

INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MADERA. EJEMPLO DE UN EDIFICIO EN UN CENTRO URBANO

INSPECTION OF A TIMBER STRUCTURE: AN EXAMPLE IN A BUILDING DOWNTOWN.

Francisco Arriaga, Miguel Esteban e Ignacio Bobadilla

Resumen

Este artículo presenta el proceso de inspección de la estructura de madera de una edificación en un centro urbano. Se trata de una inspección detallada que permite conocer el estado de la madera en cada local de una manera detallada. Se describe la patología de origen biótico y se proponen las medidas de actuación. Su finalidad es servir de guía a modo de ejemplo, en actuaciones de inspección y evaluación de la estructura de madera.

1. Introducción

Este artículo recoge un ejemplo de inspección de la estructura de madera de un edificio situado en el casco histórico de un pueblo de la Comunidad de Castilla y León. No se incluyen los detalles de localización porque procede de un informe de inspección real y es necesario preservar la privacidad de los datos.

Este ejemplo, junto con otros, forma parte de un capítulo de la publicación "Intervención en Estructuras de Madera" de AITIM (Arriaga et al. 2002), en la que se recoge la experiencia práctica acumulada gracias al trabajo realizado a lo largo de los últimos 20 años realizando intervenciones en edificios con estructura de madera.

Cada ejemplo es expuesto a modo de ficha en la que se recogen los aspectos fundamentales, estructurados de la misma forma que para la redacción de un informe. De esta manera, la documentación expuesta puede servir de referencia para el técnico que busca información de un tipo concreto de edificio, una obra, una patología, etc.

Summary.

This article presents the inspection process of the timber structure of a building downtown. It is an example of a detailed inspection that allows evaluating the state of timber in a precise way. Biotic pathology is described and measures are proposed for rehabilitation. Its aim is to give a guide for inspection and evaluation of timber structures.

1. Introduction.

This article compiles an inspection example of timber structure in a building located in the centre of a small town from Castilla y León. Location details are not given because it comes from a real inspection reference and it is compulsory to protect the data privacy.

This example, among others, is part of a published chapter "Intervention in wooden structures" from AITIM (Arriaga et al. 2002). This article describes the practical experience formed by many interventions in timber structure buildings in the last twenty years.

Each example is exposed in summary cards collecting basic aspects and composed in the same compilation form as a report. In this way, the exposed documentation can be a reference for the technical expert who is looking for some specific building information, a work, pathology, etc.

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

A. 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.

B. Inspección:

- existencia de planos y otra documentación previa,
- accesibilidad,
- número de visitas necesarias,
- medios disponibles para la inspección,
- limitaciones a la inspección.

C. Patología de origen biótico:

- zonas inspeccionadas,
- identificación de los daños,
- estimación de la gravedad de los daños,
- análisis de las posibles causas.

D. Peritaje estructural:

- toma de datos: dimensiones, luces, calidad, especie,
- flechas y deformaciones,
- otras lesiones,
- bases de cálculo: clase de servicio, clase resistente, acciones, etc.,
- resultado de cálculo: índices de agotamiento y deformaciones.

E. Conclusiones:

- valoración del estado actual,
- necesidad de medidas de actuación.

F. Medidas de actuación frente a la patología de origen biótico.

G. Medidas de carácter estructural.

The information included in each summary card, is basically as follow:

A. Background:

- *approximated location,*
- *first damage detection and alarm,*
- *general proposal and purpose,*
- *general description: building type, age, number of floors, construction type, current usage.*

B. Inspection:

- *existing plans and other previous documentation,*
- *accessibility,*
- *number of visits required,*
- *available means for inspection,*
- *inspection limitations*

C. Biotic origin pathologies:

- *inspected areas,*
- *damage identification,*
- *damage estimation,*
- *analysis of possible causes.*

D. Technical specialist structural report:

- *data collection: dimensions, span, quality, species,*
- *deflections,*
- *other damages,*
- *basis of design: service class, strength class, actions, etc.*
- *design results: stress level index and deflections*

E. Conclusions:

- *current status evaluation,*
- *needed actions.*

F. Intervention measures towards biotic origin pathologies

G. Structural measures.

2. Antecedentes

El edificio que es objeto de este ejemplo fue construido hacia 1850 y consta de un local comercial en planta baja y una vivienda en las plantas superiores. Se encuentra alineado y es colindante con otras edificaciones conformando una plaza de la localidad, figura 1. Dos años antes de iniciarse esta inspección, en la primera planta se había producido la salida de un vuelo en enjambre de termitas procedentes de la parte baja de las paredes de la cocina. Esta fue la causa que motivó la necesidad de realizar un informe con el objeto de conocer el estado de la estructura de madera.

