Informes de la Construcción
Vol. 72, 560, e363
octubre-diciembre 2020
ISSN-L: 0020-0883
https://doi.org/10.3989/ic.73119

Vigencia de las estrategias constructivas originales para la conservación de los entramados estructurales de madera, a través del ejemplo de un edificio madrileño del S. XIX

Validity of the original constructive strategies to the preservation of the structural timber framework throug the example of a 19Century building in Madrid

Manuel Iglesias Gutiérrez del Álamo (*), Félix Lasheras Merino (**)

RESUMEN

La mayoría de las ciudades europeas y españolas, particularmente Madrid, conservan un importante patrimonio residencial del S. XIX, son edificios con estructura mixta de entramado de madera y fábrica de albañilería. Muchos se están rehabilitando para adecuarlos a las exigencias actuales de uso, y al CTE en el caso español. Investigar los conocimientos contenidos en los tratados técnicos de los S. XVIII y S. XIX, en cuanto a las soluciones constructivas que procuran una edificación durable, permite buscar soluciones de rehabilitación compatibles con las tecnologías originales y con las exigencias básicas del CTE. En este artículo, mediante el estudio de un edificio madrileño como ejemplo paradigmático, se comparan las soluciones constructivas originales típicas de su época con las recomendadas en los tratado técnicos coetáneos, y se confirma la hipótesis de que las técnicas tradicionales son eficaces como protección pasiva frente a patología por xilófagos.

Palabras clave: Entramados de madera urbanos; patrimonio; patología rehabilitación; lesiones por xilófagos; S. XIX.

ABSTRACT

Most of European and Spanish cities, specially Madrid, preserve an important residential heritage from the 19th century, they are a mix of timber and masonry buildings, which are currently being restored in order to be adapted to the Spanich CTE and the current demands. Investigating the knowledge from the 18th and 19th centuries technical treatises allow to research compatible answers both to the original technology and the basic demands of the CTE. This article stablishes, from the analysis of a paradicmatic bulding in Madrid, the hyphothesis about the traditional techniques being effective as a passive protection against pathologies caused by xylophagous, by comparing the original constructive solutions, the ones in contemporary technical trataises and their alteration during the life of the bulding.

Keywords: *Urban timber structural framework; patrimony; pathology;.restoration; damage caused by xylophagous; 19th.*

(*) Arquitecto. Prof. Titular de Escuela Universitaria (TEU). Departamento de Matemática Aplicada de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM). (España).
(**) Dr. Arquitecto. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM). (España).
Grupo de Investigación Análisis e Intervención en el Patrimonio Arquitectónico (AIPA). Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM) (España).
Persona de contacto/*Corresponding author*: manuel.iglesias@upm.es (M. Iglesias Gutiérrez del Álamo)
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2581-0483 (M. Iglesias Gutiérrez); https://orcid.org/0000-0002-1252-5360 (F. Lasheras)

Cómo citar este artículo/*Citation*: Iglesias Gutiérrez del Álamo, Manuel; Lasheras Merino, Félix (2020). Vigencia de las estrategias constructivas originales para la conservación de los entramados estructurales de madera, a través del ejemplo de un edificio madrileño del S. XIX. *Informes de la Construcción,* 72(560): e363. https://doi.org/10.3989/ic.73119

Copyright: © 2020 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Recibido/*Received*: 25/06/2019
Aceptado/*Accepted*: 06/02/2020
Publicado on-line/*Published on-line*: 17/12/2020

1. INTRODUCCIÓN, HIPÓTESIS Y METODOLOGÍA

En Madrid, y en la mayoría de las zonas centrales de las ciudades españolas y europeas, se están rehabilitando en los últimos años muchos edificios cuya estructura está formada por armaduras y entramados de madera, horizontales y verticales, que dejaron de utilizarse en las primeras décadas del S. XX, excepto en las cubiertas, donde se mantuvo el uso de la madera hasta mediados del siglo. Estas estructuras pueden presentar daños por organismos xilófagos, lo que obliga a intervenciones más o menos extensas que, en general, sustituyen los elementos dañados por otros de materiales diferentes, hace años de hormigón y ahora de acero.

Actualmente cuesta encontrar profesionales de la carpintería de armar. El desconocimiento de ésta ha llevado a la creencia general de que la madera tiene peor durabilidad que otros materiales modernos. Son frecuentes las intervenciones estructurales en las que se reemplazan elementos de madera desconociendo el fondo del sistema constructivo, la patología generada por xilófagos y su solución, actuando además con escasa o nula documentación; especialmente en edificios de viviendas decimonónicos. Muchas veces se eliminan elementos constructivos que conservan su funcionalidad y, en cualquier caso, se alteran las condiciones constructivas originales del edificio con elementos que al poco tiempo muestran indicios de incompatibilidad y de alteración tanto o más relevante que la que tuvieron los elementos originales sustituidos.

En este trabajo se parte de la hipótesis general de que las técnicas constructivas tradicionales disponen de soluciones pasivas de defensa frente a xilófagos que son eficaces, y que los cambios de estas condiciones derivan en la mayor sensibilización de la estructura o en su desprotección frente a dichos agentes. Ejemplo de estas soluciones defensivas son la ventilación de la madera, su alejamiento de los focos de humedad, selección de maderas duras y resistentes, y otras detalladas más delante.

La verificación empírica de la hipótesis se apoya en el estudio de las recomendaciones técnicas de la bibliografía de la época y su contraste con las del actual CTE, junto con la constatación «in situ» de las condiciones de conservación y deterioro de muchos edificios madrileños de la segunda mitad del S. XIX y primeros años del S. XX, que conocemos en detalle por diferentes intervenciones profesionales. Sin embargo, en este artículo, solo se presenta un edificio, situado en la calle Fernando VI de Madrid, como ejemplo particular aunque paradigmático, de cómo las alteraciones contrarias a las condiciones originales determinan la patología del edificio. Este ejemplo sirve para analizar las ventajas e inconvenientes de mantener o de cambiar las condiciones constructivas originales, y para mostrar que es más ventajosa la primera opción, tanto por razones constructivas como por la conservación del valor patrimonial de la edificación.

2. ANTECEDENTES Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

2.1. Situación actual en reformas o rehabilitaciones

El patrimonio arquitectónico objeto de rehabilitación incluye edificios residenciales de la burguesía urbana. Estos edificios, además del valor de uso, tienen un valor documental; el acto de rehabilitación debe ser también un proceso de conocimiento. Generalmente, fueron edificios destinados a vivienda de alquiler y algunos lo siguen siendo, por lo que han tenido un mantenimiento deficiente en toda o en parte de su vida útil. Es frecuente que algún momento de su historia se vendieran por pisos y que los nuevos propietarios acometieran obras de acondicionamiento manteniendo, o no, el uso residencial, generalmente sin la intervención de técnicos o con la intervención de técnicos más *decoradores* que *restauradores*, generando así muchas incoherencias o incompatibilidades constructivas respecto a la situación original del edificio.

El sistema constructivo tradicional que se había desarrollado en Madrid desde el S. XVI, y que había evolucionado con pocas variaciones durante el XIX, estaba consolidado en edificios de viviendas en altura sin instalaciones hidráulicas. Hasta finales del S. XIX, las viviendas comunes no tuvieron espacios exclusivos destinados al aseo personal; se utilizaban baldes, bañeras portátiles, aguamaniles o bidés considerados como muebles de ebanistería, y eran frecuentes los comunes o letrinas (1). Solo las viviendas de las clases acomodadas disponían de retretes y algunas, cuartos de baño en su interior (Fig. 1). Adaptar la funcionalidad de los edificios a los avances higiénicos hizo necesario dotarlos de instalaciones hidráulicas.

En el caso de Madrid, para que el Canal de Isabel II suministrara agua a domicilio era preciso que hubiera acometida al alcantarillado público (2), asimismo, en las fechas de construcción del edificio del caso, desde «La Higiene», columna de la Revista de la Sociedad Central de Arquitectos, se proponía variar las costumbres e introducir en todas las casas, incluidas las llamadas «de alquiler», un cuarto destinado al baño, aunque se aconseja mantener un baño portátil (3).

