares de la planta baja, principalmente en la zona del portal y en aquellos pies derechos que no tenían basa de piedra de separación con el terreno.

También en el entramado de madera de la fachada del patio debido a las humedades provocadas por la bajante de la cocina que discurre por el muro. Las consecuencias han sido la destrucción de uno de los pies derechos, las carreras y la zapata sobre todo al nivel de la planta segunda y tercera. El muro ha sufrido un cierto desplome como consecuencia de la debilitación de su entramado. El forjado del local contiguo a este muro también ha sufrido

daños de importancia en casi todas las plantas.

Anóbidos y curculiónidos:

Existen daños de estos insectos de ciclo larvario acompañando a los ataques de pudrición en los pilares de planta baja y en algunos forjados de la zona del patio. Es habitual la actuación conjunta de ambos organismos. En concreto los curculiónidos actúan sobre la madera que ha sufrido ya un proceso de pudrición.

Cerambícidos:

Se han encontrado daños de este insecto de ciclo larvario en alguno de los pies derechos de la caja de escalera y en la planta cuarta. Su profundidad de ataque ha sido reducida, del orden de 1 a 1,5 cm. Como puede comprobarse sólo ha sido descubierto en piezas de madera que no tienen un elevado contenido de humedad.

CONCLUSIONES

De las observaciones efectuadas puede deducirse que la gravedad de los daños considerada de forma general no es elevada y es esperable en edificios con esta edad. Los daños más graves son los originados como consecuencia de las humedades por defecto de las instalaciones.

Así, el entramado de la fachada del patio ha sufrido graves deterioros y es necesario la reconstrucción de este muro. También ha afectado a los forjados contiguos a este muro, que también deberán ser sustituidos.

En los arranques de los pilares en la planta baja el daño producido por la pudrición y los insectos de ciclo larvario pueden repararse mediante la reconstrucción de la zona perdida, con un retacado o una sustitución, teniendo cuidado de evitar que la humedad del terreno pueda volver a alcanzar a las piezas de madera.

MEDIDAS DE ACTUACIÓN FRENTE A LA PATOLOGÍA DE ORIGEN BIÓTICO

En primer lugar deberá procederse a la eliminación de las humedades del terreno, revisando y sustituyendo la red de saneamiento horizontal, así como las que procedan de las fugas de las bajantes.

Como ya se ha citado anteriormente deberá consolidarse el apoyo de los pies derechos en la planta baja. Igualmente deberá reconstruirse el muro del patio donde se detectaron los daños por pudrición.

Es recomendable la aplicación de un tratamiento químico en las piezas que se vayan descubriendo con un carácter curativo y preventivo. En las piezas con difícil acceso a las caras no vistas pueden practicarse taladros desde una cara para inyectar el producto.