En la edificación se distinguen dos cuerpos de diferente época, figura 2. 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.

2. Background

The building explained in this example was built near 1850 and consists of a business space in the ground floor and one apartment in the first floor. It is aligned and adjacent to other buildings giving shape to the main square of the town, figure 1. Two years before the inspection, on the first floor, a termite colony had flown out from the bottom of the kitchen walls. This is the reason for the need of a report in order to know the state of the timber frame.

In the building, two sections from different time periods can be found, figure 2. The first and original one faces the square. The second, from later time, is an added section to the rear façade with lower construction quality.



Figura 1. Vista general de la fachada principal del edificio.
Main façade.

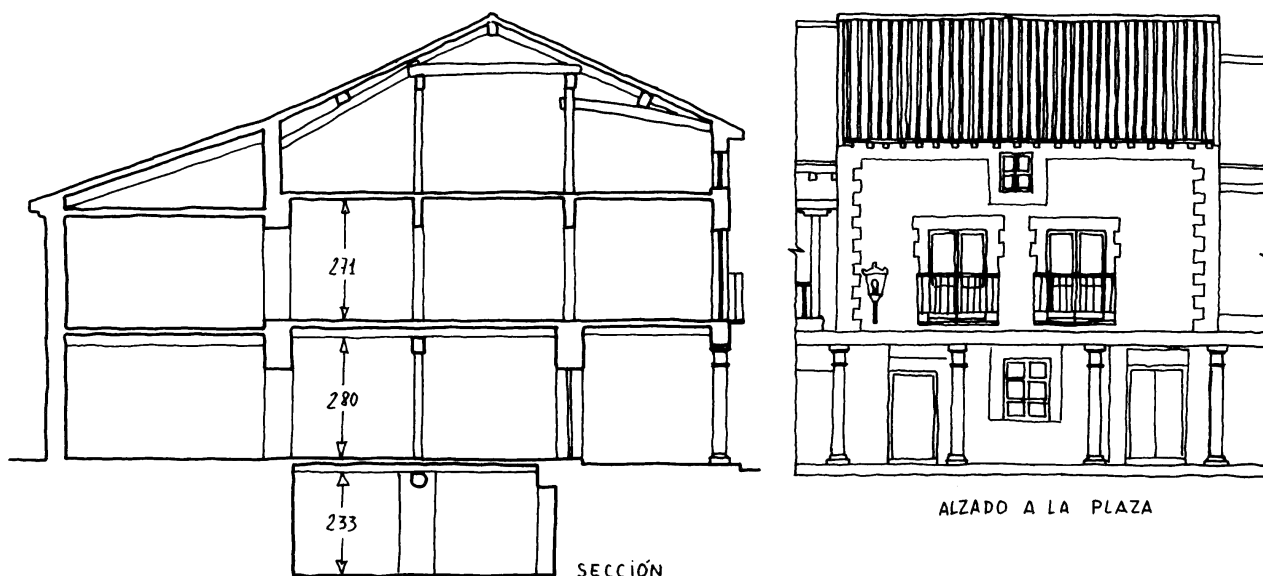


Figura 2. Sección y alzado.
Section and façade.

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 del estado actual con indicación de la disposición estructural, localización e identificación de los ataques xilófagos (grado de deterioro y diagnóstico), análisis de los factores de riesgo y propuesta de intervención.

In the original body, the main façade is facing North. It consists of a basement, smaller in surface than the upper floors and used as a wine cellar; a ground floor, giving access to the building from the square arcade (this space had been used for shop premises); the first floor which housed an apartment and the attic, used as warehouse or storage room.

The additional part of the building contains a warehouse space and kitchen on the ground floor and a bathroom on the first floor. It must be taken into account that the next-door neighbour owns part of the first floor area and this space was not accessible during the inspection time.

The aim of the report included some aspects: plans and drawings from the current state indicating the structure layout, location and identification of the xylophagous attack (damage degree and diagnosis), risk factors analysis and intervention proposal.

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 una 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 las piezas estructurales.