El CTE se aplica en las intervenciones sobre edificios que precisen licencia o autorización administrativa (4) que, según la LOE (5), son aquellas en las que haya una variación esencial de la composición general exterior, de la volumetría o del conjunto del sistema estructural, que no suele ser el caso en obras de este tipo. Por ejemplo, el Ayuntamiento de Madrid exige licencia abreviada para obras en edificios catalogados y para *«las obras de consolidación de elementos aislados o de escasa relevancia en el conjunto del edificio; tales como una intervención puntual en pies derechos, vigas o forjados que supongan menos del veinticinco por ciento, (<25%) de la superficie total, en los niveles 2 y 3»* (6). En obras de acondicionamiento puntual de viviendas solo exige comunicación previa (6). Este es el caso típico de reformas de viviendas, en las que por moda y para abrir los espacios se dejan los elementos estructurales a la vista, o se actúa sobre ellos sustituyéndolos o reforzándolos sin criterios metodológicos de intervención claros, sin considerar el resto del conjunto estructural al que pertenecen, ni la influencia de la intervención sobre la globalidad del sistema constructivo, todo ello con una licencia y un proyecto que solo contempla obras de redistribución sin actuaciones estructurales. Se encuentran así muchas intervenciones que reemplazan las soluciones constructivas originales por otras de eficacia dudosa e incluso de mayor riesgo, cuando no de probado mal resultado a medio plazo; es el caso del refuerzo de elementos estructurales con perfiles de acero, sin retirar la madera degradada y sin tratamientos preventivos dejando activos los ataques por agentes xilófagos, o el apoyo de elementos de acero sobre maderas deterioradas que se aplastan, o la sustitución de pies derechos por retacados de ladrillo macizo, dejando los nudos sin sujeciones y permitiendo movimientos laterales de las piezas, o en parte de

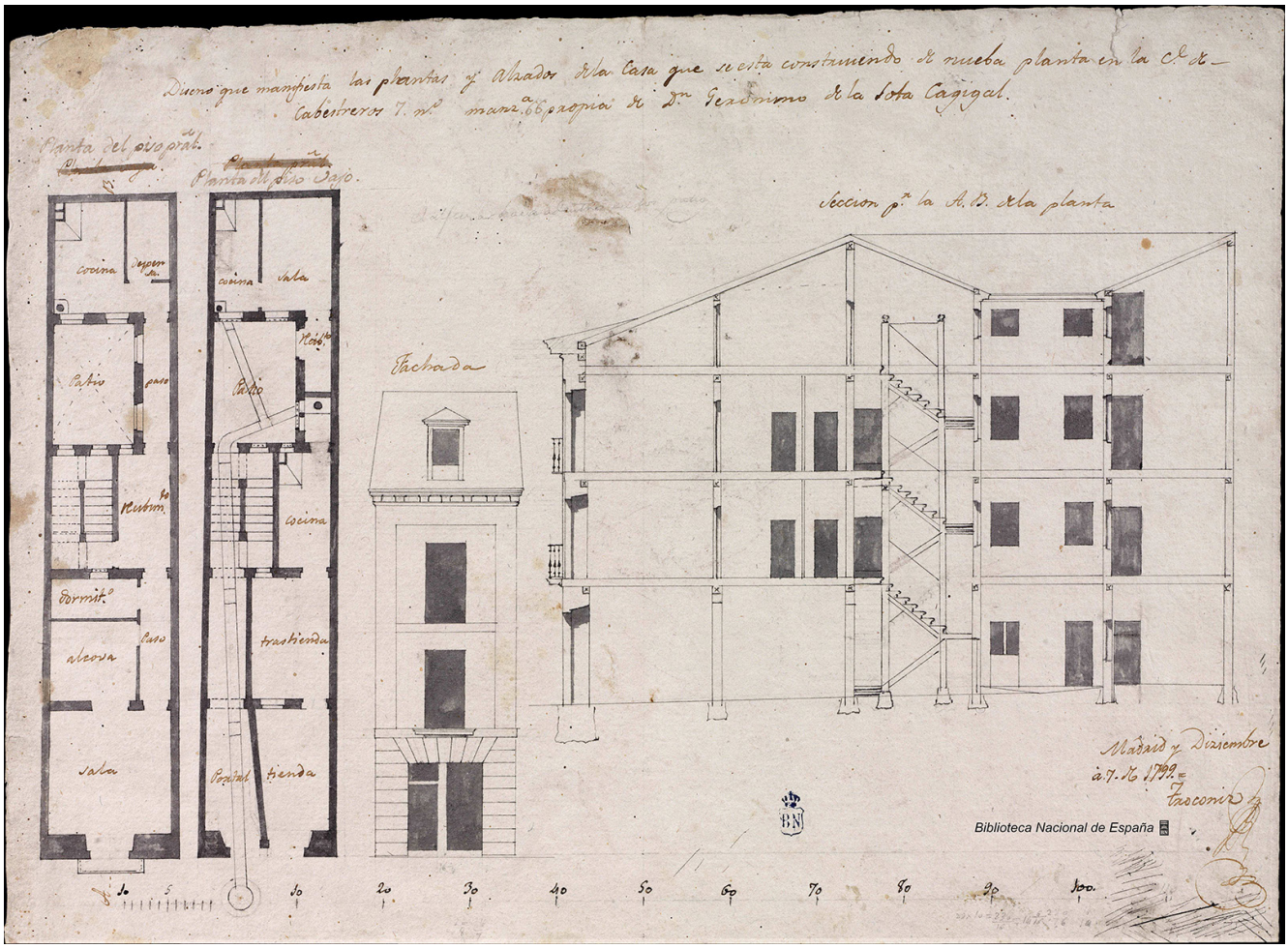


Figura 1. Vivienda en calle Cabestreros nº 7 de Madrid, con red horizontal de saneamiento y letrinas. 1799. (BNE)

su longitud sin espigas ni clavos que los sujeten en la base, o modificaciones que dejan la madera estructural en contacto con los suelos, etc.

2.2. Conocimientos y recomendaciones constructivas en el S. XIX

Los tratados de construcción de los siglos XVIII y XIX recomiendan soluciones eficaces para evitar los agentes xilófagos. En aquellas fechas no se conocía la biología de los xilófagos, pero sí algunos tratamientos preventivos aplicados en la industria, obras públicas y vías férreas (7), como la impregnación con productos químicos como la creosota y el quemado superficial de la interfase entre corteza y tronco, aunque no era frecuente su empleo en edificios de viviendas.

Entre las obras de conservación de los edificios estaba la de sustituir elementos de madera, utilizándose los métodos constructivos tradicionales que alargaban la vida útil de la misma (7). Los tratados técnicos recomendaban seleccionar las maderas, evitar el contacto con el terreno y limitar la humedad en la madera durante su vida útil, con un diseño adecuado a la situación del elemento constructivo. Estas dos estrategias permanecen en el CTE (8).

La selección de la madera se basaba en evaluar la cantidad y tamaño de los defectos presentes en las piezas (nudos, fendas, gemas, desviación de la fibra, etc.), criterios que se repiten desde el S. XVIII en todos los tratados (9). En el S. XIX ya hay algunos métodos para determinar la calidad de las maderas (10). En el caso de Madrid, la madera generalmente utilizada fue el pino (11), que se recomendaba fuera de Cuenca (12), pino laricio, en particular para piezas de gran escuadría (13).

En la bibliografía técnica del momento también es constante la mención a la colocación de la madera seca (14) y a los posibles defectos por el secado inadecuado de las piezas (15). En esta época, la madera, una vez secada al aire en los aserraderos, se conservaba en almacenes o *corrales* específicos para esta función (16).

También la construcción de sótanos era práctica común para evitar la humedad en las plantas bajas (17), entre otras razones. Desde las ordenanzas de Juan de Torija (18), se prescriben las ventanas de sótano para eliminar la humedad en estos espacios y ya desde mediados del S. XIX se aprecia en los textos técnicos una preocupación higienista desde la que se insiste en una buena ventilación de los sótanos (17). Desde el S. XVIII se incidía en evitar el contacto de la madera estructural con el terreno, para lo que recomendaban el uso de basas o citarones de, al menos, dos pies de altura (20, 21).

En las cubiertas fue constante recomendar un diseño que evitara las limahoyas, uno de los puntos que más problemas produce en las cubiertas de madera (16, 23).

En cuanto a las instalaciones, hasta finales de siglo los textos técnicos solo incidían en las bajantes de aguas pluviales,

prácticamente las únicas habituales entonces. Se recomendaban diferentes métodos para obtener una buena estanquidad en estos desagües. Aunque se preferían las bajantes vistas, se admitían las empotradas por cuestiones estéticas (13), o las alojadas en cajas en las de fachadas a calle (17). En los últimos años del siglo se daban indicaciones para las bajadas de aguas sucias, prescribiendo las mismas recomendaciones que se daban para las de pluviales (22). Cuando se comenzó a generalizar el suministro de agua a domicilio, en revistas técnicas se recomendaba dejar las conducciones vistas (23).

2.3. Incidencia del CTE en las intervenciones en edificios con estructuras de entramado de madera

El CTE DB SE-M (8) se aplica en España para verificar la seguridad de los elementos estructurales de madera. El CTE también hace referencia a las uniones tradicionales de los elementos resistentes de madera (aptdo. 4.6.1), y hace recomendaciones de diseño muy genéricas que obligan a conocer el sistema constructivo tradicional para actuar sobre la estructura, aunque no se utilice madera en la reparación (aptdo. 3.4 y 4.6).

En el Cº 2, *Bases de cálculo*, entre los factores que afectan al comportamiento estructural de la madera (aptdo. 2.2.2) están las tres *clases de servicio* que dependen de las condiciones de humedad relativa del aire a una temperatura de 20°C ±2°C. El valor de cálculo de las propiedades de la madera depende de un factor de modificación que, entre otras cosas, es función de la clase de servicio (Tabla 2.4. de 2.2.3). En esta tabla se asigna el mismo coeficiente a la madera maciza, laminada y microlaminada, que se consideran iguales a efectos de riesgo de ataques de agentes xilófagos (DB SE-M, Anejo A. Terminología).

En el Cº 3 *Durabilidad*, y aparte de la durabilidad natural de cada especie, el aptdo. 3.1.2 indica que «*la durabilidad de una estructura depende, en gran medida, del diseño constructivo*». En el aptdo. 3.2.1 prescribe protección preventiva en determinados casos que dependen de la *clase de uso* (hay cinco) de cada elemento estructural, así como en las obras de rehabilitación en las que se hubieran detectado ataques previos por agentes xilófagos. En función de la *clase de uso* prescribe la utilización o no de algún tipo de protección (tabla 3.1 del CTE). En cuanto a la protección preventiva frente a agentes meteorológicos (aptdo. 3.2.2) indica que la mejor protección es un buen diseño constructivo; también según la clase de uso prescribe la utilización o no de protecciones, con productos de poro abierto.