3. Inspección

La estructura vertical está formada por muros de carga dispuestos paralelamente a la fachada y contruidos con ladrillo macizo, en ocasiones combinado con mampostería. Por encima del terreno estos muros están entramados con madera y con un relleno de adobe. Los forjados de piso son de madera y quedan a la vista por su cara inferior, 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 (excepto un tramo perteneciente al edificio colindante) y únicamente los elementos de madera de los forjados de techo de la planta primera se encontraban en su mayoría ocultos por un falso techo. Sin embargo, podían verse por su cara superior 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 lesión.

Two visits were made to the building. The first visit was to collect data for drawing building plans and the second to gather information regarding the pathology. This procedure has great advantages when making inspections. During the data collecting of the damaged structure, the building is already completely known and this helps taking detailed notes from the type and seriousness of the damages found. It is an example of a very detailed inspection where every structural piece is possible to be recognized.

3. Inspection

The vertical structure is formed by bearing walls arranged parallel to the façade and built with solid bricks, in some ocations combined with masonry. These walls are timber framed and filled with adobe. The floor slabs are made of wood and can be seen from underneath, except for the apartment roof. The timber used is pine except for the main beam from basement, which is from elm wood. The beam filling consists of pine wooden boards on which the tiling rests together with a grip mortar layer. The floor spans are close to 3,20 m.

The building can be easily inspected because there is easy access to all the areas (except for a section from the adjacent building). Only the timber elements from the floors of the first floor ceiling are hidden behind a suspended ceiling. However, they can be seen by from the upper attic space, because only the timber boarding hides them.

As can be seen when analysing biotic origin damage, the added section at the rear part of the building shows the greatest damage and it coincides with the place where the termite colony had stayed.

Furthermore, another seriously damaged area is the basement space where dampness helped to develop the pathology.

4. 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 procedente del terreno que llega hasta el forjado de la planta baja.



Figura 3. Viga principal de olmo en el local del sótano.

Elm main beam in the basement.

En el techo de la planta de sótano existe una viga principal de madera de olmo de sección circular de 350 mm de diámetro, figura 3. Presenta ataque de anóbidos con mayor intensidad en las zonas cercanas a los apoyos. La profundidad del ataque es de entre 20 y 30 mm. 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, figura 4.

4. Biotic origin pathology.

A summary from the data collected during the inspection of each floor has been made as follows:

The humidity at the basement floor is very high and dampness coming from the ground can be seen up to the floor of the ground storey.



Figura 4. Detalle del apoyo de la viga principal con pilastra de ladrillo adosada al muro. Techo del sótano.

Detail of main beam support at basement.

On the ceiling of the basement there is a 350 mm diameter elm timber beam. It shows a woodworm attack with a higher intensity close to the supports. The attack depth is between 20 and 30 mm. In one of the supports, a wall increase like a pilaster can be seen, probably to increase the support length, and maybe as a consequence of the section loss caused by the rotten end of beam, figure 4.

El forjado que tiene como apoyo central la viga principal anteriormente citada está formado por viguetas de 150 x 170 mm distanciadas a 400 mm entre ejes, figura 5. En los apoyos sobre los muros existen unos dispositivos de refuerzo 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, figuras 6 y 7. El entablado que se encuentra sobre las viguetas está 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 120 x 140 mm separadas a 300 mm 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 260 x 350 mm, figuras 8 y 9. 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 rollizo (110 x 120 a 180 x 200 mm, con separaciones del orden de los 650 mm). Presentan un fuerte ataque de cerambícidos que afecta a las viguetas en algunos casos hasta profundidades de 100 mm y al entablado sobre las viguetas que se encuentra totalmente destruido, figura 10.

The slab having as central support the main beam mentioned above, is formed by 150x170 mm timber joists separated 400 mm between axes, figure 5. In the supports over the walls there are some reinforcement devices that reveal previous rotten problems in the joists ends. This reinforcement consists of a timber beam supporting the joists and resting on brackets on one of the walls, and over a wooden framework adjacent to the other wall, figures 6 and 7. The timber boarding over the joists has been completely destroyed by the woodworm attack. These xylophagous insects appear very often with rotten processes and act preferably with a certain humidity degree, as in the basement. The woodworm attack is still active as can be seen by the many wood dust piles found everywhere.