En el Cº **4** *Materiales*, el DB SE-M asigna una determinada *clase resistente* a la madera dependiendo de una clasificación visual por calidades para cada especie arbórea (aptdo. 4.1) y remite a su Anejo C. *Asignación de clase resistente*. La tabla C.1 de dicho anejo asigna la *clase resistente* y *calidad* a diferentes especies de diversa procedencia. Las maderas españolas contempladas son todas coníferas, como las utilizadas en Madrid durante los S. XVIII y XIX. Las normas de clasificación se indican en la tabla C.2 del mismo anejo conforme a la norma UNE 56.544:2011 *Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de coníferas*. Por último, el CTE también menciona las uniones tradicionales *también llamadas carpinteras o uniones por contacto* (aptdo. 4.6.1)

El Cº 11 *Ejecución* indica las condiciones que debe de cumplir la madera para su utilización. Se indica que se colocará seca y, en la medida de lo posible, con un contenido de humedad correspondiente al del equilibrio higroscópico de la madera en las condiciones ambientales de la obra acabada, con excepciones para obras de sustitución de piezas dañadas de estructuras existentes siempre que la madera pueda secarse hasta llegar a la humedad de equilibrio (aptdo. 11.1.1). No obstante, en el control de recepción en obra (aptdo. 13.1.2), indica que el contenido de humedad debe ser ≤20 %, salvo especificación en contra. El CTE enumera una serie de buenas prácticas para mejorar la durabilidad de la madera, dando indicaciones para el diseño de la estructura de madera, además de las prescritas para elementos de madera expuestos a la intemperie. Son: evitar el contacto con el terreno con una separación mínima de 20cm, colocar una barrera antihumedad, evitar arranques de soportes y arcos embebidos en hormigón o fábrica, ventilar las cabezas de las vigas embutidas en los muros con una separación mínima de 15mm entre madera y fábrica con un material intermedio, evitar uniones que acumulen agua, facilitar la rápida evacuación de agua en las cubiertas, y disponer sistemas de desagüe par las posibles condensaciones (aptdo. 11.1.2). Como vemos y en esencia, son las mismas condiciones tradicionales que recogían los tratados anteriores al S. XX.

3. TRABAJO DE CAMPO Y TOMA DE DATOS

El edificio que se presenta como caso de estudio se construyó en 1885 entre medianerías, con uso de viviendas y locales comerciales. Se describe la patología surgida como consecuencia de las alteraciones derivadas de una ampliación en planta, de 1905, y del aumento de la superficie útil de los locales comerciales cubriendo los patios en la planta sótano.

La documentación utilizada es amplia. La propiedad dispone de los planos de dos proyectos originales: el primero fechado el 28 de julio de 1883 firmado por D. Robustiano Godina, maestro de obras, con planos de distribución que correspondería a un «proyecto básico», y el segundo es un «proyecto de ejecución» que modifica al anterior fechado el 20 de abril de 1885; está firmado por D. Alfonso Gómez, D. Pedro Vázquez y dirigido por D. Robustiano Godina, y que es al que se ajusta lo construido. Se conservan también un plano de replanteo de las obras, y en el Archivo de la Villa un proyecto de ampliación firmado por el arquitecto D. Ignacio Aldama fechado el 5 de diciembre de 1905. El conocimiento constructivo del edificio se completa con la toma de datos para el levantamiento de planos y la realización de calas y reparaciones hechas en distintas intervenciones.

3.1. Condiciones constructivas originales

El sistema constructivo es el tradicional madrileño: entramados de madera en todos los muros excepto en el de fachada y muros medianeros en planta baja, que son de fábrica de ladrillo (Fig. 2), aunque, como era frecuente en la época, en la primera línea de carga paralela a fachada se usan soportes de fundición exentos en lugar de pies derechos y entramado de madera, como se diferencian gráficamente en los planos del proyecto (Fig. 3).

Los forjados son de viguetas de hierro. Las armaduras de la cubierta son de madera, excepto en el cuarto de poleas del ascensor que está cubierto con perfiles metálicos, en plano



Figura 2. Medianería tras la demolición del edificio colindante de la calle de Regueros (Los Autores).

rotulados como «*forma de hierro*». Esquemáticamente se dibuja en proyecto la estructura de cubierta y sus pendientes, en la que hay cinco limahoyas; en dos de ellas se colocan canalones de una longitud importante, los paralelos a las fachadas a calle (Fig. 4).

Los muros de sótano son de ladrillo. En los lugares donde se precisan huecos grandes para ventilación o para su uso como almacén, se alternan tramos macizos con vanos en los que se colocan uno o dos soportes de fundición diferentes a los de planta baja al no tener ornamentación. Los huecos que abren a los patios tienen un soporte de fundición a modo de parteluz excepto en la fachada sur del patio situado en la medianería oeste, la paralela a Fernando VI, que tiene un hueco de poca luz: la puerta de acceso al patio (Fig. 5).

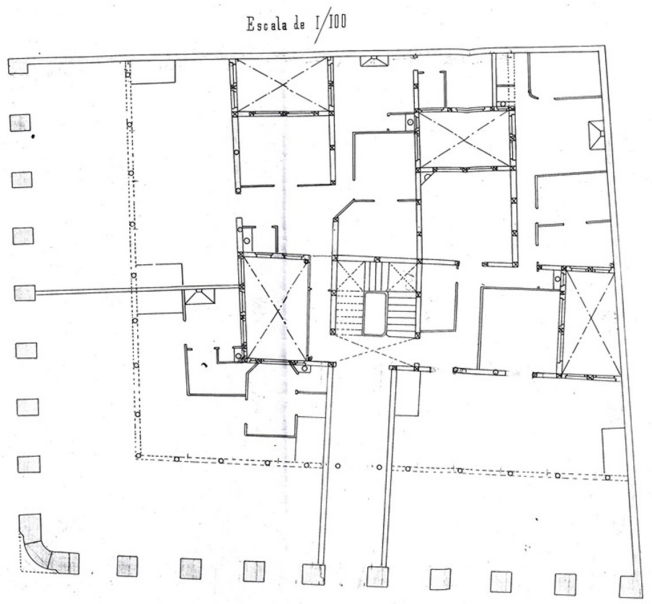


Figura 3. Planta baja del proyecto de 1885 (Propiedad).

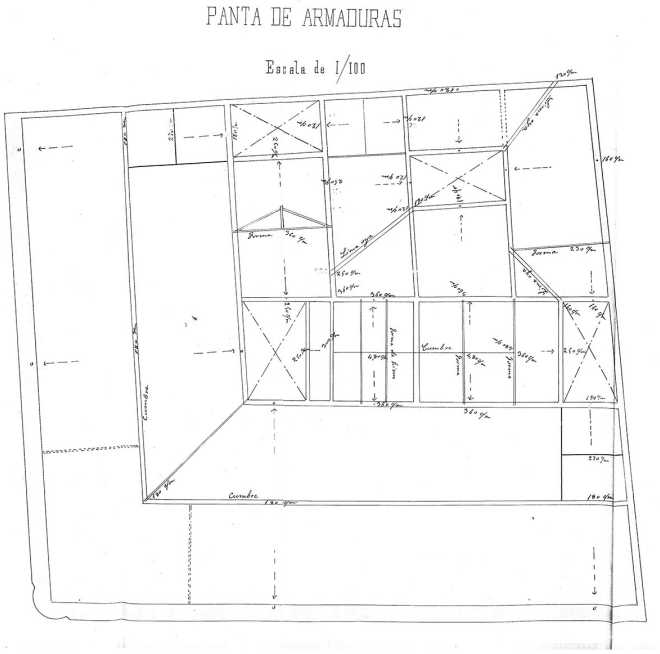


Figura 4. Planta de cubierta en el proyecto de 1885.(Prop.).

En el plano de replanteo se refleja un pozo de agua potable, la red horizontal de saneamiento y una acometida de alcantarillado. Desde su construcción, el Canal de Isabel II suministraba agua con presión suficiente para accionar un ascensor hidráulico (Fig. 5).

Las viviendas tenían retretes, excepto las situadas bajo cubierta que acudían al «común» situado junto a los trasteros. No todas las viviendas disponían de agua corriente; las que no, la tomaban de una fuente ubicada en el patio más próximo a la esquina de los dos muros medianeros. La conducción era de plomo sin empotrar y las bajantes de fundición con un sifón a pie de bajante, también de fundición. La red horizontal de saneamiento son atarjeas de fábrica de ladrillo macizo cubiertas con losas de granito (Fig. 5).

En los planos de detalle aparece el alzado de los pies derechos de una línea de carga desde el sótano hasta el inicio de la segunda planta, es uno de la primera crujía con soportes de fundición sobre los que apoyan las carreras, se dimensionan las alturas de los soportes, placas de apoyo y canto de las carreras, arranca de una basa de piedra de 40cm de altura embutida en la solera del sótano (Fig. 8).

3.2. Características constructivas del edificio vs. recomendaciones de la época

Lo construido coincide con lo proyectado, prácticamente. Los alzados actuales coinciden con los de proyecto excepto la cubierta (Fig. 6).

Este edificio fue uno de los primeros de viviendas con forjados de viguetas de hierro[1] doble T y entrevigado de botes cerámicos y yeso (25) (Fig. 7), que se siguen apoyando en las

[1] El uso del hierro en forjados de zonas húmedas y plantas bajas sobre sótanos se hace cada vez más frecuente desde mediados del S. XIX. En el Anuario de M. Monasterio de 1867 se recogen en los precios de los trabajos de hierro las «vigas doble T para luces de seis a nueve metros». En el de 1877, con más detalle y en su pg. 91, se da el precio de los perfiles doble T (100 a 220) «*de fabricación usual y con destino a armaduras y entramados horizontales de crujías de luz variable...*»

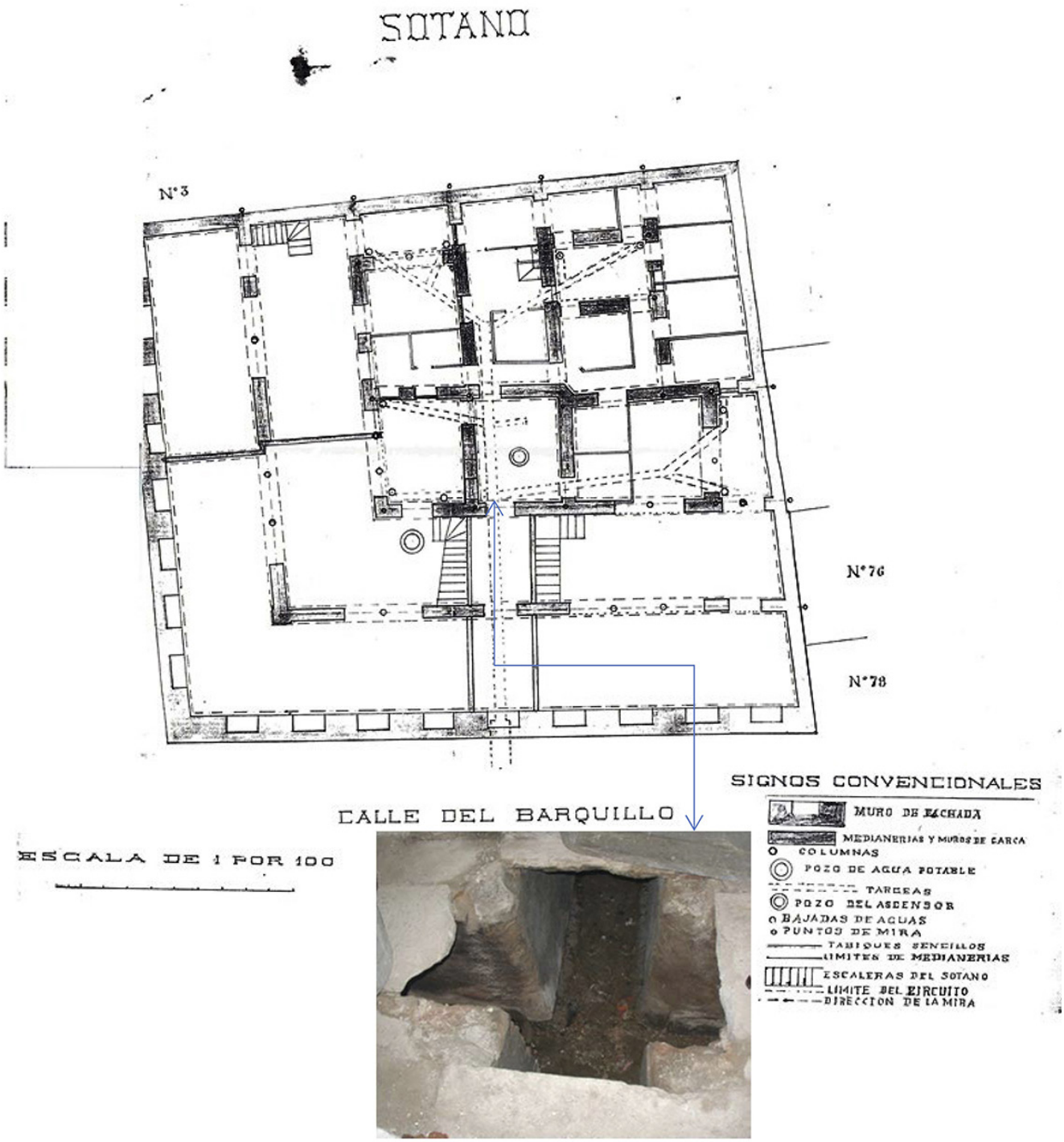


Figura 5. Plano de replanteo de obra, con la red horizontal de saneamiento y la situación de los pozos, el de agua y el del ascensor (Prop).

carreras de madera de los muros. En su construcción se siguen las recomendaciones de los tratados de la época, como se pueden ver en los tratados de Valdés y Rebolledo (10, 14). Una de las modificaciones que se hicieron en obra respecto al proyecto fue evitar colocar canalones en limahoyas: se prolongaron los faldones que vierten a las dos fachadas dejando solo tres limahoyas cortas sin canalones (Fig. 6 y 11).

Las cotas de los cantos de las carreras indican que los pies derechos de planta baja apoyan sobre vigas en cajón de hierro roblonado situadas a nivel de techo del sótano, en vez de en carreras de madera como en el resto de las plantas (Fig. 8).

El edificio carece de daños por variaciones dimensionales o formales de las piezas de madera, lo que nos indica que ésta, conforme a los tratados, se colocó seca. Habitualmente procedía de los corrales de madera madrileños y en Madrid la humedad máxima de equilibrio en lugares cubiertos y al aire libre abiertos es del orden del 16 % (26), menor que el prescrito por el CTE (≤ 20 %).

Tampoco hay daños por insuficiente capacidad mecánica de la madera, que es de pino. Si tomamos como referencia los criterios de la norma UNE 56544:2011 para el tamaño de los nudos y la desviación de la fibra (27). La calidad visual sería MEG, podría asignarse la clase C22.

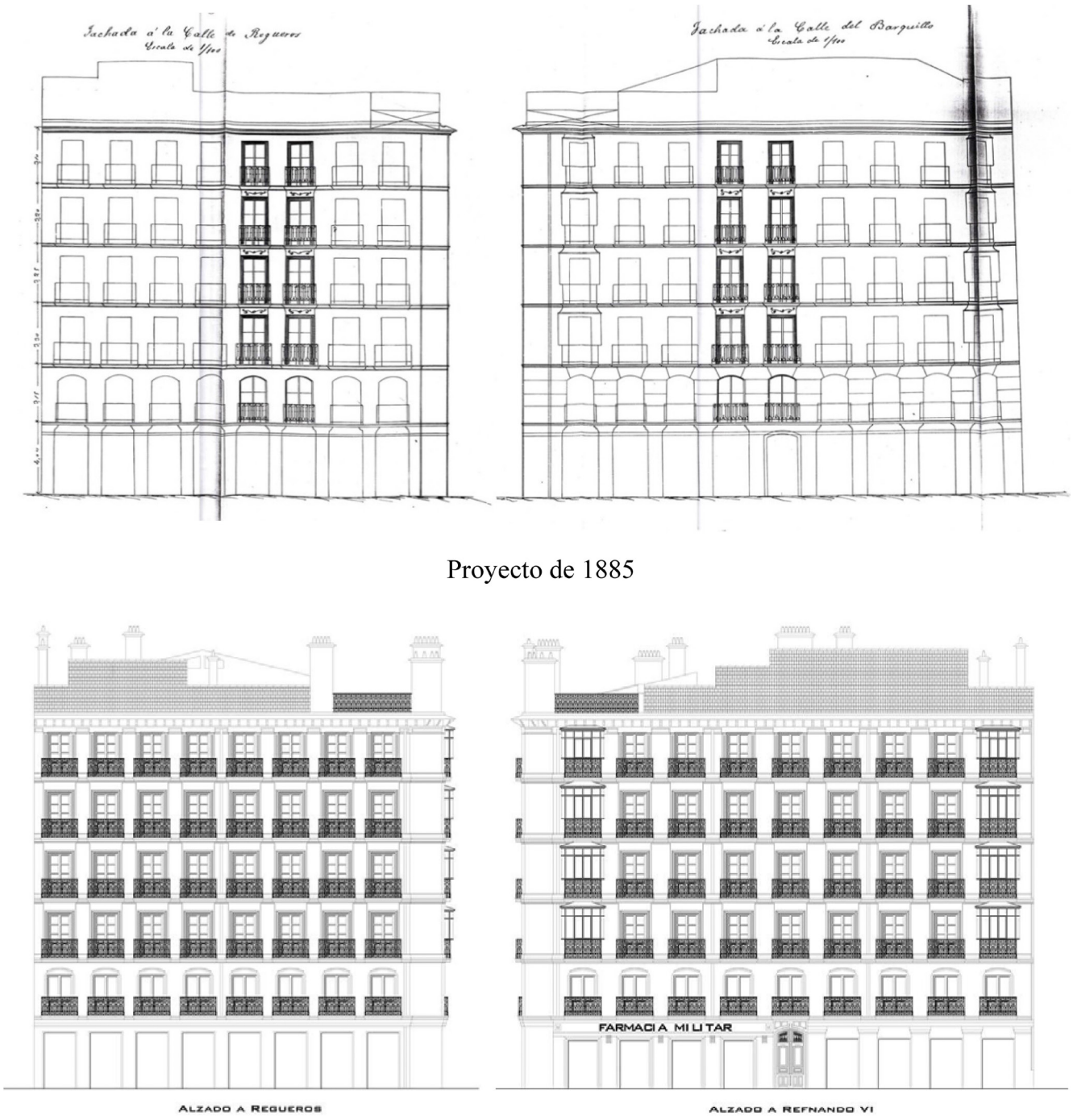


Figura 6. Alzados en proyecto de 1885 (Prop) y actuales (los Autores).