On the ground floor the damages are smaller. In the original section, the floor is built with 120x140 mm joists separated 300 mm between axes and shows only a few damages. The main beam follows the same direction as the one at the basement but has a rectangular 260x350 mm section, figures 8 and 9. In the added section the quality of the construction is much poorer; with thinner walls and joists with uneven sections and round sections (110x120 to 180x200 mm separated approximately 650 mm). They present an important attack from beetles affecting joists --in some cases up to 100 mm deep. In addition, the wooden boarding over the joists is totally destroyed, figure 10.

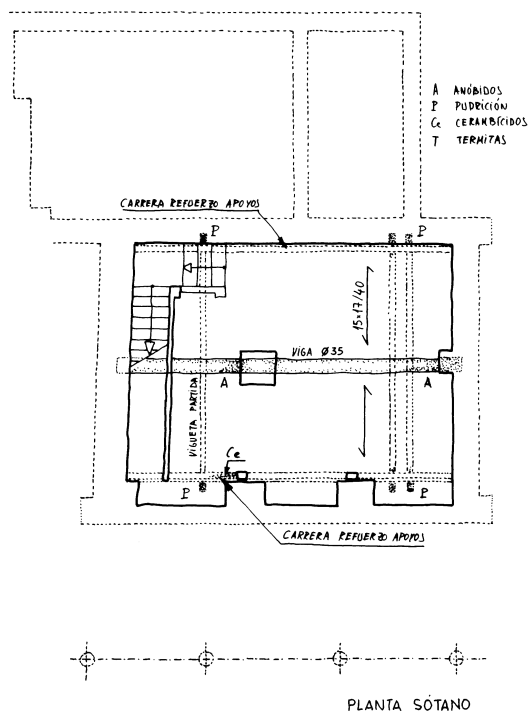


Figura 5. Planta de sótano. Basement plan.

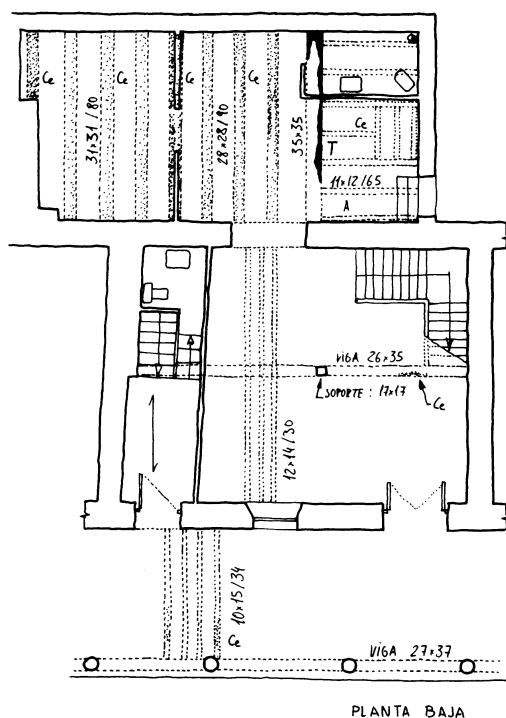
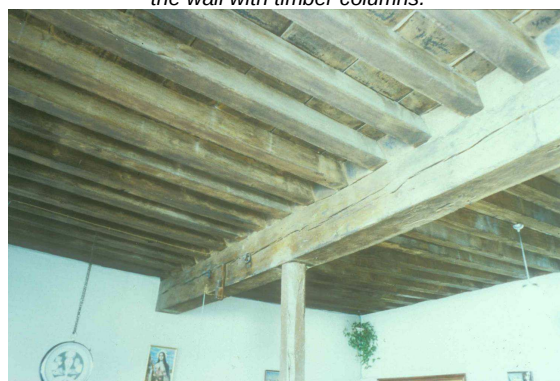


Figura 8. Planta Baja Ground Floor.

Figura 6. Apoyo de viguetas en carrera adosada al muro.
Timber joist supports in a beam adjoined to the wallFigura 7. Apoyo de viguetas en carrera adosada al muro
con pies derechos. Timber joist supports in a beam adjoined to
the wall with timber columns.Figura 9. Forjado de techo de planta baja en el cuerpo
original. Floor in the ceiling of ground floor from original sectionFigura 10. Forjado de techo de planta baja en cuerpo
adosado. Floor in the ceiling of ground floor from added section.

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, figura 11.