En la época era habitual vaciar el sótano solo en la primera crujía, pero en este caso se vació toda la superficie del solar y el nivel de los suelos de los patios era el del sótano, lo que servía para ventilarlo y evitar la humedad en planta baja. Además, los pies derechos de las fachadas a los patios y de los muros interiores arrancan de los muros del sótano, lo que les separa del terreno la altura de éste, de unos 3,70m. De forma análoga, los pies derechos de los muros medianeros parten del suelo de planta primera, como recomienda Arias y Scala en su texto, contemporáneo del edificio (24). La separación entre el terreno y el inicio de los pies derechos de los muros medianeros estaba en torno a 2,70m, cumpliendo sobradamente las recomendaciones de los tratados de la época (dos pies). Obviamente, no tiene la barrera hidrófuga que recomienda el CTE, pero la altura la compensa si el sótano y la planta baja se mantienen ventilados y se facilita la evaporación de posibles humedades ascendentes por capilaridad. Considerando los sótanos como trasteros, excluyendo la vivienda, se cumplen los requisitos de DB-HS, y había una buena ventilación cruzada entre los huecos de fachada y las ventanas y puertas a patios.

Las bajantes de aguas pluviales y sucias discurren sin empotrar por los patios. Las bajantes de pluviales en fachada están alojadas en cajas verticales en toda la altura de la fachada.

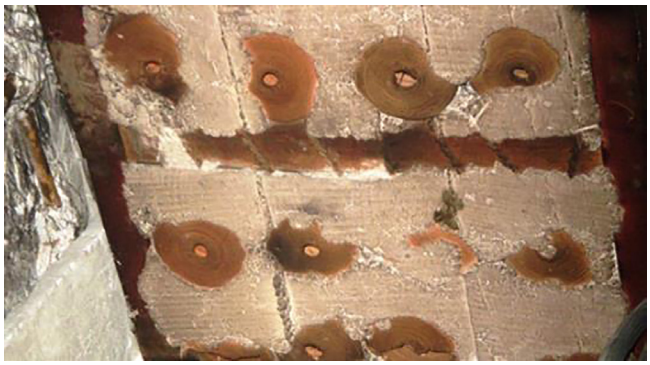


Figura 7. Forjado con viguetas de acero y entrevigado de botes cerámicos y yesos (los Autores).

Las ascendentes de la acometida de agua discurren vistas por los patios y las instalaciones de agua eran de plomo vistas; actualmente son de cobre aunque los ramales de acometida a los pisos son de diferentes materiales, cobre, hierro y varios se mantienen de plomo.

3.3. Ampliación de 1905 y modificaciones en la construcción original

En 1905 se amplió y modificó el edificio. La propiedad compró un solar colindante a la medianera derecha y amplió la planta original con un edificio con estructura de hierro roblonado y muros de carga; no intervino la madera estructural más que en la cubierta. También se aumentó la superficie del sótano y del patio que linda con la ampliación.

En proyecto se amplió el sótano uniéndolo al preexistente con un pasillo y manteniendo el patio con el nivel del suelo original, pero en obra se dejó el nuevo sótano independiente y se cubrió el patio para aumentar su superficie. Para agrandar aún más el sótano se cubrió el patio central, situado junta a la escalera, dejando el techo al mismo a nivel que la planta baja (Fig. 9).

Dos de los cuatro patios iniciales quedaron cubiertos en planta sótano. La cubrición se hizo con viguetas de acero apoyadas sobre las carreras en cajón roblonadas, miniadas y esmaltadas desde su construcción.

En planta baja, la ampliación formó un local independiente con acceso propio por la calle Pelayo unido al nuevo sótano. Además, la fachada trasera del local, al patio interior, se avanzó hasta la anterior línea medianera, de modo que el patio tiene dos niveles en el suelo: el de más superficie a nivel de techo de planta baja en la ampliación y el de menor superficie a nivel de techo de sótano en el edificio original (Fig. 10).

En las plantas de viviendas y bajo-cubierta se aumentó la superficie de una de las viviendas remodelando su distribución, y se modificó ligeramente y en correspondencia la cubierta original (Fig. 11). Se mantuvo la ubicación de las zonas húmedas del edificio, aunque se añadió un retrete en el edificio original junto al pasillo que une las dos áreas de la vivienda ampliada; se colocó una bajante vista en el patio medianero y se añadió un colector horizontal enterrado bajo el suelo del sótano para desaguar en la red horizontal del edificio original.

El edificio original cumplía con todas las recomendaciones de los tratados contemporáneos a su construcción, pero la ampliación y otras obras posteriores las desvirtuaron. La eliminación de las ventanas de los sótanos a los patios cubiertos y el cierre de las troneras de sótano a las calles dejaron a los sótanos prácticamente sin ventilación; uno carece totalmente de ella. Los pies derechos de las fachadas a los patios que se cubrieron quedaron en contacto con el suelo de éstos, sin basas ni ningún otro elemento de separación.

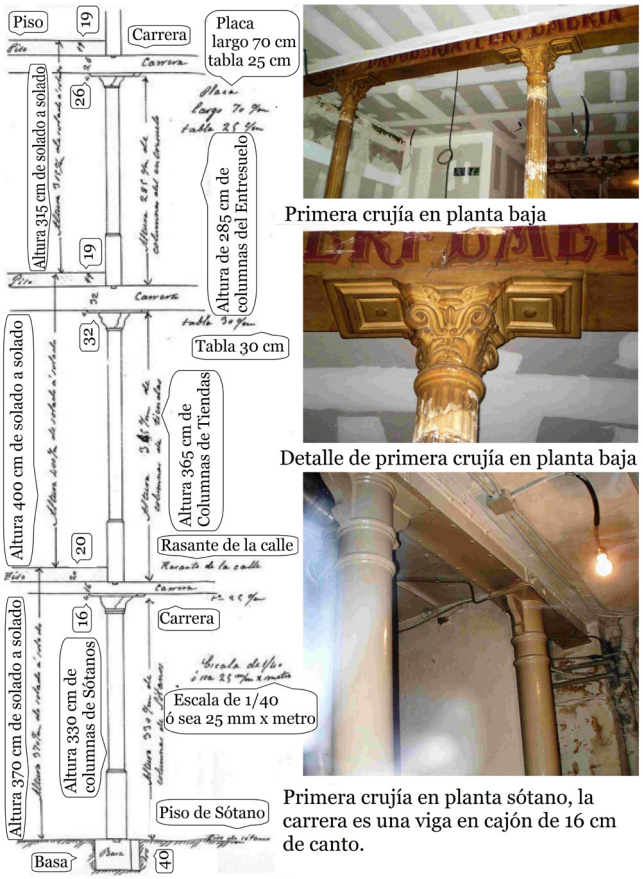


Figura 8. Detalle de una línea vertical de carga en el proyecto de 1885 (Prop.) y estado actual (Los Autores).

Posteriormente, en otras reformas, se fueron empotrando las conducciones de agua en las reformas de baños y cocinas.

3.4. Daños en elementos estructurales de madera

A finales del siglo pasado el edificio presentaba tres tipos de ataques xilófagos cuya ubicación en las fachadas de los patios se indica en la figura 12, son: termes, coleópteros (hylotrupes b.) y pudrición parda (cúbica).

Los detallamos a continuación:

1º.- Termes

Afectaba a tres zonas y, aparentemente, las termitas están inactivas desde 2001.

A. La primera zona era la base de un pie derecho en planta baja situado en la esquina suroeste del patio anejo a la escalera (Fig. 13), junto al retrete de la vivienda de portería. El ataque era muy limitado, poco profundo y con una extensión que no llegaba al metro de longitud, aunque coin-