En la planta primera destinada a la vivienda no podía inspeccionarse la madera al estar oculta por un falso techo, excepto en el pasillo, figura 12. 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, figuras 13 y 14. Únicamente había problemas de pudrición en la zona de apoyo de los parecidos 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.

At the end of this section the joists are supported on another main beam and squared where remaining termite attacks were found. These attacks begin close to a bathroom drainpipe on that floor. The drainpipe has been recently replaced. Therefore, probably termite attacks had been caused by the previous leaks. During the inspection the damages produced by termites attack did not seem to be active any longer because it was already dry.

In the arcade, the timber presents light woodworm attacks without too much importance, maybe because this area is easily ventilated, figure 11.

On the first floor, where the apartment is located, inspection of the timber elements has not been possible because they are hidden behind the suspended ceiling, except in the aisle area, figure 12. The state of the wood however, could be good because there are not any signs of moisture and no damage has been noticed at the top part. In the kitchen the tiling and the ceiling did not allow the inspection either, but this was area from where the termite colony had flown out, just on the top of the affected beam that could be seen from the bottom floor.

In the roof structure only the beetle attacks can be seen as well as some woodworm near the walls, figures 13 and 14. There were only rotten problems in the joists support area over the façade walls; a little area on the floor had already been replaced earlier by a steel structure, probably because of rotten problems in the eave area.



Figura 11. Forjado del techo del soportal.
Floor joists in the arcade.

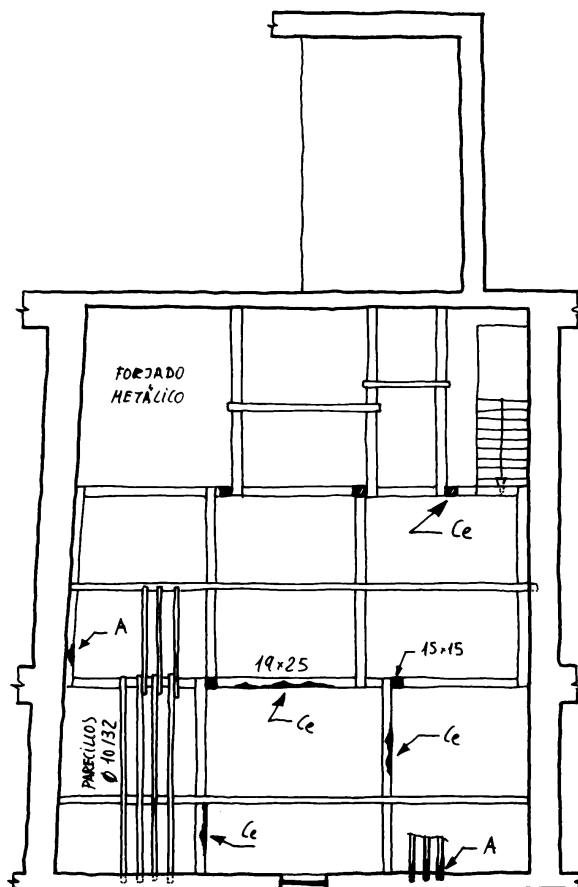


Figura 13. Planta del bajo cubierta.
Attic Floor

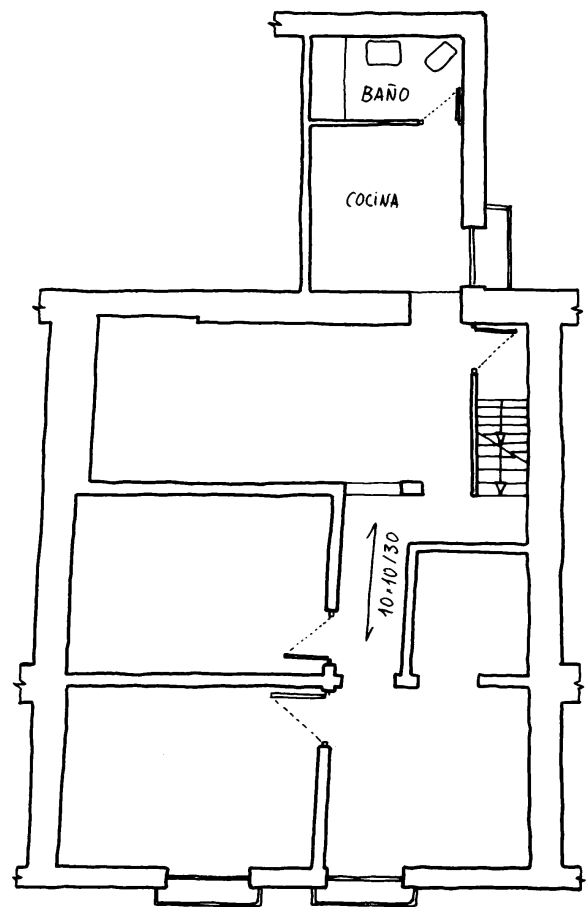


Figura 12. Planta primera.
First Floor.