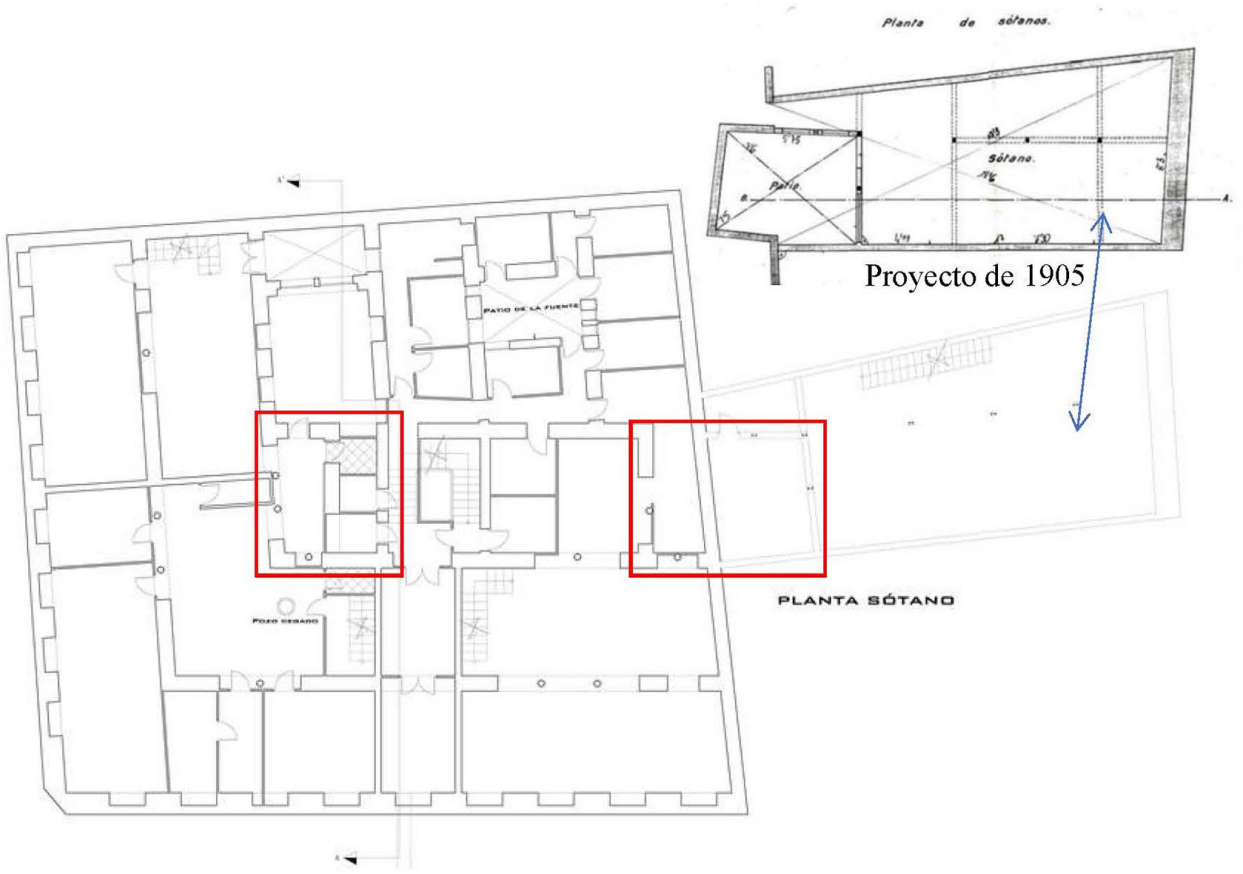


Figura 9. Estado actual, se trama la ubicación de los baños y se indican los patios cubiertos (los Autores).

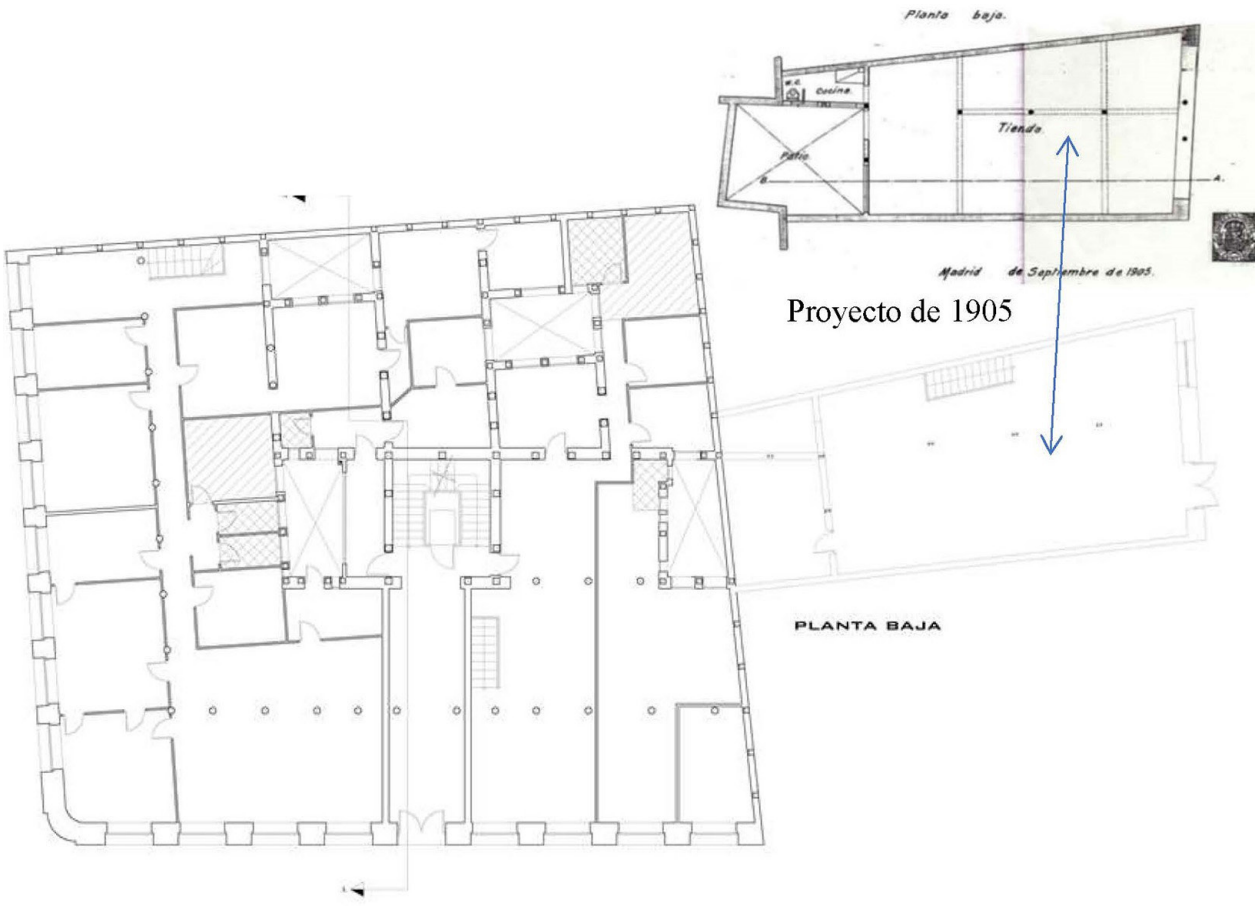


Figura 10. Estado actual, se trama la ubicación de baños y cocinas (los Autores).

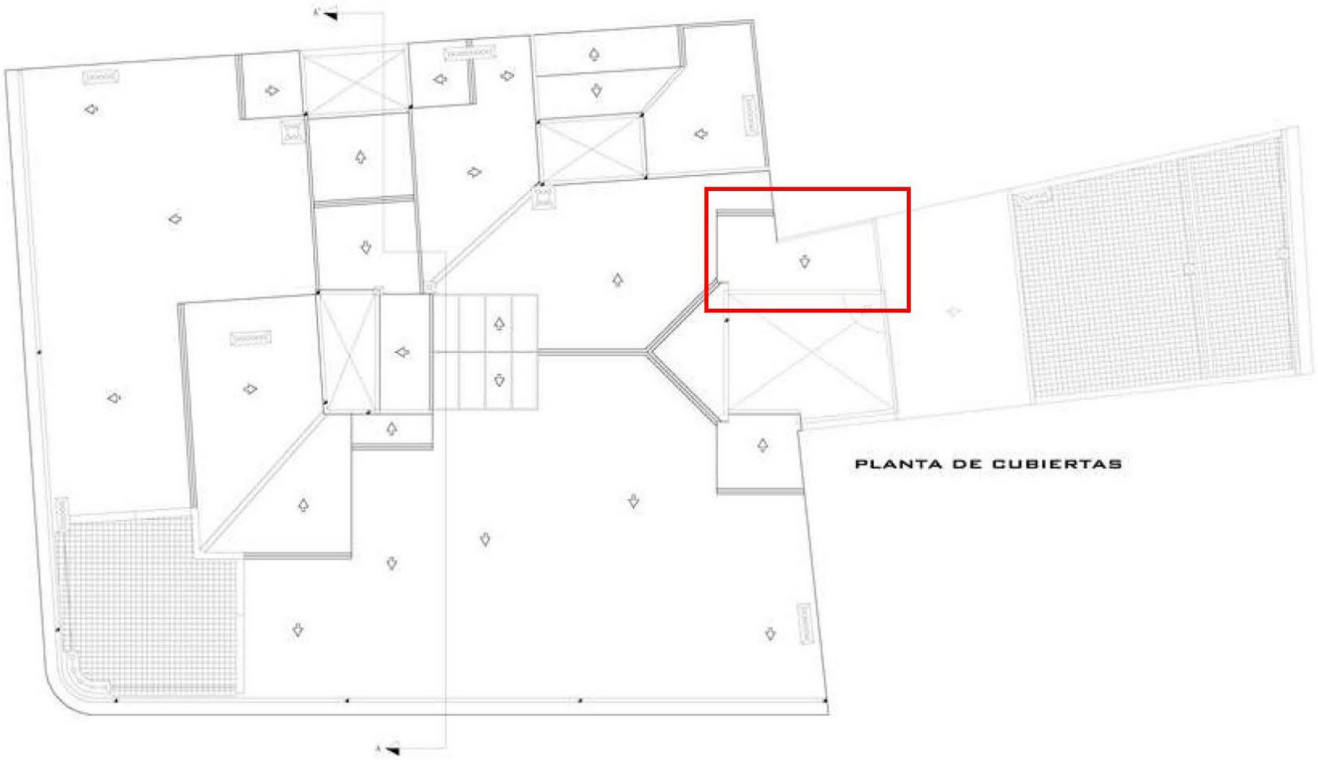


Figura 11. Cubierta, estado actual (los Autores).

cidía con la presencia de coleópteros y pudrición cúbica. En esta zona se habían tabicado los huecos entre los soportes de fundición dejando solo una puerta para comunicarlo con el resto, y el sótano estaba muy dividido por tabiques que evitaban las corrientes de aire y formaban recintos muy pequeños, entre ellos un aseo, un lavadero y dos trasteros; todas sus paredes tenían humedad. Actualmente se han demolido los tabiques y al quedar el sótano diáfano se han secado las paredes; se mantiene la ventilación a uno de los patios, aunque se han cerrado parte de las ventanas del sótano.

B. Otra zona eran los pies derechos de la esquina noroeste del patio de la fuente, desde la planta baja hasta el techo de planta tercera (Figs. 14, 15 y 19). Esta zona está junto a las cocinas y aseos de las viviendas que dan al patio de la fuente y al patio situado en la medianería paralela a la calle Pelayo que tiene el sótano cubierto. Son las zonas húmedas peor mantenidas durante décadas, con signos de humedad constante en paredes y techos, y sobre el área más húmeda de la parte del sótano situado a la derecha del portal que no tiene ventilación desde que se cubrieron los patios. El ataque, en planta baja, estaba localizado en un pie derecho, pero se extendía por su zapata y por las carreras laterales en una longitud de un metro, aproximadamente. Aun así, las piezas conservan bastante sección de madera sana; la zapata estaba aplastada, pero se reparó mediante prótesis beta.
En esta zona observamos unas consolidaciones de la madera estructural anteriores a 2001, todas ellas mediante refuerzos de acero (Fig. 14). En primera y segunda planta se reforzó el pie derecho con acero, y en ésta también la carrera. En ambos casos no se reemplazó la madera degradada. Todas las piezas tienen además pudrición cúbica, que en el dintel de la ventana del aseo del primero obligó a que se hiciera una prótesis de acero por pérdida de sección original.
En 2004, en planta tercera hubo que sustituir el pie derecho, prácticamente desaparecido, por otro de madera, actualmente está sin daños (Fig. 15). Como en las otras plantas, las termitas se expandieron por la carrera en una longitud muy pequeña: por la cara superior y con poca profundidad. La merma de resistencia se debía a pudrición cúbica, principalmente. También en 2004 se colocaron prótesis en la esquina del patio porque las carreras que apoyaban sobre el cornijal habían perdido su sección en unos 40 cm.

C. La tercera zona estaba en la planta baja de la fachada al patio de Pelayo y en el perímetro del aseo (antiguo retrete) en dos pies derechos, no tienen mucha longitud. En el mismo lugar hay un pie derecho cortado y retacado con anterioridad a 2001. Están apoyados a nivel del suelo del patio cubierto sobre el sótano carente de ventilación.

2º.- Coleópteros (Hylotrupes bajulus)

Hay varios ataques muy localizados en diferentes piezas, pero inactivos al estar todos en madera de la época de construcción del edificio. En el patio de Regueros en dos pies derechos de distintas fachadas, en el local situado junto al número 10 de Fernando VI y en el tercero izquierda.

3º.- Pudrición cúbica o parda

Es el daño más extendido en el edificio, siendo responsable de prácticamente la totalidad de las lesiones estructurales existentes. Las áreas más dañadas son:

- La fachada norte del patio de la fuente, concretamente la esquina noroeste, junto a un retrete y a la cocina y fregaderos de los pisos izquierda.
- La esquina sureste del patio anejo a la escalera, donde también coinciden retretes y fregaderos.



Figura 12. Distribución de los ataques por xilófagos, todas las zonas húmedas abren a los patios y la mayor parte de las lesiones están en sus fachadas. Amarillo: larvas de coleópteros; Rojo: termes; Verde: hongos de pudrición (los Autores)

- La fachada sur del patio de la fuente, junto al retrete, cocina y cuarto de baño de las viviendas derecha.

El CTE también dice que la durabilidad de una estructura depende, en gran medida, del diseño constructivo. La cubierta se construyó ajustándose en lo posible a las recomendaciones técnicas de la época, pero su geometría no pudo evitar tres limahoyas. Junto a las tres únicas bajantes situadas en los rincones de los patios en los que confluyen limahoyas, ha habido humedad y pudrición, lo que ha obligado a reparaciones puntuales (Fig. 16). En esos puntos ha habido filtraciones de agua, a pesar de que la cubierta se ha mantenimiento adecuadamente. Solo ha habido otra área con filtraciones: el lucernario de perfiles metálicos.

Excepcionalmente, en el quinto piso apareció pudrición en un pie derecho y en la carrera apoyada en él. Su causa fue la filtración por una chimenea, la única que ha dado problemas y que está próxima a una de las limahoyas (Fig. 17).

Todos los arranques de los pies derechos de las fachadas a estos dos patios presentan pudriciones, dos de ellos tuvieron termitas (Fig. 18)

4. ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Como vimos, el CTE indica que la durabilidad de la madera depende de la *clase de uso*, a su vez supeditada al grado de humedad de la madera durante su vida útil. Coincide con los



Figura 13. Ataque termítico combinado con pudrición cúbica y coleópteros en base de pie derecho del patio anejo a la escalera (los Autores).



Figura 14. Reparación con acero dejando la madera degradada sin tratar, pudrición (los Autores).



Figura 15. Sustitución de pies derechos con madera (los Autores).

tratados del S. XIX en los que también es constante la preocupación por evitar ambientes húmedos para la madera (24 y 28). En el CTE, la *clase de uso 1* corresponde a ambientes interiores generales del edificio, y la *clase de uso 2* a cuartos de baño y cocinas. El CTE prescribe protección superficial para la *clase de uso 2*. En la época de construcción del edificio ya se conocían varios sistemas de protección química para la madera, pero no se utilizó ninguno en nuestro edificio, como era habitual en edificios residenciales.

El edificio está situado en una parcela con abastecimiento de agua (pozo) y alcantarillado desde el S. XVIII (29). Además, y desde su construcción, tiene acometida del Canal de Isabel II (30). Las viviendas tenían retretes, aunque no todas agua corriente. Las bajantes de aguas pluviales y sucias discurren sin empotrar por los patios, como recomiendan los tratados técnicos coetáneos, o alojadas en cajas las de pluviales en fachada a calle. En cualquier caso, en las fachadas no hay más elementos de madera que los cargaderos de las ventanas y las carreras interiores.

Las ascendentes de agua discurren sin empotrar por los patios. Las tuberías de plomo en baños, cocinas y desagües de aparatos también estaban vistas, pero en sucesivas reparaciones se fueron sustituyendo progresivamente por otras de hierro o de cobre, empotrándolas en algunos casos. Como es habitual en estos edificios, la precariedad y la falta de renovación de las instalaciones originales, o su ampliación manteniendo algunos tramos y los manguetones de los retretes, así como el empotramiento de las instalaciones interiores en los muros (inicialmente vistas), han llevado a los elementos de madera cercanos a un ambiente constantemente húmedo durante décadas, alcanzando así el contenido de humedad necesario para la proliferación de hongos de pudrición.

La madera estructural con pudrición está en las zonas húmedas. El resto del entramado de madera, construido sin que ningún elemento estructural quedara a por debajo que el suelo de planta baja, no tienen ningún daño. En la construcción original se aplicaron soluciones constructivas acordes con las recomendaciones de los tratados.

En los dos patios que se cubrieron, los pies derechos de planta baja quedaron con las carreras de apoyo bajo el nivel del suelo y con su pie expuesto a la humedad. En todos ellos hay pudriciones intensas. Hay diferencias entre los dos patios cubiertos. El de la escalera sirve a la vivienda de portería y se ha mantenido limpio; los daños son mucho menores que en el otro patio, donde los arranques de los pies derechos han estado en una zona sin acceso directo desde ningún local y con un mantenimiento muy deficiente (Fig. 18). A este patio solo se podía acceder por la ventana de un local destinado a bar hasta los primeros años del S. XXI, es más angosto y, además, recibe el agua del nivel del suelo más elevado.

De los tres ataques de termitas, uno es mínimo, como vimos. Es el de la zona «A», que afecta al pie derecho del patio de la escalera (Fig. 13) y coincide sobre la zona más húmeda del sótano, a la izquierda del portal, que es la única sin ventilación. El resto de este sótano mantuvo las ventanas de sótano abier-



Figura 16. Pies derechos sustituidos por hongos de pudrición junto a dos bajantes a las que vierten limahoyas (los Autores).



Figura 17. Pudrición debida a la falta de estanqueidad en una chimenea (los Autores).



Figura 18. Bases de los pies derechos en el patio cubierto de Regueros (los Autores).



Figura 19. Lesiones por termitas y hongos de pudrición en entramado de planta tercera (los Autores).

tas y el área situada en torno al patio de Regueros conservaba la ventilación cruzada manteniéndose seco. Todos los pies derechos de los muros que delimitan el patio de la escalera tienen sus arranques con pudrición. Los otros ataques en las zonas «B» y «C» (Fig. 19), igualmente mal mantenidas, húmedas y sobre el sótano carente de ventilación desde que se cubrieron los patios.

La colonización por termitas se favorece por los ambientes húmedos y mal ventilados (31). Aquí empieza su acceso, desde la zona más húmeda del sótano, y sube por los pies derechos situados junto a las bajantes para avanzar horizontalmente por las carreras sobre las que hay colocados fregaderos o aseos desde la construcción del edificio.

En general, las obras que desvirtúan la solución constructiva son difícilmente reversibles. Recuperar ahora el nivel de suelo de los patios supondría una pérdida de superficie en los locales difícil de asumir por la propiedad, por lo que se optó por realizar prótesis de resinas epoxídicas, con altura mínima de 50cm, en las bases de los pies derechos afectados. Estas prótesis son impermeables y aíslan la madera del suelo, y cumplen la función de una basa. También se abrieron algunas ventanas de sótano cegadas.