Figura 14. Vista del espacio bajo cubierta.
General view of space under de roofing.

5. 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 anóridos 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.

6. 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.

5. Conclusions.

The most important damages present in this construction are located in the following areas:

- Basement floor showing serious rotten problems in the joists close to the supports and woodworm attack, which has destroyed timber boarding.*
- In the added section, the floor joists showed important beetle attacks and woodworms locally. These can have destroyed the timber boarding and possibly the joists.*

In the rest of the building the damages are minor and are the common ones for this type of construction.

The risk factors that have caused this degradation are:

- Dampness at the basement floor*
- Dampness in the plumbing system that could have favoured the woodworm attacks.*

The fact that the building is located among other abandoned buildings facilitates woodworm and other xylophagous attacks from the exterior.

6. Actions to face biotic origin pathology.

A chemical treatment for timber is considered necessary to cure xylophage's degradations in the damaged areas and as a preventive action in the rest of the structure. A chemical product of organic type with fungicide and insecticide properties should be applied, specifically for the treatment against termites.

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.

En todo caso y con carácter general, el tratamiento curativo y preventivo de la madera debe acometerse una vez eliminadas las zonas de madera dañadas. Desde el punto de vista constructivo, debe plantearse una medida prioritaria de protección encaminada a la eliminación de las fuentes de humedad como principal factor de riesgo que ha favorecido la presencia de ataques xilófagos.

7. 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.

After eliminating the damages from the degraded pieces, --this operation will help to check if the residual section is enough for the structural function-- the product will be sprayed to all accessible surfaces of the pieces, repeating the process until the manufacturer recommended dosage is completed. In the supporting areas of the joists on the walls, on the ground and first floors, the treatment should be intensified by injecting the product close to the supports and in areas where termite damage can be seen.

In general, the presence of termites forces a more exhaustive treatment. However, since the termite attack does not seem to be active and since there is no possibility of ensuring that a treatment for a single building can offer an individual solution within a building complex, it seems to be realistic to maintain the simplified treatment.

In all cases and as a general measure, the wood treatment should be undertaken once the damaged areas have been eliminated. From the constructive point of view, there should be a priority protection measure to directly eliminate the moisture sources, as it is the main risk factor that encourages the presence of xylophagous attacks.

7. Structural actions.

Even if the structure static verification is not the aim of this report, the following observations should be made:

- *In the floor joists of the basement the replacement of the destroyed wood boarding by the xylophagous insects is recommended. This implies removing and replacing the paving. This operation would help to check the state of the timber joists heads and act accordingly.*

- 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.
- *The elimination of the dampness on the basement is extremely important to stop the rotten process in these floor joists. This may be a difficult task considering the building characteristics.*
- *On the ground floor the wood boarding should be completely substituted as well as part of the joists in bad state. For this reason, access to the upper property is needed.*
- *A general retiling is necessary for the roof, as well as the partial substitution of the boarding or rafters if found in a bad state.*

BIBLIOGRAFÍA - BIBLIOGRAPHY

- ARRIAGA, F., PERAZA, F., ESTEBAN, M., BOBADILLA, I. Y GARCÍA, F. (2002). Intervención en estructuras de madera. Editorial AITIM.
- PERAZA, F. (2001). Protección preventiva de la madera. AITIM,

Francisco Arriaga es Dr. Arquitecto, Profesor Titular del Departamento de Construcción y Vías Rurales de la Universidad Politécnica de Madrid.

Miguel Esteban es Dr. Ingeniero de Montes, Profesor Titular del Departamento de Construcción y Vías Rurales de la Universidad Politécnica de Madrid.

Ignacio Bobadilla es Dr. Ingeniero de Montes, Profesor Titular del Departamento de Ingeniería Forestal de la Universidad Politécnica de Madrid.