Las pudriciones solo aparecen en las zonas humedecidas por la mala conservación de las instalaciones hidráulicas o por la humedad del suelo de los patios que se cubrieron, y en los que los arranques de los pies derechos quedaron en contacto con el suelo.

5. CONCLUSIONES

Los daños más extensos son las pudriciones en zonas húmedas, como es habitual en estos edificios, en general debido a la mala conservación de las instalaciones hidráulicas. También afectan a los pies derechos que quedaron en contacto con los suelos de los dos patios cubiertos y, en la cubierta, a los tres únicos puntos donde no se pudieron evitar las limahoyas (Fig. 16).

Las termitas aparecen concentradas en tres zonas del edificio. Afectadas por las modificaciones que dejaron las bases de los pies derechos de las fachadas a los patios cubiertos en contacto con el suelo y sobre ambientes húmedos. Estas zonas quedaron con humedad constante por la cubrición de los patios y por la eliminación de la ventilación.

Hay situaciones en las que se han podido revertir los cambios para recuperar las condiciones originales: abrir las ventanas de sótano a las fachadas, recuperar su ventilación, y renovar las instalaciones obsoletas de baños y cocinas de forma que se eviten las condensaciones en su superficie. Sin embargo, no es viable abrir en el sótano los patios cubiertos; son muchos metros cuadrados útiles en una de las zonas más caras de Madrid, aunque se pueden ventilar con extracción forzada mecánicamente o natural mediante chimeneas.

Las bases degradadas de los pies derechos del entramado en torno a los patios cubiertos se han sustituido por prótesis de resinas epoxidicas en una longitud que supera en todos los casos los 50 cm. recomendados en los tratados formando así una basa.

En definitiva, allí donde se desvirtuaron las soluciones constructivas originales y se contravinieron las recomendaciones de los tratados técnicos de la época, han aparecido daños en la madera. Donde se mantuvieron las condiciones originales, no. Los elementos de madera sustituidos por otros, también de madera, unos encolados y otros de madera aserrada, se mantienen sin lesiones de ningún tipo estando en una cocina con las instalaciones renovadas, como hemos comprobado en inspecciones posteriores a su intervención.

REFERENCIAS

(1) García Navarro, J.; De la Peña Pareja, E. (1998). El cuarto de baño en la vivienda urbana. Una perspectiva histórica. Ed. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. Madrid, 2001.
(2) Canal de Isabel II. (1855) Anteproyecto de la distribución de sus aguas en el interior de Madrid. Imprenta, fundición y librería de D. Eusebio Aguado. Madrid. Accesible en: https://bibliotecavirtualmadrid.comunidad.madrid/bvmadrid_publicacion/es/consulta/registro.do?id=76
(3) Valera y Jiménez, T. (1887) El Cuarto de baño. Revista de la Sociedad Central de Arquitectos. 30 de diciembre de 1887. Establecimiento tipográfico de G. Juste. Pág. 286. Accesible en: http://hemerotecadigital.bne.es/pdf.raw?query=parent%3A0003191001+type%3Apress%2Fpage&name=Revista+de+la+Sociedad+Central+de+Arquitectos+(Madrid.+1882).+30-12-1887
(4) Código Técnico de la Edificación. Parte I. Capítulo 1. Disposiciones Generales. Ed. abril de 2009. Accesible en: https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-M.pdf
(5) LEY 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. B.O.E. de: 6-noviembre de-1999
(6) Ordenanza Municipal de Tramitación de Licencias Urbanísticas (OMTLU). Anejo 2, 2.1.12. BO. Comunidad de Madrid 07/01/2005 núm. 5 pág. 99-116
(7) Iglesias Gutiérrez del Álamo, M.; Lasheras Merino, F.; Maldonado Ramos, L. (2016). El conocimiento de los agentes xilófagos y las medidas de prevención en los tratados de construcción de los S. XVIII Y XIX. REHABEND 2016, EuroAmerican Congress, Burgos, 24 a 27 de mayo de 2016. Code 1.1.05, pp. 28-35.
(8) Código Técnico de la Edificación. Documento Básico SE-M DB SE-M. Seguridad estructural Madera. Ed. abril de 2009.
(9) Ardemans, T. (1719). Declaración y extensión sobre las ordenanzas que escribió Juan de Torija. Francisco del Hierro. Madrid. Accesible en: https://books.google.es/books?id=VigYSDE1bfoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
(10) Valdés, N. (1870). Manual del ingeniero y del arquitecto. 2ª edición. Imprenta de Gabriel Alhambra. Madrid. Accesible en: http://biblioteca.aq.upm.es/fondoantiguo/Valdes.htm
(11) Brizguz y Bru, A. G. (1738). Escuela de arquitectura civil. Oficina de Joseph Thomas Lucas. Valencia. Accesible en: http://www.cehopu.cedex.es/img/bibliotecaD/1738_A_G_Brizguz_y_Bru_Escuela_de_arq_civil.pdf
(12) Pardo, M. (1885). Materiales de construcción. Imprenta y fundición de Manuel Tello. Madrid. Accesible en: http://biblioteca.aq.upm.es/fondoantiguo/Pardo.htm
(13) Marcos y Bausá, R. (1879). Manual del albañil. 3ª edición. Biblioteca Enciclopédica Popular Ilustrada. Madrid. Accesible en: https://tratadistas.files.wordpress.com/2017/11/1879_ricardo_marcos_y_bausa_manual_del_albanil.pdf
(14) Rebolledo, J A. (1875) Construcción General. Imprenta y fundición J. Antonio García. Madrid. Accesible en: http://bibliotecadigital.jcyl.es/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=10124206
(15) Monasterio, M. (1867). Anuario de construcción. Imprenta de José M. Ducazal. Madrid. Accesible en: https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=ucm.5309201228&view=1up&seq=5
(16) Fray Lorenzo de San Nicolás. (1663). Segunda parte del arte y uso de architectura. Petrus a Villafranca. Madrid. Accesible en: http://www.sedhc.es/biblioteca/tratado.php?ID_pubD=35
(17) Portuondo y Barceló, B. (1877). Lecciones de arquitectura, 2ª parte. Imprenta del Memorial de Ingenieros. Madrid. Accesible en: http://biblioteca.aq.upm.es/fondoantiguo/Portuondo.htm
(18) De Torija, J. (1661). Tratado breve, sobre las ordenanzas de la Villa de Madrid, y policía de ella. Imp. Pablo de Val. Madrid. Accesible en: http://www.sedhc.es/bibliotecaD/1760_J_de_Torija_Tratado_de_las_ordenanzas_Madrid.pdf
(19) García López, M. (1898) Manual del carpintero y del ebanista o carpintería de armar, de taller y de muebles. Tomo 1, 2ª parte. Hijos de Cuesta editores. Madrid. Accesible en: http://bdh-rd.bne.es/viewer.vm?id=0000134994&page=1
(20) Rieger, Ch. (1763). Elementos de toda la arquitectura civil. Imp. Joaquín Ibarra. Madrid. Accesible en: http://www.sedhc.es/biblioteca/tratado.php?ID_pubD=23
(21) Perier Gallego, P. (1853). Tesoro de albañiles o Guía Teórico-Práctico-Legislativa de albañilería. Imp. Antonio Martínez. Madrid. Accesible en: http://bibliotecadigital.jcyl.es/fr/consulta/registro.cmd?id=22639
(22) Ger y Lobez, F. (1898). Tratado de construcción civil. Establecimiento tipográfico La Minerva Extremeña. Badajoz. Accesible en: http://www.sedhc.es/biblioteca/tratado.php?ID_pubD=31
(23) Rivoalén. E. (1882) El agua a domicilio. Revista de la Sociedad Central de Arquitectos 20 de octubre de 1882.
(24) Arias y Scala, F. (1893). Carpintería antigua y moderna. 3ª edición. F. Nacente. editor. Barcelona.
(25) Page Albareda, E. Suelos de vigas de hierro. Revista de obras públicas, año 1883, tomo I. Accesible en: http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1883/1883_tomoI_1_01.pdf
(26) Código Técnico de la Edificación. Documento Básico SE-M. Seguridad estructural. Madera. Ed. abril de 2009. Anejo F. Valores orientativos de la humedad de equilibrio de la madera, con uso en exterior protegido de la lluvia.
(27) Arriaga Martitegui, F., Íñiguez González, G., Esteban Herrero, M., Bobadilla Maldonado, I. (2007). Madera aserrada de gran escuadría para uso estructural y sus particularidades. Informes de la Construcción, Vol. 59, 506, 29-41. https://doi.org/10.3989/ic.2007.v59.i506.505
(28) Plá y Ravé, E. (1880). Tratado de maderas de construcción civil y naval. Imp. Aribau y Cª. Madrid. Accesible en: http://biblioteca.aq.upm.es/fondoantiguo/Pla.htm
(29) Pinto Crespo, V., Gili Ruiz, R., Velasco Medina, F. (2015). Historia del saneamiento de Madrid. Fundación Canal. Madrid. Accesible en: http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM019290.pdf

(30) Gaceta de Madrid. Canal de Isabel II, Sección de distribución y alcantarillas, relación de obras ejecutadas y gastos correspondientes a este mes Nov. 1862 pág.4, Enero 1863 pág. 2, Agosto 1863. pág. 2.
(31) Arriaga Martitegui, F., Peraza Sánchez, F., Esteban Herrero, M, Bobadilla Maldonado, I., García Fernández, F. (2002). Intervención en estructuras de madera. AITIM. Madrid.

* * *